

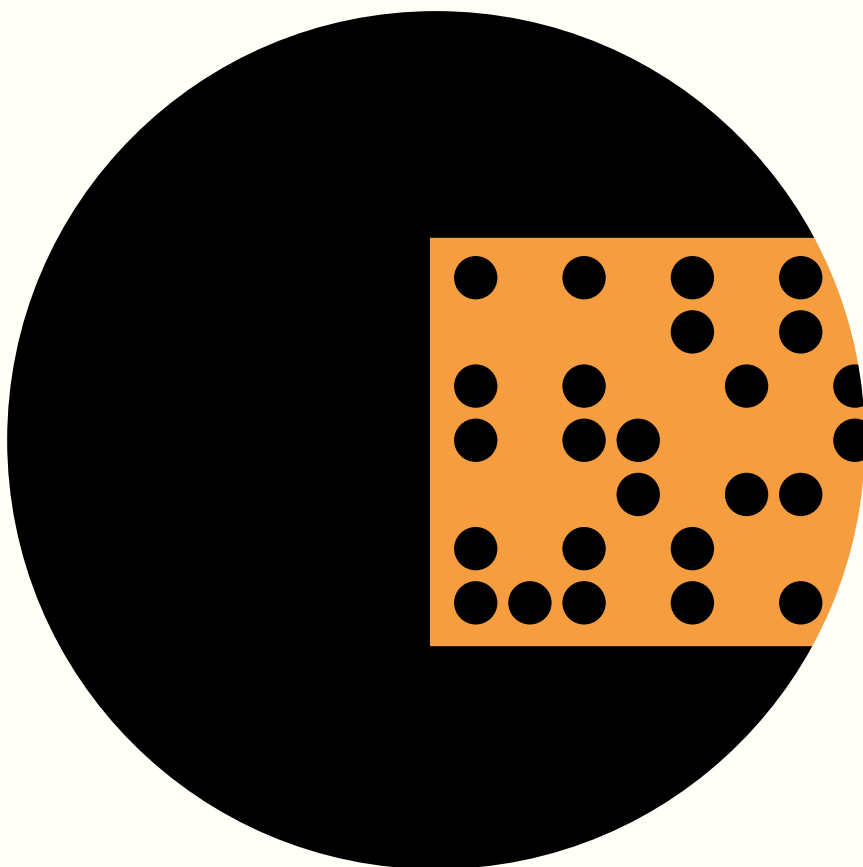
Storia dell' informatica italiana

1

A cura di
Maristella Agosti
e
Virginio Cantoni

Prima parte

Ricerca, formazione
e impatto sociale



Storia dell'informatica italiana

Parte prima

Ricerca, formazione e impatto sociale

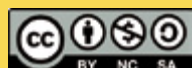
Opera promossa dal Consiglio Nazionale delle Ricerche
Dipartimento ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti
e Istituto di informatica e telematica

Volumi 1, 2 e 3

ISBN (ed. stampa) 978 88 8080 679 0

ISBN (ed. digitale) 978 88 8080 680 6

DOI <https://doi.org/10.36173/SII-parteprema>



Il presente lavoro è protetto dalla licenza CC BY-NC-SA 4.0

La versione digitale è pubblicata in Open Access su www.edizioni.cnr.it

Coordinamento editoriale dell'opera Sara Di Marcello

Volume 1

Editor e redattrice Susanna Tosi

Editor capitolo 14 Nicola Fantini

Volume 2

Editor Nicola Fantini

Editor capitoli 16, 18 e 23 Susanna Tosi

Redattrice Susanna Tosi

Volume 3

Editor e redattrice Susanna Tosi

Editor capitoli 29 e 31 Nicola Fantini

Revisione redazionale Angelica Zonta

Progetto grafico e impaginazione Lucia Caraffa

© CNR Edizioni, 2025

Piazzale Aldo Moro, 7 - 00185 Roma

www.edizioni.cnr.it

bookshop@cnr.it

In quest'opera di ricostruzione storica sono state utilizzate immagini in possesso degli autori. L'editore rimane a disposizione degli eventuali aventi diritto ai quali non è stato possibile risalire in fase di scrittura e pubblicazione.

Stampato da Arti Grafiche La Moderna - Guidonia Montecelio (RM)

su carta di pura cellulosa Munken Print White 15 gr. 90

copertina Munken Linx White15 gr. 300

Storia dell' informatica italiana

1

Prima parte

Ricerca, formazione e impatto sociale

A cura di
Maristella Agosti
e
Virginio Cantoni

Prefazione

Andrea Lenzi

Presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche

Il CNR ha svolto un ruolo fondamentale nello sviluppo e nella diffusione dell'informatica in Italia sin dai primi decenni del secolo scorso. Attraverso la promozione della ricerca, dell'innovazione e della formazione, l'Ente ha contribuito a gettare le basi per la nascita e l'affermazione di questa disciplina nel nostro Paese.

Nel corso della seconda metà del XX secolo, il CNR ha saputo avviare progetti pionieristici e stabilire solide collaborazioni con il mondo accademico e industriale, creando le condizioni scientifiche, tecnologiche e operative che hanno permesso all'Italia di entrare da protagonista nell'era digitale.

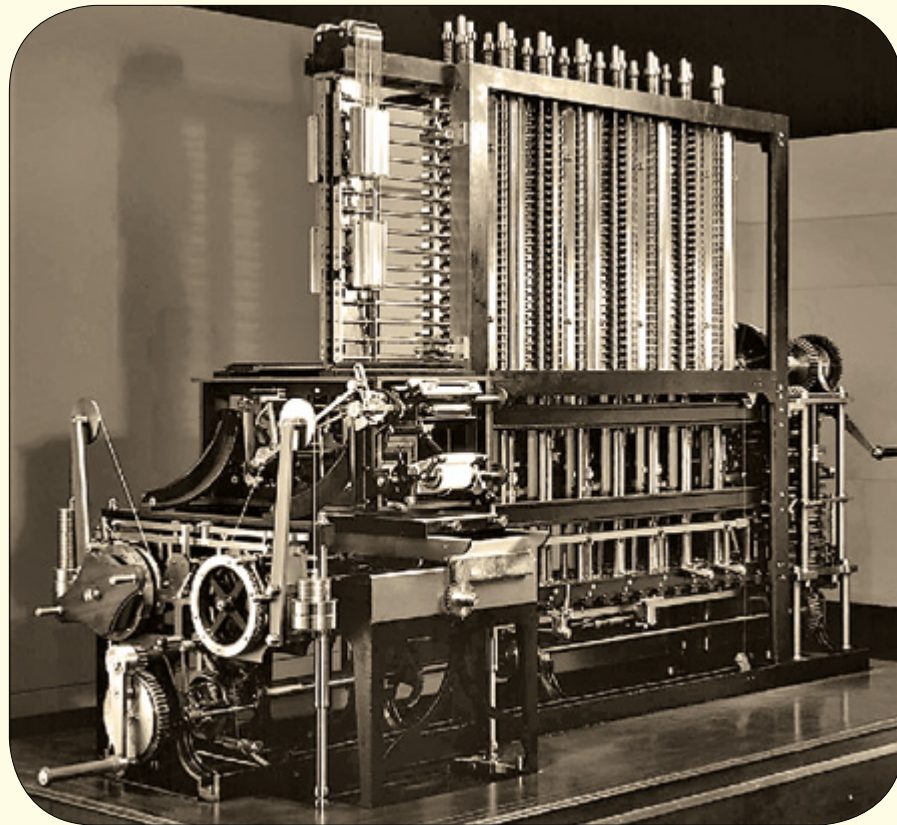
Oggi più che mai, il Consiglio Nazionale delle Ricerche ha il dovere e la responsabilità di essere al fianco delle istituzioni, rafforzando le relazioni internazionali e promuovendo partenariati

che uniscano ricerca, innovazione e sviluppo. In questo quadro, gli Istituti del CNR attivi nei settori dell'informatica e della matematica, con le loro competenze scientifiche e le infrastrutture distribuite sul territorio nazionale, rappresentano un punto di raccordo essenziale tra il mondo delle imprese, le amministrazioni pubbliche e l'intero sistema della ricerca, inteso come insieme delle Università e degli Enti pubblici di ricerca.

Quest'opera, dedicata alla storia dello sviluppo scientifico e tecnologico dell'informatica italiana, è unica nel suo genere e costituisce un contributo prezioso di carattere storiografico. Per questo motivo, ho accolto con convinzione e orgoglio l'invito a scrivere questa nota di apertura, certo che il volume contribuirà a rafforzare la memoria del nostro passato e, al tempo stesso, a ispirare le sfide future della ricerca.

Maria Chiara Carrozza

Già presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche



Ho accolto con molto piacere la richiesta avanzatami da Maristella Agosti e da Virginio Cantoni per conto dell'Associazione Italiana per l'Informatica e il Calcolo Automatico (AICA), intesa a proporre al Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) di adottare quest'opera, dedicata alla storia dello sviluppo scientifico e tecnologico dell'informatica italiana, opera unica nel suo genere.

Il CNR ha svolto un ruolo fondamentale nello sviluppo e nella diffusione dell'informatica in Italia a partire dai primi anni del secolo scorso quando, nel 1927, fu costituito l'Istituto per le Applicazioni del Calcolo (IAC) sotto la guida del matematico Mauro Picone. L'approccio pionieristico dell'IAC dimostrò che la matematica applicata era il fondamento teorico indispensabile per lo sviluppo delle tecnologie informatiche. Questo legame permise all'Italia di affrontare con competenza le sfide della transizione verso l'informatica moderna.

Successivamente, nel 1962, il Centro Studi sulle Calcolatrici Elettroniche (CSCE) fu trasformato da centro dell'Università di Pisa a centro di interesse CNR e, nel 1968, in Istituto di Elaborazione dell'Informazione (IEI). Il CSCE aveva contribuito alla costruzione della Calcolatrice Elettronica Pisana (CEP), completata nel 1961, che rappresentò uno dei primi calcolatori progettati e realizzati in Italia. Il centro fu creato per promuovere la ricerca e lo sviluppo di competenze nel settore delle calcolatrici elettroniche, un'area emergente che stava rivoluzionando il modo di affrontare i problemi scientifici, tecnici e gestionali. Si tratta di una delle prime iniziative significative del CNR nel campo dell'informatica e della tecnologia dei calcolatori. Una storia simile riguarda anche il Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico (C.N.U.C.E.) passato dall'Università di Pisa al CNR nel 1973 e denominato "Istituto CNUCE".

In entrambi i casi, il merito del CNR risiede nell'aver ulteriormente valorizzato il patrimonio di ricercatori e competenze creatosi attorno alla CEP e alle iniziative scientifiche correlate. IEI e CNUCE non solo hanno contribuito in modo significativo alla formazione e alla divulgazione della computer science e delle sue discipline fondanti ma le loro linee di ricerca sono andate via via diversificandosi dando vita a gruppi di ricerca e ad attività non propriamente curriculari, ma spesso pionieristiche e comunque, rilevanti per l'informatica nazionale e non solo. Alcune di queste attività di ricerca hanno portato alla formalizzazione di nuovi gruppi di ricerca e alla creazione di nuovi istituti del CNR.

Durante la seconda metà del XX secolo, il CNR avviò progetti pionieristici e collaborazioni con realtà industriali e accademiche, contribuendo a formare le basi scientifiche, tecnologiche e operative che hanno permesso all'Italia di entrare nell'era digitale.

A tal riguardo, molto importanti sono stati i due Progetti Finalizzati Informatica che hanno rappresentato una pietra miliare nella storia della scienza e della tecnologia in Italia. Il loro approccio interdisciplinare e sistemico ha ispirato iniziative successive e consolidato il ruolo del CNR come attore

centrale nel panorama dell'innovazione tecnologica nazionale. In particolare, negli anni 1972-1975, fu approvato il Piano Nazionale della Ricerca e si discusse dell'importanza di un progetto specifico per l'informatica, riconosciuta come area strategica.

Il primo dei due progetti in questione fu avviato ufficialmente nel 1976, in un periodo di grande fermento per il settore della ricerca informatica in Italia. Questo progetto rappresentò una delle prime iniziative strutturate a livello nazionale per coordinare e incentivare la ricerca e lo sviluppo tecnologico nell'informatica. Il progetto fu attivo fino alla prima metà degli anni Ottanta, con un impatto significativo sulla ricerca accademica e industriale, nonché sull'adozione dell'informatica in ambiti come la sanità, l'energia e la pubblica amministrazione.

Il secondo Progetto Finalizzato Informatica, che fu avviato nel 1981 e terminò nel 1986, aveva come obiettivi principali il consolidamento dei risultati del primo progetto, l'espansione delle applicazioni dell'informatica in ambiti industriali e amministrativi, lo sviluppo di tecnologie avanzate, come il calcolo parallelo, l'intelligenza artificiale, i sistemi distribuiti e le reti di calcolatori, nonché promuovere la transizione dalla ricerca di base all'innovazione applicata, con

un focus sul trasferimento tecnologico verso l'industria italiana.

Al CNR sono legati eventi tecnico-scientifici molto significativi per il nostro Paese, tra i quali è certamente importante ricordare: l'entrata dell'Italia in Internet, avvenuta il 30 aprile 1986, e la creazione del Registro.it il 23 dicembre 1987, entrambi per merito dei ricercatori dell'Istituto CNUCE.

Quindi, il CNR ha contribuito significativamente a gettare le basi per la nascita dell'informatica in Italia, promuovendo ricerca, innovazione e formazione. Grazie al suo contributo, l'Italia è stata uno dei primi paesi europei a comprendere e sfruttare il potenziale delle tecnologie digitali.

Oggi gli istituti di informatica e matematica del CNR afferiscono al Dipartimento di Ingegneria, ICT e Tecnologie per l'Energia e i Trasporti (DIITET) che, per numero di ricercatori e tecnologi, per infrastrutture distribuite e per la diffusa presenza dei suoi istituti sul territorio nazionale, ha la massa critica e la produzione scientifica necessarie per accreditarsi, nei settori di competenza, come hub tra mondo delle imprese, amministrazioni centrali e periferiche dello Stato, e sistema pubblico della ricerca, inteso come insieme di Università ed EPR. Questi istituti hanno ruoli di prim'ordine nel pa-

norama nazionale ed europeo della ricerca, tra cui il coordinamento scientifico di FAIR, la principale iniziativa nazionale sulla ricerca fondatazione in intelligenza artificiale, nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza.

La principale sfida che il CNR ha oggi di fronte è di grandissima portata: forse per la prima volta nella sua storia il CNR è chiamato a spiegare a cosa serve, o meglio, come serve il suo Paese. È chiamato a sostenere con forza una nazione che ha grandi potenzialità e grandi problemi. In un quadro generale di forti cambiamenti sociali, naturali e tecnologici e in un momento storico di mutamento delle strategie di globalizzazione e di incertezza politica internazionale.

Ed è anche per tutto questo che ho creduto da subito nella validità di quest'opera e ho risposto positivamente alla richiesta pervenutami dall'AICA, storica e meritoria organizzazione impegnata nella diffusione e nello sviluppo dell'informatica italiana e che, tra l'altro, a partire dal 1964, ha curato con il CNR la rivista *Calcolo*, la prima rivista scientifica dedicata alla pubblicazione dei risultati che man mano venivano raggiunti dalla comunità che in Italia stava costruendo l'informatica.

Ivo De Lotto
Domenico Laforenza
Luigi Laura
Giuseppe Mastronardi
Antonio Piva

La genesi dei volumi che avete tra le mani (in copia cartacea o in formato digitale) è stata, come si potrà comprendere leggendo, lunga e complessa, come anche documentato nell'introduzione che segue, scritta dai curatori di questi volumi, Maristella Agosti e Virginio Cantoni, in questo nostro breve contributo vogliamo darvi un punto di vista più personale. Andiamo con ordine, e cerchiamo di ripercorrere quelle che consideriamo le tappe principali per la realizzazione dell'opera.

Tutto nasce con la proposta dei già menzionati curatori in una riunione del gruppo di lavoro AICA dedicato alla Storia dell'Informatica del 2022; ispirati da un lavoro precedente dedicato alle Telecomunicazioni e curato anche dallo stesso Virginio Cantoni, propongono di realizzare quest'opera. Confessiamo che, inizialmente, molti componenti del gruppo hanno giudicato la proposta troppo ambiziosa.

Di motivi per giudicarla ambiziosa ve ne erano parecchi: pensate che, solo per ciò che riguarda la ricerca accademica, dopo alcune riunioni si era deciso di procedere nel documentare le linee di ricerca del progetto

MURST 40%, ovvero progetti di ricerca finanziati negli anni Ottanta e Novanta, chiedendo ai ricercatori vincitori di quei bandi di raccontare l'evoluzione del proprio campo di ricerca; invece, per quanto riguarda le aziende, come si può immaginare, lo scenario era più variegato e, per certi aspetti, molto più frammentato.

Maristella e Virginio non si sono persi d'animo e sulla base dei documenti trovati hanno iniziato a definire una lista di persone che dovevano essere coinvolte. Alcune di queste erano tra i loro contatti personali, ma per molte altre hanno dovuto pazientemente cercare i recapiti, chiedendo aiuto a chi li poteva conoscere e fare da tramite.

Con cadenza mensile, o quasi, sono state organizzate riunioni in cui il numero di partecipanti è via via cresciuto, da una decina o poco più, fino a cinquanta presenti su settanta convocati. Ormai, nel post pandemia, siamo tutti abituati alle riunioni telematiche; ma con l'aumentare delle persone collegate non sono mancati problemi di ogni tipo. Ciononostante, queste riunioni online sono state magistralmente coordinate dai due curatori e si sono rivelate efficaci

e incredibilmente produttive. Tutti insieme discutevamo quale fosse il modo migliore di raccontare una storia così importante e variegata, con contributi che tendevano sempre più a ramificarsi e talvolta anche a confluire su una tematica comune, perseguendo l'ambiziosa finalità di presentare il tutto in un quadro d'insieme coerente e completo. Oltre a queste riunioni plenarie, i curatori si facevano carico di decine di riunioni con sottogruppi, ciascuno dedicato a una particolare tematica, e quando non erano riunioni erano catene di telefonate, che si concludevano sempre con l'immancabile e-mail di riassunto di Maristella o Virginio a tutti gli autori. Quindi, nella successiva riunione plenaria si iniziava sempre con un utile riepilogo del "dietro le quinte" da parte dei curatori.

Come sempre accade nel mondo editoriale, sono state date agli autori scadenze che raramente sono state rispettate; tuttavia, in maniera lenta ma inesorabile, i contributi hanno iniziato ad arrivare e a popolare un repository privato, insieme alle norme editoriali da seguire. Si potrebbe pensare che questa sia stata la fase finale del progetto, ma in realtà era solo l'inizio di un'impresa coinvolgente e piuttosto complessa di cui sia-

mo onorati di essere parte, insieme ai capaci e tenaci curatori. Da quel momento, infatti, i contributi, accessibili a noi tutti, sono stati letti per verificarne la lontananza o l'affinità con quelli degli altri autori e per poter inserire le eventuali, opportune, citazioni. Anche in questa fase, i curatori, custodi di una visione d'insieme e di un chiaro obiettivo finale, hanno lavorato alacremente rileggendo ogni contributo e confrontandosi con i singoli autori, suggerendo, quando necessario, utili spunti per armonizzare tra loro le singole parti dell'opera.

L'obiettivo finale è ben valso il sacrificio, per ognuno di noi, di apportare necessarie modifiche ai propri scritti accogliendo i suggerimenti dei curatori, degli editor e dei colleghi.

Questo enorme e certosino lavoro di memoria, racconto, chiarimento, intreccio, invisibile a voi lettori, ha reso possibile la realizzazione di quest'opera, unica nel suo genere: una testimonianza, organizzata ed equilibrata, di decenni di Storia dell'Informatica Italiana.

Buona lettura!

Maristella Agosti
Virginio Cantoni

L'idea di un libro dedicato alla storia dello sviluppo scientifico e tecnologico dell'informatica italiana nasce nel giugno 2022 quando, nel corso di una riunione del gruppo di lavoro *Storia dell'Informatica dell'Associazione Italiana per l'Informatica e il Calcolo Automatico (AICA)*, Virginio Cantoni e Ivo De Lotto formulano una proposta in merito.

La riunione era stata convocata dal coordinatore Silvio Hénin con l'obiettivo di riflettere e di concordare come procedere per continuare a diffondere la conoscenza della storia dell'informatica, in primo luogo attraverso l'aggiornamento della specifica sezione del sito web dell'AICA ma anche attraverso la pubblicazione di un libro sull'argomento.

La sezione del sito web dell'AICA sulla storia dell'informatica, curata dal gruppo di lavoro, è stata realizzata e sviluppata negli anni anche grazie a importanti interventi condotti e coordinati proprio da De Lotto e Hénin. Da allora, il gruppo di lavoro ha curato e aggiornato con continuità la raccolta e l'organizzazione dei contributi disponibili online. Un'attenzione particolare è stata dedicata alla

raccolta dei contributi delle università e dei centri di ricerca con l'obiettivo di arrivare a una via via crescente copertura di tutto quanto è stato sviluppato in Italia nel settore (il lettore interessato può consultare la ricca e articolata raccolta di documenti online nel sito web dell'AICA).

La proposta di un libro sulla storia dell'informatica italiana ha generato una discussione articolata e approfondita, ispirata dal progetto sviluppato nell'ambito della Conferenza dei Presidi delle Facoltà di Ingegneria (CoPI) relativo alla pubblicazione di una collana di volumi dedicati alla storia degli specifici settori dell'ingegneria.

I volumi già pubblicati sotto l'egida della CoPI – curati da Virginio Cantoni assieme ad altri docenti di ingegneria – sono:

- *Storia della tecnica elettrica*, a cura di Virginio Cantoni e Andrea Silvestri – Milano, Cisalpino, 2009;
- *Storia delle telecomunicazioni*, a cura di Virginio Cantoni, Gabriele Falciasacca e Giuseppe Pelosi – Firenze, University Press, 2011;
- *Storia della meccanica*, a cura di Virginio Cantoni, Vittorio Marchis e Edoardo Rovida – Pavia, University Press, 2014.

Il progetto della CoPI è stato interrotto in seguito all'entrata in vigore della L. 30 dicembre 2010, n. 240 sulla riorganizzazione delle università, con la quale sono state chiuse le facoltà e sono state trasferite ai dipartimenti le competenze della didattica e dei corsi di laurea universitari.

Con la riorganizzazione universitaria la CoPI ha cambiato finalità e obiettivi, pertanto, il progetto non è stato completato lasciando un forte rammarico per la mancata realizzazione di un libro dedicato alla storia dell'informatica italiana.

Con tali premesse il gruppo di lavoro ha accolto positivamente la proposta ma si è riservato il tempo necessario per riflettere sull'iniziativa e impostare correttamente il progetto del libro. È risultato subito evidente che, a differenza dei volumi già pubblicati su tematiche proprie dell'ingegneria, un libro sulla storia dell'informatica avrebbe dovuto abbracciare le diverse anime e radici della disciplina che comprendono, almeno, la teoria del calcolo, la logica matematica, la scienza dell'informazione, la scienza statistica, il calcolo delle probabilità, l'ingegneria informatica, l'ingegneria elettronica, l'automatica, la linguistica e la robotica.

Nell'autunno 2022, le attività preliminari del progetto sono state avviate con il coordinamento di Hénin condotto con passione e impegno nonostante la malattia che purtroppo si aggraverà rapidamente sottraendolo all'affetto dei suoi cari nel dicembre 2022, privando della sua preziosa competenza la comunità scientifica non solo dell'AICA, ma anche quella nazionale e internazionale.

Il gruppo di lavoro ha poi convenuto che il modo migliore per ricordarlo fosse proseguire la sua opera garantendo la continuità delle sue iniziative; pertanto, si è riorganizzato – nominando come coordinatrice Maristella Agosti e come segretario Luigi Laura – per realizzare concretamente il libro sulla *Storia dell'Informatica Italiana*.

Nella primavera 2023 era disponibile una prima bozza dell'indice del libro, strutturato per rispecchiare l'effettivo sviluppo scientifico e tecnologico dell'informatica in Italia a partire dal suo avvio. Il lavoro è proseguito con costanza, grazie all'impegno degli autori e alla cura di Maristella Agosti e Virginio Cantoni.

Ecco le linee guida e i criteri seguiti per procedere nel progetto:



• per la trattazione dei diversi settori dell'informatica italiana, sono stati invitati a contribuire coloro che tali settori hanno concorso a far nascere e crescere, in ambito accademico e di ricerca o in ambito industriale, nelle diverse sedi distribuite sull'intero territorio nazionale. Ove necessario, sono stati invitati coloro che con loro avevano lavorato a stretto contatto. Pertanto, a testimoniare le attività svolte e i risultati ottenuti, sono i protagonisti dell'ultimo mezzo secolo che, oltre ad accogliere con entusiasmo la proposta, hanno descritto con rigore metodologico, con obiettività e sereno distacco i momenti critici, e spesso, problematici, degli ultimi decenni;

• l'intervallo temporale narrato va dal 1945 ai primi anni Duemila. Infatti, nell'estate del 1945 John von Neumann scrive il *First Draft of a Report on the EDVAC* dove viene descritta per la prima volta l'architettura di un'apparecchiatura in grado di memorizzare sia un programma di calcolo scientifico che i dati necessari per l'elaborazione e che, oltre all'apparecchiatura in grado di memorizzare programmi e dati, dispone degli apparati di controllo, di inserimento dati e di uscita dei risultati. Il rapporto presenta quella che poi è stata chiamata "archi-

tettura di von Neumann" e che è diventata la base della maggior parte dei progetti delle apparecchiature di calcolo moderne. Limitare le trattazioni fino ai primi anni Duemila permette di storicizzare quanto si presenta ed evita di sconfinare nella cronaca anche se, inevitabilmente, i contributi contengono spesso cenni a quanto avvenuto in anni più recenti;

• i settori tecnico-scientifici trattati sono quelli sostenuti nei primi programmi di finanziamento a livello nazionale, e precisamente: il primo Progetto Finalizzato Informatica del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), i progetti finanziati dal Ministero della pubblica istruzione denominati MPI40% e i Progetti di Rilevante Interesse Nazionale (PRIN). L'elenco dei settori è stato integrato con quelli non finanziati e colpevolmente trascurati dai progetti nazionali menzionati, ma che, successivamente, si sono dimostrati rilevanti nello sviluppo dell'informatica. I contributi presentano la storia e l'evoluzione a livello nazionale, ma forniscono anche un'utile contestualizzazione a livello europeo e internazionale che può essere di ispirazione per gli studiosi e i giovani di oggi;



• insieme ai settori tecnico-scientifici sono state individuate alcune iniziative che hanno avuto una particolare influenza per la nascita della nuova generazione digitale, con attenzione ad aspetti che hanno favorito mutamenti sia a livello operativo che comportamentale, con uno sguardo ai diversi modelli espositivi e ai fruibili musei tecnologici;

• l'intenzione perseguita, nel percorso di sviluppo dell'opera, è stata di fornire un'esposizione complessiva della storia dell'informatica che contribuisca ad affinare la capacità di giudizio e il pensiero critico in modo tale da aiutare a interpretare, attraverso la conoscenza e la consapevolezza di quanto accaduto, quanto sta accadendo oggi, quanto accadrà in futuro e perché saremo chiamati a risolvere problemi sempre più complessi con l'aiuto delle tecnologie rivoluzionarie che si stanno sviluppando.

A seguito della definizione dei criteri si è esplicitato l'obiettivo di promuovere la conoscenza storico-tecnologica e scientifica di un settore che spesso ha visto l'Italia protagonista, anche sul piano internazionale.

Le scelte fatte e i criteri adottati hanno consentito di dare vita a quello che, senza falsa modestia, si presenta come una mono-

grafia unica nel suo genere, un'analisi retrospettiva delle scelte strategiche ma anche di quelle intempestive e, talora, delle occasioni mancate. Al momento in cui scriviamo, un'opera di questo genere manca nel panorama editoriale italiano e per questo abbiamo voluto colmare una lacuna fornendo un'ampia panoramica e un quadro complessivo delle scoperte, delle invenzioni e delle applicazioni sviluppate, sia nell'ambito della ricerca che dell'industria italiana, nella loro evoluzione dalle origini dell'informatica.

La ricchezza dei contributi che via via sono stati presentati dagli autori è notevole e ha determinato la scelta, a fine 2023, di articolare l'opera in due parti da pubblicare in successione temporale.

La prima parte è dedicata all'evoluzione dell'informatica nel campo della ricerca, della formazione e dell'impatto sociale, la seconda parte affronta l'evoluzione dello sviluppo tecnologico e delle imprese insieme alla trasformazione della società a seguito dello sviluppo dell'informatica.

La prima parte è particolarmente densa e impegnativa; molte sono state le menti in campo, le iniziative, le collaborazioni a cui l'informatica deve la vita; pertanto, nell'ottica di



garantire la fruibilità e la leggibilità di questa storia complessa e variegata, abbiamo deciso di suddividerlo in tre volumi distinti che diano ai lettori l'opportunità di accedere agevolmente ai contributi relativi a ciascun ambito.

Il primo volume raccoglie i contributi che ci narrano gli esordi, descrivendo il contesto nazionale in cui l'informatica ha potuto mettere le radici e svilupparsi, la nascita dei primi corsi universitari, dei primi centri e consorzi, del primo programma di ricerca nazionale in informatica e l'importante ruolo svolto dal CNR già a partire da questi primi passi.

Nel secondo volume viene affrontata la prima parte delle principali linee di ricerca che hanno costituito le basi scientifiche da cui hanno preso l'avvio i molteplici settori in cui l'informatica si è sviluppata.

Il terzo volume completa le principali linee di ricerca poi si sofferma sulla diffusione dell'informatica grazie alle iniziative di associazioni, enti e consorzi, grazie a strutture, eventi e manifestazioni che hanno contribuito a far conoscere questa disciplina ai non esperti, fino a permeare di essa l'intera società.

Quest'opera ha anche la finalità di informare compiutamente i giovani chiamati a

decidere sul loro futuro, sul percorso di studi e poi professionale da intraprendere, in modo che siano a conoscenza dell'articolazione ed espansione dell'informatica e dei molteplici, interessanti sbocchi che essa può offrire.

A livello nazionale è stata osservata una preoccupante carenza di professionisti specializzati nel settore informatico, assolutamente necessari per coprire l'attuale richiesta di personale, specialmente nello sviluppo dell'intelligenza artificiale.

Riteniamo che non solo i giovani nutriranno interesse per l'opera, ma come dimostra l'articolazione delle diverse sezioni che compongono l'indice, sarà certamente di interesse generale apprendere i modi nei quali la conoscenza tecnologica è stata acquisita e si è evoluta al punto da permeare e dare forma alla società dell'informazione all'interno della quale viviamo e operiamo, volti a contribuire, anche grazie a tali competenze, al continuo progresso civile.

Grazie al suggerimento e all'intervento di Domenico Laforenza, il Consiglio Nazionale delle Ricerche ha deciso di adottare l'opera nel suo complesso e ne ha curato la preparazione editoriale e la stampa attraverso l'Unità Editoria.



*In questo modo il CNR ha dato prova di credere nella validità dell'opera e dimostra di continuare a operare nel solco che, insieme all'AICA, ha contribuito a tracciare per la nascita e lo sviluppo dell'informatica italiana fin dalla pubblicazione della rivista *Calcolo*, a partire dal 1964, la prima rivista scientifica dedicata alla pubblicazione dei risultati della comunità che in Italia stava costruendo l'informatica.*

*Come si è ricordato all'inizio di quest'introduzione, l'opera è nata all'interno del gruppo di lavoro di *Storia dell'Informatica dell'AICA* e tutti i membri del gruppo hanno contribuito alla sua realizzazione con i loro scritti.*

Si ringraziano in particolare Ivo De Lotto, che ha contribuito all'idea iniziale dell'opera, e Luigi Laura per il fondamentale e continuo affiancamento ai curatori.

*I principali artefici di questa *Storia dell'Informatica Italiana* sono gli autori, che ringraziamo per aver accolto con entusiasmo la proposta di collaborare all'opera preparando dei contributi originali che analizzano e presentano con sereno rigore le scelte strategiche e, qualche volta, le occasioni mancate dei molteplici settori in cui l'informatica si è articolata a partire dagli anni Cinquanta dello scorso secolo.*

Tutte le riunioni e gli incontri degli autori si sono svolti in modalità telematica permettendo a molti di conoscersi e ad altri di ritrovarsi in un nuovo progetto comune e corale.

Un ringraziamento speciale va a Sara Di Marcello, responsabile dell'Unità Editoria del CNR che ha coordinato con disponibilità, professionalità e competenza la preparazione editoriale e la stampa dell'opera. All'editing, alle necessarie revisioni e all'armonizzazione dei testi hanno operato, con serietà e impegno, in grande armonia e collaborazione con i due curatori dell'opera, Susanna Tosi (CNR) e Nicola Fantini (CNR) che hanno saputo proporre a noi esperti – quando necessario – uno stile e un linguaggio che fosse più in linea con i nostri propositi di divulgazione. Un ringraziamento anche ad Angelica Zonta (CNR) per la revisione finale. Il loro contributo ha fatto sì che questa grande opera di ricostruzione storica e di raccolta di testimonianze inedite si evollesse in un pregevole prodotto editoriale.

Ringraziamo, infine, Lucia Caraffa per aver curato con attenzione, creatività e professionalità il progetto grafico e le illustrazioni.

Non ci resta che augurare ai nostri lettori una piacevole e interessante immersione nella storia scientifica e tecnologica dell'informatica italiana.

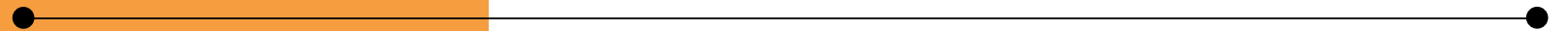


Protostoria

1

Elena Borgi
Angelo Raffaele Meo

**Torino 1840:
Charles Babbage
e Luigi Federico Menabrea
al Congresso degli Scienziati Italiani**



1840: Il Secondo Congresso degli Scienziati Italiani

Dal 15 al 30 settembre 1840 si svolse a Torino, tra l'Accademia delle Scienze e l'Università, il *Secondo Congresso degli Scienziati Italiani* o meglio, come si diceva allora, dei filosofi italiani. Il primo congresso si era tenuto – con notevole successo di accoglimento e partecipazione – l'anno precedente a Pisa e in totale, tra il 1839 e il 1847, furono organizzate ben nove riunioni ufficiali in diverse città della penisola¹. Si trattava di una risposta al sentimento d'identità nazionale che si stava sviluppando tra le classi colte ma anche di una necessità di condivisione e dibattito sulle più recenti teorie, scoperte e invenzioni dell'epoca.

Anche a Torino, come già a Pisa, furono individuate sei diverse sezioni: fisica, chimica e scienze matematiche; geologia, mineralogia e geografia; botanica e fisiologia vegetale; zoologia e anatomia comparativa; agronomia e tecnologia; medicina². Alle diverse sessioni della riunione torinese parteciparono ben 573 studiosi, alcuni anche stranieri. Dall'Inghilterra arrivò, tra gli altri, il matematico Charles Babbage (1791-1871), oggi ricordato come il primo informatico della storia.

Strumenti di calcolo

Abachi, pallottolieri e altri ingegnosi strumenti di calcolo compaiono nella storia antica di tutte le civiltà e già da tempo consentivano l'esecuzione automatica o semiautomatica delle singole operazioni aritmetiche. Il diciannovenne Blaise Pascal (1623-1662), 200 anni prima di Babbage, aveva costruito una calcolatrice meccanica – detta appunto “pascalina” – che eseguiva somme e sottrazioni e, trent'anni dopo, il celebre filosofo Gottfried von Leibniz (1646-1716), aveva realizzato una macchina a ruote dentate che calcolava anche la moltiplicazione, la divisione e la radice quadrata.

Ma a Torino, per la prima volta, si parlò di programma – il concetto centrale della scienza e della tecnica informatica – ossia della descrizione della sequenza delle istruzioni, con possibili salti e diramazioni, da eseguirsi automaticamente senza l'intervento dell'uomo fra un'operazione e la successiva e da considerarsi come un dato di ingresso alla pari dei dati numerici.

1. Cfr. per approfondimenti sul tema: Casalena, Maria Pia. 2007. *Per lo Stato, per la Nazione: i congressi degli scienziati in Francia e in Italia, 1830-1914*. Roma: Carocci; Capanna, Ernesto. 2011. *Eran quattrocento: le riunioni degli scienziati italiani: 1839-1847*. Bologna: CLUEB; Pancaldi, Giuliano, cur. 1983. *I congressi degli scienziati italiani nell'età del positivismo*. Bologna: CLUEB.

2. Riunione degli scienziati italiani. 1841. *Atti della Seconda riunione degli scienziati italiani tenuta in Torino nel settembre del 1840*. Torino: Tipografia Cassone e Marzorati, p. VI.

Charles Babbage a Torino

Babbage, scienziato vulcanico ed estroso, ha prodotto nei suoi primi anni di attività un ottimo ed eclettico lavoro scientifico occupandosi di calcolo e di fisica, di tavole logaritmiche e assicurazioni sulla vita, di sistemi di affrancatura, di fari marittimi e ferrovie, e molte altre attività più o meno teoriche.

Grazie alla sua mente brillante e alle sue indubbie conoscenze e capacità è stato, inoltre, chiamato a ricoprire la prestigiosa cattedra di Matematica dell'Università di Cambridge, occupata in passato da Isaac Newton. Successivamente, ha lasciato la teoria per buttarsi, anima e corpo, nello studio e nel progetto del primo calcolatore della storia: nel 1823 ha iniziato a lavorare alla Difference engine, la macchina alle differenze (Fig. 1) e dal 1834 all'Analytical engine o Macchina analitica.

Successivamente è venuto a Torino per presentare alla comunità scientifica italiana il frutto del suo lavoro portando con sé un enorme baule contenente i disegni (oggi conservati all'Accademia delle Scienze) e forse anche il modello di qualche parte della sua macchina, purtroppo, andato irrimediabilmente perso³.

La sua permanenza nella capitale sabauda e i suoi rapporti con il mondo accademico italiano sono oggi ricostruibili in maniera particolareggiata attraverso i rapporti che la polizia stilò in quei giorni: ad accompagnarlo e fare da interprete fu Fortunato Prandi (1799-1868) ritenuto soggetto pericoloso dalla polizia sabauda.

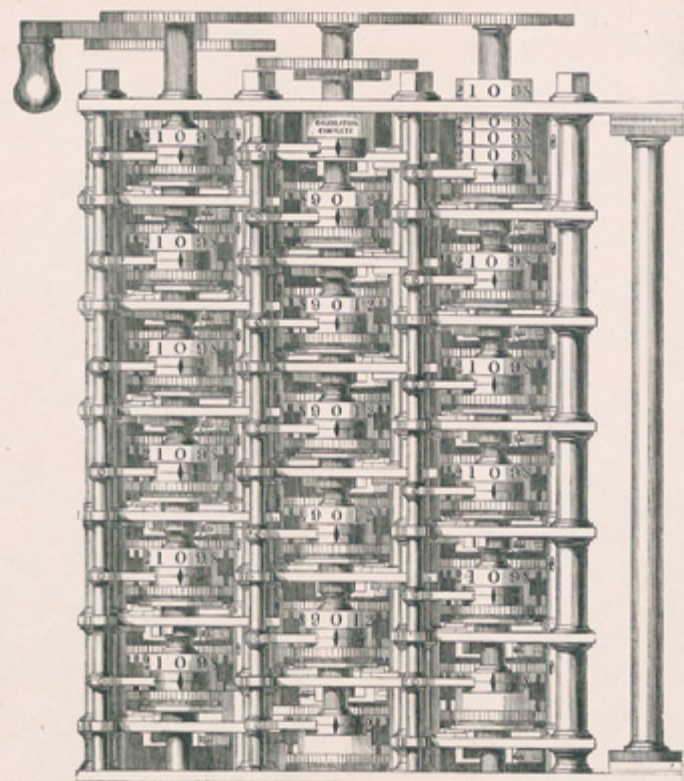
Prandi aveva vissuto in esilio a Londra sin dal 1824 poiché era stato condannato a morte in contumacia per aver partecipato ai moti liberali del 1821. Nell'estate del 1840, tuttavia, aveva avuto il permesso di rientrare brevemente in terra natia sia per la recente commutazione della pena di morte in esilio sia per il suo ruolo di interprete del celebre matematico londinese.

Qualche anno dopo Prandi sarà graziato e diverrà uno dei più attivi imprenditori del Regno: la sua azienda sarà il nucleo della futura Ansaldo.

Un'altra preziosa fonte per ricostruire quanto accaduto in quei giorni è costituita da due capitoli dell'autobiografia di Babbage, intitolata *Passages from the life of a philosopher*, pubblicata nel 1864. Fin dalle prime pagine dell'opera si capisce quanto emblematico fu il soggiorno torinese per l'inventore inglese: sul frontespizio l'onorificenza di commendatore dell'Ordine di San Maurizio e San Lazzaro – il più importante riconoscimento sabauda – è anteposta agli altri numerosi titoli, ma soprattutto, l'opera stessa è dedicata al Re Vittorio Emanuele II:

To Victor Emmanuel II, King of Italy
Sire,
In dedicating this volume to your Majesty, I am also doing an act of justice to the memory of your illustrious father.

3. Oggi queste carte sono state digitalizzate e rese disponibili online sul sito dell'Accademia (cfr. <https://www.accademiadellescienze.it/documenti>) e su Internet Archive (cfr. <https://archive.org/>), una biblioteca digitale americana no profit il cui scopo è consentire un “accesso universale alla conoscenza”.



H. Babbage del.

*Elevation of a portion of Mr Babbage's Engine
for calculating Tables by the Method of Differences
as arranged in 1834.*



Fig. 1 Difference engine o macchina alle differenze. L'incisione, conservata nell'archivio dell'Accademia, riporta un'annotazione manoscritta di Charles Babbage datata 1834.

In 1840, the King, Charles Albert, invited the learned of Italy to assemble in his capital. At the request of her most gifted analyst, I brought with me drawings and explanations of the Analytical Engine. These were thoroughly examined, and their truth acknowledged by Italy's choicest sons.

To the King, your father, I am indebted for the first public and official acknowledgement of this invention.

I am happy in thus expressing my deep sense of that obligation to his son, the Sovereign of united Italy, the country of Archimedes and of Galileo⁴.

Il *most gifted analyst*, ossia lo scienziato che aveva invitato Babbage in Italia, era Giovanni Plana (1781-1864), docente di calcolo infinitesimale e astronomia all'Università di Torino, astronomo del Re, autorevole membro e futuro presidente dell'Accademia delle Scienze.

Era anche il direttore dell'osservatorio astronomico di Torino e, soprattutto, l'autore di un trattato in tre corposi volumi, fitti di calcoli e formule, dedicati al movimento della Luna, dal titolo la *Théorie du mouvement de la Lune*. Come tutti gli astronomi di quei tempi, era probabilmente assillato dal problema del calcolo delle orbite dei corpi celesti. Forse fu il desiderio di far meglio quei calcoli – spendendo minor fatica – a indurre Plana a invitare a Torino Babbage, della cui fantastica macchina matematica già si parlava molto, anche se nessun articolo scientifico le era ancora stato dedicato.

Il dibattito con i matematici italiani fu appassionato e si svolse non solo in pubblico durante le sessioni del congresso, ma anche nell'ambito di gruppi di lavoro più ristretti, proseguendo, a volte, nella stessa stanza di Babbage dove egli aveva appeso piani della macchina e disegni di ruote dentate e cilindri (Figg. 2 e 3).

Luigi Federico Menabrea e la prima descrizione della macchina analitica

Babbage non aveva mai trovato il tempo di descrivere la sua invenzione in un articolo scientifico. Così Plana si accinse a farlo, ma oberato dai suoi incarichi universitari ai quali si sommava il ruolo di astronomo reale – nonché accortosi della difficoltà e della complessità del lavoro – vi rinunciò.

Consapevole, tuttavia, dell'importanza del compito di descrivere la macchina analitica decise di affidarlo a un suo giovane e brillante allievo, Luigi Federico Menabrea (1809-1896) anch'egli presente agli incontri durante il congresso. Menabrea si era laureato in ingegneria idraulica (1832) e architettura civile (1833) all'Università di Torino e, giovanissimo, era stato nominato dal re Carlo Alberto *motu proprio* tenente del Genio⁵. Con questo grado aveva prestato servizio al forte di Bard, da dove era stato richiamato a Torino per insegnare Matematica applicata alla Reale Accademia Militare,

4. Babbage, Charles. 1864. *Passages of a life of a philosopher*. London: Longmann.

5. Per una biografia dettagliata di Luigi Federico Menabrea si rimanda *sub voce* di Pier Angelo Gentile in *Dizionario biografico degli italiani*, vol. 73 (2009), disponibile online: [https://www.treccani.it/enciclopedia/luigi-federico-menabrea_\(Dizionario-Biografico\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/luigi-federico-menabrea_(Dizionario-Biografico)/).

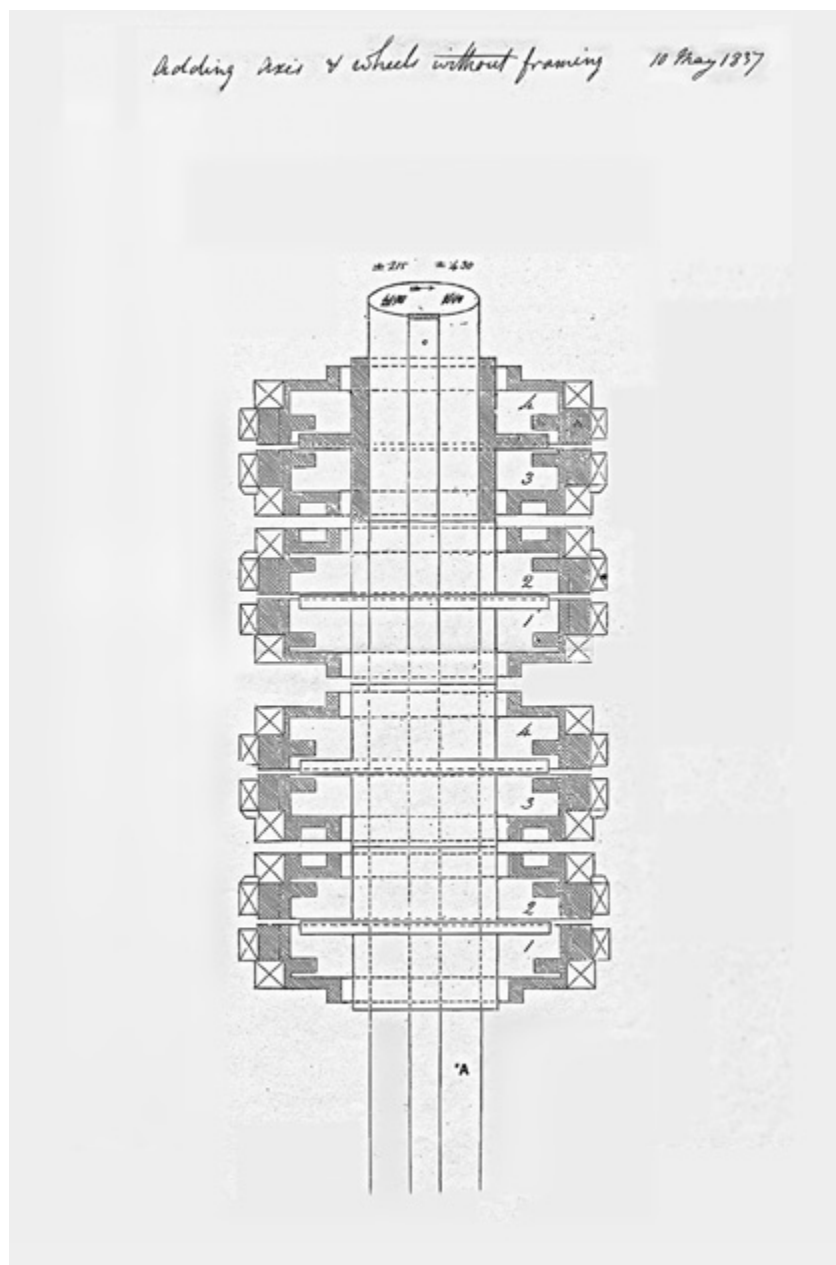


Fig. 2 Questa e molte altre tavole sono conservate nell'Archivio dell'Accademia e illustrano le varie parti meccaniche di cui si sarebbe composta la macchina di C. Babbage. Qui è illustrato l'adding axis (1837).

da cui nel 1859 nacque la Scuola di Applicazione che nel 1906 diverrà il Politecnico. Suo è uno dei teoremi fondamentali della Scienza delle costruzioni, il Teorema di Menabrea o teorema del minimo lavoro.

Menabrea fece, non solo una rapida carriera militare che lo portò al titolo di generale, ma ricoprì anche cariche politiche di grande prestigio. Nominato senatore nel 1860, sarà Presidente del Consiglio dello Stato italiano dal 1867 al 1869.

Ritornando al 1840, il giovane tenente del genio, uno dei pupilli di Plana, aveva però appena iniziato la sua attività scientifica con la pubblicazione, sulle Memorie dell'Accademia delle Scienze di Torino, di due lavori sulla densità della terra e sul pendolo composto. La partecipazione al Secondo congresso degli scienziati italiani e la presentazione pubblica di Charles Babbage – ma, soprattutto, la richiesta da parte del suo maestro – lo indussero a lavorare su un saggio di enorme importanza scientifica, il primo della storia dell'informatica, l'articolo illustrativo della macchina di Babbage.

Nel 1842 pubblicò, infatti, sul volume 41 della *Bibliothèque universelle de Genève*, una delle più importanti riviste scientifiche dell'epoca, un saggio dal titolo *Notions sur la machine analytique de M. Charles Babbage* (Fig. 4).

Quest'articolo rappresenta il primo articolo della storia mondiale della scienza dell'informazione e della tecnologia del calcolatore. Qualche mese più tardi il lavoro di Menabrea fu tradotto in inglese e ampiamente commentato da Augusta Ada Byron, contessa di Lovelace (1815-1852).

La figlia di Lord Byron era una studiosa dall'approfondita cultura matematica e a Londra ebbe modo di conoscere Babbage e frequentarlo assiduamente. I due ebbero diverse occasioni per discorrere della macchina analitica e l'inventore rimase talmente colpito dall'intelligenza della giovane e brillante studiosa da soprannominarla "l'incantatrice dei numeri".

Nel 1843 apparve, sul terzo volume dei *Scientific Memoirs* di Richard Taylor, su pressante richiesta di Babbage stesso, a far fede alla sua autobiografia, un articolo intitolato *Sketch of analytical engine invented by Charles Babbage by L.F. Menabrea with notes by translator*⁶. Il traduttore, celato sotto la sigla A.A.L., aveva più che raddoppiato l'articolo iniziale. Questi commenti hanno grande valore scientifico e per quanto aggiunto e scritto nella traduzione all'articolo di Menabrea, Augusta Ada Lovelace viene oggi ricordata come la prima programmatrice della storia e potrebbe essere definita anche la prima utilizzatrice dell'informatica per l'automazione.

L'eredità di Babbage

Infine, durante il soggiorno torinese, particolarmente importante fu il confronto tra Charles Babbage e un altro giovane fisico ed astronomo, Ottaviano Mossotti

6. Nella sua autobiografia è lo stesso Babbage ad aggiungere qualche dettaglio sulla genesi della traduzione con aggiunta di note della giovane Lady Byron, cfr. *Passages*, cit. p. 136.

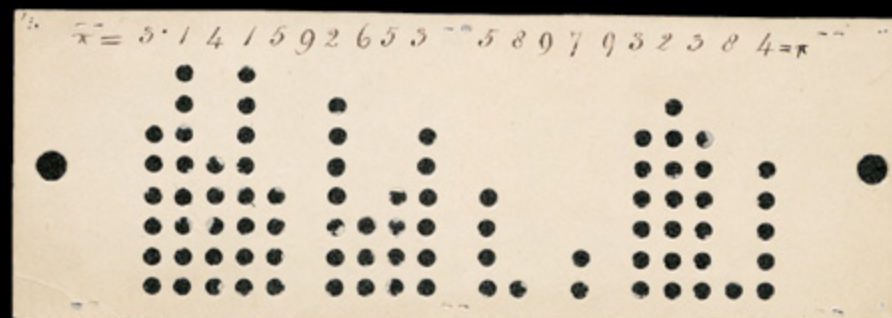
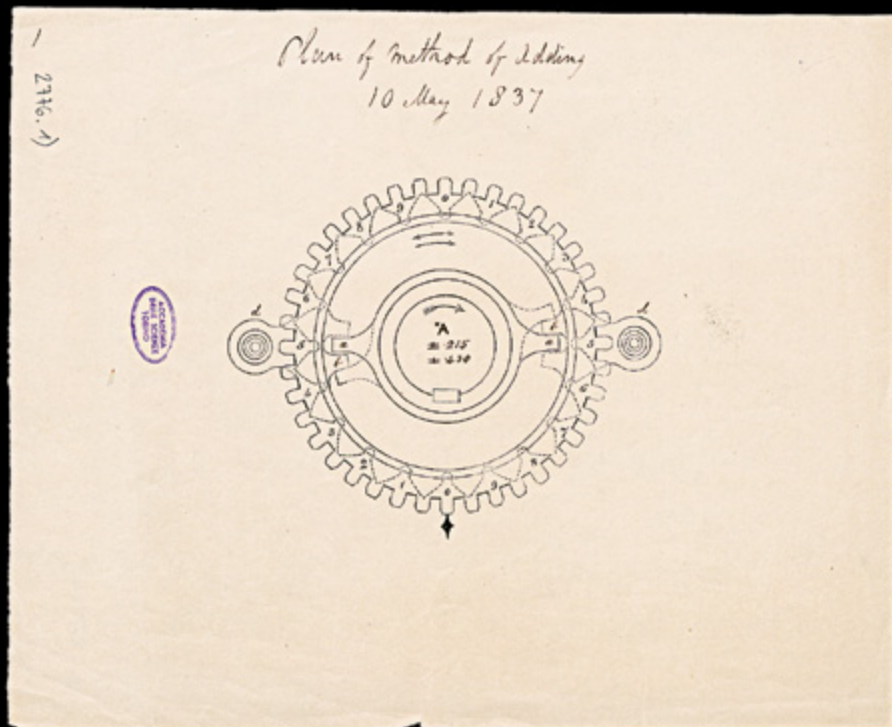
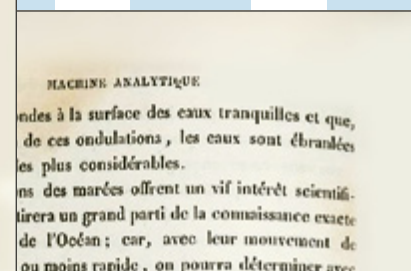
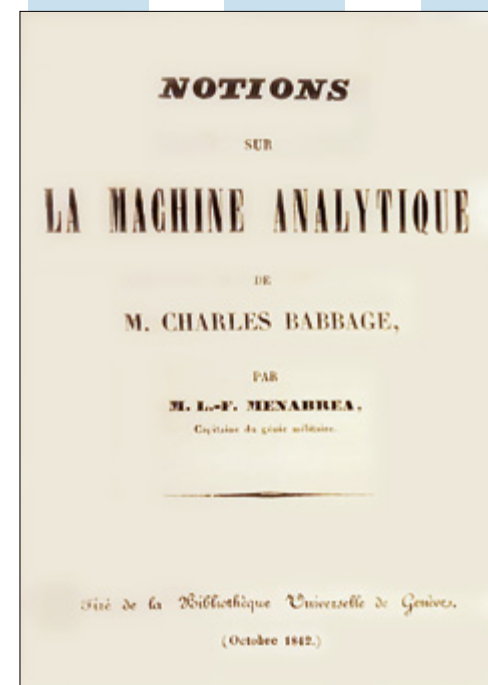


Fig. 3 Altra illustrazione di meccanismo della macchina: Plan of method of adding (1837).

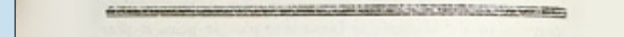
Fig. 4 Una delle punched cards (schede perforate) della Macchina analitica di C. Babbage conservata nell'Archivio dell'Accademia delle Scienze. Questa riprodotta è una number card che serviva a introdurre un dato costante.

Pagina accanto

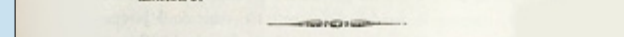
Fig. 5 Frontespizio del volume e articolo di Federico L. Menabrea apparso sulla Bibliothèque universelle de Genève nel 1842, in cui si descrive la macchina analitica di C. Babbage, consultabile nel dizionario bibliografico Treccani <https://shorturl.at/YCwX8>



assez d'exactitude, la profondeur de la mer bien loin du littoral.



NOTIONS SUR LA MACHINE ANALYTIQUE DE M. CHARLES BABBAGE, par Mr. L.-F. MENABREA, capitaine du génie militaire.



Les travaux qui appartiennent à plusieurs branches des sciences mathématiques, quoique paraissant, au premier abord, être uniquement du ressort de l'esprit, peuvent néanmoins se diviser en deux parties distinctes: l'une qu'on peut appeler mécanique, parce qu'elle est sujette à des lois précises et invariables, susceptibles d'être traduites physiquement, tandis que l'autre qui exige l'intervention du raisonnement, est plus spécialement du domaine de la pensée. Dès lors on pourra se proposer de faire exécuter par le moyen de machines la partie mécanique du travail, et réserver à la seule intelligence celle qui dépend de la faculté de raisonner. Ainsi la rigueur à laquelle sont soumises les règles du calcul numérique a dû, depuis longtemps, faire songer à employer des instruments matériels, soit pour exécuter entièrement ces calculs, soit pour les abrégier. De là sont nées plusieurs inventions dirigées vers ce but, mais qui ne l'atteignent, en général, qu'imparfaitement. Ainsi la machine de Pascal, tant vantée, n'est maintenant qu'un simple objet de curiosité qui, tout en prouvant une

(1791-1863), che dopo un lungo esilio in Sudamerica era stato appena chiamato all'Università di Pisa⁷.

L'interesse storico e scientifico del dibattito tra Babbage e Mossotti deriva dall'assoluta novità dell'argomento trattato, che non riguarda tanto l'esecuzione delle operazioni aritmetiche considerate singolarmente, quanto il concatenamento delle singole operazioni e l'esecuzione di un vero e proprio programma. Nell'Analytical Engine di Babbage, lo strumento utilizzato per descrivere formalmente e fisicamente un programma è la *punched card* ovvero la scheda perforata, un'evoluzione del cartone introdotto qualche decennio prima da Joseph Marie Jacquard per memorizzare i modelli tessili da riprodurre a telaio. La scheda perforata (Fig. 5) verrà sostituita 130 anni dopo, nel 1975, dal floppy disk.

Il 10 gennaio 1841, pochi mesi dopo aver partecipato al *Secondo Congresso degli Scienziati Italiani*, Babbage venne nominato socio dell'Accademia delle Scienze su proposta di Plana, Angelo Sismonda (direttore della classe di Scienze fisiche) e Menabrea, a sottolineare quanto disegni e argomentazioni avessero convinto i torinesi del suo progetto.

Babbage non completò mai la realizzazione di una delle sue macchine. L'ultimo suo modello di macchina analitica avrebbe dovuto essere grande come un campo da calcio ed essere azionato da un enorme motore a vapore. Il primo ministro Benjamin Disraeli gli rifiutò il finanziamento, affermando che l'unica applicazione concreta di quella macchina gli appariva il calcolo delle somme già spese per le ricerche di Babbage. Disraeli aveva ragione.

Babbage aveva compreso che un calcolatore programmabile doveva contenere molte migliaia di componenti elementari, ma le ruote dentate a cui si affidava, per quanto miniaturizzate, avrebbero sempre avuto un ingombro e un costo inaccettabili. La più raffinata tecnologia meccanica era inadeguata alle idee di Babbage. Occorreva aspettare cento anni e l'avvento di una nuova tecnologia, la microelettronica, per tradurre quelle idee geniali in realtà.

7. Per un approfondimento sulla vita e l'apporto scientifico di Ottaviano Fabrizio Mossotti si rimanda *sub voce* al Dizionario biografico degli italiani, vol. 77 (2012), disponibile online: <https://www.treccani.it/enciclopedia/ottaviano-fabrizio-mossotti>

BIBLIOGRAFIA

- Babbage, Charles. 2007. *Passaggi dalla vita di uno scienziato. Autobiografia dell'inventore del computer*. Torino: UTET.
- Babbage, Charles. 1864. *Passages from the life of a philosopher*. London: Longman.
- Borgi, Elena, e Daniela Caffaratto. 2017. 'Tra le carte della scienza. L'archivio storico dell'Accademia delle Scienze di Torino dal passato alla modernità'. Torino: Hapax.
- Bulferetti, Luigi. 1968. "I corrispondenti italiani di Charles Babbage." *Le macchine. Bollettino dell'Istituto italiano per la storia della tecnica*, 1: 119-126.
- Bulferetti, Luigi. 1968. "Un amico di Charles Babbage: Fortunato Prandi." *Memorie letterarie dell'Istituto Lombardo di Scienze e Lettere*, 30: 82-165.
- Capanna, Ernesto. 2011. *Eran quattrocento: le riunioni degli scienziati italiani: 1839-1847*. Bologna, CLUEB.
- Casalena, Maria Pia. 2007. *Per lo Stato, per la Nazione: i congressi degli scienziati in Francia e in Italia, 1830-1914*. Roma: Carocci.
- Hénin Silvio. 2015. *Il computer dimenticato: Charles Babbage, Ada Lovelace e la ricerca della macchina perfetta*. Milano: Hoepli.
- Losano, Mario Giuseppe. 2014. *La macchina da calcolo di Babbage a Torino*. Firenze: Olschki.
- Segala, Marco. 2003. "Babbage, the analytical engine and the Turin Academy of Sciences." *Travels of learning: a geography of science in Europe*. Dordrecht: Kluwer.
- Tricomi, Francesco Giacomo. 1971. "Un precursore delle moderne macchine calcolatrici: Charles Babbage (1792-1871)." *Atti dell'Accademia delle Scienze di Torino*, 106: 17-24.



Esordi

2

Giovanni A. Cignoni

**I primi calcolatori,
il contesto internazionale e italiano**



Dai calcolatori umani ai calcolatori elettronici

I computer o calcolatori, in italiano, divennero realtà nella seconda metà degli anni Quaranta del secolo scorso. Erano macchine universali, capaci di eseguire ogni procedimento di calcolo descrivibile e in poco tempo sostituirono, con grandi vantaggi di velocità, correttezza e infaticabilità, i calcolatori (o computer) che li avevano preceduti, cioè le persone che fino ad allora avevano lavorato per risolvere numericamente i problemi di ricercatori, ingegneri, industriali e amministratori pubblici. Quella del calcolatore era, infatti, una professione secolare esplosa a partire dal 1800, ma attestata da tempo¹.

La transizione di significato del termine, da persona a macchina, in italiano come in inglese sottolinea l'universalità: lo strumento è programmabile e può imparare i procedimenti al pari dei suoi predecessori umani.

Le prime macchine però, pur universali, continuarono a essere dette calcolatrici (*calculator* in inglese) come le sorelle minori da tempo in uso, digitali, ma decimali, meccaniche e limitate alle quattro operazioni e poco più. Per distinguerle si aggiungeva un aggettivo come elettronico o automatico e la finale in "AC" di molti acronimi di macchine inglesi e americane sta per *automatic calculator*, ossia una calcolatrice che non ha bisogno del calcolatore umano che dirige l'esecuzione del procedimento. Si passerà a usare il termine calcolatore per le macchine quando le persone lavoreranno con la nuova qualifica: programmatore.

Per calarci nella terminologia del tempo e rispettare i nomi originali, anche qui parleremo di calcolatrici pur sapendo che, a pieno titolo, sono calcolatori, cioè macchine universali.

Per soddisfare le esigenze di calcolo in continua crescita in ogni contesto, i calcolatori persona erano tanti, impiegati in dipartimenti dedicati di università, aziende, enti pubblici oppure in centri specializzati che offrivano servizi di calcolo. Ad esempio, la Moore School of Electrical Engineering dell'Università della Pennsylvania solo per soddisfare le richieste di calcolo dell'US Army impiegava oltre 200 calcolatori, quasi tutti donne. Numeri simili – inclusa la particolarità di genere – c'erano negli altri centri di ricerca, nei reparti contabilità delle aziende, in banche e assicurazioni, nelle amministrazioni pubbliche.

Quando un'attività impiega così tante persone, l'idea di automatizzarla è spontanea, ma il percorso per realizzarla fu lungo e graduale. Iniziò con le intuizioni e i tentativi ottocenteschi di Charles Babbage prima (Bromley 1982) e Percy E. Ludgate dopo (Coghlan et al. 2021). Passò per le tabulatrici di Hollerit del 1880, successivamente prodotte a livello industriale da IBM negli Stati Uniti, BTM in Inghilterra, Dehomag in Germania, Bull in Francia e utilizzate fino a tutti gli anni Cinquanta (Pugh e Heide 2013). Come ultime tappe ci furono diversi precursori, non ancora proprio universali, ma quasi, realizzati per citarne alcuni, da Konrad Zuse in Germania (Rojas 1997) o, in USA, da Howard H. Aiken ad Harvard (Aiken e Hopper 1946) e George R. Stibitz ai Bell Labs (Stibitz 1982).

1. In italiano, calcolatore si trova per la prima volta nell'edizione del 1691 del Vocabolario della Crusca: "colui che fa i calcoli". Prima si usava il latino *calculator*.

Parallelemente, dai primi del 1900, matematici e logici si interrogavano sull'esistenza di un formalismo universale. L'interesse era principalmente teorico, ma l'esistenza di un modo per descrivere tutti i procedimenti di calcolo definito da regole univoche è una condizione necessaria per l'interpretabilità da parte delle macchine.

Il percorso coinvolse personaggi del calibro di David Hilbert, Bertrand Russell, J.W. Richard Dedekind, Kurt Gödel ed Emil L. Post; terminò con i lavori del 1936 di Alonzo Church e Alan M. Turing, ma fu completamente compreso solo qualche anno dopo con Stephen Kleene (Davis 1957), quando, in effetti, le macchine universali erano prodotti commerciali già da qualche anno.

Fu un progresso seguito con attenzione da tanti. In primo luogo tutti coloro che lavoravano ai fondamenti teorici, alla ricerca delle soluzioni tecniche, alla costruzione delle macchine. Ma soprattutto dai moltissimi potenziali utenti che aspettavano tali macchine per poterle sfruttare in applicazioni scientifiche e gestionali.

La conclusione arrivò quando l'elettronica divenne matura come tecnologia implementativa, ma fu un risultato atteso "*come le violette a primavera*" (Hénin 2014). Non deve stupire perciò se, con la sua storia pregressa, la citata Moore School dell'Università della Pennsylvania sia stata uno dei luoghi dove le violette fiorirono; la loro si chiamava ENIAC e fu inaugurata ufficialmente nel 1946². Come anche fu naturale che la notizia del traguardo infine raggiunto avesse subito grande diffusione.

Nella letteratura scientifica, la pubblicazione dei primi risultati di ENIAC (Hartree 1946; Burks 1947) o delle macchine di Manchester (Williams e Kilburn 1948; Kilburn 1949), fu immediata. Ma, poiché le violette non spuntano mai isolate, apparvero presto anche rassegne (Comrie 1946) o (Booth e Britten 1949) e libri scritti da consulenti aziendali di alto profilo come per esempio (Berkeley 1949). Edmund C. Berkeley, già fra i fondatori, nel 1947, dell'Association for Computing Machinery (ACM), sarà poi editore di *Computers and Automation* che, pubblicata da settembre 1951, fu una delle prime riviste del settore³.

Un altro notevole esempio di informazione scientificamente vagliata fu la *Digital Computer Newsletter* edita dal 1949. La curava l'Office of Naval Research della US Navy, ma non aveva restrizioni di riservatezza e fu uno degli strumenti più efficaci per la diffusione di notizie all'interno della comunità di interessati; dal 1954 fu anche ristampata e distribuita da ACM.

2. Realizzato nell'ambito dello sforzo bellico, più che un'implementazione dei risultati sui formalismi universali, ENIAC era un discendente digitale e programmabile degli analizzatori differenziali analogici realizzati a partire dagli anni Trenta da Vannevar Bush (e non solo). ENIAC nel 1946 era in funzione già da un paio d'anni, l'esperienza d'uso, in particolare la farraginosità con cui si caricavano i programmi, suggerì ai progettisti, John Mauchly e Presper Eckert, una seconda macchina con una diversa impostazione. John von Neumann, in visita al progetto nel 1945, identificò la nuova idea come "la soluzione" e la raccontò nel suo *First Draft of a Report on the EDVAC*: da allora è l'architettura di base di praticamente tutti i calcolatori. Per una narrazione di prima mano si rimanda a: Goldstine, Herman Heine. 1972. *The Computer, from Pascal to Von Neumann*, Princeton (NJ): Princeton University Press – Goldstine era il responsabile dei progetti ENIAC e EDVAC.

3. I primi nomi della rivista furono "Roster of Organizations in the Computing Machinery Field" (51/52) e "The Computing Machinery Field" (52/53). La rivista era curata da Edmund C. Berkeley et al. ed edita dalla Berkeley Enterprises Inc.

Ancora più rilevante, è che notizie meno autorevoli ma, comunque, dettagliate e puntuali, avevano spazio nella stampa destinata a pubblici più ampi. Per esempio, sui quotidiani di propaganda distribuiti nei paesi dove erano presenti le truppe alleate, si trovano cronache del percorso di avvicinamento (The Stars and Stripes 1944). Riviste come Popular Science dettero tempestivamente ampie notizie di ENIAC (Rose 1946) e delle macchine commerciali prossime venture (Mann 1949). D'altra parte, la divulgazione era utile per costruire consenso sui finanziamenti: diversi scienziati di primo piano si impegnarono con contributi su riviste culturali (Comrie 1947) e interviste radiofoniche⁴.

Per il grande pubblico erano i “cervelli elettronici”. Sulle riviste di tendenza erano protagonisti di racconti di fantascienza romantica⁵ e nelle vie eleganti venivano esposti in vetrina⁶ per esibire la capacità di innovazione delle aziende.

La reazione in Italia

Le prime macchine furono costruite in USA e UK, ma attesa e interesse erano internazionali e la circolazione delle notizie fece sì che tutti i paesi industrializzati avviassero presto progetti per dotarsi della nuova tecnologia. La comunità scientifica e industriale italiana non fu da meno.

L'Istituto Nazionale delle Applicazioni del Calcolo (INAC) del CNR di Roma, per esempio, si mosse subito, ma c'era da aspettarselo. Dal 1927 era impegnato nella ricerca sui procedimenti per la risoluzione numerica dei problemi – algoritmica diremmo oggi – e offriva servizi di calcolo impiegando calcolatori umani: aveva, perciò, sempre seguito le evoluzioni dell'automazione del calcolo⁷.

Alle prime notizie delle calcolatrici digitali elettroniche PINAC iniziò a raccogliere informazioni e avviare collaborazioni. Nel 1950, per visitare i laboratori in USA – dove le

4. Hartree, l'11 dicembre 1947 raccontò delle “Automatic Calculating Machines” a *Science Survey* del BBC Third Programme, trasmissione delle 22:30. Comrie il 5 aprile 1948 parlò di “Mathematics in War” alla Auckland Radio Station 1YA, trasmissione delle 19:00. Leggende diffuse ma poco realistiche narrano che queste trasmissioni abbiano ispirato gli scienziati sovietici (Cignoni e Prokhorov 2023).

5. Collier's Weekly, nel numero del 25 novembre 1950, pubblicò il racconto “EPICAC” di Kurt Vonnegut: novello Cyrano, il calcolatore aiuta un ricercatore a conquistare una collega scrivendo per lui lettere appassionate e innamorandosene a sua volta.

6. IBM ristrutturò la sede di Madison Avenue a New York affinché la SSEC, inaugurata il 27 gennaio 1948, fosse a ogni ora del giorno ammirabile dai passanti.

7. Che non era solo a cifre (digitale): molta automazione del calcolo era analogica cioè rappresentava i valori numerici per analogia con grandezze fisiche, per esempio meccanicamente usando lunghezze, o elettricamente, con tensioni; gli strumenti erano da tascabili, come i regoli calcolatori, a grandi e sofisticati, come gli analizzatori differenziali. Gli strumenti analogici, sebbene molto efficaci nel risolvere problemi specifici, non sono però mai arrivati a essere macchine universali o, guardando la storia di ENIAC, lo sono diventati quando son passati al digitale. L'INAC non investì mai moltissimo nel calcolo analogico, ma nel 1951 Università di Bologna e Politecnico di Torino si erano dotati di macchine elettroniche analogiche avanzate. Quella del calcolo analogico, anche se pur sempre automatico, è però un'altra storia.

macchine si costruivano – organizzò una lunga missione alla quale seguirono, fra il 1951 e il 1953, due tentativi di progetti per realizzare una calcolatrice elettronica in Italia⁸.

Nella corrispondenza di Mauro Picone, che dell'INAC era fondatore e direttore, si trovano anche le tracce dei primi scambi con i colleghi italiani. Nel 1947, per esempio, discute con Gino Cassinis, rettore del Politecnico di Milano, di possibili collaborazioni con la Lagomarsino⁹ per inserirsi nei progetti che stavano avviando in Francia sulle calcolatrici elettroniche; nello stesso anno scrive a Luigi Amerio, allora all'Università di Genova, di quanto i metodi di integrazione su cui avevano lavorato insieme avrebbero beneficiato della possibilità di essere eseguiti sulle nuove macchine.

Un'altra iniziativa, precoce e interessante da ricordare, vide protagonista Bruno de Finetti che nel 1950 viaggiò in USA per partecipare a convegni e visitare laboratori. Di ritorno, scrisse un saggio (de Finetti 1952) che si può considerare la prima rassegna in italiano¹⁰. Il titolo, alludendo alla vastità di applicazioni delle macchine universali, suggerisce riflessioni; da un punto di vista più pratico, la rassegna forniva immagini e dettagli di sei macchine di esempio: Simon, SSEC, CPC, SEAC, SWAC, UNIVAC¹¹.

Oltre ai contenuti, l'esperienza di de Finetti è interessante per il numero di sponsor che testimonia quanto interesse ci fosse sull'argomento. Il nostro, nel 1950, era all'Università di Trieste dove insegnava Matematica finanziaria nella prestigiosa Facoltà di Economia – l'ateneo triestino era stato fondato nel 1924 proprio come Università degli Studi Economici e Commerciali. La sua missione però fu finanziata dalle Assicurazioni Generali: de Finetti ci aveva lavorato quindici anni fino al 1946, ma nel 50 era stato coinvolto, come esperto, nella riorganizzazione del loro centro meccanografico.

La prima pubblicazione del saggio, nel 1952, fu in due numeri consecutivi di *Tecnica e Organizzazione*, la rivista di cultura aziendale edita dall'Olivetti. Fu poi ristampato, nello stesso anno e in un libretto unico, dall'Università di Trieste, ma dalla Facoltà di Scienze e Ingegneria.

Anche sui quotidiani e le riviste nazionali si trovano notizie sia delle macchine realizzate all'estero che degli strumenti acquistati in Italia; i cervelli elettronici suscitavano

8. Sono del 1947 i primi contatti con Princeton e Harvard per provare sulle nuove macchine i procedimenti sviluppati dall'istituto; i due tentativi di costruzione sono il primo in collaborazione con Harvard, il secondo con il National Bureau of Standards, ma non anticipiamo troppo e indirizziamo il lettore al contributo “L'INAC di Roma e la Ferranti Mk1*” di Andrea Celli e Giovanni Cignoni e presente nel volume.

9. La Lagomarsino di Milano dal 1896 prima importava poi produceva calcolatrici digitali meccaniche ed elettromeccaniche, passò all'elettronica a fine anni Sessanta, i progetti di cui parlavano Cassinis e Picone non ebbero seguito, per i dettagli si rinvia nuovamente al contributo di Celli e Cignoni.

10. Come tale circolò fra gli interessati. Per esempio, Picone ne suggerì caldamente la lettura a Cassinis in una lettera del 2 ottobre 1952.

11. Simon era una macchina didattica prodotta dalla E.C. Berkeley & Associates – Berkeley lo abbiamo già incontrato con ACM e Computer Automation; SSEC e CPC sono IBM, la prima realizzata in esemplare unico nel 1948, la seconda in serie dal 1950; SEAC e SWAC furono realizzate nel 1950 dal National Bureau of Standards, praticamente in contemporanea ma con filosofie diverse, seriale la prima, parallela la seconda; UNIVAC dal 1951 era prodotto dalla Eckert-Mauchly Computer Corp., fondata dai progettisti di ENIAC e EDVAC e poi acquisita dalla Remington Rand.

curiosità e i giornalisti la assecondavano senza risparmiarsi in fantasia: “grazie agli elettronici si potranno far crescere i pomodori sull’Everest”¹².

Acquistare, costruire o tutti e due?

Nonostante l’interesse tempestivo, in Italia i progetti per dotarsi di calcolatrici elettroniche non si concretizzarono subito. I piani di costruzione dell’INAC non andarono in porto. Ma, se nei primi anni della loro comparsa l’unica via per avere una macchina era costruirselo, con l’arrivo dei primi modelli commerciali l’acquisto diventò un’opportunità da considerare per ottenerne una in modo semplice e in tempi rapidi.

A comprare pensò il Politecnico di Milano. Su iniziativa di Cassinis fu deciso l’acquisto di una CRC 102A; Luigi Dadda fu incaricato del progetto e andò in USA per formarsi e seguire costruzione, collaudo e spedizione della calcolatrice. Intorno alla macchina fu costituito il Centro di calcoli numerici che fu inaugurato il 31 ottobre 1955¹³.

Anche l’INAC si era poi deciso a comprare in Inghilterra e il 14 dicembre 1955 inaugurava la sua Ferranti Mk 1¹⁴.

Fra i primi acquisti possiamo considerare anche, nel 1956, i due Bendix D12¹⁵ dell’Università Federico II di Napoli e dell’Università di Bologna.

Tutte e quattro le iniziative furono realizzate con fondi dell’Azienda Rilievo Alienazione Residui legati all’European Recovery Program (ERP): le regole di finanziamento favorivano i progetti di acquisto. Cassinis, inaugurando il Centro di calcoli numerici, spese molte parole di ringraziamento per Luigi Borgogno, responsabile dell’Ufficio ERP del Ministero della pubblica istruzione. La ricerca scientifica vive di

12. Si legge su *Epoca* 3 (36) del 16 giugno 1951, il servizio parla del SEAC e cita acquisti di macchine fatti da Bologna e Torino con una gran confusione fra analogico e digitale. Fra gli esempi di copertura del tema, interessante anche, su *La Stampa* del 21 febbraio 1953, un articolo in cui, fra varie notizie sulle nuove macchine elettroniche, si ricorda la “Sibilla automatica” che aveva predetto la vittoria di Eisenhower alle elezioni del novembre 1952. Era un UNIVAC, non citato dall’articolo, che non aveva doti divinatorie ma aveva elaborato le proiezioni sui dati dei primi spogli della Costa Est mentre nel resto degli Stati Uniti le urne erano ancora aperte.

13. A Dadda fu affidata la direzione, la presidenza ad Amerio, già trovato negli scambi con Picone e ora a Milano. Per la storia milanese rimandiamo al contributo di Roberto Dadda dal titolo “La CRC 102A del Politecnico di Milano”.

14. Era la discendente commerciale della seconda macchina realizzata, nel 1949, all’Università di Manchester, acquirenti notevoli prima dell’INAC furono l’Università di Toronto (1952) e la Shell di Amsterdam (1953). Nel già citato contributo di Celli e Cignoni si trovano tutti i particolari sulla Ferranti dell’INAC.

15. A parte vicinanza di date e finanziamenti, vale la pena ricordare i D12 come fratelli del CRC 102A e parenti delle analogiche del 1951 di Torino e Bologna (anch’esse fondi ERP). Nel 1946 un gruppo interno alla Northrop aveva realizzato Maddida (Magnetic Drum Digital Differential Analyzer) l’azienda aeronautica però non investì oltre nel progetto. Una parte del gruppo uscì, fondò la Computer Research Corp. e dall’architettura a tamburo magnetico derivarono le macchine general purpose 102A e 102D. La Northrop poi cedette Maddida, progetti e diritti alla Bendix che ne migliorò le caratteristiche di analizzatore differenziale producendo in serie i D12.

finanziamenti, la presenza di un funzionario “così gentile, così pronto, così competente” fu determinante e non si fatica a comprendere la sincera gratitudine di Cassinis.

Progetti di costruzione riuscirono invece alle Università di Pisa e di Padova. Il costruire, in parte, era considerato un’esperienza di per sé stimolante, ma contò anche la speranza di risparmiare qualcosa sui costi. Rappresentava, tuttavia, un’impresa complicata da molti problemi pratici riguardanti gli spazi, gli acquisti di materiali e di strumentazioni particolari e il reclutamento di personale specializzato anche per le mansioni operative e amministrative.

A Pisa, il 9 marzo 1955 fu costituito il Centro di studi sulle Calcolatrici Elettroniche (CSCE) che, su progetti originali, costruì le due Calcolatrici Elettroniche Pisane (CEP)¹⁶, la prima fu pronta nel 1957, la seconda nel 1961. Presidente del CSCE era Marcello Conversi – che era anche direttore dell’Istituto di Fisica dell’Università di Pisa – ma la storia è interessante come progetto voluto e sostenuto da tutta la comunità dei fisici italiani a partire dall’Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e dal suo presidente Gilberto Bernardini, fino al concorso esterno di Enrico Fermi che, certo, pesò nell’assicurare al progetto il finanziamento degli enti locali di Pisa, Livorno e Lucca.

A Padova fu invece costruita una macchina ispirata ai progetti del 1953 di Andrew e Kathleen Booth. L’iniziativa nacque nell’Istituto di Statistica con la proposta di Albino Uggè di istituire un Centro Universitario di Consulenza Statistica e Calcolo, motivo per cui la calcolatrice costruita a Padova, completata nel 1961, è detta la Macchina di Statistica (MS)¹⁷.

Più progetti simili negli stessi anni possono far pensare a un clima di concorrenza. Trattandosi di centri che offrivano servizi di calcolo, qualche iniziale preoccupazione relativa alla spartizione del mercato ci fu, ma poi la domanda crebbe così tanto che i clienti non mancarono a nessuno.

Un po’ di campanilismo e di sportiva rivalità sono naturali nel mondo della ricerca, ma non ci furono una caccia al primato, né polarizzazioni in partiti contrapposti del comprare e del costruire. Sono banalizzazioni che rendono facile attirare l’attenzione del lettore ma non appartengono al buon resoconto storico. Più interessanti sono, invece, i punti di contatto.

Contatti fra l’INAC di Roma e il Politecnico di Milano li abbiamo già incontrati sin dal 1947. Conversi e Bernardini, già conoscevano Picone, muovendosi per costruire consenso intorno al progetto lo contattarono subito per averlo come alleato; negli anni successivi l’INAC, in particolare con Corrado Böhm, collaborò spesso con il progetto pisano. In una delle prime riunioni a Pisa troviamo Giuliano Patergnani, fisico di Padova che poi parteciperà alla costruzione della MS. Insomma, anche in Italia spuntarono più violette e non erano fra loro isolate.

16. La storia del centro e delle due CEP è trattata nel contributo di Giovanni Cignoni “Le Calcolatrici Elettroniche Pisane”.

17. Per la MS e le correlate vicende patavine, rimandiamo al contributo di Maristella Agosti e Alberto Cammozzo dal titolo “La Macchina di Statistica dell’Università di Padova”.

In Italia costruì anche Olivetti che, da tempo rivenditore delle tabulatrici Bull, seguiva l'evoluzione del calcolo automatico con l'intenzione di estendere la sua offerta oltre i prodotti da scrivania, le macchine per scrivere e le calcolatrici meccaniche. Completò un primo prototipo di calcolatrice elettronica nel 1958, ne realizzò un secondo e annunciò la produzione commerciale nel 1959, consegnò il primo Elea 9003 di serie il 23 settembre 1960. La storia dell'Olivetti è trattata nel seguito di quest'opera, ci limitiamo qui a evidenziare quanto sia un altro bell'esempio di molteplicità di intersezioni.

Abbiamo già trovato l'Olivetti come editore del saggio di de Finetti; nel 1950 l'azienda di Ivrea partecipò con Michele Canepa alla missione dell'INAC in USA e fu partner industriale nei due successivi tentativi di costruzione tra il 1951-53. Dal 1955 al 1961 fu partner e cofinanziatore dell'Università di Pisa nella costruzione delle due CEP. All'Università di Padova fornì nel 1962 il primo esemplare del suo secondo modello commerciale, l'Elea 6001. Infine, per l'INAC, costruì il CINAC che nel 1966 successe al Ferranti.

L'interazione fra ricerca e industria fu proficua, per certi versi obbligata in un momento in cui investire in tecnologie così nuove e così costose era una scelta rischiosa. Doverosa, per non rimanere indietro, ma suscettibile di critiche per aver investito molto trovandosi presto con soluzioni obsolete. Chi acquistava si esponeva a spese immediate più alte e chi costruiva, a tempi più lunghi. Per tutti, anche per chi aveva obiettivi commerciali, voleva dire inserirsi in una corsa scientifico-tecnologica che procedeva a ritmi serratissimi e competere, su scala internazionale, con istituzioni e industrie che godevano di finanziamenti di tutt'altra entità.

Una competizione difficile

Per valutare con oggettività i risultati conseguiti e apprezzare le difficoltà affrontate dai primi progetti realizzati in Italia per acquistare o costruire calcolatrici elettroniche, vale la pena fare qualche cenno allo stato dell'arte sulla scena internazionale all'inizio e alla fine delle storie a cui abbiamo accennato e che, con dovizia di particolari, saranno trattate nelle successive sezioni

Per non annoiare troppo, citiamo solo pochi esempi fra i tanti che si potrebbero usare per mostrare la strabiliante velocità con cui l'informatica si sviluppava in quegli anni.

Nel 1954-55, quando in Italia si concretizzano i primi acquisti e si iniziano i progetti di costruzione, stavano già arrivando i primi calcolatori della seconda generazione, realizzati a transistor, con minori consumi di energia, compatti e veloci. Per esempio, nel 1954 venivano pubblicati gli eccellenti risultati di prestazioni e affidabilità ottenuti con il TRADIC: la sua realizzazione a transistor era determinata dal requisito di poter essere installato sugli aerei militari (Felker 1954). Il 7 ottobre 1954, l'IBM dava una dimostrazione pubblica del prototipo a transistor del 604, un modello a valvole già sul mercato, di limitate prestazioni (più una super tabulatrice elettronica che un vero calcolatore) ma grande successo commerciale, con oltre 5000 esemplari venduti (Brown 1955).

Sul finire delle nostre storie, i progressi realizzati nel frattempo disegnano un altro pianeta. Nel 1960, la RAND Co. pubblicava il lavoro di Paul Baran sulle architetture delle reti di calcolatori (Baran 1960). La Digital commercializzava il PDP1 che, presentato nel 1959 alla Eastern Joint Conference di Boston, aveva la gestione delle periferiche di ingresso e uscita in tempo reale e l'interazione touchscreen tramite penna ottica (Lanzarotta 1959). Nel 1961, la US Navy concludeva con successo le prime prove del sistema di geoposizionamento globale basato sull'AN/UYK-1, un calcolatore di dimensioni utili a passare dai portelli dei sottomarini, ma capace di elaborare in tempo reale l'effetto doppler del segnale (analogico e campionato digitalmente) trasmesso dal satellite Transit 4a (Hill 1961), (Space Dept. 1978). Le prestazioni erano determinanti per migliorare la precisione interpolando molte campionature ravvicinate del segnale. Per farsi un'idea della qualità dei risultati, i dati di posizione raccolti nelle prove servirono a stabilire che la Terra è ellittica anche all'equatore, ma con una differenza fra gli assi di soli settantasei metri.

Nelle prossime puntate

Questa breve carrellata sul contesto internazionale e italiano all'alba dei calcolatori elettronici ha lo scopo di introdurre la lettura dei contributi successivi che entrano nei dettagli di altrettante esperienze italiane diverse non solo per collocazione geografica. Le abbiamo già incontrate e abbiamo già fatto gli opportuni rimandi, ma prima di congedarsi val la pena aggiungere ancora qualche riga per sottolineare, riassumendola, la ricchezza dello scenario complessivo.

Aprì le danze Roma dove l'INAC, per la sua storia pregressa, fu rapido a muoversi, contribuì a diffondere le informazioni al resto della comunità scientifica nazionale, ottenne prestigiosi riconoscimenti internazionali, coltivò collaborazioni illustri per provare a costruire, ma si risolse, infine, per acquistare un prodotto inglese. La sua storia introduce, anche ai fini delle letture seguenti, i problemi tipici delle sfide che si aprono quando una nuova tecnologia si rende disponibile: dalla ricerca di informazioni e collaborazioni, alle decisioni sul come arrivare ad averla e sfruttarla, alla caccia ai finanziamenti.

A Milano, il Politecnico, pragmaticamente privilegiando il vantaggio di avere presto un calcolatore per imparare a usarlo e iniziare a offrire servizi di calcolo, ebbe meno dubbi e comprò una macchina commerciale americana mettendola a frutto in tempi rapidi.

A Pisa, l'Università, approfittando della disponibilità, quasi inaspettata, di fondi locali, pianificò di costruire una calcolatrice elettronica in quattro anni, ma finì per farne due diverse, mettendocene quasi sette; confermò che i finanziamenti non bastano mai e le sfide sono sempre più complesse del previsto, ma non rinunciò a fare ricerca costruendo macchine originali e ambiziose – un investimento che pagherà, ma nel lungo termine.

A Padova, prima si costruì una piccola macchina rifacendosi a un collaudato progetto inglese, poi si acquistò un calcolatore commerciale, ma made in Italy.

Alla ricchezza della biodiversità dei quattro progetti tutti legati a istituzioni di ricerca, si aggiunge il rapporto con l'industria nazionale. L'Olivetti è presente in gran

parte delle storie, partner nelle missioni e nei tentativi di costruzione romani, partner nelle costruzioni di Pisa, fornitore di Padova e, più tardi, di Roma.

Insomma, speriamo di esser riusciti, per dirla con Carlo M. Cipolla¹⁸, a trasmettere al lettore il senso che la storia è di gran lunga più complessa e complicata di quanto sia possibile ricostruirla e raccontarla.

BIBLIOGRAFIA

- Aiken, Howard H., e Grace Hopper. 1946. "The Automatic Sequence Controlled Calculator - Parts I, II and III." *Electrical Engineering* 65 (8-9, 10, 11): 384-91, 449-54, 522-28.
- Baran, Paul. 1960. "Reliable Digital Communication Systems using Unreliable Network Repeater Nodes." Rapp. tec. P-1995, RAND Corporation.
- Berkeley, Edmund C. 1949. *Giant Brains or Machines that Think*. New York: J. Wiley & Sons.
- Booth, Andrew D., e Kathleen H.V. Britten-Booth. 1949. "Principles and Progress in the Construction of High-Speed Digital Computers." *Quarterly Journal of Mechanics and Applied Mathematics* 2 (2): 182-97.
- Bromley, Allan G. 1982. "Charles Babbage's Analytical Engine, 1838." *IEEE Annals on the History of Computing* 4 (3): 196-217.
- Brown, David R., cur. 1955. "Review of Electronic Computer Progress during 1954." *IRE Transaction on Electronic Computers* EC-4 (1): 33-8.
- Burks, Arthur W. 1947. "Electronic computing circuits of the ENIAC." *Proceedings of the IRE* 35 (8): 756-67.
- Cignoni, Giovanni A., e Sergei Prokhorov. 2023. "Tracing the Origins of the First Soviet Computers, Beyond Legends." *IEEE Annals of the History of Computing* 45 (4): 85-91.
- Coghlan, Brian, Brian Randell, Paul Hockie, Trish Gonzalez, David McQuillan and Reddy O'Regan. 2021. "Investigating the Work and Life of Percy Ludgat." *IEEE Annals on the History of Computing* 43 (1): 19-37.
- Comrie, Leslie J. 1946. "The Application of Commercial Calculating Machines to Scientific Computation." *Mathematical Tables and Other Aids to Computation* 2 (16): 149-59.
- Comrie, Leslie J. 1947. "Calculating - Past, Present, and Future." *Future, the Magazine of Industry, Government, Science, Arts* 1: 61-9.
- Davis, Martin. 1957. "The definition of universal Turing machine." *Proceedings of the American Mathematical Society*, 8: 1125-1126.
- de Finetti, Bruno. 1952. "Macchine 'che pensano' (e che fanno pensare)." *Tecnica ed Organizzazione*, 3-4, 5-6: 14-31, 14-28. Ristampato completo 1952. *Pubblicazioni delle Facoltà di Scienze e di Ingegneria*, Serie A(53), Università di Trieste.
- Felker, Jean H. 1954. "Performance of TRADIC Transistor Digital Computer." *Atti di AIEE-IRE '54: Eastern Joint Computer Conference - Design and application of small digital computers*, Philadelphia 8-10 December, 1: 46-9.

18. Cipolla, Carlo M. 2003. *Introduzione alla storia economica*. Bologna: Il Mulino.

- Hartree, Douglas R. 1946. "The ENIAC, an Electronic Computing Machine." *Nature* 158(4015): 500-6.
- Hénin, Silvio. 2014. *Come le violette a primavera*. Milano: AICA¹⁹.
- Hill, Richard H. 1961. "Stored Logic Revised." Technical report, Information Systems Department, RW Division, Thompson Ramo Wooldridge Inc.
- Kilburn, Tom. 1949. "The University of Manchester Universal High-Speed Digital Computing Machine." *Nature* 164 (4173): 684-7.
- Lanzarotta, Santo A., cur. 1959. "Digital Equipment's Special Purpose PDP has Applications." *Datamation* 5 (6): 26.
- Mann, Martin. 1949. "Want to Buy a Brain?" *Popular Science* 154 (5): 148-52.
- Pugh, Emerson W. e Lars Heide. 2013. "Early Punched Card Equipment: 1880-1951." *Proceedings of the IEEE* 101 (2): 546-52.
- Randell, Brian. 1982. "From Analytical Engine to Electronic Digital Computer: The Contributions of Ludgate, Torres, and Bush." *IEEE Annals on the History of Computing* 4 (4): 327-41.
- Rojas, Raúl. 1997. "Konrad Zuse's Legacy: The Architecture of the Z1 and Z3." *IEEE Annals on the History of Computing* 19 (2): 5-16.
- Rose, Allen. 1946. "Lightning Strikes Mathematics." *Popular Science* 148 (4): 83-6.
- Space Department. 1978. "Artificial Earth Satellites Designed and Fabricated by the Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory." Technical report APL/JHU/SDO-1600, The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory.
- Stars and Stripes US Bureau. 1944. "Super-Brain Calculator Solves Any Math Problem." *The Stars and Stripes Mediterranean*, 24 August: 3.
- Stibitz, George R. 1982. "Automatic Computing Machinery." *IEEE Annals on the History of Computing* 4 (2): 140-2.
- Williams, Frederic C. and Tom Kilburn. 1948. "Electronic Digital Computers." *Nature* 162 (4117): 487.

<https://doi.org/10.36173/SII-parteprima-vol1-02>

19. La seconda edizione (2017) ha cambiato titolo in *Il racconto del computer e dell'informatica* più comprensibile e funzionale agli obiettivi commerciali dell'editore. Citiamo la prima per omaggio all'originalità e, soprattutto, all'efficacia nel dichiarare la corretta impostazione della storia scientifica e tecnologica, spesso dimenticata dai troppi che la riducono a un'aneddotica di geni e primati.

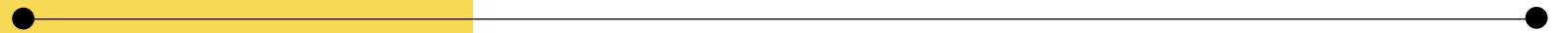


Esordi

3

Andrea Celli
Giovanni A. Cignoni

L'INAC di Roma e la Ferranti Mk1*



Introduzione e premesse

Fin dai primi anni in cui i calcolatori elettronici apparvero sulla scena, l'Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo (INAC) del CNR fu protagonista di numerose iniziative mirate a dotarsi il prima possibile di una di queste nuove macchine. L'INAC¹, dal 1927, faceva ricerca sui metodi e gli strumenti per l'automazione del calcolo. Quando in Italia arrivarono le notizie delle prime macchine americane, i tentativi dell'Istituto per averne una iniziarono subito, in prima battuta, pensando di realizzarla in casa. La sezione è dedicata a tutte queste vicende e per affrontarne la complessità storica e tecnologica e coprire uno spazio temporale di circa dieci anni, è organizzata in due parti.

La prima parte tratta dei vari progetti di costruzione fino alla decisione per l'acquisto. È una notevole carrellata di contatti con istituzioni importanti e di collaborazioni con aziende italiane, il cui prestigio era riconosciuto nell'ambito di iniziative internazionali.

Il calcolatore – anzi, la calcolatrice come dicevano allora – sarà, alla fine, comprato in Inghilterra dalla Ferranti. Si chiamava FINAC², la Ferranti dell'INAC: come fu acquistata, cos'era, come funzionava e cosa ci facevano – dalle applicazioni di modellistica computazionale, al supporto alla ricerca teorica, fino ai divertimenti culturali – sono argomenti della seconda parte della sezione.

Cos'era l'INAC

Nel 1917, Mauro Picone, matematico chiamato alle armi, aveva trasformato l'Ufficio Tiro della VI Armata in un centro di modellistica computazionale *ante litteram*. Picone era riuscito a integrare l'ordinario organico di calcolatori umani con valenti matematici richiamati dai reparti combattenti e a dotarlo di calcolatrici meccaniche ricevute in prestito dalle università. L'ufficio contribuì ai risultati bellici con le tavole di tiro per l'artiglieria pesante in montagna³ ma in prospettiva lo si può considerare un prototipo del futuro INAC.

Nel 1925, Picone fece attivare alla Scuola di Ingegneria di Pisa il primo corso di Calcolo numerico in un'università italiana⁴. Corso che venne tenuto da Gino Cassinis perché Picone si trasferì a Napoli (Picone 1934). All'Università partenopea Picone, prima, trasformò il gabinetto di Calcolo infinitesimale associato alla sua cattedra in un gabinetto di Calcolo

1. Oggi è IAC, Istituto per le Applicazioni del Calcolo “Mauro Picone”.

2. L'acronimo è attribuito a Enzo Aparo, oltre che espressivo, finisce in “AC” come molti dei primi calcolatori, sia che fossero progetti di ricerca (ENIAC, EDSAC, CSIRAC...), prodotti commerciali (UNIVAC, RAMAC, BIZMAC...) o della fantasia (EPICAC, MULTIVAC, BRAINIAC...).

3. Comando artiglieria, 1918. Tavole di tiro da montagna. Comando 6^a Armata, Zona di Guerra. Le tavole permisero il “tiro calcolato” con cui, durante la battaglia del Solstizio, fu bloccata l'offensiva Austro-Ungarica sugli Altipiani. Gli avvenimenti sono descritti in Segre, Roberto. 1930. “La contropreparazione nella battaglia del Piave.” Lettera aperta al Corriere della Sera, 18 gennaio 1930, Milano.

4. La storia del corso e il progetto di introdurre il calcolo numerico anche ai licei sono descritti in Picone, Mauro. 1934. “L'insegnamento del calcolo numerico nelle scuole superiori.” *La Scuola Superiore*, anno 1°, n. 10, pp. 529-532, Roma.

numerico, poi nel 1927, con un finanziamento del Banco di Napoli, lo fece evolvere nel primo centro di ricerca al mondo specializzato nello sviluppo di metodi per la soluzione di problemi applicativi nei più svariati campi, dallo studio del contesto matematico, alla definizione dettagliata dei procedimenti, fino al calcolo esplicito della soluzione.

Nel 1932, chiamato da Guglielmo Marconi, allora presidente del CNR, Picone si trasferì a Roma dove l'istituto divenne la prima struttura scientifica del Consiglio Nazionale delle Ricerche assumendo il nome di Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo.

Le applicazioni e il metodo

Differenziandosi da esperienze precedenti, solitamente legate a uno specifico campo di applicazione, per esempio l'astronomia, all'INAC si affrontavano problemi di fisica⁵, chimica, economia, ingegneria delle costruzioni, aeronautica, navale, con commesse civili e militari. Un approccio che predispose l'Istituto all'utilizzo delle future macchine universali elettroniche inizialmente viste come strumenti per automatizzare e rendere più efficienti le quotidiane attività di calcolo. In pratica, l'Istituto, già dagli anni Trenta sviluppava ed eseguiva algoritmi e applicava quella dualità di gestione dei problemi – modellazione e implementazione – che poi l'informatica consoliderà come metodo, declinandolo in più forme ma, in ogni caso, eseguibili su un modello unico di macchina universale.

L'approccio dell'INAC era riconosciuto in più contesti. Nel 1951, Hermann Goldstine scrisse: “Esaminando le diverse pubblicazioni dell'INAC, si resta sorpresi per la vastità di indirizzi che la direzione accorda alle ricerche matematiche, e si rimane impressionati dall'ampiezza dei calcoli eseguiti e dall'elevatezza delle analisi matematiche che essi hanno comportato”⁶.

Qualche anno dopo, in una delle prime riunioni del progetto CEP a Pisa, Marcello Conversi affermava che, per la gestione dei servizi di calcolo affidati alla futura calcolatrice elettronica, il modello di riferimento era l'INAC e che la collaborazione con l'Istituto sarebbe stata imprescindibile.

Particolarità dell'istituto, e cosa poco comune nei centri di ricerca dell'epoca, era la forte presenza femminile; non solo in mansioni di segreteria e nell'uso delle calcolatrici meccaniche, ma anche tra gli autori di lavori scientifici⁷. Nel 1957, un terzo dei ricercatori di ruolo erano donne e, in tutto l'INAC, l'unico dipendente ad avere la qualifica apicale di primo ricercatore era Maria Sofia Roma.

5. Enrico Fermi, in una lettera del 1935 ringraziò l'INAC in quanto “Per la loro estensione ed esattezza tali risultati daranno indubbiamente un utilissimo contributo ai problemi numerici del calcolo degli elettroni” (Archivio CNR-IAC, busta 1.B.160).

6. Si legge nella relazione finale della commissione che proponeva Roma come sede per il Centro Internazionale di Calcolo dell'Unesco. Goldstine era stato responsabile dei progetti ENIAC e EDVAC.

7. Per esempio, nel solo 1930, Maria D'Ascia, Giuseppina Della Moglie e Bice Pelini pubblicarono ognuna un articolo sugli Atti dell'Accademia dei Lincei.

Progetti prima dei calcolatori elettronici digitali

Le principali attrezzature di calcolo furono inizialmente di tipo digitale o, come si diceva allora, “a cifra esatta” ossia calcolatrici meccaniche e tavole numeriche. Solo l’approccio digitale permette di ottenere, oltre al risultato, una buona stima dell’inevitabile errore. Da diverse relazioni riguardanti le dotazioni dell’Istituto, datate tra il 1951 e il 1963, risulta la presenza di circa 60 macchine calcolatrici da tavolo contro una decina di strumenti analogici. Tuttavia, suscitavano interesse anche alcune strumentazioni analogiche data la rapidità con cui fornivano i risultati. Un elenco di queste macchine si trova in (Boni 1952). Di seguito citiamo brevemente due progetti che, anche se non realizzati, sono significativi dell’interesse dell’INAC (e non solo) nella realizzazione di strumenti per l’automazione del calcolo.

Nella modellistica computazionale serve spesso risolvere sistemi di equazioni algebriche e i calcoli richiedevano ai calcolatori umani, dotati di calcolatrici meccaniche, tempi lunghi – settimane – che aumentavano rapidamente con il numero delle equazioni. C’era, per cui, interesse verso metodi, anche analogici, che potessero dare risultati validi in tempi più rapidi. Nel febbraio del 1934, Ercole Bottani del Politecnico di Milano, prospettò a Picone la possibilità “di risolvere i sistemi lineari di equazioni per via elettrica”. In Inghilterra, Richard R. Mallock aveva già costruito una macchina di questo tipo che usava le tensioni per rappresentare i valori numerici. Picone chiese al suo allievo Mario Salvadori di recarsi a Cambridge per provare la macchina di Mallock su un sistema di nove equazioni in nove incognite che all’INAC era stato risolto per via digitale con particolare precisione. L’esito fu deludente, i tempi erano rapidi, ma le soluzioni “lungi dal fornire un’approssimazione di queste, sono completamente errate”. All’INAC con Lamberto Cesari e all’Università di Pisa con Lorenzo Poggi, furono fatti tentativi per migliorare i risultati di Mallock; Picone provò anche a spingere Bottani a fare altrettanto ma i progetti non ebbero seguito.

Tuttavia, quando a Milano acquistarono la CRC 102A, Bottani fornì a Luigi Dadda, che era stato suo tesista, il solito sistema di nove equazioni in nove incognite risolto dall’INAC come banco di prova della nuova calcolatrice.

Un altro progetto interessante fu proposto nel 1940 all’INAC da Alessandro Boni. L’iniziativa testimonia la ricerca di soluzioni per la programmabilità degli strumenti di calcolo e la memorizzazione dei valori tramite nastro perforato e tamburo magnetico. Per la costruzione vennero presi contatti con l’Olivetti di Ivrea, con la Società Meccanoelettrica di Roma e con l’Istituto Superiore Armi e Munizioni della Direzione di Artiglieria. Il progetto produsse dei brevetti⁸ ma nessun prototipo e si bloccò con l’8 settembre 1943 (Boni 1952). Dai documenti d’archivio⁹ risulta che

8. Brevetto IT.385130, “Macchina calcolatrice con procedimento numerico-meccanico atta a integrare sistemi di equazioni differenziali ed in particolare quelle della balistica”, depositato nel 1940, seguito nel 1951 dal brevetto IT.479879 per “Una macchina calcolatrice analitica”, registrato anche negli USA con il numero US.2824694.

9. ACS, fondo CNR-INAC, busta 4, fasc. 33.

nel 1963 Boni tentò invano di convincere il CNR ad appoggiare una sua azione legale contro la Ferranti per violazione dei presunti diritti di priorità brevettuale.

Primi contatti con le macchine elettroniche e progetti di costruzione

Il 24 agosto 1944, un lungo articolo con foto sul giornale dell’esercito americano¹⁰ descrive il “*world’s greatest mathematical calculator*”, ossia l’Automatic Sequence Controlled Calculator (ASCC) costruito ad Harvard in collaborazione con l’IBM dal gruppo di Howard H. Aiken. Sono le prime notizie che giungono all’INAC¹¹ riguardo alle nuove macchine elettroniche. Nel febbraio del 1946, l’U.S. Information Service ha pubblicato un report intitolato *Electronic Calculating-Machine* a firma di T.R. Kennedy Jr¹². L’impostazione degli articoli è simile: in questo caso sono espresse le capacità e le potenzialità dell’ENIAC. Entrambi gli articoli giunsero nelle mani di Mauro Picone che tradusse il report e lo distribuì tra i colleghi¹³ matematici per stimolare un interesse con l’obiettivo di avere una macchina di questo tipo in Italia.

Picone aveva contatti con Morris “Moe” Berg, scienziato e agente OSS, e con W. Frederick Stohman, funzionario dell’USIS all’Ambasciata USA. Al primo affidò una lettera e una serie di pubblicazioni INAC da far arrivare tramite posta militare a George D. Birkhoff – un importante matematico americano – e nel settembre del 45, consegnò a Stohman la documentazione sulle ricerche dell’INAC¹⁴ con la richiesta di farla pervenire agli istituti di matematica statunitensi.

Il 23 novembre 1945, Picone riprese i contatti con Mario Salvadori, suo ex allievo trasferitosi negli Stati Uniti a causa delle leggi razziali e riuscì a fargli pervenire un voluminoso pacco di pubblicazioni dell’INAC con l’incarico di diffonderle “negli ambienti scientifici e tecnici degli Stati Uniti d’America”.

Più mirato, il 14 giugno del 1946, l’invio di una lettera e di documentazione INAC da trasmettere al direttore della Moore School of Electrical Engineering dell’Università di Pennsylvania dove avevano costruito ENIAC.

10. “Super-Brain Calculator Solves Any Math Problem.” *The Stars and Stripes*. European edition, vol. I, n. 63, p. 3. 24 agosto 1944. Dopo la liberazione di Roma l’edizione mediterranea era stampata nella tipografia del Messaggero e venduto al prezzo di 2 lire.

11. Le notizie circolavano: sempre nel 1944 delle macchine americane fu data notizia anche sulla rivista *Scienza e Umanità* in una nota del direttore Antonio Sellerio.

12. I due documenti, marcati da Picone, sono conservati negli archivi dell’IAC. Per il Report si può consultare anche il quasi identico articolo di Kennedy *Electronic Computer Flashes – Answers, May Speed Engineering* apparso su *The New York Times* il 15 febbraio 1946.

13. Grazie a Picone il testo fu tradotto in portoghese: José Sebastião e Silva. 1947. “Máquina calculadora electrónica por T.R. Kennedy jr”. *Gazeta de Matemática*, VIII, 32. Lisbona.

14. In particolare: “INAC – Attività svolta dal 1° giugno 1942 al 28 febbraio 1945.” *Ricerca Scientifica e Ricostruzione*, Anno 15°, n. 1, ed. CNR, Roma.

Tuttavia, il clima generale era complicato e Picone, come altri universitari, fu sottoposto a indagini per valutare le sue eventuali responsabilità con il regime fascista¹⁵. Nel 1946 la ritrovata distensione nella situazione internazionale consentì di riavviare normali comunicazioni e scambi con i colleghi italiani e stranieri. Tutto migliorerà ulteriormente dopo il 1948, con la Repubblica e l'ingresso nella NATO.

Picone ha chiara l'importanza di dotarsi di un calcolatore e dal settembre 1946 intensifica le attività su più fronti, maturando poi l'idea di costruire il calcolatore in Italia, considerandolo il modo migliore per assicurare al Paese un ruolo autonomo nel futuro sviluppo di tale tecnologia.

In ogni caso, l'INAC, come tutti gli istituti del CNR, aveva un'autonomia decisionale e amministrativa limitata. Le richieste finanziarie più significative dovevano essere approvate dal presidente del CNR (allora Gustavo Colonnetti) ma dopo aver sentito il parere dei Comitati CNR interessati (Fisica e Matematica, Ingegneria, Chimica). Anche se l'obiettivo di dotare l'INAC di un calcolatore poteva essere condiviso, la discussione sulle strategie da seguire poteva diventare dispersiva.

Picone, affinché le comunità scientifica e industriale si convincessero dell'importanza del suo progetto e lo aiutassero nelle pressioni verso le autorità governative, condusse un'intensa opera di propaganda che fu anche decisiva nel diffondere in Italia le informazioni sulle nuove macchine.

Collaborazioni con la Francia

Nel settembre 1946, Mauro Picone entra in contatto con Louis Couffignal, direttore del neonato Laboratoire de Calcul Mécanique (poi Institute Blaise Pascal) del Centro Nazionale di Ricerca Scientifica francese (CNRS). Couffignal ha l'intenzione di: *“entreprendre la construction d'une machine universelle du genre des machines que les américains appellent Grosse machines à calculer”* e conta di avere i primi risultati in un paio di anni. Si prevede la collaborazione con la Logabax – azienda già affermata nel mercato delle macchine contabili – e ci si accorda affinché Luigi Amerio ed Enrico Volterra, due collaboratori dell'INAC, visitino il nuovo istituto¹⁶.

Picone mette Gino Cassinis al corrente dell'iniziativa. Quest'ultimo, nel marzo del 1947, scrive a Picone che a seguito della “nostra recente conversazione” aveva fissato un incontro con la ditta Lagomarsino, rappresentante in Italia della Logabax, per organizzare l'eventuale acquisto delle macchine realizzate in Francia. Purtroppo, il progetto di Couffignal non si realizzò – il che segnò anche una battuta d'arresto nei programmi francesi per la costruzione di un calcolatore (Ramunni 1989).

15. Il procedimento a carico di Picone iniziò il 30 novembre 1944 e fu archiviato il 10 gennaio 1945. Archivio della Sapienza, cartella personale di Mauro Picone.

16. L'occasione è la presenza dei due a un convegno, la collaborazione è nella corrispondenza fra Picone e Couffignal, Archivio CNR-IAC, busta 2.A.428/3.

L'INAC è presente anche nelle iniziative della Société d'Électronique et d'Automatisme (SEA), fondata da François-Henri Raymond. Nel 1949 la SEA presentò l'OME-11, il primo modello di una serie di calcolatori elettronici analogici venduti, poi, in circa 200 esemplari. Picone visitò la ditta nel 1951 in occasione del convegno *Les machines à calculer et la pensée humaine*, al quale era conferenziere invitato. Nel maggio del 1952, Raymond tenne all'INAC un corso di quattro giorni sui calcolatori analogici. Quando l'Institute Polytechnique di Grenoble acquistò una OME-11, Jean Kuntzmann chiese ripetutamente l'aiuto dell'INAC per implementare sulla calcolatrice analogica i procedimenti numerici usati a Roma. Nel gennaio 1954¹⁷, Raymond informa Picone di aver iniziato a produrre la calcolatrice aritmetica binaria CAB 2022 e propone la costituzione di una ditta collegata alla SEA in grado di costruirla in Italia. In quel momento, Picone era più interessato ai progetti con il National Bureau of Standards (vedi più avanti), ma i contatti con Raymond e i francesi continuarono a proposito della Calcolatrice Universelle Binaire de l'Armement (CUBA).

In Francia furono importanti anche le relazioni con la United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO) con sede a Parigi. Quest'organizzazione si proponeva di favorire la cooperazione internazionale per mantenere l'appena riconquistata pace, sostenendo il dialogo fra le nazioni e promuovendo lo sviluppo in campo scientifico e culturale. Nacquero, così, centri di ricerca per i quali erano prevedibili investimenti superiori alle possibilità delle singole nazioni o istituzioni. Il CERN è un esempio dello spirito di collaborazione scientifica di quegli anni.

L'International Computing Center

Nel 1949 l'UNESCO decise di fondare l'International Computing Center (ICC). All'epoca, un calcolatore elettronico aveva costi molto elevati, non alla portata di tutte le nazioni e sembrava utile e opportuno costituire una struttura aperta a tutti e dotata di questo strumento eccezionale. Il primo bando stanziava i fondi per dotare l'ICC di una calcolatrice elettronica e prevedeva che il centro avesse sede in un paese con significative esperienze nel settore del calcolo scientifico (Guerraggio 2008).

Picone vide subito una ghiotta opportunità per realizzare i suoi progetti e si adoperò in tutte le sedi governative e scientifiche per caldeggiare la candidatura dell'Italia come Paese ospitante. Alla fine, la decisione¹⁸ si fondò sulla validità scientifica del proponente e la scelta ricadde su Roma, per il prestigio internazionale di cui godeva l'INAC. Però, il progetto si arenò quasi subito. Undici tra le nazioni che avevano votato la risoluzione costitutiva dell'ICC non ratificarono la convenzione attuativa.

Si trattava soprattutto di Paesi Europei o Nordamericani in grado di sviluppare propri centri elettronici. Questo impedì che confluissero nel futuro centro le migliori competenze e i necessari finanziamenti.

17. Corrispondenza custodita nell'Archivio CNR-IAC, fascicolo 2.A.428/3.

18. La scelta fu l'oggetto di una conferenza dedicata, a Parigi dal 30 novembre al 6 dicembre 1951.

L'ITALIANO CHE CALCOLA L'EUROPA

DI RENZO TRIONFERA

Iniziò la sua carriera correggendo le tavole di tiro dell'artiglieria nella prima guerra mondiale

POCCHI come poco di Nobile l'UNESCO ha fatto vedere con l'istituto abbinato per il calcolo non è un solo distruttivo, a Roma, Cassini, decise a questa prima proposta mentre l'Italia sembrava inghiottita. Anche l'ultimo risultato per le applicazioni del calcolo che era a Napoli era il primo in Europa. «Dietro dell'istituto nazionale per il calcolo e il professor Mauro Picone. Nel 1950 Mauro Picone, secondo dell'istituto nazionale, nella quale per un ora si era affacciato davanti a una lavagna lunga otto metri (erano le tavole agli allestimenti) formate alfabetiche che serviva per il calcolo in numeri interi e frazioni e per il calcolo delle potenze di 10. Picone fu bloccato da un collega. Il colloquio fu breve. «Ma sono tutti quei che vanno all'UNESCO?», chiese l'altro professore. «E come discutono la creazione di un istituto internazionale per il calcolo in Europa. L'istituto potrebbe gli impieghi in servizio a Londra, gli chiedeva all'ing. e, a B. gli italiani?», chiese Enrico. «Quello è quello...».

«Ma come, non poteva il l'istituto italiano per il calcolo nel suo ufficio, parlo a la università, prima una... alla presidenza dell'UNESCO».



Fig.1 Da L'Europeo del 15 gennaio 1952, l'articolo porta all'attenzione del grande pubblico l'impegno dell'INAC e di Picone per avere l'Italia come sede dell'International Computing Center dell'UNESCO (Archivio CNR-IAC, Roma).

Fig. 2 A cena sul transatlantico Conte Biancamano nell'agosto 1950 in viaggio verso gli USA. Da sinistra, Gaetano Fichera, Mauro Picone e Antonio Signorini (scansione fornita da Maddalena Agonigi).

Dal punto di vista di Picone la vicenda ebbe come aspetti positivi l'affermazione del prestigio internazionale dell'istituto e l'aver portato all'attenzione del Paese l'importanza di dotare l'INAC di una calcolatrice elettronica, come testimoniato anche da articoli sui giornali¹⁹ (Fig. 1).

L'entusiasmo di Picone fu, per certi versi, smorzato da diversi fattori. Avrebbe dovuto confrontarsi con una struttura molto burocratizzata²⁰ e c'era incertezza su come il calcolatore e il centro sarebbero stati gestiti, con la preoccupazione di non avere abbastanza autonomia scientifica.

I contatti con gli americani e la missione del 1950

Gli Stati Uniti furono, ovviamente, il Paese verso cui Picone rivolse la sua maggiore attenzione. A partire dal 1947 inoltrò diverse richieste per visionare le nuove macchine con l'obiettivo di poterne acquistare, costruire o affittare una ma le risposte americane furono negative dal momento che le apparecchiature erano in uso ai militari. La situazione si sbloccò nel 1948, forse perché c'erano più installazioni civili oppure grazie all'ingresso dell'Italia nella NATO. Da quel momento, fra le molte risposte positive che giunsero a Picone si può citare la lunga e cordiale lettera del 6 aprile 1948 di John von Neumann che scrisse: *"Permit me to assure you that if there is anything that we can do for you in your planning, we shall be only too glad to do it"*.

Questo nuovo clima permise a Picone di organizzare una missione negli USA accompagnato da due collaboratori dell'INAC e da Italo Federico Quercia, un fisico allievo di Ugo Amaldi. Gustavo Colonnetti, allora presidente del CNR, suggerì di aggregare anche un tecnico di una delle ditte Ducati²¹, Officine Galileo e Olivetti. Le prime due, anche se qualificate, erano in difficoltà economiche mentre l'Olivetti era in fase di espansione e aveva maturato significative esperienze nel settore delle telescriventi e delle calcolatrici elettromeccaniche.

In occasione del *XI International Congress of Mathematicians* del 1950 a Cambridge (USA)²² il CNR organizzò una missione a cui, oltre Picone, parteciparono²³ Enzo Aparo

19. Per esempio, sull'Europeo del 15 gennaio 1952 l'articolaista titolò "L'italiano che calcola l'Europa" riferendosi a Picone e all'assegnazione a Roma della sede dell'ICC. Per i dettagli dell'affaire UNESCO rimandiamo a (Guerraggio et al. 2008).

20. In una lettera del 9 giugno 1952 a Cassini, Picone si lamenta, fra le altre cose, che le procedure proposte dall'UNESCO per il reclutamento del personale erano più consone a una prefettura che a un centro di ricerca.

21. La Società Scientifica Radio Brevetti Ducati, prima delle moto, produceva radio, strumenti ottici e di meccanica di precisione, ma era in crisi per i danni subiti durante la guerra. Per una storia dettagliata, anche se di parte, rimandiamo a Cavalieri Ducati, Bruno. 1991. *Storia della Ducati*. Bologna: Editografica.

22. Il congresso, noto per essere l'occasione del conferimento delle Fields Medal, il Nobel dei matematici, fu l'occasione anche del viaggio in USA di Bruno de Finetti, che però fu indipendente dalla missione dell'INAC.

23. Quercia dovette rinunciare al viaggio perché, iscritto al partito socialista, si vide rifiutare il visto di ingresso in USA.



Fig. 3 Marzo 1952, il periodo di ricerca e collaborazione di Enzo Aparo (a sinistra) e Dino Dainelli (a destra) alla sede di Washington del National Bureau of Standards; fra i due Ida Rhodes (scansione dell'immagine fornita da Niccolò Dainelli).



Fig. 4 Roma, giugno 1952, a pranzo si discute del Mark V. Si riconoscono Gaetano Fichera, Wolf Gross, Aldo Ghizzetti, rispettivamente primo, secondo e terzo a sinistra, Mauro Picone, Howard H. Aiken, Enrico Bompiani, secondo, terzo e quarto a destra (scansione fornita da Maddalena Agonigi).

e Dino Dainelli dell'INAC e Michele Canepa dell'Olivetti. La missione sbarcò a New York il 22 agosto 1950 (Fig. 2) e da lì ripartì il 28 settembre. Furono visitati centri di ricerca e aziende per esaminare le potenzialità delle nuove macchine elettroniche e valutare la possibilità di utilizzare su di esse i metodi di calcolo sviluppati all'INAC.

Sulla Costa Orientale i centri di ricerca visitati furono l'Aberdeen Proving Ground, dove c'era l'ENIAC, l'Università di Harvard dove era ancora in funzione il Mark I e si stava costruendo il Mark IV, l'Institute for Advanced Studies a Princeton, dove von Neumann stava dirigendo la realizzazione del calcolatore dell'Istituto, il National Bureau of Standard a Washington dove era in costruzione il SEAC, il Naval Research Laboratory, sempre a Washington, con il NAREC.

Sulla Costa Occidentale visitarono l'Università della California a Berkeley, dove si stava realizzando il CalDiC e a Los Angeles, l'Institute of Numerical Analysis del National Bureau of Standard dove era in via di costruzione lo SWAC, concorrente in casa del SEAC.

Furono importanti anche i contatti con le aziende: la Eckert-Mauchly Computer Corp. di Philadelphia che aveva realizzato BINAC e stava lavorando a UNIVAC²⁴, l'IBM che a New York aveva in vetrina il SSEC, la California Digital Computer che collaborava con Berkeley, la Raytheon che era il partner industriale dei progetti del National Bureau of Standard e dei centri di ricerca della US Navy per cui stava costruendo il RAYDAC.

Non tutte le visite furono partecipate dall'intera delegazione. Per esempio, Picone durante le giornate del convegno era, per doveri istituzionali²⁵, bloccato a Cambridge. Importante fu il lungo periodo di ricerca e collaborazione che Aparo e Dainelli (vedi Fig. 3) trascorsero al National Bureau of Standard, in questo caso per porre la base per una futura collaborazione.

I progetti con Harvard: il Mark V

Il soggiorno che ebbe maggior rilevanza fu la lunga permanenza di Canepa a Harvard. Unico componente della missione a essere già esperto di elettronica, si inserì nel Computation Laboratory, diretto da Howard Aiken e partecipò attivamente alla realizzazione dell'Harvard Mark IV²⁶, in particolare realizzando il meccanismo di somma (lettera di Aiken del 10 aprile del 1951 nella quale loda il contributo di Canepa). Dalla fine del 1951, Canepa fu affiancato da Giulio Rodinò, un giovane ingegnere che Picone aveva inviato a Harvard per aggregarsi al gruppo di Aiken dopo aver seguito un corso di elettronica. Il 30 dicembre 1951 Canepa scrisse a Picone che stava rientrando in Italia, pronto a mettersi a disposizione per costruire la calcolatrice per l'INAC.

24. L'azienda, fondata dai progettisti di ENIAC e EDVAC, sarà poi acquisita dalla Remington Rand.

25. Partecipava infatti con tre cappelli, oltre che del CNR era delegato dell'Accademia dei Lincei e dell'Accademia delle Scienze di Napoli.

26. Come osserva Canepa, il Mark IV non era una macchina a programma memorizzato, ma era comunque interessante per le soluzioni elettroniche adottate.

Canepa era ottimista e il suo entusiasmo era sostenuto da Aiken che aveva mantenuto Picone aggiornato su progressi del Mark IV e sulle competenze acquisite da Canepa.

Inoltre, la recente assegnazione a Roma della sede dell'ICC faceva sperare che i fondi per costruire la macchina sarebbero arrivati dall'UNESCO (vedi Fig. 4). La macchina era già stata battezzata Mark V sia nella corrispondenza interna all'INAC, sia nelle lettere di Picone ad Aiken e a John Todd, un matematico inglese che dal 1945 lavorava in USA al National Bureau of Standards e stava collaborando alla realizzazione SWAC; queste informazioni sono tratte dalle lettere di Picone, particolarmente interessanti, indirizzate a Canepa (25 giugno 1951), a Todd (16 febbraio 1952) e ad Aiken (20 febbraio 1952).

La calcolatrice elettronica di Böhm

Prendo una parentesi rispetto alle grandi collaborazioni internazionali, vale la pena citare un episodio tutto italiano che illustra bene sia l'INAC come istituto che attirava i giovani più promettenti, sia quanto le idee relative alla costruzione di calcolatrici elettroniche fossero diffuse e avessero interazioni reciproche.

Corrado Böhm, originario di Milano, aveva lasciato l'Italia nel 1942, si era laureato in ingegneria elettrica all'École Polytechnique di Losanna e poi aveva conseguito il dottorato in Matematica all'École Polytechnique di Zurigo. Durante il dottorato aveva lavorato sulle tabulatrici IBM e Bull e si era recato a Neukirchen, in Germania, per studiare la Z4²⁷ di Konrad Zuse che poi fu noleggiata dall'École Polytechnique.

La sua tesi di dottorato²⁸, discussa nel 1951, proponeva un linguaggio di programmazione ad alto livello specializzato per le formule matematiche e ne discuteva il compilatore. Uno degli aspetti più rilevanti del lavoro era che il programma del compilatore era espresso nel linguaggio proposto: uno dei primi casi di self-hosting.

Tornato in Italia nel 1951 con questo bagaglio di esperienze, Böhm iniziò a collaborare con l'INAC dove divenne ricercatore di ruolo il 16 ottobre 1953 (come risulta dal suo stato di servizio nell'archivio IAC). Nell'ottobre del 1952 Böhm informò Picone²⁹ di aver depositato una domanda di brevetto all'Ufficio provinciale dell'industria e del commercio di Milano per una calcolatrice elettronica digitale.

27. La costruzione della Z4 iniziò nel 1942 a Berlino, spostata poi a Gottinga fu lì terminata nel 1945; dopo il conflitto si spostò a Neukirchen. La notizia del trasferimento a Zurigo si trova anche nella *Digital Computer Newsletter*, vol. 3 n. 1, aprile 1951.

28. Böhm, Corrado. 1951. "Calculatrices digitales. Du déchiffrement de formules logico-mathématiques par la machine même dans la conception du programme." Pubblicata nel 1954 in *Annali di Matematica pura ed applicata*, Serie IV, vol. 37, 1954. Il relatore era Eduard Stiefel, che prima aveva fatto arrivare la Z4 e poi aveva diretto la realizzazione di ERMETH, completato nel 1951.

29. Lettera del 27 ottobre 1952; la domanda era del 1° ottobre, presentata tramite lo studio Beltrami & Jaumann; il brevetto fu concesso il 15 aprile 1954 con il n. 493186.

La macchina era dedicata alla risoluzione di espressioni algebriche. Alla base c'era un calcolatore generico che, come software di sistema precaricato, aveva un'evoluzione del compilatore discusso nella tesi di dottorato. Le espressioni da risolvere venivano fornite grazie a nastri perforati prodotti con una telescrivente modificata. Le espressioni potevano contenere parentesi nidificate e variabili istanziate con valori numerici fino a 14 cifre decimali.

La calcolatrice non fu mai costruita. Ebbe, però, una certa risonanza internazionale; troviamo citati il compilatore e la calcolatrice di Böhm in un saggio di Donald E. Knuth e Luis Trabb Pardo scritto per Stanford nel 1976; testo che è anche uno dei primi tentativi di dare una lettura storica allo sviluppo dei linguaggi di programmazione³⁰. È, infine, una testimonianza interessante della quantità di attività sperimentali che orbitavano intorno all'INAC e che non avevano come unico scopo il calcolo numerico, ma già spaziavano nelle tante ramificazioni in cui si stava articolando la nascente disciplina. Ritoveremo Böhm più avanti, in altre iniziative di questo tipo.

Mancate collaborazioni industriali e indecisioni politiche

Tornando alle collaborazioni nordamericane, l'unico punto ancora in sospeso, evidenziato dallo stesso Canepa, era la sua dipendenza da Ivrea; ogni suo coinvolgimento doveva prevedere la collaborazione dell'Olivetti. Il chiarimento con Olivetti arrivò quasi subito, quando Adriano Olivetti, Michele Canepa, Mauro Picone e Ugo Amaldi si incontrarono a Roma³¹. Da un lato, Picone e Amaldi non potevano garantire la disponibilità di alcun finanziamento, dall'altro, Olivetti non si sentiva in grado di rischiare più del 50% della spesa. Fra INAC e Olivetti non ci fu rottura ma fu chiaro che alla possibile costruzione del Mark V l'azienda di Ivrea non avrebbe partecipato. Come effetto collaterale, già ad aprile, l'Olivetti inviò Canepa a New Canaan (Connecticut) a dirigere il proprio osservatorio in USA per la ricerca sull'elettronica.

La dimensione dei progetti di Picone era notevole ed è comprensibile la prudenza di Olivetti. L'impegno economico era dell'ordine delle centinaia di milioni di lire, e 100 milioni del 1953 corrispondono, in base al sito rivaluta.istat.it, a quasi 2 milioni di euro attuali. L'Olivetti, tuttavia, continuò a seguire con attenzione l'evolversi dei progetti dell'INAC.

Non avendo più un partner con cui condividere i costi della costruzione del calcolatore, per l'INAC diventava essenziale trovare finanziamenti pubblici. L'occasione venne con un disegno di legge che prevedeva l'aumento dei fondi a disposizione del CNR per il rilancio della ricerca scientifica italiana. Con la sua conversione nella

30. Knuth, Donald E., e Luis Trabb Pardo. 1976. "The Early Development of Programming Languages" rapporto tecnico STAN-C 5-76-562, Computer Science Department, Stanford University. Poi ripubblicato come capitolo in Metropolis, Nicholas Constantine, Jack Howlett, e Gian-Carlo Rota, cur. 1980. *History of Computing in the Twentieth Century: A Collection of Essays*. New York: Academic Press.

31. La data dell'incontro non è nota, si svolse comunque fra febbraio e marzo 1952, la testimonianza più diretta è un'intervista a Canepa di Matteo Olivetti nel 2008 e citata in Silmo, Giuseppe. 2010. *Olivetti e l'elettronica*. Ivrea: Ed. Tecnologica@mente.

legge n. 203 del 21 marzo 1953, il CNR ricevette sei miliardi, due dei quali riservati al potenziamento delle strumentazioni scientifiche e di calcolo.

Picone, ovviamente, faceva grande affidamento su questi fondi per costruire il calcolatore. Però il loro utilizzo dipendeva dalla dirigenza CNR. Il primo livello decisionale spettava ai comitati dell'ente, i cui membri concordavano sull'idea di fornire un computer all'INAC, ma erano sempre più ondegianti tra il partito del costruire e quello del comprare. I primi, come Amaldi e Picone, pensavano che solo costruendo un calcolatore elettronico l'Italia avrebbe acquisito le competenze necessarie per il futuro sviluppo del settore, come ricerca e come industria. I secondi, fra cui Cassinis, pensavano che fosse più importante che le nuove macchine fossero rapidamente disponibili per la ricerca e per l'industria. La divisione tra i due partiti non era netta, esisteva un'ampia area di centro aperta a entrambe le soluzioni che appoggiava quella che in quel momento sembrava più praticabile. Questo ondeggiare di alcuni membri dei comitati come vedremo provocò delibere a volte contraddittorie, a volte pilatesche.

Sentiti i comitati, la decisione finale spettava al Consiglio di Presidenza, diretto da Colonnetti. In questa sede, si tenevano in conto le esigenze non solo del CNR, ma di tutta la comunità scientifica italiana, e i soldi non erano mai sufficienti. Quindi, erano tutti d'accordo a che l'INAC avesse un computer, ma usando il più possibile fondi esterni, e comunque, tenendo sotto controllo le spese. Lo si poteva costruire, ma solo se rapidamente e senza spendere troppo. Altrimenti, bisognava acquistarlo, sfruttando qualche articolazione del piano Marshall.

Il Centro Elettronico per il Calcolo, altri tentativi di costruzione

Già prima dell'arresto dei progetti con Olivetti si era pensato alla costituzione presso l'INAC di un Centro Elettronico per il Calcolo (CEC) per avere una struttura in grado di partecipare alla costruzione, formare il personale e gestire autonomamente funzionamento e manutenzione del calcolatore. Il CEC diventerà poi operativo e formerà all'INAC una valida squadra di elettronici, ma sono interessanti le vicende precedenti come esempio dell'incertezza politica con cui Picone doveva confrontarsi.

La vicenda era iniziata l'11 febbraio 1952 quando Picone, a seguito di uno scambio di idee con Canepa, aveva scritto al presidente del CNR per proporre l'istituzione di un centro da affiancare all'Olivetti nella realizzazione del Mark V. Il Comitato per la Fisica e la Matematica del CNR assegnò due milioni all'INAC per affrontare le prime spese e nelle successive riunioni del Comitato si discusse animatamente su finalità, finanziamento e direzione del centro. Picone usò i primi fondi per assumere a contratto Norbert "Norman" Kitz che in Inghilterra, ai National Physical Labs, aveva lavorato con Andrew Booth sui calcolatori ARC2 e DEUCE, e lo propose come direttore del Centro. Tuttavia, la maggioranza, chiedeva una direzione italiana. Alla fine si concordò di affiancare, a Kitz, Luciano Zannini, dell'Olivetti.

Kitz e Zannini iniziarono subito a lavorare. Già il 20 maggio 1952 – probabilmente a ridosso dell'incontro tra Amaldi, Canepa, Olivetti e Picone avvenuto a Roma – redassero

un primo piano di lavoro per la costruzione del calcolatore. Nel mese di giugno ne presentarono tre aggiornamenti, sempre più articolati, ma che risentivano anche del crescente distacco dell'Olivetti dai progetti dell'INAC e dell'affermarsi di Kitz come figura di riferimento. Nell'ultimo, del 26 giugno, è evidente che la progettazione della macchina – che inizialmente doveva essere basata sui progetti di Aiken – era ora affidata a Kitz che si era assunto il compito di studiare la "logica delle calcolatrici esistenti" e di stringere contatti non solo con Harvard ma anche con altri centri di ricerca. Fu decisa la costruzione di una macchina pilota sulla base di nuove specifiche, che si trovano in una relazione allegata a una lettera di Picone a Rodinò del 29 dicembre 1952, a cura di Aparo e Dainelli – che erano ancora in America – sulla base delle esigenze dell'INAC e della loro esperienza di programmazione al NBS.

Parallelamente, facendosi sempre più incerta la collaborazione industriale e finanziaria con Olivetti, la discussione nel comitato sui fini e sui fondi diventava sempre più accesa. Una parte chiedeva di mettere l'acquisto come obiettivo del Centro mentre Picone, sostenuto da Amaldi e da altri, insisteva sul progetto di costruzione. Dalla scelta dipendeva anche la ricerca dei finanziamenti: per l'acquisto, il Piano Marshall³² o, per la costruzione, i fondi statali alla ricerca che stavano per essere approvati. Dopo alcune riunioni con esiti contraddittori, il 19 luglio 1952 il comitato per la Fisica e la Matematica richiese³³ la costituzione formale del CEC con lo scopo di costruire un calcolatore. A tale scopo stanziò un finanziamento di venti milioni l'anno per tre anni sul proprio budget, sollecitando il CNR a chiedere al governo altri trecento milioni per realizzare il calcolatore. Anche i comitati di Chimica e di Ingegneria si erano dichiarati disponibili a contribuire ai progetti dell'INAC. Tutto sembrava procedere per il meglio.

Però, le delibere dei comitati dovevano essere ratificate dal Consiglio di Presidenza. Quando questo organismo si riunì pochi giorni dopo, il 20 luglio, la situazione prese tutta un'altra piega. Il presidente Colonnetti si oppose e nella delibera finale³⁴, non si parlava più di un Centro – struttura prevista dagli ordinamenti CNR – ma di un informale Nucleo di Studio e di Sperimentazione per l'Elettronica con personale e obiettivi ridotti.

Le ragioni del cambiamento furono espresse in una lettera del 13 agosto 1952 inviata a Picone dal Presidente del Comitato di Chimica, Francesco Giordani³⁵ che sembrava aver preso le redini della situazione; la lettera è conservata nell'Archivio CNR-IAC (busta 1.D.382). Fino ad allora, Giordani aveva sostenuto appieno le iniziative di Picone, ma nella lettera afferma di essere stato "veramente terrorizzato" dall'apprendere, in Consiglio, che l'INAC voleva ripartire da zero, costituire un Centro da solo, senza

32. Il Piano Marshall propriamente detto si era in effetti concluso, ma erano rimaste molte iniziative che ne seguivano scopi e modalità. L'Agenzia Recupero e Alienazione Residui (ARAR), per esempio, distribuiva fondi ricavati dalla vendita del materiale lasciato dagli Alleati in Italia.

33. Si veda ACS, fondo CNR-INAC, busta 3, fasc. 27.

34. Si veda ACS, fondo CNR-INAC, busta 3, fasc. 27.1.

35. Giordani fu presidente dell'IRI (1939-43), due volte presidente del CNR (1943-44 e 1956-60) e primo direttore (1952) del CNEN, oggi ENEA.

l'appoggio di una ditta specializzata, per realizzare una macchinetta di prova al fine di impraticarsi prima di costruire in casa una grande macchina. I rischi di aumento di costi, tempi e addirittura di insuccesso erano troppo alti e a queste condizioni Giordani non poteva garantire neppure un finanziamento da parte del Comitato di Chimica. Però si dichiarava "prontissimo a dare una mano purché si studi con cura la posizione e si eviti di ingarbugliarla ancora di più".

Lo stesso giorno, Giordani scrisse anche a Colonnetti esprimendo con toni diversi gli stessi concetti. Aggiunse, però, che la ditta costruttrice a cui appoggiarsi avrebbe dovuto essere la Microlambda, la maggiore realtà italiana nel campo elettronico³⁶, si sarebbe così ottenuto anche il risultato di sviluppare una forte presenza italiana in questo settore industriale.

In una successiva riunione del Consiglio³⁷, Giordani propose e ottenne di aumentare a 60 milioni la dotazione del Nucleo di sperimentazione elettronica e di costituire una commissione per sovrintenderne le attività. La commissione era presieduta da Colonnetti e formata da Giordani, Picone, Modesto Panetti ed Eligio Perucca, rappresentanti rispettivamente dei comitati di Ingegneria e di Fisica-Matematica.

A questo punto, l'attività del Nucleo elettronico poté partire e dalla fine del 1953, fu definito come Centro, anche ufficialmente, benché dai documenti finora trovati non si capisca come e quando sia avvenuto il passaggio formale. Bisogna notare anche che, dopo l'ultimo progetto redatto con Kitz il 26 giugno, non sono stati trovati negli archivi INAC altri documenti firmati da Zannini, probabilmente perché Olivetti non era più il partner industriale di riferimento.

Il primo tentativo di collaborazione industriale del CEC fu avviato con Microlambda, il cui referente era Carlo Calosi³⁸. Le prospettive erano interessanti anche perché Aparo e Dainelli avevano identificato RAYDAC come perfettamente rispondente ai requisiti dell'INAC. Tuttavia, il progetto non si concretizzò e restò a lungo in uno stato di stand by, forse per l'eccessivo costo dell'operazione.

Quasi contemporaneamente iniziò una collaborazione col National Bureau of Standards.

In una nota³⁹ dell'ottobre 1952 Picone asserì che Samuel N. Alexander, responsabile dell'Electronic Computer Laboratory del NBS, si era offerto di collaborare con il CEC. Inoltre, c'erano forti legami di stima e amicizia tra Ida Rhodes⁴⁰, Aparo e Dainelli, che avevano lavorato a lungo presso l'Electronic Computer Laboratory del NBS.

36. Era stata costituita nel 1951 come joint-venture tra Finmeccanica e Raytheon della quale costruiva su licenza radar per la NATO. Dal 1960, tramite successive fusioni, conflui prima in Selenia e poi in Alenia.

37. Verbale del Consiglio di Presidenza, 21 ottobre 1952. ACS, fondo CNR-INAC, busta 3, fasc. 23.

38. Esperto di siluri, dopo l'8 settembre, fuggì negli Stati Uniti dove collaborò con l'US Navy. Poi passò alla Raytheon di cui divenne vicepresidente e rappresentante nella Microlambda.

39. Nota allegata alla lettera del 29 dicembre 1952 di Picone a Colonnetti, ACS Fondo CNR-INAC busta 4, fasc. 29.2.

40. Ida Rhodes (nata Hadassah Itzkowitz) era una matematica ucraina naturalizzata americana. Aveva lavorato alla costruzione di UNIVAC, per cui sviluppò il linguaggio C-10 e poi al NBS. Fu tra i pionieri della traduzione automatica.

I rapporti per avviare il progetto furono tenuti per via ufficiale tramite Mario Salvadori; essendo NBS un ente pubblico, occorre coinvolgere il Foreign Operation Administration (FOA) che, se avesse considerato il progetto di importanza industriale per l'Italia, avrebbe incaricato NBS di svilupparlo. Salvadori mise, però, in evidenza che l'unica ditta conosciuta e stimata dal FOA era Olivetti e che, quindi, era indispensabile coinvolgerla. Picone contattò Giuseppe Beccio ottenendo in risposta⁴¹ la piena disponibilità di Ivrea a rientrare nei progetti dell'INAC e Alexander iniziò subito a lavorare al progetto.

Purtroppo, anche questa iniziativa si impantanò. La causa fu la necessità del FOA di avere dichiarazioni impegnative da parte del governo italiano. Dichiarazioni che, come è facile intuire, richiedevano lunghe trattative su ogni singola virgola.

La FINAC, acquisto, caratteristiche tecniche e applicazioni

Anche se, a fine 1952, i progetti avviati dal CEC, formalmente, erano ancora in essere, Picone, volendo dotare l'INAC di una macchina in tempi brevi, dovette abbandonare l'idea di costruire un calcolatore italiano. L'acquisto, come vedremo, alla fine si concretizzò in un Ferranti Mk1* di produzione inglese.

Come suggerisce il nome, il fondatore dell'azienda aveva origini italiane e un doge tra i suoi antenati. Però, la famiglia era oltre Manica già dai primi del 1800. All'inizio del 1900 la Ferranti fu protagonista del processo di elettrificazione dell'Inghilterra producendo dinamo, alternatori e trasformatori industriali. Il marchio era noto anche al grande pubblico per la produzione di elettrodomestici. Durante la Seconda guerra mondiale, lo sforzo bellico spostò la Ferranti sulla produzione di componenti di base, dalle valvole alle spolette elettriche, e nello sviluppo di sistemi d'arma, diversi dei quali furono determinanti per le sorti del conflitto. Dopo la guerra la produzione militare rimase l'attività principale dell'azienda, ma l'esperienza maturata nell'elettronica fu investita in prodotti commerciali, come le radio e le prime televisioni e nel nuovo settore dei calcolatori elettronici. Nelle Figg. 5 e 6 sono riportate due pubblicità che mostrano al grande pubblico la diversificazione della produzione Ferranti nel dopoguerra. Per i dettagli della storia industriale della Ferranti si rimanda a (Lavington 2019).

I calcolatori di Manchester e i Ferranti Mk1 e Mk1*

L'ingresso della Ferranti nel mondo dei calcolatori fu una collaborazione con l'Università di Manchester. Max Newman durante la guerra a Bletchley Park aveva diretto il gruppo che aveva costruito i Colossus. Tornato nei panni civili, quell'esperienza e

41. Lettera di Beccio a Picone del 14 novembre 1953, allegata alla lettera di Picone a Salvadori del 20 novembre 1953.



Fig. 5 La pubblicità Ferranti (1950) che riassume la storia dell'azienda inglese: dai grandi impianti e dagli elettrodomestici di consumo all'elettronica delle televisioni (collezione privata di Andrea Celli).

la lettura del *First draft* di John von Neumann, lo portarono a fondare all'Università di Manchester il Royal Society Computing Machine Laboratory dove, il 21 giugno del 1948, la Small Scale Experimental Machine eseguì il suo primo programma. La macchina, progettata da Fred Williams, Tom Kilburn e Geoff Tootill, era sostanzialmente un "piccolo" prototipo – la chiamavano Baby – per verificare che le soluzioni elettroniche, in particolare quelle per realizzare la memoria centrale, funzionassero e fossero affidabili. Il successo determinò la costruzione, completata nel 1949, della Manchester Automatic Digital Machine (MADM) il cui acronimo, dopo la Baby, si leggeva Madam. È a questo punto che la Ferranti entrò in gioco ingegnerizzando MADM per farne un prodotto commerciale: il Ferranti Mk1.

Nel 1948 al gruppo di Manchester si era aggiunto anche Alan Turing che conosceva Newman dai tempi di Bletchley Park. Redasse la prima versione del manuale utente del Ferranti e si occupò della programmazione; la usò per ricerche sui numeri primi, ma anche per applicazioni che non erano solo di calcolo numerico. Erano gli anni in cui, entusiasta e ottimista sulle incredibili possibilità delle nuove macchine programmabili, Turing pensava all'intelligenza artificiale e proponeva il famoso gioco/test.

Il primo esemplare di serie fu completato nel 1951 e consegnato all'Università di Manchester, dove rimpiazzò MADM. Il secondo Ferranti Mk1 andò all'Università di Toronto. I successivi esemplari furono rivisti nell'elettronica e battezzati Mk1*. Complessivamente, furono costruite nove macchine immatricolate con la sigla DC (Digital Computer) seguita da un numero che però non corrisponde all'ordine di consegna. All'INAC fu consegnato il DC-4, ma, l'anno prima, la Shell di Amsterdam aveva ricevuto il DC-7.

Prime valutazioni sul mercato americano

Il 28 gennaio 1953, su proposta della commissione che sovrintendeva le attività del CEC, il CNR diede incarico⁴² a Giorgio Barzilai⁴³ di prendere contatto con diversi costruttori americani di calcolatori: NBS, Eckert-Mouchly Computer Corporation, Raytheon, RCA, Bell Systems e IBM.

Barzilai contattò questi e altri costruttori, ma la maggior parte rispose di non poter presentare all'INAC un'offerta per la macchina richiesta e altri presentarono richieste troppo onerose.

L'INAC aveva un centro meccanografico basato su un sistema a schede perforate⁴⁴ ottenuto in uso gratuito dall'IBM e installato alla fine del 1952. I rapporti con la ditta

42. Si veda ACS, fondo CNR-INAC, busta 4, fasc. 29.1.

43. Ingegnere romano che agli inizi degli anni Cinquanta lavorava presso il Microwave Research Institute di Brooklyn e insegnava al Polytechnic Institute of Brooklyn (oggi NYU Tandon School of Engineering).

44. Una tabulatrice moltiplicatrice universale 601/A, una tabulatrice 405 e alcune perforatrici. Il centro, a cui lavorava personale INAC e IBM, era diretto da Bruno de Finetti, vedi " $y' = \sin kx + y^2$ " in *Civiltà delle Macchine*, (1): 3 1953, Finmeccanica.

MEASURING INSTRUMENTS · SWITCHBOARD INSTRUMENTS · VOLTAGE REGULATORS

A.C. & D.C. HOUSE SERVICE & SWITCHBOARD METERS · CLIP ON AMPMETERS · ELECTRIC CLOCKS · ELECTRIC WATER HEATERS

← This you may know: but do you know this? ↓



The Digital Computer at Manchester University (made by Ferranti Ltd. under patent licence from the National Research Development Corporation).

The “Safera” fire solves the problem of safety in domestic electric fires. The Manchester Computer solves in a day mathematical problems which might take years on ordinary calculating machines. On each product is stamped the name Ferranti, a name that has become part of the history of electricity.

F
FERRANTI

FERRANTI LTD. HOLLINWOOD LANGS. LONDON OFFICE: 36 KINGSWAY, W.C.2

RADIO & TELEVISION · VALVES & C.R. TUBES · CASTINGS · INSULATION · HIGH VOLTAGE A.C. & D.C. TESTING EQUIPMENT

TRANSFORMERS · P.F. CORRECTION CAPACITORS · ELECTRIC FIRES & SPACE HEATERS

Fig. 6 Un'altra pubblicità Ferranti che si rifà alla storia dell'azienda, dagli elettrodomestici di consumo ai calcolatori elettronici; il disegno è tratto da una foto del 1952 usata anche sulla copertina del manuale del calcolatore (collezione privata di Andrea Celli).

americana erano ottimi e il prodotto offerto, un 701, era considerato eccellente, ma il contratto prevedeva solo l'affitto e questa formula non era accettabile per il CNR.

Con la Remington, l'INAC aveva già avuto contatti diretti che non si erano conclusi per il costo eccessivo della proposta⁴⁵. Nel colloquio con Barzilai si aggiunse che i modelli UNIVAC più economici, costruiti dalla Research Associates, non potevano essere venduti perché coperti da segreto militare come risulta dalla comunicazione inviata da Colonnetti a Picone il 20 ottobre 1954 e alla quale Picone risponde il giorno successivo.

Le trattative con Ferranti

Il sostanziale nulla di fatto della missione di Barzilai riportò l'attenzione sul calcolatore costruito in Inghilterra dalla Ferranti, con la quale c'erano già stati contatti. Infatti, nel 1951 Picone era stato invitato personalmente da Sir Vincent Ferranti all'inaugurazione del loro primo calcolatore. Nelle Figg. 5 e 6 sono riportate due pubblicità Ferranti che mostrano al grande pubblico la diversificazione della produzione dell'azienda inglese. Tra il 1953 e il 1954 i contatti ripresero; da un lato, a Roma si sentiva l'urgenza di avere un calcolatore, dall'altro, la ditta inglese aveva da vendere le sue macchine. All'inizio del 1953, il CNR decise di affidare alla ditta di Roma, Compagnia Generale di Elettronica – specializzata nel commercio internazionale di prodotti elettronici – l'incarico di contattare la Ferranti per verificare le possibilità di acquisto. In seguito, intervenne direttamente Ignazio Mottola, rappresentante italiano della Ferranti.

Una prima offerta⁴⁶ per un Ferranti Mk1 arrivò nel 1952. Picone dopo averla esaminata affermò⁴⁷ che il calcolatore proposto non rispondeva appieno alle specifiche individuate da Aparo e Dainelli. Tuttavia, vista l'offerta molto favorevole, propose di acquistarlo come passo intermedio nell'attesa che fosse pronto il calcolatore italiano di cui si sperava sempre di avviare la costruzione. La proposta fu ratificata dal Consiglio di Presidenza, come risulta dal verbale della riunione del 18 gennaio 1954 (ACS, fondo CNR-INAC, busta 3, fasc. 28.2). Il lungo tempo dipese anche dal fatto che le trattative con Ferranti si sovrapponevano alle collaborazioni con NBS e Raytheon/Microlambda che erano ancora in essere.

Il dilemma si scielse con un appunto di Picone del 10 febbraio 1954 riguardante l'installazione di una macchina aritmetica automatica presso l'INAC (ACS, fondo CNR-INAC, busta 3, fasc. 28.2), nel quale si confrontavano pregi, difetti, costi e tempi di consegna delle varie soluzioni concludendo, infine, di accettare l'offerta della Ferranti che, nel frattempo, era passata al più recente modello Mk1*.

45. Si veda il “Promemoria per il rappresentante in Italia della casa Remington di Philadelphia (USA)” del 26 maggio 1952.

46. Probabilmente, quella allegata era una lettera inviata ad Amaldi il 19 marzo 1952 da Vivian B. Bowden, un responsabile della Ferranti.

47. Lettera del 9 aprile 1953 alla segreteria generale del CNR, ACS, fondo CNR-INAC. busta 4, fasc. 29.1.



Fig. 7 Il Messaggero, 1° febbraio 1955, la notizia dell'arrivo della FINAC a Roma raccontata al grande pubblico (Archivio CNR-IAC, Roma).



Fig. 8 La cartolina pubblicata in occasione della cerimonia di inaugurazione della FINAC il 13 dicembre 1955 (scansione fornita da Gianfranco Camarda).

La trattativa con Ferranti si fece più fitta per definire i dettagli del contratto e dei collaudi di accettazione. Fu fatto un tentativo per convincere Ferranti ad assemblare il calcolatore direttamente in Italia, ma la macchina era già pronta negli stabilimenti Ferranti. A fine luglio 1954, l'ARAR emise l'ordine per l'acquisto del calcolatore Ferranti Mk1*, matricola DC-4, al prezzo di 264 milioni di lire – che corrispondono a poco più di cinque milioni di euro attuali.

I collaudi in Inghilterra e l'installazione a Roma

La Ferranti si attivò subito per rendere disponibile la macchina e il collaudo avvenne a Moston, il quartiere di Manchester dove, dal 1935, si trovavano gli impianti della Ferranti dedicati all'elettronica. Il collaudo iniziò il 12 e terminò la notte fra il 15 e il 16 ottobre 1954, presenti Aparo e Böhm come rappresentanti dell'acquirente. Al calcolatore furono sottoposti dieci sistemi algebrici lineari di 25 equazioni e uno di 62 equazioni. Per accelerare i tempi, i dati dei sistemi erano stati inviati alla Ferranti in anticipo ma, per evitare "trucchi" del venditore, incompleti: alcuni valori erano noti solo ad Aparo e Böhm. I primi dieci sistemi non dettero problemi. Per quello maggiore la prova del giorno 13 dovette essere ripetuta il 15 a causa di errori nell'introduzione dei dati. Alla fine, tutti i risultati coincidevano per cinque o sei cifre significative con quelli previsti.

Superato il collaudo, per completare l'acquisizione sarebbero state necessarie altre spese minori ma non trascurabili. Per sostenerle erano stati imposti tagli che contrariarono molto Picone; vennero troncati il contratto con Kitz – che perciò non partecipò ai collaudi – e quello con l'IBM per il centro meccanografico, interrompendo i lavori in corso.

Tra le spese più importanti ci fu l'allestimento dei locali. La FINAC fu collocata al quarto piano della sede centrale del CNR, dove c'erano gli studi dell'INAC. Furono rinforzati i pavimenti, spostati diversi tramezzi, adeguata la terrazza soprastante per ospitare l'impianto di condizionamento, realizzata una enorme gabbia di Faraday per proteggere l'elettronica dalle scariche generate dai tram in transito. Altri costi furono sostenuti nel luglio 1955 per assumere Giorgio Sacerdoti e Roberto Vacca che portarono all'INAC specifiche competenze in elettronica.

A Moston, il Mk1* fu smontato e imballato in trentadue casse del peso complessivo di dieci tonnellate. Sul piroscampo Pinto giunse a Napoli il 6 gennaio 1955 per poi essere trasportato a Roma con due grossi camion a rimorchio. Il CNR ottenne dal Ministero del tesoro che le operazioni doganali fossero espletate nella sede del CNR evitando che i doganieri rovistassero nelle casse contenenti materiali fragili e costosi; inoltre, l'ente pagò le migliaia di bollini che a norma di legge tassavano ogni singolo componente, ma fu dispensato dal doverli fisicamente apporre.

Quando la FINAC giunse a Roma i locali che dovevano ospitarla non erano ancora pronti. Il riassetto durò un mese più del previsto e il collaudo ufficiale avvenne il 25 giugno 1955. La FINAC assorbiva una potenza elettrica di 30 kW, in gran parte dissipata in calore, ed era molto delicata tanto che nell'inverno seguente il CNR chiese alla vicinissima Università di Roma di ridurre i fumi emessi dal suo impianto centralizzato di riscaldamento che rischiavano di danneggiare i circuiti elettronici.



Fig. 9 Nastro perforato con il programma per far suonare al Ferranti la Marcia Trionfale dell'Aida, usato all'inaugurazione il 14 dicembre 1955 (collezione privata Gianfranco Camarda).



Fig. 10 Attrezzatura per correggere a mano i nastri perforati a 5 fori (collezione CNR-IAC).

A dispetto delle tante iniziative e dell'impegno di Picone, la FINAC fu solo il secondo calcolatore installato in Italia. A Picone lo fece gentilmente notare Amerio, suo discepolo diventato professore al Politecnico, nella sua lettera di congratulazioni del 20 febbraio 1955: "Come Le avrà detto Ghizzetti, che l'ha vista, Cassinis ha procurato per il Politecnico di Milano una calcolatrice elettronica CRC (inferiore alla vostra Ferranti, ma sempre notevolissima)".

L'attività sulla FINAC era iniziata subito. Prima ancora che la macchina entrasse in funzione, da gennaio a giugno, Dainelli tenne, forse per più classi, un Corso introduttivo all'uso della macchina calcolatrice FINAC, le cui dispense (Dainelli 1955) sono la principale fonte di informazioni per la comprensione tecnica della macchina. Dopo le ferie estive – la sede del CNR veniva tradizionalmente chiusa per quasi un mese – iniziò il lavoro vero e proprio. Le prime richieste di consulenza⁴⁸ risolte con calcoli fatti con la FINAC si conclusero nei mesi di ottobre e novembre 1955 (Fig. 11).

La calcolatrice fu inaugurata il 14 dicembre 1955 alla presenza del Presidente della Repubblica, Giovanni Gronchi. La cerimonia ebbe ampia risonanza sulla stampa italiana, sia per la presenza del capo dello Stato, sia per la notorietà acquisita da Picone e dal problema di dotare l'INAC di una macchina elettronica. In molti quotidiani nazionali uscirono articoli su più colonne con foto e la notizia venne pubblicata anche su diverse testate locali, non romane.

La memoria a tubi Williams, un "marchio" Ferranti, ma non solo

L'idea di porre sia il programma che i dati in un'unica memoria, codificandoli in termini degli stessi simboli (gli 0 e gli 1 dei bit), non cambia l'insieme delle cose che la macchina può fare, ma semplifica – e molto – una quantità di azioni pratiche a partire dal caricamento dei programmi. Questo era uno dei problemi di ENIAC, noto sin dalle prime prove. Mauchly ed Eckert progettando il successore EDVAC, affinché fosse più pratico da usare, idearono l'architettura a programma memorizzato. Von Neumann, in visita al progetto nel giugno del 1945, scrisse il suo famoso *First Draft of a Report on the EDVAC* e contribuì a evidenziare i pregi della soluzione e a diffonderla presso la comunità di interessati. Era un'architettura pratica che da allora non è più stata abbandonata. Il suo affermarsi rese la memoria il componente centrale dell'architettura del calcolatore; infatti, la scommessa per realizzarne uno era posta in gran parte sulla fattibilità e affidabilità della memoria. A Manchester, Williams e Kilburn avevano inventato un metodo particolare per implementare la memoria⁴⁹, i

48. Le prime due riguardavano problemi di fisica delle particelle, erano state richieste dall'Istituto di Fisica dell'Università di Bologna e dall'Istituto de Calculo di Madrid.

49. La soluzione fu sviluppata nel 1947, il rapporto definitivo venne pubblicato come Williams, Frederic Calland, e Tom Kilburn. 1949. "A Storage System for Use with Binary Digital Computing Machines." *Proceedings of the Institution of Electrical Engineers* (UK), vol. 96, n. 40 part III.



Fig. 11 In gruppo davanti alla FINAC; da sinistra: Corrado Böhm, Paolo Ercoli, Wolf Gross, Aldo Ghizzetti, Mauro Picone, Giorgio Sacerdoti, Roberto Vacca, Enzo Aparo, Dino Dainelli, 1955 (foto CNR).



Fig. 12 La FINAC al lavoro; a destra e a sinistra dell'operatore si riconoscono i due lettori veloci di nastro perforato; guardando bene si nota che il groviglio di nastro continua nell'apposito raccogliitore bianco, 1956 (foto CNR).

cosiddetti tubi Williams. Il fenomeno fisico su cui si basa è la persistenza delle cariche elettriche sulla superficie di un tubo catodico: i bit sono puntini “accesi o spenti” sullo schermo. La persistenza della carica è limitata a qualche frazione di secondo; poco, ma sufficiente per la velocità alla quale già allora lavoravano i calcolatori che rendeva accettabile anche il tempo usato per rinfrescare i bit prima che andassero persi. Gli schermi dei tubi Williams sono coperti da una piastra metallica che serve a rilevare gli impulsi elettrici generati dalle scritture. Per leggere un bit di memoria si tenta una scrittura con un valore convenzionale, diciamo 0; se il bit cambia stato, la piastra rileva l'emissione di un impulso che indica che il bit conservava un 1, se l'impulso manca allora il bit era già uno 0. Ovviamente, nel primo caso, l'1 viene ripristinato. Un'altra notevole caratteristica dei tubi Williams è che il contenuto delle memorie si può visualizzare. Basta agganciare il segnale del refresh del tubo-memoria che ci interessa, sdoppiarlo e dirigerlo su un tubo visore analogo – ma il cui schermo non è coperto dalla piastra metallica – i bit diventano punti visibili, pixel, diremmo oggi. Nelle foto della FINAC (Figg. 8 e 12), ai due lati della consolle si riconoscono i visori delle memorie. Nella tradizione dell'Istituto si narra di un utilizzatore esterno il quale, se alla fine del tempo a sua disposizione, l'elaborazione non era terminata, fotografava i visori, faceva sviluppare rapidamente i negativi e al suo turno successivo usava le foto per riprendere i programmi da dove erano stati interrotti. Le memorie a tubi Williams furono una caratteristica delle prime macchine di Manchester e dei primi Ferranti. Ma furono utilizzate anche altrove, per esempio, sulla IAS Machine costruita a Princeton sotto la direzione di von Neumann e su tutti i suoi derivati, fra cui anche l'IBM 701 commercializzato a partire dal 1952, oppure sullo Strela sovietico. In qualche caso, come sull'EDSAC di Cambridge, i tubi Williams furono usati per visualizzare il contenuto di memorie realizzate con altre tecnologie.

Ogni tubo Williams può conservare poco più di un migliaio di bit, per esempio, i tubi Ferranti contenevano 64 parole da 20 bit ciascuna. Sebbene prodotti in serie, non tutti i Ferranti Mk1* erano identici e alcune caratteristiche, inclusa la dimensione della memoria principale, mutavano. La FINAC aveva 13 tubi Williams (Dainelli 1955), quindi 832 parole di 20 bit – o in misure moderne 2080 byte, ovvero poco più di 2 KiB – ma per l'epoca non era male. Una parola di 20 bit era detta cella semplice e poteva contenere un valore numerico, intero o in virgola fissa, oppure un'istruzione o, in generale, qualsiasi cosa fosse codificabile in 20 bit e interpretabile da un programma, per esempio 4 codici a 5 bit dei caratteri da inviare alle telescriventi. Erano definite anche le parole doppie di 40 bit, memorizzate in due celle consecutive e tipicamente utilizzate per trattare i valori numerici con maggior capacità o precisione.

Altre memorie

In ogni calcolatore, oltre a quella principale, ci sono altri due tipi di memorie, i registri dove via via stanno i dati per l'interpretazione e l'esecuzione delle singole istruzioni, e le memorie di massa esterne per la conservazione a lungo termine e a macchina spenta di dati e programmi.

Alla Ferranti, per i registri, impiegarono ancora i tubi Williams; nei Mk1 e nei Mk1* l'accumulatore, i registri per le moltiplicazioni, il registro dell'istruzione corrente, il contatore di programma e i registri indice erano tutti realizzati a tubi. Era una soluzione un po' meno prestazionale⁵⁰, ma pratica per diminuire il numero di tecnologie adottate e per semplificare la temporizzazione della macchina.

I Ferranti erano dotati anche di un tamburo magnetico: una specie di hard disk in cui i bit, invece di essere memorizzati lungo tracce concentriche sulla superficie di un disco, lo sono in tracce parallele sulla superficie laterale di un cilindro. Il cilindro ruota continuamente e i bit sono letti o scritti via via che passano sotto alle testine. La capacità del tamburo magnetico della FINAC era di 16384 parole doppie (80 KiB, in termini moderni), organizzate in 256 tracce, ognuna divisa in due semi-tracce che avevano la stessa capacità di un tubo Williams: 32 parole di 40 bit (o 64 di 20). Lettura e scrittura sul tamburo avvenivano da programma, con istruzioni che trasferivano i dati di una semi-traccia in un tubo Williams o viceversa.

Il tamburo era una memoria ausiliaria usata, per lo più, per trasferire dati nella o dalla memoria principale, temporaneamente durante l'esecuzione dei programmi o per conservarli a macchina spenta. Un'area del tamburo era protetta in scrittura e usata per contenere la libreria delle subroutine realizzate per la FINAC – proprio come i programmi che sono installati sui nostri hard disk (o SSD) per essere sempre disponibili.

I Ferranti avevano anche un altro livello di memoria esterna comune a molte altre macchine del periodo: i nastri perforati. Erano ancora più lenti, ma assai economici e praticamente infiniti come capienza. Condividevano la codifica di caratteri, cifre e simboli con le telescriventi e i dispositivi standard dei servizi telegrafici; erano il principale mezzo di ingresso/uscita per dati e programmi ed erano, naturalmente, usabili anche per la loro archiviazione e distribuzione; saranno usati fin quasi agli anni Ottanta⁵¹.

La FINAC per gestire i nastri perforati aveva quattro lettori e tre perforatori veloci controllati dalla calcolatrice (Ercoli 1963). C'erano, poi, tre telescriventi che avevano tastiera e stampante (su modulo continuo o su zona telegrafica) e potevano essere equipaggiate con un perforatore di nastro. Questi erano dispositivi che potevano essere collegati alla macchina, ma la loro lentezza non era conveniente; perciò, erano usati principalmente fuori linea per trascrivere manualmente⁵² dati e programmi sui nastri perforati, duplicare o correggere nastri già esistenti, stampare dai nastri sulle telescriventi e trasferire i dati dai nastri alle schede perforate tramite una tabulatrice.

50. Di solito, per i registri si usavano tecnologie più veloci i cui costi erano affrontabili per le poche parole dei registri, ma improponibili per le centinaia o migliaia di parole della memoria centrale.

51. A titolo di esempio e curiosità, il primo prodotto di successo della Microsoft, l'interprete BASIC per l'Altair 8800, nel 1975, era distribuito su nastro perforato. Anche le copie non autorizzate circolavano così.

52. Le parole a 20 bit erano trascritte battendo sulle tastiere delle telescriventi i caratteri i cui codici a 5 bit, giustapposti, davano la sequenza di bit desiderata. Nel suo manuale introduttivo Dainelli fa un esempio divertente: per perforare la costante $\pi/2$ si doveva battere "FLOZ"; vedi (Dainelli 1955) § 7.3, p. 29.

Un vantaggio dei nastri perforati (e delle schede) è che un operatore allenato è in grado di leggerne il contenuto. Una caratteristica che verrà persa con le memorie di massa successive: nastri magnetici, floppy disk e via dicendo. Ai tempi della FINAC gli addetti avevano a disposizione anche l'attrezzatura per gli interventi manuali: tastiere a cinque tasti per perforare un singolo carattere, punzone per produrre singoli fori (Fig. 10). Per il copia-incolla di dati e programmi avevano forbicine, una dima per allineare fori e giunture e un nastro adesivo speciale – i prodotti di cartoleria normali non avevano adeguata consistenza e trasudavano colla causando problemi ai dispositivi di lettura.

I nastri potevano essere molto lunghi. Lettura e scrittura erano comandate da programma e i nastri potevano essere elaborati a pezzi, compatibilmente con le capacità limitate delle altre memorie della FINAC. Nelle foto i grovigli di nastri portano spesso un'insolita nota di disordine. Testimoni dell'epoca riferiscono che, se non pioveva o tirava vento, una soluzione al disordine e un modo per tenere i nastri in giusta tensione era affidarsi alla gravità lasciandoli penzolare fuori dalla finestra – stelle filanti tecnologiche che, si dice, suscitassero molta curiosità.

Le prestazioni, una macchina a tempo di beat

Tutti i calcolatori vanno a tempo, il loro funzionamento è sincronizzato su un orologio interno: il clock, che genera gli impulsi che determinano l'avanzare degli stati della macchina. Oggi siamo abituati a frequenze altissime da due e più GHz per un normale PC. Questo significa che un cambio di stato avviene in meno di metà di un miliardesimo di secondo.

La FINAC aveva tempi di clock più lunghi, ma sempre impressionanti rispetto alla nostra percezione del tempo: gli impulsi erano generati ogni dieci milionesimi di secondo (Dainelli 1955, § 13, p. 48). Però, la FINAC, come quasi tutti i primi calcolatori, era "seriale"⁵³ ossia, cambiava stato elaborando i bit uno alla volta. La parola base della memoria è di 20 bit e, fra una parola e l'altra, era necessario eseguire le operazioni di controllo per indirizzare la memoria e gestire le operazioni di macchina. Per lavorare su una cella semplice occorre 240 milionesimi di secondo, o come lo chiamavano allora, un *beat*, l'unità di tempo rilevante per il funzionamento della FINAC.

Le istruzioni di macchina erano eseguite in tempi che erano multipli di beat, normalmente fra 4 e 14 beat. Volendo avere un'idea delle prestazioni, uno dei benchmark più in auge al tempo era contare il numero di addizioni al secondo; la FINAC ne faceva circa 830⁵⁴.

53. Le macchine "parallele" erano, al tempo, quelle che elaboravano tutti i bit della parola insieme in un solo ciclo di clock. Fra le macchine inizialmente acquistate o costruite in Italia, CEP e Elea Olivetti erano parallele: la I CEP su 18 bit, la II su 36 bit, gli Elea su 6 bit.

54. I vantaggi delle architetture parallele, più complesse e costose per la quantità di componenti elettronici che devono lavorare contemporaneamente, sono nelle prestazioni: le addizioni al secondo della I CEP erano circa 64mila e circa 70mila per la II.

I° GR.	Operazioni nel tubo B	A	$(B_0)' = s$	0,96
		o	$(s)' = (B_0)$	0,96
		O	$(B_0)' = (B_0) + (s)$	0,96
		£	$(B_0)' = (B_0) - (s)$	0,96
I	Trasferimenti	M	$(s)' = (M)$	1,20
		R	$(s)' = (M) ; (A) = 0$	1,20
		P	$(A)' = (s) ; (L) = 0$	1,20
I	Addizione o sottrazione	J	$(A)' = (A) + (s)$	1,20
		K	$(A)' = (A) - (s)$	1,20
		H	$(A)' = (A) + (s) \times 2^{-40}$	1,20
B- V. C. D. - 48 - 1	Salto incondiz.	E	salto all'ordine in s	0,96
	Diramazioni sullo accumulat.	C	$(A) \geq 0$, come E $(A) < 0$, senza effetto	0,96
		D	$(A) < 0$, come E $(A) \geq 0$, senza effetto	0,96
	Diramazione su B	I	$(B_1) \geq 0$, come E $(B_1) < 0$, senza effetto	0,96
	Registr. ind.	@	$(s)' = (C) \times 2^{-18}$	0,96
	Moltiplicaz.	Y	$(R)' = (s)$	1,20
		X	$(A)' = (A) + (R) \times (s)$	2,16
		T	$(A)' = (A) - (R) \times (s)$	2,16
	Scalatura	U	$(A)' = (A) \times 2^s \quad (-80 \leq s \leq 80)$	2,16
	Normalizzaz.	V	$(A)' = (A) \times 2^m ; (s)' = 2^{-18, m}$	3,36
	Estrazione	Q	$(M)' = (M) \div (s)$	1,20
	Inversione	L	$(M)' = (M) \pm (s)$	1,20
Peso	S	$(M)' = 2^{1/2} (s)$	1,20	
II° GRUPPO	Inserzione	G	$(s)' = (H)$	0,96
	Entrata e Uscita	F	$(s)'_{1,2,3,4,5} = (E)$	5
		\$	$(U)' = (s)_{3,12,13,14,15}$	70
	Stampa rap.	B	Una riga stampa da S.	150
	Esec. ord. mg.	W	$(W)' = (s)$	40,32
	Fermate	/	A assoluta	-
		Z	A richiesta	1,20
	Polli	λ	senza effetto	0,96
		H	senza effetto	0,96

Fig. 13 La tabella dal manuale di Dainelli (Dainelli 1955) che descrive il set di istruzioni della FINAC. Viene riportato il tempo di esecuzione in millisecondi (tutti multipli di beat) dei singoli comandi. (Archivio CNR-IAC, Roma).

Le più veloci fra le calcolatrici elettromeccaniche di quei tempi arrivavano fino a 1200 giri al minuto e a ogni giro facevano un'addizione, cioè 20 al secondo⁵⁵. In questi termini la FINAC era molto più veloce ma non poi così straordinariamente. Ma le calcolatrici sfruttano a pieno i giri del motorino elettrico solo per l'esecuzione di una singola addizione, mentre fra un'operazione e l'altra si adeguano al tempo del calcolatore umano per gestire il procedimento e inserire gli operandi – tempo enormemente superiore a quello utilizzato da un computer per gestire le azioni analoghe. Infatti, i calcolatori elettronici mantengono la loro velocità sempre, senza interruzioni: tutto si svolge sotto il controllo di un programma letto dalla memoria, e nelle 830 addizioni al secondo è compresa la lettura e l'interpretazione delle istruzioni del programma di benchmark. Quando entrarono in scena fu una vera rivoluzione; divennero improvvisamente affrontabili una quantità di problemi che prima avrebbero richiesto tempi biblici o comunque tali da rendere poi inutili i risultati ottenuti.

In sessant'anni le prestazioni dei calcolatori sono continuamente migliorate, e un paragone fra le prestazioni della FINAC e quelle del peggior smartphone sarebbe impietoso. L'evoluzione è stata continua e strepitosa, ma è appunto un'evoluzione.

La rivoluzione, il cambiamento epocale in termini di calcoli che prima erano impossibili e nel volgere di pochi anni diventarono normale routine, avvenne allora e fu di enorme portata per la scienza e per lo sviluppo industriale ed economico. Si comprende perché Picone, fin dalla fine degli anni Quaranta, si fosse dato da fare per essere partecipe del momento.

Programmazione della FINAC e organizzazione del lavoro

Concepire e realizzare una macchina universale, un calcolatore, è metà dell'opera: per farla funzionare dopo aver costruito l'hardware bisogna scrivere i programmi, il software. La programmazione dei primi calcolatori era molto simile a quella che oggi si pratica assai raramente e si chiama programmazione in linguaggio macchina⁵⁶. È un mestiere diverso in cui non basta aver chiara la logica dell'algoritmo, bisogna conoscere bene com'è fatta la macchina e lottare contro le limitazioni di memoria e di prestazioni che allora erano notevoli.

Nella FINAC ogni istruzione occupava una parola semplice (20 bit). Di questi, solo 5 erano riservati al codice dell'istruzione vera e propria, uno dei 32 possibili ordini. Gli altri bit servivano per indirizzare le celle della memoria su cui le istruzioni lavoravano. Gli indirizzi, per facilitare i procedimenti che scorrevano celle adiacenti o lavoravano per cicli, erano espressi nella forma di un indirizzo base a cui veniva sommato il contenuto degli indici – registri dedicati di cui era facile incrementare o decrementare il valore.

55. Prestazioni riferite ai modelli *Silent Speed* prodotti dalla Marchant a partire dal 1933, raggiunte grazie a un sofisticato meccanismo progettato da Harold Avery.

56. Il primo compilatore per un linguaggio di programmazione moderno, il FORTRAN, apparve nel 1956 per l'IBM 704.

Spano Maria Adele

ORDINI ELETTRONICI				
0	B ₀	S ₀	∅	stop assoluto
1	B ₁	S ₁	€	sottrazione in B _b (*)
2	B ₂	S ₂	λ	addizione in B _b (*)
3	B ₃	S ₃	O	registraz.ne indirizzo da B _b a S (*)
4	B ₄	S ₄	@	uscita un carattere da S a B _b (*)
5	B ₅	S ₅	:	uscita BULL
6	B ₆	S ₆	\$	salto per (A) ≥ 0
7	B ₇	S ₇	A	salto per (A) < 0
8	B ₈	S ₈	B	salto incondizionato
9	B ₉	S ₉	C	entrata un carattere
10	B ₁₀	S ₁₀	D	inserzione
11	B ₁₁	S ₁₁	E	salto per (B _i) ≥ 0
12	B ₁₂	S ₁₂	F	addizione
13	B ₁₃	S ₁₃	G	sottrazione
14	B ₁₄	S ₁₄	H	somma logica
15	B ₁₅	S ₁₅	I	da M a S
16	B ₁₆	S ₁₆	J	addizione in L
17	B ₁₇	S ₁₇	K	da S a M; (L)=0
18	B ₁₈	S ₁₈	L	prodotto logico
19	B ₁₉	S ₁₉	M	da M a S; (A)=0
20	B ₂₀	S ₂₀	N	peso
21	B ₂₁	S ₂₁	O	prodotto in sottraz.ne
22	B ₂₂	S ₂₂	P	scalatura
23	B ₂₃	S ₂₃	Q	normalizzazione
24	B ₂₄	S ₂₄	R	esecuz. ord. magnet.
25	B ₂₅	S ₂₅	S	prodotto in addizione
26	B ₂₆	S ₂₆	T	moltiplicatore
27	B ₂₇	S ₂₇	U	stop a richiesta
28	B ₂₈	S ₂₈	V	
29	B ₂₉	S ₂₉	W	
30	B ₃₀	S ₃₀	X	
31	B ₃₁	S ₃₁	Y	
32	B ₃₂	S ₃₂	Z	

ORDINI MAGNETICI			
24	S	confronto	pagina singola
25	T	confronto	coppia pagine
26	U	lettura	pagina singola
27	V	lettura	coppia pagine
28	W	scrittura	pagina singola
29	X	scrittura	coppia pagine
30	Y	lettura e segnale	pagina singola
31	Z	lettura e segnale	coppia pagine

Codice della calcolatrice FINAC

Fig. 14 Cartolina "reference" che metteva a disposizione un promemoria dei parametri da specificare nei programmi FINAC. È simile alla tabella di Fig. 13 ma qui vengono indicati i riferimenti agli standard telegrafici usati per i nastri perforati. Maria Adele Spano, che ha lasciato il suo nome sulla cartolina, probabilmente era un utente esterno. (Archivio CNR-IAC, Roma, seconda metà anni Cinquanta).

I programmatori di allora dovevano fare i conti con la memoria e le prestazioni: scrivere il programma risparmiando anche poche istruzioni era una doppia vittoria perché l'esecuzione avrebbe impiegato meno tempo macchina e le istruzioni avrebbero occupato meno memoria a vantaggio dei dati. Quando la memoria principale non bastava, era necessario organizzare il procedimento di calcolo a pezzi, destreggiandosi nello spostare istruzioni e dati dalla memoria principale al tamburo magnetico, e viceversa.

Gli ordini erano divisi in due categorie: elettronici e magnetici. I primi (la maggioranza), operavano sulla memoria principale a tubi Williams e quindi, elettronica; i secondi controllavano i trasferimenti con il tamburo, magnetico appunto (in Figg. 13 e 14 sono riportate due tabelle con la descrizione degli ordini evidenziandone differenzialmente le caratteristiche).

I programmatori scrivevano l'algoritmo in termini di istruzioni della FINAC esprimendole con sigle mnemoniche e definendo gli indirizzi in decimale. A loro seguivano i "compilatori" – ancora persone – con il compito di tradurre il programma in binario, in parole di 20 bit che dovevano essere caricate in memoria. I codificatori⁵⁷, infine, preparavano i nastri perforati ricostruendo i bit delle parole con i codici dei caratteri telegrafici. La divisione dei compiti non sempre era netta, anche se all'INAC c'era personale addetto alle mansioni più tecniche e ripetitive, spesso i ricercatori si occupavano di tutte e tre le fasi di lavorazione dei programmi.

La giornata della FINAC iniziava con la manutenzione affidata ai tecnici dell'INAC, poi la macchina era consegnata agli utenti che l'avevano prenotata. Le prenotazioni erano raccolte il sabato mattina per la settimana seguente e via via confermate o aggiustate per far fronte agli imprevisti. Gli utenti erano, per lo più, interni all'INAC che conoscevano bene la macchina, ma c'erano anche esterni che potevano avere bisogno di aiuto da parte degli operatori. La prima parte della giornata era dedicata a lavori brevi, spesso di sviluppo e di prova di programmi con la macchina assegnata per periodi di quindici o trenta minuti. I lavori lunghi, con programmi già collaudati, si svolgevano il pomeriggio e, quando serviva, la notte (Ercoli 1963).

Librerie di programmi e ingegneria del software

I calcolatori, elettronici, veloci e universali aprirono enormi possibilità: una quantità di problemi diventava affrontabile e addirittura risolvibile in tempi utili. Però, le macchine dovevano essere programmate e la programmazione rischiava di divenire il tallone d'Achille del calcolo elettronico perché era un'attività difficile e costosa, una distrazione poteva introdurre nei programmi difetti disastrosi. Nel manuale redatto da Dainelli si

57. Codificatori è come li chiamavano all'INAC, più avanti quando i nomi delle diverse professionalità si assesteranno, saranno chiamati "minutatori". Più avanti ancora i minutatori non saranno più necessari e i compilatori diventeranno software per lo sviluppo di software. I programmatori sono più o meno rimasti.

discute un problema classico, definito con un bellissimo ossimoro lo “stop dinamico”⁵⁸.

All'INAC, nella realizzazione dei programmi si cercava sempre di riusare quanto più possibile e quando era scritto qualcosa di nuovo di lasciarlo in una forma riusabile. In altre parole, nel tempo si costruì una libreria di sottoprogrammi. Fu un'attività organizzata, censita e documentata come risulta dal lungo “Elenco dei sottoprogrammi FINAC”, Archivio IAC-CNR.

La necessità e l'utilità di una raccolta organizzata furono dichiarati fin dall'inizio: “È evidente il grande risparmio di tempo e fatica che si può avere sfruttando una ben fornita raccolta di sottoprogrammi (*library of subroutines*)” (Dainelli 1955, § 1.8 p. 5).

All'INAC l'uso dei sottoprogrammi fu metodico. Un esempio è la curiosa distinzione fra le *subroutine* e quelle che chiamavano *ad-routine*. Le prime sono i sottoprogrammi classici – quelli che vengono chiamati, fanno le loro cose e poi l'esecuzione riprende dall'istruzione successiva alla chiamata. Una *ad-routine* (dove “ad” sta per adiacente) invece, quando termina chiama un altro sottoprogramma dimenticandosi del chiamante. Per evitare il ritorno e un'altra chiamata (istruzioni che occuperebbero preziosissima memoria) è più conveniente concatenare direttamente i sottoprogrammi copiandoli e incollandoli come nastri perforati⁵⁹.

Sempre come metodi di ingegneria del software *ante litteram*, sono interessanti le pagine del manuale che propongono l'uso dei diagrammi di flusso come “descrizione grafica del processo di calcolo” (Dainelli 1955, § 16.3.2 p. 58) e sottolineano la necessità di prove dedicate per verificare la correttezza dei programmi (Dainelli 1955, §§ 16.5 e 16.5.1 pp. 61-62).

Anche l'hardware della FINAC fu modificato in casa pensando a migliorare la programmabilità della macchina. Il primo numero del Notiziario FINAC⁶⁰, la newsletter edita per diffondere informazioni sull'uso della macchina e sulla disponibilità di programmi, è dedicato all'annuncio dell'ordine H. L'istruzione H (01110, cioè 14) era una delle due istruzioni che Dainelli chiama “folli” o “matte”⁶¹; sono le istruzioni che non fanno niente e che oggi si chiamano “nop” (per no operation). La modifica la fece diventare un salto su una condizione di overflow nell'esecuzione di una delle istruzioni aritmetiche, quindi un'istruzione utile a gestire a runtime eccezioni tipiche del calcolo numerico facilitando programmazione e verifica dei programmi.

58. È il ciclo infinito: chiamato così perché la macchina è bloccata, ma in effetti non è ferma. Vedi (Dainelli 1955) § 17.5, p. 68.

59. Vedi (Dainelli 1955) § 28 pp. 112-115. I risultati più importanti nell'identificare i primi concetti di programmazione strutturata sono riconosciuti al gruppo di Wilkes che a Cambridge (UK) aveva realizzato l'EDSAC, ma concetti e metodi si diffusero subito ed erano già presenti anche nei manuali Ferranti.

60. *Notiziario FINAC*, numeri da 1 a 20, 5 novembre 1957-10 settembre 1963, Archivio IAC-CNR.

61. Nei manuali Ferranti sono chiamate “dummy” che significa finto. Le traduzioni letterali, “folle” e “matta” possono sembrare un po' strane ma una possibile spiegazione è rintracciabile nel doppio senso dei termini: eseguendo un'operazione che non fa nulla il calcolatore è come fosse in folle e, non facendo niente, è una istruzione che può stare ovunque, come la matta nei giochi di carte.

Applicazioni non numeriche, da INTINT alla musica

I sottoprogrammi documentati nei numeri del Notiziario sono applicazioni legate alle attività istituzionali dell'INAC relative a ricerca e servizi di calcolo. Includono di tutto e sono una bella testimonianza di programmazione anni Cinquanta: conversioni da decimale a binario o sessagesimale, utilità per la lettura e la stampa di dati, operazioni in virgola mobile, funzioni trigonometriche, esponenziali, radici di polinomi, calcolo su vettori e matrici, soluzioni di sistemi, interpolazioni, integrazioni eccetera.

Fra i risultati più interessanti c'è INTINT⁶², frutto di una collaborazione fra Corrado Böhm e Dietrich Prinz. Böhm, come abbiamo già visto, si era occupato di cose simili fin dal dottorato. Prinz, a Manchester, aveva contribuito alla realizzazione dell'interprete *Autocode* realizzato nel 1952 da Alick Glennie e sviluppato, successivamente, da Ralph A. Brooker⁶³.

INTINT era un interprete e un integratore. Un integratore in quanto progettato principalmente per la risoluzione di equazioni differenziali tramite integrazione, mentre come interprete testimoniava che anche all'INAC si stava portando la programmazione a un livello più vicino al linguaggio dell'uomo lasciando al calcolatore stesso l'incombenza di tradurlo nel proprio linguaggio macchina.

Un altro capitolo di rilievo riguarda la ricerca operativa⁶⁴, una disciplina applicativa con notevoli ricadute pratiche per la gestione aziendale che Picone considerava una delle aree di servizio dove l'INAC poteva essere utile a tutti i settori industriali.

In uno scambio epistolare dell'ottobre-novembre 1955, Picone raccomanda al rappresentante della Ferranti in Italia, Ignazio Mottola, di usare i suoi contatti per promuovere i servizi di calcolo dell'INAC per la ricerca operativa. Per la Ferranti sarebbe stata anche un'opportunità per sottolineare le prestazioni delle proprie macchine facendo un po' di pubblicità comparativa con gli analoghi servizi che il Politecnico di Milano offriva in collaborazione con la Bocconi⁶⁵.

Come altro campo applicativo e ambito di collaborazione fra due progetti italiani, è interessante il programma di simulazione della II CEP realizzato da Böhm insieme a Leandro Alfieri e Lucia Barsanti Calamia. Per il progetto pisano il simulatore sarebbe stato estremamente utile per iniziare a scrivere e verificare il software di sistema prima di completare l'hardware. Il simulatore arrivò in ritardo per questo obiettivo, ma fu, comunque, utile in diverse occasioni, per esempio, i Laboratori di Ricerca Nucleare di

62. Di INTINT si può seguire lo sviluppo in diversi numeri del Notiziario: il n. 2 del 14 febbraio 1958, il n. 4 del 10 dicembre 1958, il n. 8 del 30 novembre 1959, il n. 13 del 9 maggio 1962. Un manuale, pubblicato anonimo, ma attribuibile a Böhm, fu stampato nel 1958 “INTINT programmazione indiretta per calcolatrici elettroniche”. Manuali per le Applicazioni Tecniche del Calcolo, Vol. 3, Cremonese, Roma.

63. Per Autocode si rimanda a: Brooker, Ralph Anthony (Tony). 1958. “The Autocode Programs developed for the Manchester University Computers.” *The Computer Journal* 1 (1): 15-21.

64. Sono dedicati alle applicazioni di ricerca operativa il Notiziario n. 7 del 27 luglio 1959 e il n. 11 del 25 luglio 1960 con un'implementazione del metodo del simplesso riportata in un supplemento dedicato.

65. Nella lettera di Picone a Mottola del 7 novembre 1955 c'è un confronto diretto sulla dimensione dei problemi di programmazione lineare affrontabili con il CRC 102A e con il Ferranti Mk1*: 25 parametri contro 100.

Ispra⁶⁶ lo usarono per mettere a punto i loro programmi sfruttando la collaborazione dell'INAC e risparmiando tempo macchina sulla II CEP.

Sulla FINAC fu programmato anche un simulatore di una Macchina di Turing (Notiziario n. 18 del 6 marzo 1963). Realizzato da Corrado Böhm, Giuseppe Jacopini e Andreina Morelli, testimonia come la FINAC fosse legata a più fili con la nascente informatica italiana anche per quel che riguardava la teoria di base. Jacopini e Böhm, qualche anno più tardi enunceranno il loro famoso teorema⁶⁷ sui costrutti minimi dei linguaggi di programmazione.

La quantità di applicazioni di ricerca e di servizio all'industria testimoniate dalla documentazione dei programmi della FINAC è impressionante. Sappiamo, però, che sulla FINAC si programmò anche con uno spirito diverso, che coniugava interessi più ampi, mischiando risultati scientifici, soluzioni tecnologiche e divertimenti intellettuali.

Giocare a scacchi è sempre stata un'attività considerata intelligente – o perlomeno rappresentativa di un certo tipo di intelligenza – e da sempre gli informatici si sono cimentati nel costruire calcolatori o nello scrivere programmi dedicati agli scacchi. Turing e Champernowne nel 1948 scrissero un programma che giocava a scacchi prima ancora di avere un calcolatore capace di farlo girare. A Manchester, Prinz scrisse un programma per risolvere problemi di “matto in due mosse” e Prinz lavorò anche a Roma sulla FINAC⁶⁸. Non sappiamo quanto spesso la FINAC fu usata per giocare a scacchi, ma è certo che il gioco servì ad attirare l'attenzione del pubblico italiano come nel caso del titolo a sei colonne che su Il Messaggero annunciava l'arrivo della FINAC a Roma (Fig. 7).

La musica è un altro tipo di divertimento intellettuale e presto un po' tutti, in un modo o nell'altro, fecero suonare i calcolatori. Famosi sono gli esperimenti del 1950 sullo CSIRAC australiano⁶⁹. Anche sui Ferranti non mancarono gli esperimenti musicali. Sempre Prinz, insieme a David Caplin che lavorava sul Ferranti della Shell di Amsterdam, scrisse un'implementazione del Musikalisches Würfelspiel di Mozart, un gioco di composizione secondo regole governate dai dadi⁷⁰.

66. Il Centro di Ispra (in provincia di Varese, citato nel notiziario come “Sipra”) era parte di Euratom che, attraverso il Comitato Nazionale Energia Nucleare, fu fra i finanziatori più importanti nelle ultime fasi del progetto CEP.

67. Il teorema afferma che ogni Macchina di Turing è riconducibile a un programma scritto in un linguaggio che ammette come regole solo la composizione e l'iterazione. Böhm, Corrado, e Giuseppe Jacopini. 1966. “Flow Diagrams, Turing Machines and Languages with Only Two Formation Rules.” *Communications of the ACM*, 9 (5): 366-371.

68. Prinz era a Roma alla fine del 1955 lavorando soprattutto alla soluzione di problemi di programmazione lineare; vedi lettere fra Prinz, Caplin, Brown, Swann e Robertson fra l'11 ottobre e il 21 dicembre 1955.

69. Beard, Maston, e Trevor Pearcey. 1984. “The Genesis of an Early Stored-Program Computer: CSIRAC.” *IEEE Annals of the History of Computing*, 6 (2): 106-115.

70. Ariza, Christopher. 2011. “Two Pioneering Projects from the Early History of Computer-Aided Algorithmic Composition.” *Computer Music Journal* 35.3 (2011): 40-56.

Oltre alla composizione di spartiti, i Ferranti si prestavano a giocare anche con la generazione digitale del suono⁷¹. I Ferranti avevano un altoparlante che poteva essere pilotato da programma. A Manchester, alla fine del 1951, Christopher Strachey aveva programmato, eseguito e registrato per la BBC alcuni pezzi: dall'obbligatorio *God Save the King*⁷² al più vivace *In the Mood*. Sulla FINAC non furono da meno, per la cerimonia inaugurale prepararono un programma per suonare la *Marcia trionfale* dell'*Aida*. Ma forse più rappresentativo dello spirito dei protoinformatici romani è il “lato B” del nastrino perforato della Marcia: *Phil the Fluter's Ball* (Fig. 9). Al pari dei colleghi di Manchester con il pezzo di Glenn Miller, ottemperati i doveri istituzionali, si divertirono con un brano tradizionale irlandese che nel 1955 era uscito in una versione interpretata da Ruby Murray, cantante assai popolare e in vetta alle classifiche.

Conclusioni

La FINAC rimase in uso fino al giugno del 1966. L'elenco delle collaborazioni è lunghissimo e annovera molti centri di ricerca e aziende, fra cui il CERN, la FIAT-Aviazione, la Ferrobeton, la Olivetti-Bull, le Acciaierie di Terni, la Microlambda, e persino la Universal Films.

Come ricordato in (Ercoli 1963) l'INAC dava la precedenza a ricerche impegnative che richiedevano uno studio preliminare modellistico, matematico e algoritmico.

Gli utenti che richiedevano applicazioni o servizi di calcolo semplici affittavano tempo macchina e talvolta erano reindirizzati ad altri centri. Fra le poche eccezioni a questa prassi ci fu la risoluzione di un sistema lineare 10x10 richiesta dalla Banca d'Italia per le proprie ricerche economiche. L'INAC fatturò per questo servizio 20 000 lire, come risulta dal documento conservato nell'Archivio CNR-IAC, busta 1.C.229, equivalenti a circa 345 euro del 2024.

I lavori per la progettazione di dighe furono numerosi e importanti. Fra i tanti anche quello per la tristemente nota diga del Vajont realizzata dalla Società Adriatica Elettricità (SADE). Si trattava di un lavoro colossale per un calcolatore dell'epoca: bisognava risolvere un sistema di 207 equazioni lineari algebriche. Del lavoro vennero incaricati Aparo e Böhm che adottarono un metodo di partizionamento a blocchi e sfruttarono il sistema di programmazione INTINT. I risultati contribuirono al miglioramento della stabilità della diga e Böhm ricevette un premio dalla SADE. Come è stato appurato, il disastro non fu causato da un cedimento della diga, ma da una frana che riempì il lago artificiale provocando lo straripamento.

71. Nella prima edizione del manuale del Ferranti, vedi (Turing 1951) § 9.2, c'è un esempio per pilotare l'altoparlante alla frequenza che suona un Do centrale.

72. Nel 1951 era ancora sul trono Giorgio V, Elisabetta II gli succederà nel 1952.

Negli ultimi anni, dal 1966 al 1968⁷³, la FINAC fu affiancata da un altro calcolatore, questa volta non acquistato ma progettato e costruito insieme all'Olivetti. L'idea di fare un calcolatore insieme a Olivetti non era mai stata abbandonata, infine, nel 1960 era partito il progetto per un prototipo studiato in collaborazione con l'INAC che avrebbe dovuto dare origine a una nuova serie di prodotti Olivetti per applicazioni scientifiche. Le complesse vicende dell'azienda di Ivrea nei primi anni Sessanta rallentarono lo sviluppo; il calcolatore fu consegnato a gennaio 1966 e denominato CINAC, il Calcolatore dell'INAC (Ercoli 1991) per l'Olivetti, che nel frattempo era diventata Olivetti General Electric, la denominazione finale fu Elea 9104.

Esteriormente era simile ad altri progetti Olivetti come l'Elea 4001, ma era una macchina diversa, basata su un'architettura a *stack* con indirizzamento relativo delle istruzioni. Arrivò privo di sistema operativo e di compilatori per linguaggi di alto livello, si decise quindi di usarlo come seconda FINAC, così da sfruttare la quantità di programmi e librerie già disponibili. Sul CINAC fu sviluppato un emulatore software e per replicare in tutto e per tutto il funzionamento della FINAC, la macchina fu collegata a una consolle che replicava fedelmente quella del Ferranti, incluso un visore delle memorie a tubi Williams, emulate, ovviamente.

La FINAC ha contribuito a formare persone che poi hanno portato il loro contributo fuori dell'INAC, si pensi per esempio alla scuola di ricerca operativa fondata da Aparo, o alla carriera di Sacerdoti in Olivetti. L'INAC, dal 1969, è Istituto per le Applicazioni del Calcolo "Mauro Picone", un caso raro di dedica a uno scienziato vivente.

Ringraziamenti

Allo storico Maurizio Mattaliano, che si è sempre occupato della documentazione e degli archivi dell'INAC e ci ha fornito materiale e consigli. Al personale dell'Archivio Centrale dello Stato per la cortesia e pazienza.

73. È del 3 aprile 1968 la decisione del Consiglio Direttivo del CNR di smantellare la FINAC, ACS, fondo CNR-INAC, busta 2, fasc. 17.

BIBLIOGRAFIA

Tutti i documenti riferiti nelle note di cui non viene citata esplicitamente la fonte provengono dagli archivi dell'Istituto per le Applicazioni del Calcolo "Mauro Picone" del CNR e sono pubblicati, trascritti e in ordine di data, nel volume (Guerraggio et al. 2010). I documenti che provengono dalla sezione INAC dell'archivio della sede centrale del CNR attualmente presso l'Archivio Centrale dello Stato, sono citati con la dizione abbreviata ACS, Fondo CNR-INAC.

- Boni, Alessandro. 1952. "Studi sul calcolo meccanico compiuti presso l'Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo." *La Ricerca Scientifica*, 22 (1952), pp. 429-433. Roma: Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- Dainelli, Dino. 1955. "Corso introduttivo all'uso della calcolatrice elettronica FINAC." Roma: Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo.
- Ercoli, Paolo. 1963. "Otto anni di attività del calcolatore dell'INAC." *Atti del Congresso AICA sull'Organizzazione dei Centri di Calcolo Automatico*, Bologna, 19-22 maggio.
- Ercoli, Paolo. 1991. "From FINAC to CINAC." *Atti del Convegno Internazionale sulla Storia e Preistoria del Calcolo Automatico e dell'Informatica*, Siena 10-12 settembre.
- Guerraggio, Angelo, Maurizio Mattaliano, e Pietro Nastasi, cur. 2008. "L'IAC e l'affaire UNESCO: i documenti." *PRISTEM-Storia* N. 21/22, Centro PRISTEM - Università Bocconi, Milano.
- Guerraggio, Angelo, Maurizio Mattaliano, e Pietro Nastasi, cur. 2010. "La 'lunga marcia' di Mauro Picone (1885-1977)." *Quaderni PRISTEM*, vol. 15, Centro PRISTEM - Università Bocconi, Milano.
- Lavington, Simon H. 2019. *Early Computing in Britain: Ferranti Ltd. and Government Funding, 1948-1958*. Cham: Springer.
- Picone, Mauro. 1934. "L'insegnamento del calcolo numerico nelle scuole superiori." *La Scuola Superiore*, vol. 1, n. 10, pag. 529-532, Roma.
- Turing, Alan M. 1951. *Programmers' Handbook for Manchester Electronic Computer Mark II*, 1st Edition, University of Manchester.

SITOGRAFIA

- ISTAT. <https://www.istat.it/>
- Ovest Film. Senza data. L'Officina dei calcoli. Oggi e Domani. N. 34. Minuti 4:50-8:15. <https://www.youtube.com/watch?v=vZzi2gyX4jA&t=281s>

<https://doi.org/10.36173/SII-parteprima-vol1-03>

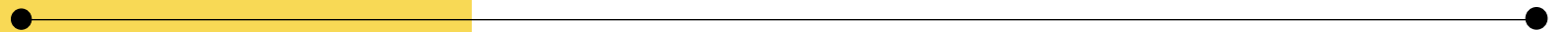


Esordi

4

Roberto Dadda

La CRC 102A
del Politecnico di Milano



La ricostruzione del Paese e le esigenze di calcolo sempre crescenti

Il Regio Istituto Tecnico Superiore, oggi Politecnico, nasce a Milano nel 1863 su iniziativa della Società di incoraggiamento di arti e mestieri con la precisa intenzione di preparare i tecnici che l'industria lombarda, in grande evoluzione, faceva fatica a trovare in chi frequentava i corsi di laurea allora proposti.

Fin dall'inizio, dunque, l'attenzione, sia come preparazione dei laureati che come attività di ricerca, fu rivolta alla soddisfazione di esigenze industriali.

Nel 1940, in piena guerra mondiale, Ercole Bottani, docente di ingegneria elettrica fermamente convinto della necessità di rendere sempre più scientifico l'approccio all'ingegneria, iniziò a occuparsi di reti elettriche per il calcolo automatico per la risoluzione di sistemi matematici complessi: fu l'inizio dell'attività che porterà allo sviluppo di tecnologie informatiche.

Sempre su iniziativa di Bottani, nel 1945, alla fine della guerra, venne fondato un centro di studio sui modelli elettrici che divenne sempre più prezioso nel periodo delle intensissime attività di progettazione legate alla ricostruzione del nostro Paese. Vale la pena ricordare che Bottani fu Alto Commissario per l'energia elettrica per l'Italia settentrionale.

Lontani, ancora, da un approccio numerico al calcolo, venne percorsa la strada analogica e si cominciò a lavorare intensamente optando per l'utilizzo delle vasche elettrolitiche per la risoluzione dei sistemi matematici che descrivono una realtà fisica retti dall'equazione di Laplace, i cosiddetti campi armonici.

Fu incaricato il neolaureato assistente Luigi Dadda che realizzò le vasche elettrolitiche lavorando alla soluzione di problemi diversi e attivando un'intensa collaborazione con altre università, compresa quella di Grenoble e con alcune delle realtà industriali lombarde.

Significativo il contributo del Politecnico alla progettazione del primo elettrosincrotrone italiano con i calcoli legati alla stabilità delle traiettorie dove si richiedeva che la derivata seconda del potenziale magnetico non superasse valori assegnati effettuati utilizzando, nei primi anni Cinquanta, il metodo analogico della vasca elettrolitica – visto che all'epoca in Italia non erano disponibili calcolatori numerici. Si tratta con ogni probabilità di uno degli usi più avanzati del calcolo analogico mediante vasca elettrolitica mai portato a termine.

Sempre al Politecnico e sempre con l'uso di vasche elettrolitiche, vennero implementati sistemi per realizzare i metodi "fotogrammetrici" studiati presso l'Istituto di topografia e fotogrammetria diretto da Gino Cassinis, che fu sindaco di Milano e rettore del Politecnico e che, come vedremo, fu importante artefice della richiesta e dell'ottenimento di un calcolatore elettronico. Si trattava dei complessi calcoli necessari per ricavare le carte topografiche dalle fotografie aeree.

Un caso particolare fu quello della progettazione dei passanti per cavi a corrente continua ad altissima tensione per la Pirelli (sono di quel periodo i brevetti che la società depositò relativamente ai cavi a olio fluido ancora oggi universalmente utilizzati). La natura del problema rendeva però l'approccio con l'uso delle vasche elettrolitiche non particolarmente promettente: si tratta di campi a simmetria assiale che male si prestano alla costruzione di modelli elettrolitici a causa della disuniformità dovuta all'uso di diversi materiali dielettrici.

Ci si rivolse, dunque, all'approccio analogico al calcolo utilizzando reti elettriche rette da sistemi di equazioni lineari – molto promettente sia per la relativa facilità di realizzazione, sia per la grande precisione con la quale si possono effettuare le regolazioni e le misure – ma, ben presto ci si rese conto dei limiti dovuti al fatto che i sistemi di equazioni di una rete elettrica non sono sistemi generali e, pertanto, non era sempre possibile risolvere un problema specifico.

L'approccio fu, comunque, efficace e vennero fatti, per esempio, grandi passi avanti introducendo l'utilizzo di diodi per elevare al quadrato; tuttavia, la soluzione analogica non aveva un carattere generale.

Spesso le soluzioni per via numerica venivano ottenute utilizzando batterie di numerosi operatori umani (da qui nacque il termine computer, nel senso di persona che fa i calcoli) che risolvevano le equazioni con macchine meccaniche e metodi per approssimazione successiva – per esempio il rilasciamento – estremamente laboriosi, con una conseguente alta facilità di errore e che spesso richiedevano tempi di calcolo talmente lunghi da essere praticamente inutilizzabili.

Quando lo studio degli articoli provenienti da oltreoceano sulle nuove macchine programmabili mostrò come queste avrebbero potuto rappresentare una soluzione molto più semplice e completa ai problemi legati al calcolo numerico, l'evoluzione di sistemi analogici fu interrotta e si cominciò a guardare in quella direzione.

Negli USA si era giunti al momento in cui macchine, prima realizzate in ambito militare e utilizzate esclusivamente per usi militari, cominciarono ad affacciarsi al mondo civile.

Il clima era molto favorevole anche perché l'idea del calcolo automatico stava uscendo dal mondo universitario e si stava diffondendo tra la gente comune. Si iniziava a parlare di cibernetica.

E venne il piano Marshall, ERP European Recovery Program

Il Segretario di Stato statunitense George Marshall, nel suo discorso all'Università di Harvard del 5 giugno 1947, annunciò un piano per aiutare l'Europa nella ricostruzione delle economie dei vari paesi messe gravemente in difficoltà dalla guerra che era da poco terminata.

Quasi 13 miliardi di dollari furono stanziati sotto forma di prestiti, sussidi e donazioni e furono utilizzati per finanziare la ricostruzione delle infrastrutture, la modernizzazione dell'industria e l'assistenza sociale.

Il piano non prevedeva aiuti alle università, ma Gino Cassinis rettore del Politecnico di Milano decise, comunque, di richiedere un sistema di calcolo affermando che sarebbe stato, come in realtà poi avvenne, utilizzato fin da subito per aiutare l'industria nelle attività legate alla ricostruzione.

Qualche anno dopo, Cassinis disse:

Nonostante considerassimo l'estrema difficoltà di raggiungere l'intento, abbiamo chiesto che ci venisse data, oltre agli altri strumenti, anche una calcolatrice elettronica. Devo dire che quando io ho avuto la sfacciataggine di fare questa richiesta ritenevo che la probabilità di rag-

Six facts every engineer and scientist should know about the new

CRC 102-A

Electronic Digital General-Purpose Computer



- 1. LOW INITIAL COST**—The CRC 102-A is one of the lowest priced, large scale, digital electronic computers now available commercially. It may be purchased, rented, or leased with an option to buy. Performance guarantees are given as part of every lease contract.
- 2. FAST AVAILABILITY**—Applying production-line techniques to the construction of the CRC 102-A has resulted in the shortest delivery time of any fully electronic, digital, general-purpose computer. Production schedules call for completion of one CRC 102-A every eight working days.
- 3. WIDE CHOICE OF INPUT-OUTPUT DEVICES**—Data in either octal or decimal form may be entered into the CRC 102-A manually from a typewriter, automatically or semi-automatically from punched paper tape, and automatically from IBM cards or from computer-controlled magnetic-tape units.
The computer will print output data automatically on its typewriter in octal, decimal, or alphabetic form, perforate paper tape in octal or decimal form for reproducing hard copy or for re-entering data into the computer at some later time, punch octal or decimal data on IBM cards for use with punched card equipment, or record data on magnetic tape for later use.
- 4. HIGH RELIABILITY**—The unique circuit design and relatively small number of vacuum tubes and other critical components in the CRC 102-A result in less down time due to machine failure. Complete plug-in circuitry and easily adjusted mechanical components speed up preventive maintenance checks. Each machine undergoes extensive shakedown tests and is operated under actual customer conditions in CRC's Computing Center before delivery to further assure high reliability.
- 5. EASY PROGRAMMING**—Addition of "programmer" commands, a test switch for program debugging, faster speeds, greater flexibility, and the wide selection of input-output equipment has greatly simplified programming procedures and increased the computer's capabilities.
- 6. ADDITIONAL SERVICES ARE NOW AVAILABLE**—Programming sub-routines, application studies, and training courses on computer operation, are now available from CRC's Applications Division.
Facilities of the new Computing Center enable potential computer users to evaluate the CRC 102-A for their specific applications.
Trained service personnel are now available in most areas to assure proper maintenance of all CRC computers.

For complete, detailed information on the new CRC 102-A write to the Director of Applications.

TYPICAL APPLICATIONS

Data Reduction • Correlation and Statistical Analysis • Differential Equation Solutions • Orbital Computations • Psychological Survey Studies • Molecular Structure Problems • Crystalline Structure Problems • Simulation Problems • Electrical Network Problems • Matrix Multiplication and Inversion • Oil Reservoir Problems.

Information is also available on the CRC 105 Decimal Digital Differential Analyzer and the CRC 107 Data Processing Computer.

FIRST IN ELECTRONIC COMPUTATION



Computer Research CORPORATION

3348 WEST EL SEGUNDO BLVD., HAWTHORNE, CALIFORNIA

51

Fig. 1 Pubblicità della CRC, 1953.

giungere il risultato fossero nulle o quasi nulle... Devo dire che successivamente attraverso l'interessamento del Ministero della pubblica istruzione l'ARAR (Azienda Rilievo Alienazione Residuati), incaricata nell'immediato dopoguerra della gestione dei residui bellici dal quale il Politecnico aveva ricevuto importanti apparecchiature, comprese l'importanza della richiesta, gli uffici preposti negli Stati Uniti, dopo alcuni scambi di idee al riguardo, si sono immediatamente dichiarati favorevoli.

Una volta avuta la conferma della possibilità di un finanziamento si pose il problema – non banale come sembrerebbe oggi – di scegliere il tipo di macchina verso la quale orientarsi.

Ci si poteva rivolgere verso un calcolatore *general purpose* cioè a programma registrato in memoria insieme ai dati, ma in alternativa si aveva la notizia di calcolatori specializzati alla soluzione di classi di problemi, in particolare quelli dei sistemi di equazioni differenziali Digital Differential Analyzer (DDA). Queste macchine specializzate erano state realizzate negli USA per i complessi calcoli legati alla realizzazione di aeromobili supersonici e missili: si perdeva in generalità, ma si guadagnava in efficacia ed efficienza nella soluzione dello specifico problema.

Il Politecnico optò per la generalità con una scelta che si rivelerà, in seguito, molto corretta e venne identificata una macchina a costo contenuto e architettura e potenza giudicate interessanti, prodotta da una piccola società californiana spinoff della Northrop Aircraft di Los Angeles.

Sulla scelta pesò molto, ovviamente, l'ammontare del finanziamento; si trattava di 130 000 dollari equivalenti oggi a circa un milione e quattrocentomila euro.

CRC 102A

La macchina scelta era prodotta dalla CRC Computer Research Corporation fondata a Hawthorne (appena a sud di Inglewood, l'aeroporto di Los Angeles) nel luglio del 1950 e acquisita nel febbraio del 1953 dal National Cash Register (NCR) allo scopo di entrare nel mercato del calcolo automatico.

La macchina era stata concepita con l'adozione di una memoria a tamburo magnetico che comportava costi molto inferiori rispetto alle memorie a tubi di Williams o a linee di ritardo a mercurio; tecnologie queste molto più veloci, ma allo stesso tempo anche molto più costose.

Nel 1954 vennero prodotti 20 esemplari della 102A; uno fu quello destinato al Politecnico di Milano.

A quei tempi, intorno a macchine simili era prevista la presenza di due figure professionali: un ingegnere per il funzionamento e la manutenzione e un matematico per la programmazione. Il Politecnico non aveva fondi per mandare in California due persone e Luigi Dadda si offrì di partire coprendo entrambi i ruoli.

Il modello di macchina aveva un'architettura generale ma ogni esemplare era adattato e costruito in base alle specifiche esigenze e preferenze del cliente. Dadda partecipò non solo alla definizione, ma anche alla costruzione perché non era allora prevista nessuna



Fig. 2 Uno dei seimila diodi al germanio (Archivio Luigi Dadda, 1954).

forma di assistenza in Europa. Una volta caricata la macchina su una nave al porto di Long Beach ogni responsabilità veniva meno e il Politecnico si sarebbe dovuto arrangiare!

Era dunque vitale che qualcuno a Milano la conoscesse alla perfezione e fosse in grado di metterci mano per ogni evenienza.

La macchina era scomponibile e, in un primo momento, si pensò a un trasporto aereo, ma i costi si rivelarono proibitivi e di conseguenza si optò per una nave Liberty, le navi spartane semplici e veloci da costruire utilizzate durante la guerra per approvvigionare il fronte europeo, in partenza da Long Beach, carica di balle di cotone.

La natura del carico fu provvidenziale perché un potenziale grave problema erano le vibrazioni che avrebbero potuto molto facilmente danneggiare qualcuna tra le seicentocinquanta valvole termoioniche. Con non poco stupore da parte del comandante, venne richiesto di estrarre le balle più centrali e di seppellire tra le balle di cotone la macchina che così, protetta dalle vibrazioni dei motori della nave, giunse a destinazione senza alcun danno. La macchina arrivò a Genova il giorno 11 ottobre 1954. Difficoltoso fu lo sdoganamento, per un paio di ragioni.

Da un lato, non esisteva nelle liste doganali una categoria alla quale la macchina potesse appartenere. Dapprima si propose la categoria “macchina a schede perforate” che non risultò appropriata perché la macchina non usava schede ma solo una telescrivente con nastro di carta perforato, alla fine si optò per un generico “apparato elettrico”.

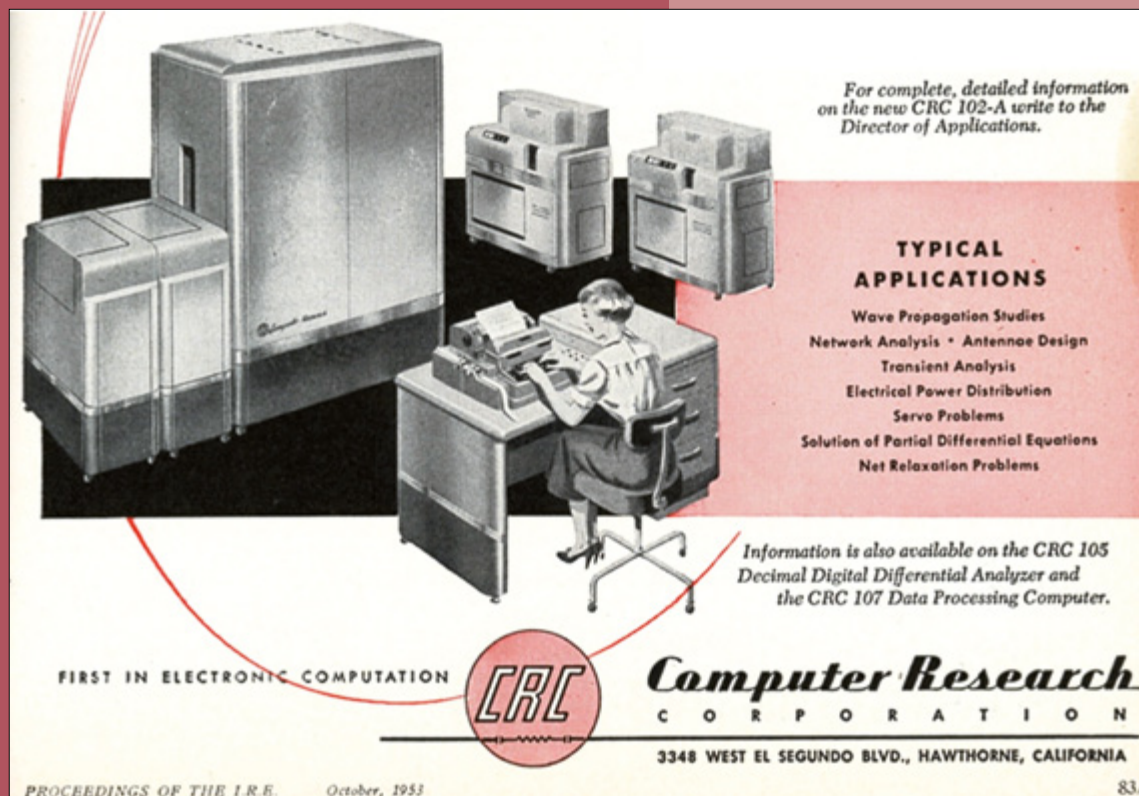
Si presentò poi il problema dell'apposizione dei francobolli che attestavano il pagamento della tassa radio, il modo che era usato allora per pagare il canone delle radioaudizioni. Si trattava di una tassa imposta agli elementi attivi degli apparati radiofonici: togliere seicentocinquanta valvole, applicare il grande francobollo (qualche cosa di simile a quello che oggi vediamo sul tappo delle bottiglie di liquori) e rimettere ogni valvola al suo posto, oltre che essere molto oneroso in termini di tempo, avrebbe comportato inevitabili malfunzionamenti.

La cosa era resa più complessa dal fatto che nella macchina c'erano anche seimila diodi al germanio e, correttamente, i diodi venivano dai finanziari considerati valvole. Si cercò di percorrere la strada di definirli, come usato allora da molti elettrotecnici, “resistori anomali”, ma non funzionò; per la finanza erano valvole e come tali dovevano avere il bollo tassa radio applicato. Qui il problema era ancora più grave perché le dimensioni del diodo erano molto inferiori a quelle del francobollo di attestazione del pagamento.

Il fatto poi che la natura della transazione prevedesse che il Politecnico non dovesse nei fatti pagare quella tassa rendeva l'esigenza di apporre il francobollo ancora più surreale, ma si sa, di fronte alla burocrazia...

Il problema fu risolto consegnando a Dadda alcuni pacchi di francobolli e facendogli firmare l'impegno ad apporli non appena la macchina fosse arrivata a Milano, cosa che ovviamente lui si guardò bene dal fare!

A Milano la macchina venne installata nel sottoscala dell'aula 2 SUD dove era stato approntato il convertitore rotante per ottenere l'alimentazione alla tensione e alla frequenza necessarie al suo funzionamento, nonché un sistema di ventilazione forzata per estrarre la grande quantità di calore prodotta.



Caratteristiche del CRC 102A del Politecnico

Categoria: calcolatrice numerica universale a programma elettronica a valvole con uso anche di diodi al germanio.

Costruttore: CRC Computer Research Corporation, Hawthorne, California, società istituita dalla compagnia di aviazione Northrop Aircraft Corporation per progettare e costruire macchine per uso militare e scientifico e acquistata appena prima della costruzione della macchina da NCR.

Paese e anno di produzione: USA, 1954.

Dimensione in pianta della sola macchina: circa 5 metri quadrati.

Potenza elettrica richiesta: 20 kW ottenuti a 110 V e 60 Hz grazie a un convertitore rotante. Valvole termoioniche: 650 di base alle quali se ne aggiunsero in un secondo tempo 70 per il calcolo in virgola mobile.

Diodi al germanio: 6000 di base ai quali se ne aggiunsero 1000 per il calcolo a virgola mobile. I tubi a vuoto erano usati solo per i flip-flop e per gli amplificatori usati come negatori mentre il resto della logica era realizzato con reti "And-Or" con diodi al germanio, gli unici disponibili all'epoca, con grande vantaggio rispetto ai tubi termoionici non solo di ingombro, ma anche di riduzione dei consumi.

Memoria: 1024 parole da 42 bit su tamburo magnetico e una piccola memoria veloce di 8 parole caricabile con un'istruzione. In un secondo tempo, riprogettando le testine, questo valore venne raddoppiato. I quattro registri seriali necessari all'unità aritmetica furono realizzati in una piccola parte soltanto (5 bit) a tubi e il resto sul tamburo magnetico con coppie di testine di scrittura-lettura.

Set di istruzioni: 25, una delle prime macchine con un utilizzo completo dell'algebra booleana. Le istruzioni erano a tre indirizzi (codice dell'istruzione, indirizzo del primo operando, del secondo operando, del risultato), eseguite in tempi di 10-15 millisecondi (settanta istruzioni al secondo, mediamente). L'adozione delle istruzioni a tre indirizzi facilitava non poco la programmazione rispetto alla soluzione a un indirizzo – molto diffusa all'epoca e anche in macchine successive – la contropartita era la necessità di realizzare circuiti logici significativamente più complessi.

Per la progettazione della complessa rete combinatoria fu adottata l'architettura a microprogrammazione, già nota ma non ancora sistematicamente adottata (come avvenne poi in importantissimi progetti, quali il sistema IBM360): questo rese molto più facile la modifica di istruzioni preesistenti e l'aggiunta di nuove istruzioni rendendo, inoltre, più agevole la ricerca dei guasti.

I numeri, binari, erano di 36 bit oltre il bit del segno.

Le principali istruzioni erano:

a) Comandi aritmetici (su numeri interi, o frazionari)

- somma
- sottrazione
- moltiplicazione arrotondata
- moltiplicazione completa (2 parole)
- divisione arrotondata
- divisione con resto (2 parole)

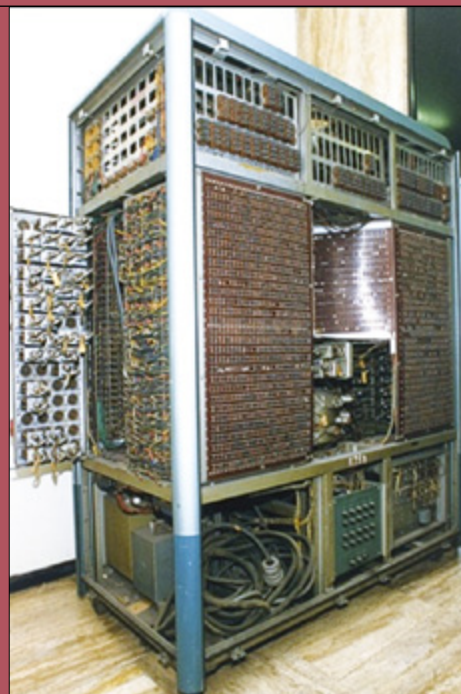


Fig. 3 Il CRC 102A presentato sulle riviste dell'epoca. (Immagine tratta dai Proceedings of the I.R.E., ottobre, 1953).

Fig. 4 La CRC del Politecnico.

Fig. 5 Le unità logiche a valvole termoioniche: il flip-flop con due tubi e il negatore.

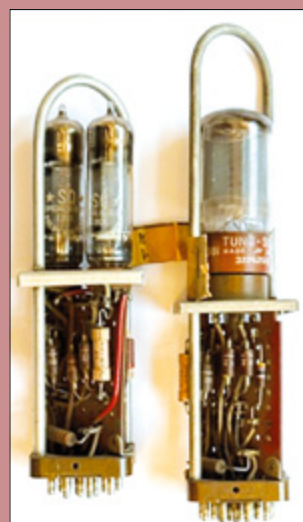




Fig. 6 Durante la costruzione, i contatti con il Politecnico a Milano avvenivano con scambi di telegrammi, in questo del 13 settembre 1954 la richiesta di una decisione sulla tensione di alimentazione (alla quale viene risposto di scegliere quella che il produttore riteneva più adatta) (Foto di proprietà del Politecnico di Milano, 1954).



Fig. 7 La consolle della macchina. Sulla sinistra la telescrivente Flexodwriter con nastro perforato per ingresso e uscita da dieci caratteri al secondo; sulla destra il pannello di controllo (Foto di proprietà del Politecnico di Milano, 1954 circa).

chiar.mo prof. Luigi Dadda
 c/o National Cash Reg. C.
 3343 W El Segundo Blvd.
 HAWTHORNE - California (U.S.A.)

Il Direttore prof. Gino Cassinis, mi ha passato la Sua lettera in data 6 settembre perché provvedessi all'invio di \$ 200.- necessari per l'acquisto di materiale sussidiario per la calcolatrice elettronica.

E' materialmente impossibile inviare la somma richiesta senza osservare certe norme per il rilascio della licenza d'importazione.

Non la consiglio inviare o portare con sé detto materiale in quanto alla dogana italiana può essere sequestrato.

Per ottenere la licenza d'importazione da parte del Ministero del Commercio con l'Estero occorre che la Ditta esporti in invii n. 4 fatture pro-forma comprendendovi anche le spese di spedizione, con questo documento il Politecnico può inoltrare domanda al Ministero predetto per il rilascio della licenza per il valore indicato in fattura.

Questa pratica richiede circa un mese di tempo per essere perfezionata, dopodiché si può senz'altro provvedere al pagamento della merce. Questo è il meccanismo burocratico italiano, perciò Lei può passare l'ordinazione della merce alla Ditta, richiedendo nel medesimo tempo l'emissione delle fatture pro-forma, avvertendo la ditta che la spedizione potrà essere effettuata dietro nostro avviso appena in possesso del beneplacito ministeriale. La licenza d'importazione è valida per tre mesi dalla data del rilascio.

Mi è gradita l'occasione per porgerLe distinti ossequi

L'ECOMMO-CASSINIS
[Signature]

Fig. 8 L'amministrazione del Politecnico illustra i problemi burocratici incontrati per l'acquisto di parti di ricambio da importare insieme alla macchina. Dadda ricorda le difficoltà nello spiegare ai californiani cosa fosse una fattura pro-forma (1953, collezione privata dell'autore).

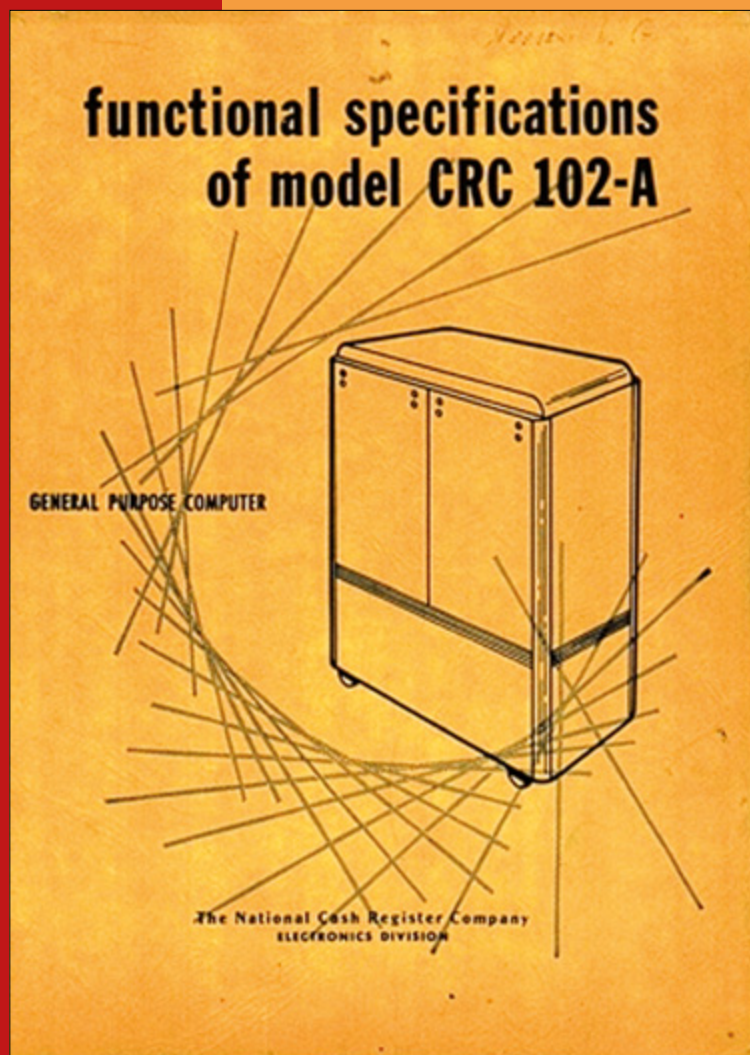


Fig. 9 Il manuale della macchina, 113 pagine in tutto (1954, collezione privata dell'autore).

- b) Comandi logici
 - confronto dei moduli di due numeri
 - confronto algebrico
 - normalizzazione di un numero
 - moltiplicazione per 2k
 - estrazione di una parte prefissata di parola
 - spostamento di una parola verso destra o verso sinistra
- c) Comandi ausiliari
 - stampa di una o più parole
 - scrittura (a blocchi) nella memoria a nastro magnetico
 - lettura dalla memoria a nastro magnetico, o di carta.

Per chi volesse sfogliare il manuale operativo il PDF è scaricabile via Mirroservice al link riportato nella nota¹.

Input/output: telescrivente Flexowriter con perforatore e lettore di banda cartacea. Architettura hardware: la macchina adottava un'originale disposizione fisica dei diodi e dei tubi. I primi erano sulla due fiancate disposti per righe e colonne opportunamente marcate. Inoltre, i singoli diodi non erano fissati con saldature (che avrebbero reso disagevole la loro rimozione e sostituzione), bensì con innesti elastici a scatto: un'apposita pinza di plastica permetteva la facile rimozione di ogni diodo rendendo più facile e relativamente rapida una verifica (con apposito strumento) anche di tutti i diodi.

Le valvole, invece, erano messe sulle due più piccole pareti della macchina, rivolte verso l'interno in modo da evitare che il calore generato potesse essere trasmesso ai diodi.

La cosa è ben evidente nelle fotografie riportate sul sito delle Collezioni del Politecnico di Milano dove si vede anche molto bene il centrale tamburo magnetico con le sue testine di lettura e scrittura².

Il Centro di calcoli numerici

Il Centro calcoli numerici fu immediatamente costituito sotto la presidenza del rettore Gino Cassinis; il matematico Luigi Amerio ne era direttore scientifico e Luigi Dadda direttore tecnico. Il consiglio direttivo era completato da Ercole Bottani, direttore dell'Istituto di elettrotecnica e Francesco Vechiacchi esperto di telecomunicazioni.

La prima preoccupazione fu quella di organizzarsi per mantenere in funzione un sistema costituito da un numero tanto grande di valvole termoioniche e diodi al germanio, elementi soggetti a frequenti guasti, infatti, il tempo medio di funzionamento tra un guasto e l'altro era di qualche ora e i calcoli particolarmente complessi potevano richiedere anche tutta la notte per essere eseguiti.

1. https://ftp.mirror-service.org/sites/www.bitsavers.org/pdf/ncr/ncr-102/Functional_Specificatons_of_Model_CRC_102-A_1954.pdf

2. <https://www.museovirtuale.polimi.it/crc-102-a-2/>

POLITECNICO DI MILANO
CENTRO DI CALCOLI NUMERICI

CALCOLATRICE ELETTRONICA CRC102A
Modello per Programma

N. _____ Pos. _____ Data: _____ Pag. _____
 Nostro N. _____ Pos. _____
 Titolo: *operazioni modulo P. (non nec. primo)*
 Compilatore: _____

INDIRIZZO	ISTR.	m ₁	m ₂	m ₃	NOTE
00	<i>riduzione</i>	$X \equiv 0$	mod P		
01	26	X	2007	2000	(01) $\frac{2007}{2000} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$
02	26	2000	2006	2000	(01) 2006 P
03	35	2000	2100	4	
04					
05	<i>addizione</i>	$X + 9 \equiv 2$	mod P		
06	35	X	9	2000	
07	34	2006	2000		2006 P
10	26	2000	2006	2000	
11	35	2000	2100	2	
12	<i>differenza</i>	$X - 9 \equiv 2$	mod P		
13	36	X	9	2000	
14	33	2000	2005		2005 - 1
15	35	2000	2006	2000	2006 P
16	35	2000	2100	2	
17	<i>prodotto</i>	$X \cdot 9 \equiv 2$	mod P		
20	26	X	9	2000	(01) $\frac{2007}{2000} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$
21	26	2000	2007	2000	(01) 2007 $\frac{1}{2} \frac{1}{2}$
22	26	2000	2006	2000	(01) 2006 P
23	35	2000	2100	2	
24					

Fig. 10 Un esempio di foglio di stesura dei programmi con i programmi per le operazioni in modulo p, in ogni riga venivano scritti a mano l'operatore e i tre operandi (1954, collezione privata dell'autore).

Per le elaborazioni più lunghe venivano spesso preferite le ore notturne perché la tensione della rete elettrica in quei momenti di basso consumo era più stabile, oggi può sembrare bizzarro, ma allora era così. Non era raro che i programmatori di estrazione elettronica dormissero su una brandina di fianco alla macchina per poterla riattivare senza perdere i risultati intermedi raggiunti.

La macchina era fornita con un programma realizzato dal produttore per la ricerca di guasti ma si trattava di un programma generale che non teneva in nessun conto la specifica architettura. A detta di Luigi Dadda nessun guasto fu mai individuato utilizzando quel programma.

Venne scritto subito un nuovo programma di test specifico per l'effettiva architettura che non solo fu molto utile per la individuazione dei guasti, ma che fu anche intensamente utilizzato per mettere a punto nuovi circuiti per l'implementazione di nuove istruzioni.

Ben presto, sia da parte di personale del Politecnico, sia da parte di impiegati delle industrie alle quali venne data la possibilità di usare il sistema, vennero realizzati programmi generali sempre più complessi. Ci si dedicò, per esempio, alla ricerca di radici di polinomi di grado elevato e all'integrazione di sistemi di equazioni differenziali con i metodi iterativi di Runge-Kutta – per citarne due – che trovarono subito ampie occasioni di utilizzo.

Ci si rese ben presto conto che il tipo di problemi che era necessario risolvere era piuttosto variegato. Edison richiedeva, come abbiamo detto, un'elaborazione piuttosto complessa e onerosa in termini di tempo di calcolo. ENI si presentò con la necessità di risolvere sistemi lineari di quattro equazioni per la taratura di strumenti di misura di grandezze chimiche; qui il tempo per la perforazione su nastro dei dati di ingresso era maggiore di quello di elaborazione e non sarebbe stato certo troppo difficile risolvere la cosa a mano, ma ogni mese, di quei sistemi, se ne dovevano risolvere alcune centinaia.

La Pirelli già nel dicembre 1954 ripropose il problema del calcolo dei campi elettrici assiali, già citato e difficile da risolvere con le vasche elettrolitiche, che veniva pertanto affrontato con metodi numerici e tecniche di rilassamento estremamente onerose. Il compito fu affidato a Emanuele Biondi che, insieme ai tecnici della Pirelli, lo risolse brillantemente. Il problema si esprimeva con un insieme di numerose equazioni lineari (fino a qualche migliaio) da risolvere con metodi ad approssimazioni successive. Occorreva anche accelerare la convergenza verso la soluzione con tecniche di forzamento atte a ridurre i tempi di calcolo. Tempi che potevano richiedere anche fino a otto ore di funzionamento continuo.

La Pirelli riuscì così a competere sul mercato internazionale con successo nel settore dei passanti per cavi ad altissima tensione. Nella pratica si passò dai parecchi giorni, qualche volta addirittura mesi, necessari per il calcolo da parte di operatori umani con macchine meccaniche a una manciata di ore e le probabilità di errore dovuto alla continua re-immissione di dati intermedi venne azzerata. Il calcolo di questi elementi molto ingombranti, anche alcuni metri, era strategico in quanto permetteva di ridurre non solo i costi di produzione, ma anche e soprattutto quelli di trasporto.

Non è possibile dare qui un completo resoconto di un'attività che diede pienamente ragione all'intuizione del rettore Gino Cassinis sul ruolo del calcolatore per l'industria.

I nomi che si leggono nell'elenco delle industrie che ricorsero al Centro di calcoli numerici del Politecnico di Milano nei primissimi anni di attività sono, oltre a quelli già citati: Macchi, Face-Standard, Montecatini, Magneti-Marelli, Siemens, Anic, Innocenti, CGE, La Rinascente, Franco Tosi, ecc. insieme a quelli di molti istituti universitari e di ricerca quali gli osservatori astronomici di Merate, di Brera, di Pino Torinese, l'Isma di Bergamo, l'Istituto dinamometrico di Torino e il CISE. Vi si trovano anche nomi quali Pietro Gennaro e Nino Andreatta per calcoli econometrici.

Allo stesso tempo, la macchina fu intensamente usata dai vari istituti del Politecnico per ricerche nei campi più svariati anche nell'ambito di collaborazioni con altre università italiane ed estere.

L'inaugurazione ufficiale del Centro di calcoli numerici del Politecnico di Milano fu celebrata il 31 ottobre del 1955; nella Fig. 17, si vede un invito stampato e distribuito per l'occasione.

```

0200 0000000000000000
0201 0000000000000000
0202 0000000000000000
0203 00004000000376
0204 0000000000000000
0205 0000000000000000
0206 0000000000000000
0207 0000000000000000
0208 0000000000000000
0209 0000000000000000
0210 00004000000377
0211 0000000000000000

```

blocco n. 000476
0000000000000000

S
B
A
G
L
I
A
T
O

```

00001000000000 00002377777401 00000000000000 00000000400000
0040 000000000000 0041 00000000000000
0042 000000000000 0043 00000000000000
0044 00000000000000 0045 00000000000000
0046 00000000000000 0047 00000000000000
0050 00000000000000 0051 00000000000000
0052 00000000000000 0053 00000000000000
0200 00000000000000 0201 00001000000000
0202 00000000000000 0203 00004000000000
0204 00000000000000 0205 00001377777400
0206 00001377777407 0207 00000000000000
0210 00000000000000 0211 00000000000000

```

blocco n. 000476

```

00000000000377 00002377777401 00000000000000 00000000400000
0040 000037777776000 0041 00000000000000
0042 3777760000000000 0043 00000000000000
0044 0000000000000000 0045 00000000000000
0046 377777777777777 0047 00000000000000
0050 377777777777777 0051 00000000000000
0052 0000000000000000 0053 00000000000000
0200 0000000000000000 0201 00006000000000
0202 0000200000000000 0203 00006000000000
0204 0000100000000000 0205 00007777777400
0206 000007777777407 0207 00000000000000
0210 00005000001777 0211 00000000000377

```

blocco n. 000477

```

00002000000377 00002377777401 00000000000000 00000000400000
0040 377777777776000 0041 00000000000000
0042 377777777777777 0043 00000000000000
0044 0000000000000000 0045 00000000000000
0046 377777777777777 0047 00000000000000
0050 377777777777777 0051 00000000000000
0052 0000000000000000 0053 00000000000000
0054 0000000000000000

```

SEAGLIATO
De PPIo
SPASTIANDI

Nota: ganaggio dell'ignavia dello zero

--1331-5020514410204 --725-5020514410206
--20002000-21153021000002 21012421000002 22rfr
06010018410203 06000114410204 06010114410205 060000114410206

Fig. 11 Un esempio di stampa dei risultati sulla telescrivente usato per l'individuazione di un errore nel programma (1954, collezione privata dell'autore).

POLITECNICO DI MILANO
Centro di Calcoli Numerici

GIOCO DEI "DADI"

giocato con la Calcolatrice elettronica CRC 102-A)

La sua scelta	La mia scelta	La somma	
3		23	GIOCHI, PREGO.
		03	
	2	05	
2		Verboten!!	
1		06	
	4	10	GIOCHI, PREGO.
5		15	
	4	19	
4		Proibito	GIOCHI, PREGO.
2		21	
	1	22	GIOCHI, PREGO.
1		Non vale	
2		24	SI RITIRI!
		11	GIOCHI, PREGO.
La sua scelta	La mia scelta	La somma	
3		03	
	5	08	
	1	11	
		12	Ha vinto Lei, bravo

Fig. 12 Un programma di esempio realizzato alla fine del 1954, probabilmente uno dei primi giochi realizzati su una macchina da calcolo (collezione privata dell'autore).

L'evoluzione della macchina

Fin dall'inizio si lavorò per migliorare le funzionalità della macchina, che presentava alcune limitazioni dovute alla necessità di rispettare il budget iniziale.

Uno dei principali problemi, un vero collo di bottiglia funzionale, era la bassa velocità della telescrivente con nastro di carta utilizzata per le operazioni di ingresso e uscita: dieci caratteri al secondo. In origine, la macchina prevedeva un sistema di ingresso e uscita IBM con schede perforate, ma il costo di quella macchina era allora assolutamente proibitivo e si dovette optare per la telescrivente.

Per migliorare le prestazioni venne scelto un sistema di ingresso e uscita sempre a nastro, ma con lettura fotoelettrica e non meccanica, che portava la velocità a duecento caratteri al secondo. Si trattava di una macchina Ferranti messa a punto in Inghilterra durante la guerra per alimentare Colossus, il sistema realizzato a Bletchley Park per decrittare i messaggi tedeschi codificati con la macchina Enigma. Caratteristica interessante – allora unica per questo tipo di macchine – la possibilità di fermarle su un carattere e poi ripartire dal carattere successivo senza problemi.

SOCIETÀ EDISON
 SOCIETÀ PER AZIONI CON SEDE IN MILANO
 CAPITALE L. 140000000000 - VERSATO L. 13230000000

ZV/or

DIREZIONE COSTRUZIONI IMPIANTI IDROELETTRICI

POLITECNICO DI MILANO
 Centro di Calcoli numerici
 Piazza Leonardo da Vinci, 32
 MILANO

MILANO, 31 Marzo 1956
 FORO SONAFANTE, 1A


nella risposta indicare il N. 17542/S.S.

IMP. ICH. DI S. GIUSTINA
Studi sulle dighe

Facciamo seguito ai precedenti accordi con Voi intercorsi per confermarVi, qui di seguito, i compensi che Vi corrisponderanno per la soluzione dei sistemi di equazione da Voi eseguiti per quanto in oggetto e precisamente:

1°) Inversione di una matrice simmetrica (n=15) .. (lire settantamila)	L.	70.000.-
2°) Tabulazione di un integrale ellittico .. (lire centocinquanta)	"	150.000.-
3°) Inversione di due matrici incomplete (n=21) .. (lire centomila)	"	100.000.-
4°) Soluzione di quattro sistemi incompleti (n=21) .. (lire sessantamila)	"	60.000.-
5°) Inversione di una matrice completa (n=16) .. (lire ottantamila)	"	80.000.-
6°) Calcolo di n.36 sistemi con la matrice di cui sub.5°) (n=16) (lire duecentoventimila)	"	220.000.-
7°) Calcolo di n.17 sistemi con la matrice di cui sub.4°) (n=21) (lire centodiecimila)	"	110.000.-
8°) Risoluzione di n.10 sistemi (matrice incompleta) (n=21) (lire novantamila)	"	90.000.-

Fig. 13 L'amministrazione del Politecnico illustra i problemi burocratici incontrati per l'acquisto di parti di ricambio da importare insieme alla macchina. Dadda ricorda le difficoltà nello spiegare ai californiani cosa fosse una fattura pro-forma (1954, collezione privata dell'autore).

 **ISTITUTO DI MATEMATICA**
 PIAZZA LEONARDO DA VINCI, 32 - MILANO 1300
 TELEFONO 02/4818

Milano, 1 agosto 1955

Ch.mo Prof.
Gino Cassinis
Sede

E' stata invertita la matrice Edison 16x16 ricevuta dal Centro di Calcoli Numerici il 23 luglio u.s.
 L' inversione e' stata ottenuta invertendo prima una sottomatrice 14x14 contenuta nella matrice 16x16 e invertendo poi questa matrice col metodo delle partizioni.
 I calcoli hanno richiesto:
 120 minuti per la matrice 14x14
 80 minuti per il raccordo (di questi 30 per la introduzione dei dati e 15 per la stampa dei risultati)

Naturalmente il tempo necessario per introdurre i dati potrà essere praticamente eliminato quando il Centro disporrà del lettore Ferranti.

(dott. Bortone)
G. Bortone

25
 55
 (Costi)

uso della macchina
 L. 5000 ogni 15 min.

programmatore
 L. 2000 all'ora

matematico
 L. 3000 all'ora

Tariffe

Coef.
 macchina 100 %
 calcolatori 50 %

Fig. 14 Il rettore Cassinis voleva relazioni precise sui calcoli eseguiti per conto terzi; qui la relazione sui calcoli della diga Edison dell'agosto 1955 (collezione privata dell'autore).

Fig. 15 Il primo listino prezzi per le prestazioni all'esterno scritto a mano da Luigi Dadda (1955, collezione privata dell'autore).

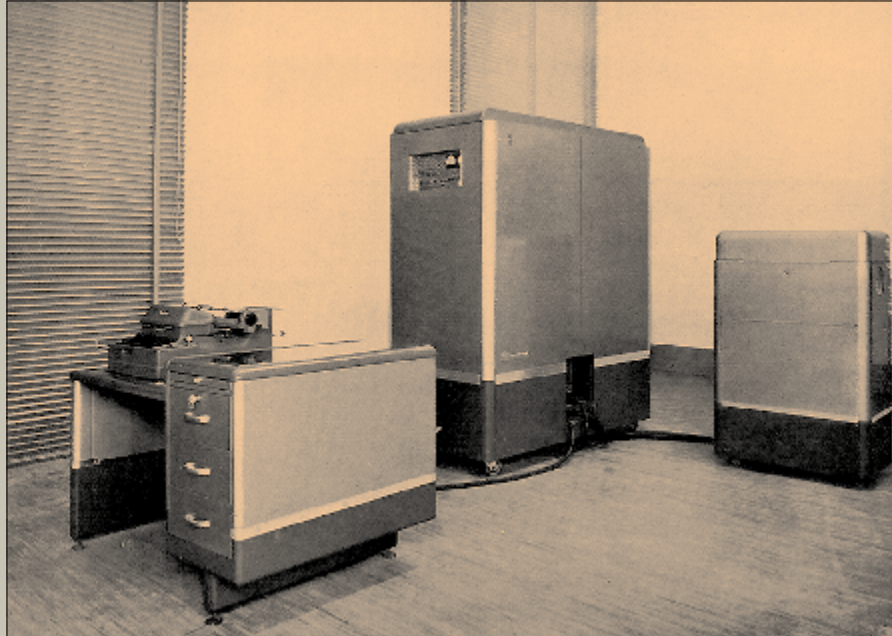


Fig. 16 La CRC 102A
al Politecnico di Milano
1954 (researchgate.net).

Vennero anche implementate nuove istruzioni. Due per la conversione da binario a decimale e viceversa, in modo che per l'utente la macchina potesse apparire in alternativa funzionante in decimale o in binario puro.

Intrinsecamente ben più complessa fu la realizzazione delle istruzioni per eseguire le quattro operazioni aritmetiche su numeri rappresentati in "virgola mobile". Va tenuto presente che non stiamo parlando di software, le istruzioni erano implementate con circuiti hardware dedicati. La cosa risultò meno difficile e più rapida del previsto in quanto i nuovi circuiti venivano preventivamente simulati con un linguaggio che forniva come risultato tutte le forme d'onda in punti prescelti dei circuiti, rendendo molto più facile l'individuazione e la correzione degli inevitabili errori di cablaggio.

Un'ulteriore modifica migliorativa fu la riprogettazione delle testine di lettura e scrittura su tamburo magnetico che raddoppiavano le tracce, e di conseguenza, la capacità disponibile che passò da 1024 a 2048 parole da 42 bit.

Grazie a queste non banali migliorie, alla fine degli anni Cinquanta la macchina, pur mantenendo lo scheletro di quella originale, si presentava ai programmatori del tutto nuova, molto più potente e molto più semplice da usare. Le tecnologie utilizzate erano però ampiamente sorpassate, sia per quanto riguardava la memoria, sia per quanto riguardava la realizzazione dei circuiti logici. Erano ben note e utilizzate le memorie a nuclei di ferrite e i circuiti potevano essere realizzati utilizzando non valvole termoioniche, ma transistori: minuscoli componenti che consumavano molta meno energia e di conseguenza, producevano molto meno calore ed erano nel contempo significativamente più affidabili.

Si ebbe l'idea, che fu a lungo discussa, di realizzare, grazie alla notevole esperienza acquisita, una macchina nuova che utilizzasse le nuove tecnologie, ma si arrivò alla conclusione che il tempo di realizzazione di macchine universitarie era passato e che fosse meglio rivolgersi al mercato. Il Politecnico adottò prima un IBM 7040, versione a transistori del 704 – che era ancora a valvole – e successivamente, un Univac 1108.

Nel 1963 la CRC 102A fu spenta ed ora è conservata nell'atrio del Dipartimento di Elettronica Informazione e Bioingegneria del Politecnico di Milano.

CRC 102A e la didattica

L'attività didattica cominciò fin dalla prima accensione della CRC 102A, nell'ottobre del 1954, con la partecipazione di alcuni dei molti ricercatori del Politecnico che attendevano con ansia, fin dall'annuncio dell'acquisto la macchina, di utilizzarla nelle loro ricerche. Si insegnò loro, nella pratica, l'uso e la programmazione, le parole hardware e software non esistevano ancora e sarebbero state proposte nel 1957.

Venne tenuto, nel novembre 1954, il primo corso sulla struttura della macchina e sulla sua programmazione dedicato a professori e assistenti del Politecnico. Da allora, i corsi si sono succeduti con un primo corso ufficiale dedicato ai soli professori del Politecnico nel dicembre dello stesso anno.

Dadda ricordava con emozione che a quel primo corso partecipò Angelo Barbagelata, insigne elettrotecnico in pensione e professore emerito da ben sette anni, fondatore

P O L I T E C N I C O D I M I L A N O

Il giorno 31 ottobre corrente sarà inaugurato il Centro di Calcoli Numerici di questo Politecnico.

Per i Professori e gli Assistenti del Politecnico e della Facoltà di Scienze dell'Università di Milano avrà luogo sabato 22 corrente, alle ore 10.30, nell'aula I Sud, una illustrazione riservata della calcolatrice numerica elettronica di cui il Centro è dotato.

La S. V. è invitata a partecipare.

Milano, 17 ottobre 1955.

IL DIRETTORE DEL POLITECNICO
PRESIDENTE DEL CENTRO
G. CASSINIS

Fig. 17 Invito all'inaugurazione del Centro di calcoli numerici del Politecnico di Milano del 31 ottobre 1955 (collezione privata dell'autore).

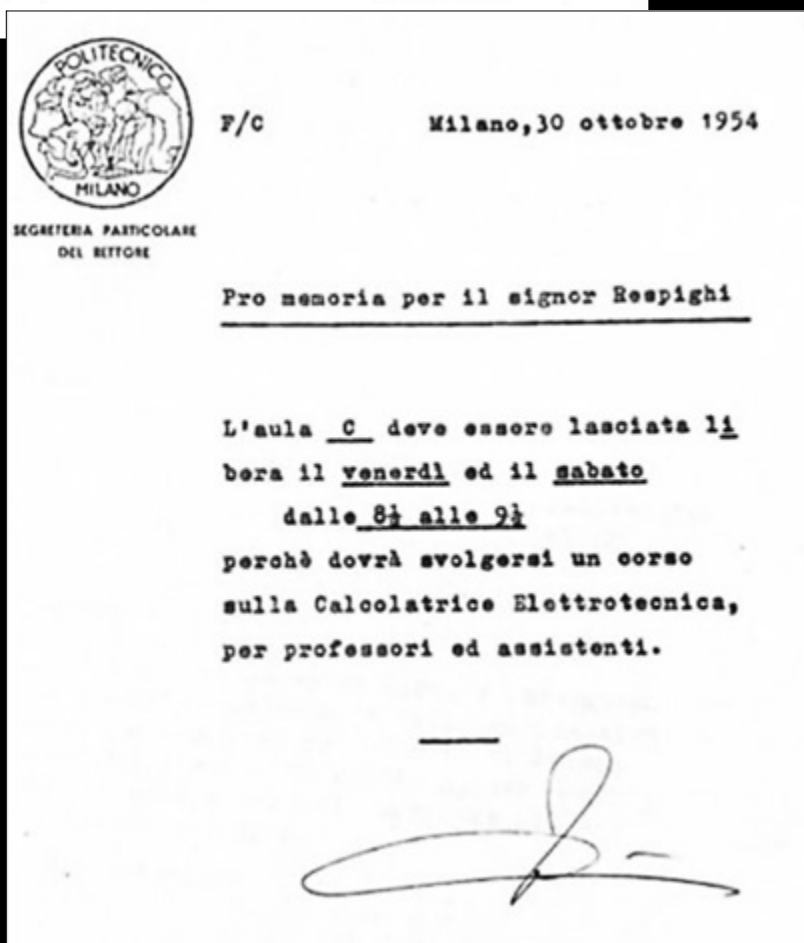


Fig. 18 Il rettorato prenota la sala per il primo corso per professori e assistenti, venerdì e sabato dalle 8:30 alle 9:30 del mattino, ottobre 1954 (collezione privata dell'autore).

dell'istituto Carlo Erba del Politecnico, che alla tenera età di ottanta anni, dopo avere seguito l'ultima lezione di programmazione, andò a trovarlo al Centro perché voleva sapere come funzionasse la macchina "dentro"!

All'estremo opposto non mancarono professori scettici che tirarono fuori il regolo dal taschino chiedendo a Dadda "Cosa te ne fai di questa macchina, io i conti li faccio tutti con questo!" ma era solo la retroguardia di un'ingegneria che sarebbe rapidamente cambiata.

Parlando di studenti, nella primavera del 1955 vennero istituiti due corsi annuali specifici: uno affidato a Dadda, di Calcolatrici elettroniche e l'altro affidato a Luigi Amerio, di Calcoli numerici. Il Politecnico di Milano fu senza dubbio tra le prime università al mondo a prevedere queste materie nei propri corsi.

Sempre del 1955 è la nascita di corsi specificamente dedicati al personale delle industrie. Non furono poche, infatti, quelle che avevano deciso di utilizzare il sistema del Centro di calcoli numerici del Politecnico di Milano.

Il tutto nacque nell'ambito dell'Istituto di Elettrotecnica generale – il termine dipartimento non era ancora usato – dove erano stati costituiti altri due gruppi di ricerca, uno sulle Comunicazioni elettriche guidato da Francesco Carassa, l'altro sui Controlli automatici a opera di Emanuele Biondi.

Nel 1959, a CRC 102A ancora accesa e operante, venne istituito il corso di laurea in Ingegneria elettrotecnica (indirizzo elettronico e delle comunicazioni elettriche). Di elettronica non si parlava ancora.

Modernissima, per i tempi, l'istituzione, inizialmente nell'ambito delle scuole di perfezionamento post-laurea, di un corso sui sistemi aziendali affidato a Roberto Jovane della IBM ed Elserino Piol della Olivetti.

In cinque anni si era consolidato l'inizio di una nuova era!

BIBLIOGRAFIA

- Andronico, Alfio, e Giuseppe De Marco. 1997. "Un museo virtuale sulla storia dell'informatica in Italia." *Atti del convegno certosa di Pontignano*, Siena 18 ottobre 1997.
- Dadda, Luigi. 1991. "Il Centro di Calcoli Numerici e l'introduzione delle discipline informatiche al Politecnico di Milano." *Atti del Convegno internazionale sulla Storia e Preistoria del Calcolo Automatico e dell'Informatica*, Siena, 10-12 settembre 1991. Milano: AICA.
- Dadda, Luigi. 2006. "Il primo calcolatore del Politecnico di Milano nel 1954." In Luigi Dadda, cur. *La nascita dell'informatica in Italia*. Milano: Polipress.
- IEEE *Annals of the History of Computing*, Vol. 21, No. 4, 1999.
- Sami, Mariagiovanna, e Roberto Dadda. 2013. "Ricordo di Luigi Dadda (1923-2012)". *Mondo Digitale*, n. 45, marzo 2013.

<https://doi.org/10.36173/SII-parteprema-vol1-04>



Esordi

5

Giovanni A. Cignoni

Le Calcolatrici Elettroniche Pisane



Due macchine

L'Università di Pisa costruì due CEP: la prima fu completata nel 1957 e la seconda nel 1961. Nei documenti, per lo più, venivano chiamate semplicemente calcolatrici elettroniche. La prima raccolta di disegni logici, elettronici e meccanici che si può considerare una specifica completa e realizzabile di un calcolatore è del luglio 1956 ed è intitolata "Progetto dettagliato di una prima calcolatrice elettronica (Macchina Ridotta)". Dunque, la prima macchina veniva anche chiamata Macchina Ridotta e la seconda veniva distinta identificandola come Macchina Definitiva. L'aggettivo "pisana" e l'acronimo CEP sono stati introdotti più tardi; ufficialmente nel comunicato stampa del 10 novembre 1961 che annunciava l'inaugurazione, il 13, della seconda macchina. Tuttavia, l'acronimo, che era già in uso fra gli addetti ai lavori, era già comparso pubblicamente in un opuscolo informativo distribuito in italiano e in inglese nel 1959. Per semplicità e chiarezza qui parleremo di "progetto CEP" per indicare complessivamente tutta l'iniziativa pisana, e di I CEP e II CEP per identificare le due macchine.

L'Ateneo di Pisa

La storia delle CEP è legata a doppio filo a quella dell'Università di Pisa¹ come origini del progetto e come conseguenze successive. L'ateneo fondato nel 1343 accentuò nel 1800 la sua vocazione per le discipline scientifiche. Nel 1839 ospitò gli oltre 400 studiosi che parteciparono al *Primo Congresso degli Scienziati Italiani* proponendo l'Ateneo anche come luogo di grande apertura intellettuale e politica.

Nel secondo dopoguerra l'università crebbe ulteriormente, furono istituite nuove facoltà, come Economia e Lettere Straniere, aumentò il numero di iscritti (negli anni del progetto CEP passarono da 6.700 a 9.500), si investì in strutture come la Casa dello Studente e la mensa universitaria. L'Ateneo si distingueva, oltre che nei campi tradizionali di scienze, ingegneria e medicina anche per la ricerca in discipline allora emergenti ma già di grande fascino popolare come la missilistica e, ovviamente, l'elettronica, dove però le competenze pisane erano forti sull'analogico: radar, telecomunicazioni, televisione.

Un'attenzione tutta particolare era però rivolta alla fisica nucleare e alle sue applicazioni. Nel 1955 si tenne a Pisa il *Convegno Internazionale di Fisica delle Particelle*, nel 1956 fu istituito il Laboratorio di Geologia Nucleare, nel 1957 la Scuola di Ingegneria Nucleare, nel 1958 il Centro di Medicina Nucleare e nel 1960 iniziò la costruzione del reattore RTS-1 a S. Piero a Grado (a sei chilometri da Pisa). Parte di questo interesse atomico fu anche, dal 1953, l'iniziativa di progettare e costruire un elettrosincrotrone che, come vedremo, fu determinante per le vicende che poi portarono alla realizzazione delle due CEP.

1. Per chi volesse approfondire si rimanda ai monumentali volumi, curati dalla dedicata Commissione Rettorale, della *Storia dell'Università di Pisa*, Pisa: Ed. Plus, 2000.

La ricostruzione della storia delle CEP

Le vicende della costruzione delle CEP sono state per molti anni oggetto di narrazioni approssimative. In esse si legge, per esempio, che Enrico Fermi, fisico delle particelle assunto a originatore dell'iniziativa, "aveva esortato docenti e ricercatori a pensare più ai computer che al nucleare".

Oppure, premesso che "il 1957 e il 1958 non sono caratterizzati da episodi particolari" e il "1959 anno altrettanto scarso di documenti di particolare interesse", la storia del progetto arriva direttamente al completamento di un'unica CEP, anticipato al 1960².

Le ragioni sono quelle tipiche che affliggono molti racconti storici. Eventi e contesti oggettivamente complessi, archivi disordinati – difficili da accedere e faticosi da consultare – mancanza di un'adeguata comprensione tecnica dell'argomento, riuso di narrazioni già scritte senza una coscienziosa verifica delle fonti primarie, presunzione che si possa diventare storici senza preparazione e con poco impegno, troppo affidamento a ricordi umani e personali, tendenza a raccontare solo aspetti positivi³ a cui si somma la retorica della genialità locale. Riprendendo Alessandro Baricco, si potrebbe aggiungere anche il fenomeno delle verità veloci⁴.

Marc Bloch⁵ diceva che il bravo storico, oltre che aver studiato il mestiere, deve essere come un orco: quando fiuta la preda non si placa, l'insegue fino in fondo. Riprendendo la metafora in termini più moderni e informatici, il bravo storico è un *hacker*. I più lo identificano come pirata digitale, ma è un altro esempio di pessima storia che in questo caso ha inquinato il linguaggio. Il significato vero è positivo, nato in posti come i laboratori del MIT o di Stanford dove considerarsi hacker era un vanto. Hacker è chi, per passione, vuol capire appieno come funzionano le cose, che non si accontenta, come i più, di una conoscenza superficiale⁶.

2. Gli esempi, due di tanti, servono a dare la dimensione del fenomeno; riconoscendo la difficoltà della ricerca e l'ingenuità dell'approccio, omettiamo per cortesia i nomi dei responsabili. I curiosi li possono trovare nella critica puntuale dei lavori precedenti in (Cignoni e Gadducci 2020) e (Cignoni et al. 2013) o negli esempi proposti agli studenti come discussione dei metodi storiografici e parte del materiale didattico del corso di Storia dell'Informatica dell'Università di Pisa (STI, p. web).

3. Il problema riguarda la storia in generale, ma ha connotazioni particolari per la storia scientifico-tecnologica semplicisticamente identificata con "progresso" e glorificata come tale. Rimandiamo al classico del 1931 di Herbert Butterfield *The Whig Interpretation of History* e a tutta la discussione successiva.

4. In *The Game*, Einaudi 2018, Baricco definisce verità veloce il racconto che per catturare l'attenzione "si ridisegna in modo aerodinamico, perdendo per strada esattezza e precisione e guadagnando in sintesi e velocità".

5. Dobbiamo a Bloch una delle più importanti riflessioni sulla storiografia moderna. Partigiano nella resistenza francese, fu fucilato nel 1944. Il suo saggio, incompiuto, *Apologie pour l'histoire ou Métier d'historien* fu pubblicato a cura di Lucien Febvre nel 1949. Una edizione più recente è pubblicata in italiano da Einaudi.

6. La definizione originale recita *A person who enjoys exploring the details of programmable systems and how to stretch their capabilities, as opposed to most users, who prefer to learn only the minimum necessary*. Si trova nel *Jargon File*, un glossario mantenuto in rete ed edito per la prima volta a Stanford nel 1975. Il termine per chi usa malevolmente le sue competenze informatiche sarebbe *cracker*.

A difesa degli errori commessi da chi per primo si è cimentato nella ricostruzione della storia del progetto CEP, bisogna dire che le vicende furono oggettivamente complesse, che negli archivi galleggiavano soprattutto resoconti amministrativi, per di più spesso rivolti a chi finanziava il progetto quindi un po' viziati – chi ha gestito un progetto di ricerca ed è senza peccato scagli la prima pietra. Infine, si deve considerare che molte cose si son capite solo grazie a un'approfondita analisi tecnica di schemi, circuiti, programmi realizzata verificando le ipotesi tramite la loro simulazione software. In conclusione, la storia del progetto CEP andava davvero “hackerata”.

Per evitare una lunghissima lista di riferimenti, per chi volesse approfondire, citiamo qui solo quelli veramente essenziali rimandando poi alle rispettive, copiose, bibliografie.

Per una discussione del progetto CEP nel suo contesto, per la citazione puntuale dei documenti di archivio, per i riferimenti e la critica alle ricostruzioni precedenti, rimandiamo a (Cignoni e Gadducci 2020) e in italiano e più esteso, a (Cignoni et al. 2013).

I documenti, anche tecnici, alla base delle ricerche sono custoditi principalmente all'Archivio Generale di Ateneo dell'Università di Pisa e alla biblioteca dell'Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione del CNR, sempre a Pisa; le scansioni sono consultabili online nella biblioteca digitale di HMR (Progetto HMR, p. web).

Per la riscoperta della I CEP, in precedenza praticamente dimenticata, e per l'uso di metodi di archeologia sperimentale e della simulazione software si rimanda a (Cignoni e Gadducci 2012) e (Cignoni et al. 2015); un po' più tecnico, ma interessante perché riguarda più il software che l'hardware della I CEP è (Cignoni et al. 2009), citato anche perché è uno dei primi risultati e fu pubblicato in una conferenza AICA.

Come esempio di ricordo di un protagonista del tempo, ma lucido e coerente con i fatti, citiamo (Fabri 2013). Come ricostruzione della cooperazione/competizione fra i progetti dell'Università di Pisa e quelli dell'Olivetti si rimanda a (Cignoni e Gazzarri 2023).

Oltre alla letteratura scientifica e come esempi di narrazione a pubblici più ampi, a Palazzo Matteucci, proprio dove le CEP furono costruite, la loro storia è ricordata da un'installazione (Cignoni et al 2019) e, per non vincolare il racconto alla visita di luoghi fisici, la storia delle CEP è oggetto di una mostra virtuale permanente (Cignoni et al. 2024, CEP60 p. web).

In questa occasione, come forma narrativa abbiamo scelto una cronologia commentata degli eventi più importanti. A parte il desiderio di non ripetersi, la cronaca puntuale offre la possibilità di riportare dettagli interessanti e curiosi che in altre occasioni avevano dovuto essere tagliati. Speriamo anche che la serrata successione di fatti sia una lettura più avvincente.

Dopo la cronologia, una galleria di immagini permette di percorrere una seconda volta la storia delle CEP dando sostanza visiva ai protagonisti: le persone e le macchine.

Cronologia degli eventi

• 1953, 6 febbraio

Su proposta del suo presidente Gilberto Bernardini, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) decide di dotare la ricerca italiana di un elettrosincrotrone da oltre 500 MeV, affidando la progettazione all'Istituto di Fisica dell'Università di Pisa e la direzione dei lavori a Giorgio Salvini.

• 1954, 20 marzo

Il Consorzio Interprovinciale Universitario (CIU), composto dai Comuni, le Province e altri diversi enti pubblici di Pisa, Livorno e Lucca, mette a disposizione un finanziamento di 150 milioni di lire⁷ per assicurarsi la costruzione dell'acceleratore di particelle sui propri territori. Il sincrotrone è però visto da tutti come un attrattore di lustro e di investimenti e altre città sono interessate ad averlo: Roma, Milano e Bologna.

• 1954, aprile

La sede di costruzione del sincrotrone viene definitivamente stabilita. Roma ha garantito un finanziamento di 400 milioni di lire e la disponibilità dei terreni offerti dal Comune di Frascati. L'Università di Pisa per non perdere il finanziamento del CIU deve trovare un nuovo progetto altrettanto interessante.

• 1954, luglio/agosto

La comunità dei fisici italiani si mobilita per presentare al CIU un progetto unico. In occasione della Scuola di Varenna viene decisa la costruzione di una calcolatrice elettronica, uno strumento ormai indispensabile per ogni ricerca e, in particolare, necessario ai fisici nucleari per elaborare i dati prodotti dagli esperimenti che saranno condotti sul sincrotrone.

• 1954, 11 agosto

Su esplicita richiesta di Bernardini e di Marcello Conversi, direttore dell'Istituto di Fisica di Pisa, Enrico Fermi – presente anche lui a Varenna e coinvolto nella discussione sulla destinazione dei fondi CIU – scrive a Enrico Avanzi, rettore dell'Università di Pisa, per aggiungere il suo personale appoggio al progetto della calcolatrice elettronica, “un mezzo di ricerca – scrive Fermi – di cui si avvantaggerebbero in modo, oggi quasi inestimabile, tutte le scienze”. Bernardini e Conversi sanno che l'indiscussa fama di Fermi può essere determinante tanto per convincere i finanziatori quanto per allontanare la concorrenza di altre proposte d'uso dei fondi. A parte l'abilità diplomatica di Bernardini e Conversi, l'episodio aggiunge spessore alla figura di Fermi testimoniando la sua disponibilità ad aiutare la comunità dei fisici italiani.

7. 150 milioni di lire del 1954 sono circa 2,9 milioni di euro del 2025 (rivalutazione da sito ISTAT).

• 1954, 4 ottobre

In una riunione in Rettorato, il CIU decide di dividere la somma stanziata in due progetti: 28 milioni per l'acquisto di uno spettrografo di massa e 122 per la costruzione della calcolatrice elettronica.

A verbale però i rappresentanti delle due più importanti amministrazioni erogatrici del finanziamento, il Comune e la Provincia di Pisa, fanno scrivere che il sincrotrone "esercitava maggiore influsso sull'opinione pubblica" ed era "spettacolare per la propaganda che facilmente si è fatta".

Al tempo il nucleare aveva un grande fascino: nella cultura quotidiana si trovano esempi che vanno dal soprannome di Rita Hayworth, ai costumi da bagno *atome* (per le ridotte dimensioni) e *bikini* (come l'atollo su cui gli USA facevano esplodere i loro ordigni), ad *Atomino Bip Bip* disegnato su Topolino da Romano Scarpa.

• 1954, 30 dicembre

Picone scrive a Bernardini preoccupato che "da zero si salterebbe, in Italia, istantaneamente a tre macchine calcolatrici elettroniche". La lettera è parte di una serie di scambi iniziati da Conversi che, subito dopo la riunione del 4 ottobre, aveva inviato a diversi colleghi italiani una circolare che informava del progetto pisano e apriva a collaborazioni per la costruzione e l'uso della macchina. Picone inizialmente era preoccupato⁸ della concorrenza che la macchina presa a Milano⁹ e quella che Pisa avrebbe costruito avrebbero fatto al suo, appena acquistato, Ferranti. Ma il tempo poi dimostrerà che le richieste di servizi di calcolo non mancheranno per nessuno e fra Pisa e INAC ci saranno, invece, collaborazioni proficue.

• 1955, 13-14 gennaio

All'Istituto di Fisica si tiene una due giorni che può essere considerata la prima riunione operativa del progetto. Sono presenti, oltre ad Avanzi, Conversi e Salvini, Alessandro Faedo per l'Istituto di Matematica e Ugo Tiberio per la Facoltà di Ingegneria. Esterni all'Ateneo pisano sono i rappresentanti dell'INFN, dell'Accademia Navale di Livorno e delle Università di Firenze, Torino, Padova¹⁰ e Roma. In particolare, da Roma, Conversi ha invitato Alfonso Caracciolo, Elio Fabri e Sergio Sibani che poi saranno protagonisti della progettazione delle CEP. Caracciolo espone la relazione che Conversi gli aveva chiesto di preparare. Oltre a un'introduzione generale al contesto, analizza in dettaglio le caratteristiche di tredici calcolatori elettronici esistenti, fra i quali il CRC-107 e il Ferranti Mk1 simili, rispettivamente, al CRC102A e al Ferranti Mk1* che sono in via di

8. I dettagli sui dubbi di Picone e sulla macchina dell'INAC sono approfonditi nel contributo "L'INAC di Roma e la Ferranti Mk1*" di Andrea Celli e Giovanni Cignoni.

9. Sull'acquisto del Politecnico, si veda il contributo "La CRC 102A del Politecnico di Milano" di Roberto Dadda.

10. Partecipò Giuliano Patergnani, si veda il contributo "La Macchina di Statistica dell'Università di Padova" di Maristella Agosti e Alberto Cammozzo.

installazione al Politecnico di Milano e all'INAC di Roma. Durante la riunione, i rappresentanti di Ingegneria sollevano dubbi sull'opportunità dell'iniziativa motivandoli con la mancanza, a Pisa, di competenze specifiche. Il progetto però va avanti; forse pesa anche il cordoglio per la recente scomparsa di Fermi, che è ricordato in apertura della riunione sottolineando quanto avesse sostenuto il progetto.

• 1955, 21 gennaio

Caracciolo tiene il primo di un ciclo di cinque seminari su logica, architettura e tecnologia delle calcolatrici elettroniche. Gli altri incontri sono il 22 (ancora Caracciolo), il 28 (Bruno Touschek, INFN Roma), l'1 e il 2 febbraio (Fabri). Il ciclo, annunciato nella riunione del 13-14, era motivato sia dalla naturale attitudine accademica di condividere la conoscenza, sia dalla necessità di dimostrare competenze e difendersi da chi, nell'Ateneo, ancora poneva dubbi sulla fattibilità dell'iniziativa.

• 1955, 31 gennaio

In una cortese ma ferma lettera, il rettore Avanzi risponde a Enrico Pistolesi, preside di Ingegneria, invitandolo a porre fine alle polemiche. Il 21, Pistolesi aveva scritto chiedendo di sottoporre il progetto al vaglio di una commissione di Ingegneria, preoccupato che i fondi richiesti agli enti locali per la calcolatrice potessero intralciare le richieste di finanziamenti per l'edilizia universitaria. Avanzi ribatte che, come già deciso, il progetto sarà controllato da una commissione nominata dall'Università di Pisa e rinnova la richiesta di comunicare il rappresentante di Ingegneria. Sottolinea anche che le richieste agli enti locali di fondi per l'edilizia universitaria non competono a una facoltà, ma agli organi accademici.

• 1955, 9 marzo

In una riunione in Rettorato, presenti i rappresentanti degli istituti e delle facoltà interessate, viene costituito il Centro di Studi sulle Calcolatrici Elettroniche (CSCE). Al Centro, che ha il compito di costruire la calcolatrice elettronica, è data una certa autonomia amministrativa in modo da effettuare acquisti di materiali o strumenti e assumere personale di ricerca, tecnico e amministrativo. L'operato e i risultati del Centro sono controllati da un comitato tripartisan i cui membri sono Conversi (presidente, in rappresentanza dell'Istituto di Fisica), Faedo (Istituto di Matematica) e Tiberio (Facoltà di Ingegneria). Nella riunione si discute anche della collaborazione con Olivetti, del coinvolgimento di Mario Tchou, dei possibili incarichi a Caracciolo, Fabri e Sibani. Ingegneria non manca di sollevare difficoltà sottolineando l'attuale momento di transizione tecnologica: utilizzare le valvole, rischiando di fare una macchina già vecchia, o puntare sui transistori (sic) nuovi, ma costosi e poco reperibili? Non essendo la sede per sciogliere dilemmi tecnici, la riunione prosegue e sono infine identificati otto milioni di lire come stanziamento iniziale per l'avvio del progetto.

• 1955, 20 maggio

La Giunta Esecutiva del CIU ratifica le nuove destinazioni del finanziamento e delibera l'anticipo del primo milione di lire.

- **1955, 31 luglio**

Caracciolo e Fabri completano la prima nota tecnica del CSCE: “Caratteristiche fondamentali del progetto di massima logico-strutturale della Calcolatrice Elettronica”. Come il titolo dichiara, è uno studio preliminare; alcune scelte sono già definite, in particolare l’adozione delle memorie a nuclei di ferrite, una novità che non era presente in nessuna delle tredici macchine analizzate nella relazione di Caracciolo. Altri aspetti sono invece ancora in discussione, per esempio si ipotizza una parola di memoria di 40 bit (come nei Ferranti), ma le CEP che poi saranno realizzate avranno parole di 18 la prima e di 36 bit la seconda.

- **1955, 30 agosto**

Roberto Olivetti scrive a Dino Olivetti “Abbiamo preso in affitto una villa a Pisa, da usare come nostro laboratorio per lavorare in parallelo a quello dell’Università”. L’azienda di Ivrea, sebbene senza accordi formali, partecipa già attivamente al progetto dell’Ateneo. A Caracciolo, Fabri e Sibani si sono aggiunti Giuseppe Cecchini e Mario Tchou, dipendenti Olivetti “in prestito” il secondo addirittura con il ruolo di direttore tecnico-amministrativo; inoltre, nel corso dell’anno, Olivetti si è fatta carico dei costi di Sibani assumendolo. Ma con il suo Laboratorio di Ricerche Elettroniche (LRE) a Barbaricina, nella zona del parco di S. Rossore, Olivetti inizia anche a realizzare una macchina propria, meno “scientifica” e più vicina alle esigenze del mercato italiano. Ad aprile era cominciata la campagna di reclutamento sui maggiori quotidiani nazionali per assumere “tre terne di ingegneri e una terna di fisici” per lavorare sull’elettronica. A settembre la campagna si estende all’estero con annunci anche su *The Economist*.

- **1955, 7 dicembre**

Salta la firma della convenzione fra Università e Olivetti. La convenzione dovrebbe solo siglare una collaborazione già in corso: il testo era pronto e fino al 5 ci sono stati scambi di lettere per preparare la cerimonia. Ma all’ultimo momento l’Ateneo ci ripensa.

- **1955, 19 dicembre**

Conversi, con una lettera ai colleghi del comitato del CSCE informa che il Centro “ha condotto a termine il progetto dettagliato di una moderna calcolatrice Elettronica a cifre”. In realtà un vero progetto dettagliato non ci sarà fino al luglio 1956 e anche quello sarà oggetto di revisioni fino ad aprile 1957. L’affermazione è funzionale a rimettere sul tavolo le trattative con Olivetti.

- **1955, 22 dicembre**

In una riunione in Rettorato, si spiegano i motivi della mancata firma della convenzione con Olivetti. Il rettore Avanzi dichiara: “Riscontrato che la fase di progettazione è terminata [...] bisognerebbe chiedere alla Società Olivetti un contributo, stabilito che tutto il lavoro si svolga sotto la guida dell’Università”. Allegato al verbale c’è la relazione delle attività svolte dal CSCE nel 1955. Si è studiato molto, sono stati condotti esperimenti sull’elettronica, le competenze sono molto più solide, i ruoli

sono definiti: Caracciolo, Fabri, Cecchini e Sibani sono identificati come il gruppo esecutivo responsabile della progettazione e realizzazione della macchina. Tuttavia, ancora non si può parlare di un progetto compiuto. Nella relazione si delineano le caratteristiche della macchina, già cambiate rispetto alla nota tecnica del 31 luglio, c’è un preventivo finanziario per un costo totale di 114 milioni di lire, c’è un piano per costruirla in quattro anni e in due fasi: nel primo biennio si costruirà il nucleo centrale, memoria e controllo, nel secondo si completerà la macchina con periferiche e librerie di programmi e si avvieranno i servizi di calcolo. Ma non c’è un progetto dettagliato, il preventivo si dimostrerà largamente ottimistico e il piano non sarà rispettato: si costruiranno due CEP, la prima non sarà il nucleo centrale della seconda e nessuna delle due corrisponderà alle caratteristiche ora specificate. È invece chiaro che, acquisite nel primo anno di studi comuni le competenze necessarie, Olivetti si sta allontanando per perseguire i suoi obiettivi commerciali. L’Ateneo vuole qualcosa in cambio.

- **1955, 24 dicembre**

Nel suo discorso di Natale ai dipendenti di Ivrea, Adriano Olivetti annuncia l’impegno nell’elettronica perché “noi non potremo essere assenti da questo settore”. Una parte del discorso è dedicata a tranquillizzare un’azienda da sempre dedita alla meccanica, ma la dichiarazione è anche l’investitura ufficiale del gruppo di Barbaricina e del suo obiettivo specifico: non ricerca, ma sviluppo di prodotto.

- **1955, 31 dicembre**

Tchou termina il suo incarico al CSCE per dedicarsi completamente al LRE Olivetti che, dopo la notevole campagna di reclutamento, ha assunto una dozzina di giovani ricercatori.

- **1956, 1° marzo**

È attivata la prima delle borse di studio previste per aggiungere personale al CSCE. Il primo borsista è Giovan Battista Gerace: si integrerà rapidamente nel gruppo contribuendo al progetto fin da subito.

- **1956, 5 marzo**

Iniziano, organizzati dal CSCE, una serie di corsi aperti a docenti e studenti dell’Ateneo interessati alle calcolatrici elettroniche. I corsi dureranno fino a maggio e tutto il gruppo esecutivo è impegnato nella didattica: Teoria della programmazione (Fabri, 9 lezioni), Aritmetica, logica e organizzazione delle calcolatrici elettroniche (Fabri e Caracciolo, 11 lezioni), Elementi di elettronica per le macchine calcolatrici (Cecchini e Sibani, 16 lezioni).

- **1956, 8-13 aprile**

Il gruppo esecutivo partecipa a Milano al *Convegno sui problemi dell’automatismo*, organizzato dal CNR e presenta una relazione sull’organizzazione del CSCE e sul progetto in corso.

- 1956, 7 maggio

In Rettorato si firma la convenzione fra Università e Olivetti. Cecchini e Sibani continueranno a lavorare al CSCE e, negli anni, a loro si aggiungeranno altri “distaccati Olivetti”. L'azienda di Ivrea fornirà materiali e apparecchiature; alla fine saranno soprattutto telescriventi, lettori di nastro perforato, la stampante Bull, il tamburo magnetico realizzato dal laboratorio di New Canaan. Rispetto alla convenzione del 7 dicembre 1955 la differenza più sostanziosa è un contributo finanziario diretto di 60 milioni di lire che Olivetti erogherà al CSCE in sei rate dal 1956 al 1961.

- 1956, luglio

Si conclude la prima versione del progetto dettagliato della I CEP. È completo di schemi logici ed elettronici di ogni componente, dei disegni meccanici dei rack e dei telaietti per ospitare i circuiti modulari, del codice dei microprogrammi per l'implementazione delle istruzioni di macchina, del codice macchina dei quattro programmi residenti e della distinta base dei componenti elettronici di rilievo. Il progetto è firmato dal gruppo esecutivo; vengono ringraziati Gerace, Vladimiro Sabbadini e Menotto Baldeschi (disegnatore). Nel rapporto che accompagna il progetto si afferma che la costruzione della macchina è iniziata e che sono state collaudate con successo diverse componenti: i primi 6 bit dell'addizionatore parallelo, i registri, la memoria a nuclei di ferrite, i circuiti di lettura/scrittura e le reti a diodi per la matrice di microprogrammazione.

- 1956, ottobre

Il numero 8(4) della Digital Computer Newsletter dà notizia dei progetti di costruzione del CSCE.

- 1956, 14 novembre

Un'approfondita relazione di Fabri discute nei dettagli i problemi di programmazione e le soluzioni pratiche da includere nella progettazione dell'insieme di istruzioni macchina per supportare sottoprogrammi, cicli indicizzati, calcolo matriciale. Sono esaminate in particolare le soluzioni adottate per i calcolatori Ferranti a Manchester e nei progetti EDSAC I e II di Cambridge. Sono soluzioni sofisticate che non saranno implementate nella I CEP: si sta già pensando alla II. Come caso di studio per confrontare le varie soluzioni è usato un programma per la soluzione di un sistema di due equazioni differenziali del prim'ordine organizzato in quattro sottoprogrammi.

- 1957, 26 aprile

Una cartella intitolata “Complementi e variazioni” documenta la versione effettivamente costruita della I CEP. Rispetto al progetto del luglio 1956 sono introdotte numerose variazioni nell'insieme di istruzioni, nell'organizzazione del pannello di controllo e nella gestione delle periferiche di ingresso uscita. Fra le cose più interessanti ci sono il caricamento in *memory direct access* (usando una terminologia che allora non c'era) dei sottoprogrammi residenti e un sistema di *breakpoint* (idem) hardware per interrompere a runtime l'esecuzione dei programmi in punti selezionati dal pannello di controllo.

- 1957, 24 luglio

Conversi, in una circolare ai colleghi dell'ateneo e di altre università, annuncia che è stata completata la costruzione della calcolatrice. Invita i colleghi a visitare il Centro e a sottoporre problemi di calcolo per usare e mettere alla prova la macchina. La I CEP è una macchina parallela, microprogrammata e con la memoria a nuclei di ferrite ad accesso diretto, tre caratteristiche che la pongono allo stato dell'arte dei progetti più avanzati ed è anche veloce: viaggia a 64mila addizioni al secondo. È un po' penalizzata dalla ridotta dotazione di periferiche, limitate a telescriventi e lettori/perforatori di nastro.

- 1957, novembre

Il Senato Accademico, per protesta contro i progetti di riforma dell'università che il Governo sta mettendo in atto e di concerto con altri atenei italiani, decide di non inaugurare l'anno accademico. L'annullamento della cerimonia dove l'Ateneo tradizionalmente celebra di fronte alle autorità e alla stampa i risultati conseguiti nell'anno priva la I CEP di un'importante occasione di presentazione pubblica.

- 1957, 16 dicembre

Prendono servizio al CSCE Elisabetta Abate, Gabriele Andreassi, Marisa Romè e Benedetto De Tollis. Sono ricercatori dell'INFN provenienti da varie sedi nazionali e venuti a Pisa per contribuire al progetto e sfruttare la I CEP per i loro studi.

- 1958, 1° marzo

La I CEP ha un manuale utente. Redatto dalla Abate è destinato a utenti esterni al CSCE: è dedicato alla programmazione e omette i dettagli su come operare sulla macchina. Fra gli utenti non-CSCE della I CEP ci sono Giovanni Paolo Arrighini e Marco Maestro entrambi dell'Istituto di Chimica Fisica. Da qui a un anno pubblicheranno i risultati della loro ricerca molecolare ottenuti grazie ai calcoli eseguiti sulla I CEP.

- 1958, 3 aprile

Conversi annuncia il completamento del primo calcolo su commissione. È un problema di cristallografia risolto calcolando trasformate di Fourier sui dati di diffrazione a raggi X. Il CSCE sembra avviato bene; il personale è cresciuto e, oltre ai tre membri del Comitato e ai quattro ricercatori anziani del gruppo esecutivo (due Olivetti), conta cinque ricercatori giovani (un Olivetti), quattro ricercatori esterni (INFN), cinque tecnici di laboratorio (due Olivetti), due disegnatori, tredici montatori elettronici, due montatori meccanici, un magazziniere e due amministrativi.

- 1958, 16 aprile

In una riunione del Comitato allargata al Rettore e ad altri esponenti delle Facoltà interessate si enunciano i traguardi raggiunti. C'è particolare vanto nel riportare che la I CEP regge bene tempi di ciclo più brevi del progetto iniziale (va in *overclocking*, si direbbe oggi) e le prestazioni sono migliorate di un inaspettato 30% rendendola più

veloce¹¹ dell'IBM 704 di Parigi, allora considerata la macchina da battere in Europa. Emergono però anche i primi problemi di bilancio. Si discute del ritardo con cui gli Enti del CIU stanno erogando i fondi, dei compensi ai dipendenti e ai responsabili, del possibile coinvolgimento dell'INFN per sostenere le spese del personale, della vendita di servizi di calcolo come mezzo di sostentamento. Si palesa il fatto che la II CEP sarà diversa dalla prima, e quindi, pur beneficiando dell'esperienza e di alcune soluzioni già collaudate, richiederà un certo impegno di progettazione. Per garantire spazi adeguati alla seconda macchina e al personale, si prospetta la sopraelevazione di un'ala dell'Istituto di Fisica. La condizione che i costi rientrino nel bilancio CSCE farà cadere l'idea e la II CEP sarà costruita nella stessa stanza, dall'altro lato rispetto alla prima, che sarà smantellata per fare economia e riusarne i componenti elettronici. Faedo, nel frattempo divenuto preside della Facoltà di Scienze, annuncia le sue dimissioni dal Comitato del CSCE, gli subentrerà Federico Cafiero.

• 1958, 11 novembre

Una nota tecnica di Abate e Fabri – che hanno momentaneamente ripreso i panni di fisici – descrive l'uso della I CEP per una ricerca sulle autofunzioni del momento angolare orbitale in accoppiamento Russel-Saunders. La nota tecnica, che poi diverrà una pubblicazione scientifica, spiega che l'interesse del lavoro, oltre che per la fisica delle particelle, sta nel fatto che i valori calcolati sono esatti: l'algoritmo non approssima i termini irrazionali ma li tratta come simboli presentandoli nell'espressione finale del risultato.

• 1958, 13 novembre

Nel sommario dei lavori svolti nel 1958 si sottolineano i risultati conseguiti, in particolare le 150 h di funzionamento “utile” della I CEP per un valore di circa 8 milioni di lire stimato sulla base dei prezzi di mercato dei servizi di calcolo. Sono rendicontate anche missioni per incontri con altri gruppi di ricerca (Roma 2-3 luglio e Oxford 28-29 aprile) e per la partecipazione al *44° Congresso nazionale di Fisica* a Palermo (6-11 novembre). Nei piani per il 1959 c'è il completamento del progetto logico della II CEP e l'inizio della sua costruzione, ma soprattutto l'impegno per la programmazione: un calcolatore è utile soprattutto per le librerie di programmi di cui dispone. La prima CEP è in via di smantellamento, ma viene ancora usata come banco di prova delle nuove componenti, a esempio per la riprogettazione elettronica dei registri. In programma per il giugno del 1959 ci sono anche gli inviti a Maurice Wilkes (Cambridge UK) e Tom Kilburn (Manchester) a visitare il CSCE.

• 1959, primavera

È distribuito, in italiano e in inglese, l'opuscolo “Informazioni Generali sul Centro di Studi sulle Calcolatrici Elettroniche”. In dieci pagine illustrate descrive il Centro

11. Era vero sul benchmark più classico di quei tempi: il numero di addizioni al secondo; a onor del vero bisogna però dire che su molti altri confronti le parti si invertivano, dalle periferiche agli strumenti di programmazione: il 704 aveva il Fortran.

e i suoi progetti, la prima macchina realizzata e le caratteristiche della seconda in via di costruzione. Le foto mostrano la I CEP, ma anche alcune anteprime di parti della seconda, per esempio un modulo della memoria a nuclei di ferrite nella nuova architettura 64x64, per avere piani di 4096 bit invece dei 1024 della I CEP.

• 1959, luglio

Il rapporto sulle attività del centro dà notizia delle prime tre tesi ospitate dal CSCE. Il Centro continua il suo percorso di integrazione nella missione dell'Ateneo, non solo ricerca e sperimentazione, ma anche didattica con la partecipazione attiva degli studenti ai progetti del Centro. Particolarmente interessante è quella di Franco Denoth, relatore Gerace: “Transistorizzazione dell'Unità Aritmetica di una calcolatrice elettronica a cifre”. A parte testimoniare ancora la dizione “a cifre” – in italiano più significativa del termine “digitale” che l'ha poi sostituita – la tesi è interessante per la carriera dei protagonisti. Il relatore era entrato nel progetto CEP tre anni prima come borsista, il tesista rimarrà al CSCE diventandone direttore nel 1971, quando il Centro sarà trasformato in Istituto di Elaborazione dell'Informazione del CNR. La tesi testimonia la capacità del Centro di partecipare alle evoluzioni tecnologiche in corso, ma non avrà applicazione pratica: l'unità aritmetica della II CEP, benché con un'architettura più sofisticata, sarà realizzata usando ancora le valvole termoioniche recuperate dalla I CEP invece che con i costosi transistor.

• 1959, 23 ottobre

Walter Ramberg, *attaché* scientifico dell'ambasciata statunitense di Roma, nell'ambito di una serie di visite ai più importanti centri di ricerca in Italia, scrive al rettore Avanzi per organizzare una giornata all'Ateneo di Pisa e chiede espressamente di visitare il CSCE. Il 26 il Rettore risponde comunicando che la visita è organizzata e che Ramberg sarà ricevuto dal responsabile del Centro, Conversi, e da altri rappresentanti dell'Università. L'incontro si svolgerà il 30 ottobre.

• 1959, 2 dicembre

Inizia il corso di Calcoli numerici e grafici tenuto a Pisa da Corrado Böhm dell'INAC di Roma. Il titolo del corso richiama, con la terminologia del tempo, le due grandi famiglie di procedimenti per risolvere i problemi di calcolo: digitale e analogica. Dal registro delle lezioni risulta però che il corso è quasi totalmente dedicato ai calcolatori elettronici. I corsi che erano già stati tenuti dai membri del CSCE avevano una connotazione molto pratica, affrontavano soprattutto e direttamente i problemi legati all'architettura delle macchine, alla loro realizzazione elettronica, alle tecniche di programmazione. Il corso di Böhm¹² si caratterizzava per affrontare anche i fondamenti teorici con più lezioni dedicate al problema alla calcolabilità e ai modelli di calcolo come gli automi di Moore e la macchina di Turing.

12. Su Böhm, la sua formazione, i suoi contributi – incluso il simulatore della II CEP citato più avanti – e la sua visione a tutto tondo della nascente disciplina si rimanda al contributo “L'INAC di Roma e la Ferranti Mk1*” di Andrea Celli e Giovanni Cignoni.

• **1960, 8 aprile**

La Giunta Esecutiva del CIU, nel rendiconto sullo stato del progetto CEP, evidenzia la preoccupazione per la situazione finanziaria e una certa delusione per come, al finanziamento locale, non siano seguiti altri fondi da parte dei governi (nel periodo della nostra storia se ne contano sette). La promessa di 95 milioni da parte del Ministero della pubblica istruzione non era stata mantenuta. Anche le richieste al CNR non avevano avuto seguito. A verbale è messa una nota di disappunto: “mentre lo Stato fornirà alle altre Università delle calcolatrici elettroniche già costruite, Pisa è l’unica che ha provveduto alla costruzione di una grossa calcolatrice elettronica senza aver chiesto nulla allo Stato”.

• **1960, 23 dicembre**

Con un telegramma, il CSCE augura buon Natale al nuovo rettore Faedo comunicando: “CEP funzionante maggioranza sue istruzioni”. Sono in corso i collaudi delle istruzioni di macchina che, sulla II CEP, hanno microprogrammi molto complessi, con cicli, condizioni e chiamate a subroutine in linguaggio macchina. Lo spazio pubblicitario sulla cartolina ospita la pubblicità dei calcolatori elettronici dell’Olivetti che a settembre aveva consegnato alla Marzotto di Valdarno il primo esemplare del suo calcolatore di serie, l’Elea 9003.

• **1961, 17 febbraio**

In Rettorato si svolge una riunione per discutere dello stato di completamento della II CEP e di quando potrà essere annunciata come pronta per offrire servizi di calcolo. Sono in corso ancora i collaudi di alcune componenti hardware, ma preoccupa di più il ritardo dello sviluppo delle librerie software, in particolare il compilatore Fortran. Si pensa che la macchina possa essere pronta fra un mese, sebbene utilizzabile solo in programmazione macchina. Conversi fa notare che parte del tempo macchina dovrà comunque essere usato per la messa a punto delle librerie.

È citato il simulatore software che l’INAC di Roma doveva realizzare e che aveva proprio l’obiettivo di poter cominciare a sviluppare il software della II CEP prima che il suo hardware fosse completato. La collaborazione con l’INAC è fruttuosa, ma anche quel progetto è in ritardo. Si discute anche dell’inaugurazione. Cafiero sostiene che non si dovrebbe fare una cosa troppo solenne, dato che non è stato inventato nulla di particolarmente nuovo. Il rettore Faedo ribatte che, pur condividendo la saggezza del collega, bisogna considerare che le università sono “colpevoli di un eccesso di pudore” che finisce per danneggiarle.

• **1961, 15 marzo**

Conversi scrive al rettore Faedo, e in copia ai colleghi del Comitato del CSCE Cafiero e Tiberio, premendo perché la II CEP sia inaugurata presto e con la dovuta risonanza. Fa notare che ci sono scadenze legate ai finanziamenti e alle pianificazioni di bilancio e propone che l’inaugurazione si svolga entro la metà di aprile, anche a costo di rinunciare alla presenza del Presidente della Repubblica.

• **1961, 20 luglio**

Il n. 12 del Notiziario FINAC, il bollettino che dava notizia delle attività svolte sul Ferranti dell’INAC, è dedicato al simulatore CEP. L’introduzione è a cura di Böhm, ma alla realizzazione hanno lavorato anche Leandro Alfieri e Lucia Barsanti Calamia che firmano due sezioni del rapporto tecnico pubblicato come supplemento al notiziario¹³.

• **1961, 13 novembre**

La II CEP è inaugurata in gran pompa nell’ambito delle cerimonie per l’apertura dell’Anno Accademico 1961-62; ospite d’onore è il presidente della Repubblica Giovanni Gronchi. Originario di Pontedera, Gronchi da presidente era già stato in visita ufficiale a Pisa nel 1955, per aprire il *Convegno Internazionale di Fisica delle Particelle*, nel 1957, per ricevere la laurea *h.c.* in Scienze politiche e nel 1959, per il centenario della dinamo di Pacinotti.

La sua presenza in città è comunque una festa grande. La cerimonia è organizzata con cura: oltre al presidente sono presenti molte autorità nazionali rappresentanti di istituzioni interessate ai servizi di calcolo; manca però il ministro della Difesa, Giulio Andreotti, che aveva telegrafato pochi giorni prima scusandosi per la sua assenza. La cerimonia si svolge in parte al Palazzo della Sapienza e in parte a Palazzo Matteucci, dove la macchina viene illustrata e ufficialmente “accesa” da Gronchi. Protagonista delle spiegazioni è Gerace, ritratto anche in molte foto, ormai avviato a essere quella figura di spicco dell’informatica pisana che poi sarà. Anche la copertura mediatica è stata curata: la stampa ha risposto agli inviti e ha trattato ampiamente l’evento, attirata e indirizzata da un comunicato che, con un po’ di generosità, afferma che la macchina pisana “compete favorevolmente per ampiezza di prestazioni con i più potenti impianti simili finora installati in Europa”.

• **1961, 15 dicembre**

Sopita l’esaltazione del successo dell’inaugurazione, in una riunione in Rettorato si fa il punto sul domani del CSCE che, conclusa la fase di costruzione ha bisogno di una nuova missione, e soprattutto, di un futuro lungo, certo e finanziato. Fra le varie ipotesi analizzate, visto che ci sono piani di potenziare l’Istituto di Statistica della Facoltà di Economia, ci si chiede se in essi potrebbe rientrare anche la stabilizzazione del CSCE.

La conclusione della discussione è che la caratteristica distintiva del CSCE è di essere un centro di studi che ha costruito in proprio e su progetti originali. Basare la sua nuova identità solo sull’offerta di servizi di calcolo sminuisce la sua essenza, oltre a metterlo in concorrenza con altri centri già avviati come quelli di Roma e Milano. Per cercare finanziamenti mirando soprattutto al CNR e presentare il (diremmo oggi) “CSCE 2.0” come progetto ben ragionato, è stata redatta una bozza di statuto del Centro e allegata al verbale.

All’art. 1 in tre punti è definita la missione: a) fare ricerca in automazione elettronica, logica e programmazione, b) provvedere al funzionamento della calcolatrice elettronica e all’offerta di servizi di calcolo, c) erogare formazione specializzata per ricercatori e tecnici.

13. Il Notiziario e la sua lista di diffusione sono interessanti testimoni degli scambi fra i vari gruppi di ricerca italiani interessati ai calcolatori.



- 1962, 26 maggio

Sul registro del corso di Cibernetica 1961-62 tenuto da Caracciolo, la lezione odierna segna come argomento *Visita alla CEP*. Dai primi seminari tenuti all'inizio, ai corsi prima tecnici poi di ampio respiro come quello di Böhm fino al coinvolgimento dei tesisti, l'impegno didattico del CSCE si completa con la capacità e l'orgoglio di presentare agli studenti una macchina progettata e costruita a Pisa.

- 1962, 31 luglio

È firmata la convenzione con il CNR con la quale il CSCE diventa Istituto del CNR presso l'Università di Pisa. L'Ateneo si fa carico delle spese di struttura e funzionamento e il CNR degli stipendi, ponendo fine alla condizione di precariato del personale del Centro. Il controllo è di un organo con rappresentanze paritarie dell'Università e del CNR. La convenzione è valida per quattro anni e rinnovabile. Il CSCE diventerà definitivamente Istituto del CNR nel 1968 con la denominazione di Istituto di Elaborazione dell'Informazione (IEI).

La storia delle CEP per immagini

La cronologia degli eventi racconta in dettaglio il progetto che, fra il 1954 e il 1961, portò l'Università di Pisa a costruire due calcolatori elettronici. Ma anche l'occhio vuole la sua parte: le immagini che seguono forniscono una rilettura della storia dando un volto ai principali personaggi coinvolti e fisicità alle macchine e alle loro particolarità tecnologiche. Le Figg. dalla 1 alla 8 sono scansioni delle foto originali conservate presso l'Archivio Generale di Ateneo dell'Università di Pisa. Le Figg. 1 e 3 sono foto pubblicate anche nel ricordato opuscolo "Informazioni Generali sul Centro di Studi sulle Calcolatrici Elettroniche" stampato e distribuito nel 1959. Le Figg. 4, 5 e 6 sono immagini della II CEP e fanno parte di una serie di scatti professionali realizzati nell'imminenza dell'inaugurazione del 13 novembre 1961, ricordata dalla foto in Fig. 8. Concludono la carrellata due immagini (Figg. 9 e 10) di come la I CEP, persa perché smantellata per riusarne i componenti elettronici nella costruzione della seconda, può essere vista oggi in funzione.



Pag. 104

Fig. 1 Vista d'insieme della I CEP; da sinistra: il rack dell'unità aritmetica (di profilo), il rack del controllo microprogrammato (di fronte) con in basso la matrice di microprogrammazione a diodi, il rack della memoria (di profilo), la postazione con la seconda delle telescriventi Olivetti usate come dispositivo di ingresso/uscita, questa con perforatore di nastro e stampa a zona telegrafica; sullo sfondo si intravede il retro del quadro di controllo (1957 ca., Archivio dell'Università di Pisa).

Fig. 2 Il quadro di controllo della I CEP; a sinistra del pannello principale i due lettori di nastro perforato, quello manuale Olivetti (sul panchetto) e quello veloce a controllo automatico Ferranti (sulla scrivania); a destra la prima delle telescriventi Olivetti usate come dispositivi di ingresso/uscita, questa con stampa a modulo continuo (1957 ca., Archivio dell'Università di Pisa).

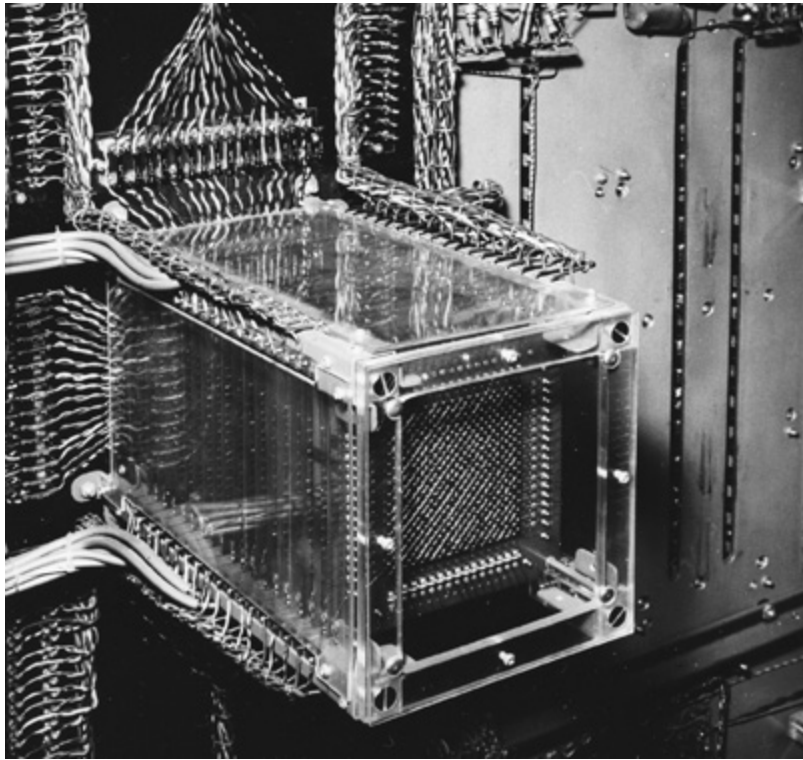


Fig. 3 Dettaglio della memoria a nuclei di ferrite della I CEP; si nota l'organizzazione in 18 piani 32x32, per un totale di 1024 parole di 18 bit (1957 ca., Archivio dell'Università di Pisa).



Fig. 4 Vista d'insieme della II CEP; in primo piano il quadro di controllo; a sinistra del quadro le coppie di lettori veloci di nastro perforato Ferranti e di perforatori veloci Teletype, all'estrema sinistra si intravede la stampante di linea Bull; a destra una delle telescriventi Olivetti. Il tamburo magnetico era collocato dietro il primo rack. Le unità a nastro magnetico, aggiunte in un successivo aggiornamento della macchina, e le altre telescriventi Olivetti erano collocate in una stanza adiacente (1961, Archivio dell'Università di Pisa).

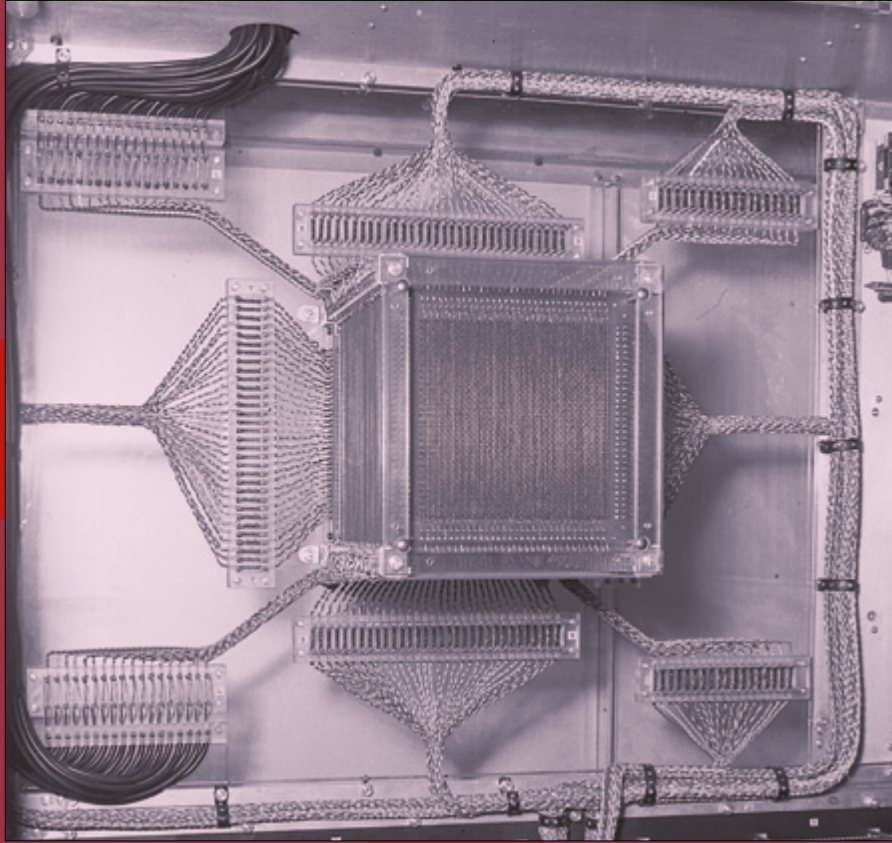


Fig. 5 Dettaglio della memoria a nuclei di ferrite della II CEP; l'organizzazione è completamente diversa rispetto alla I CEP (cfr. Fig. 3): sono 18 doppi piani 64x64, per un totale di 4096 parole di 36 bit. In un successivo aggiornamento della macchina, la memoria fu raddoppiata aggiungendo un secondo banco analogo al primo (1961, Archivio dell'Università di Pisa).

Fig. 6 Dettaglio del controllo microprogrammato della II CEP con la matrice di programmazione a bastoncini di ferrite, rispetto alla I CEP (cfr. Fig. 1) un rilevante cambio di organizzazione e tecnologia implementativa (1961, Archivio dell'Università di Pisa).

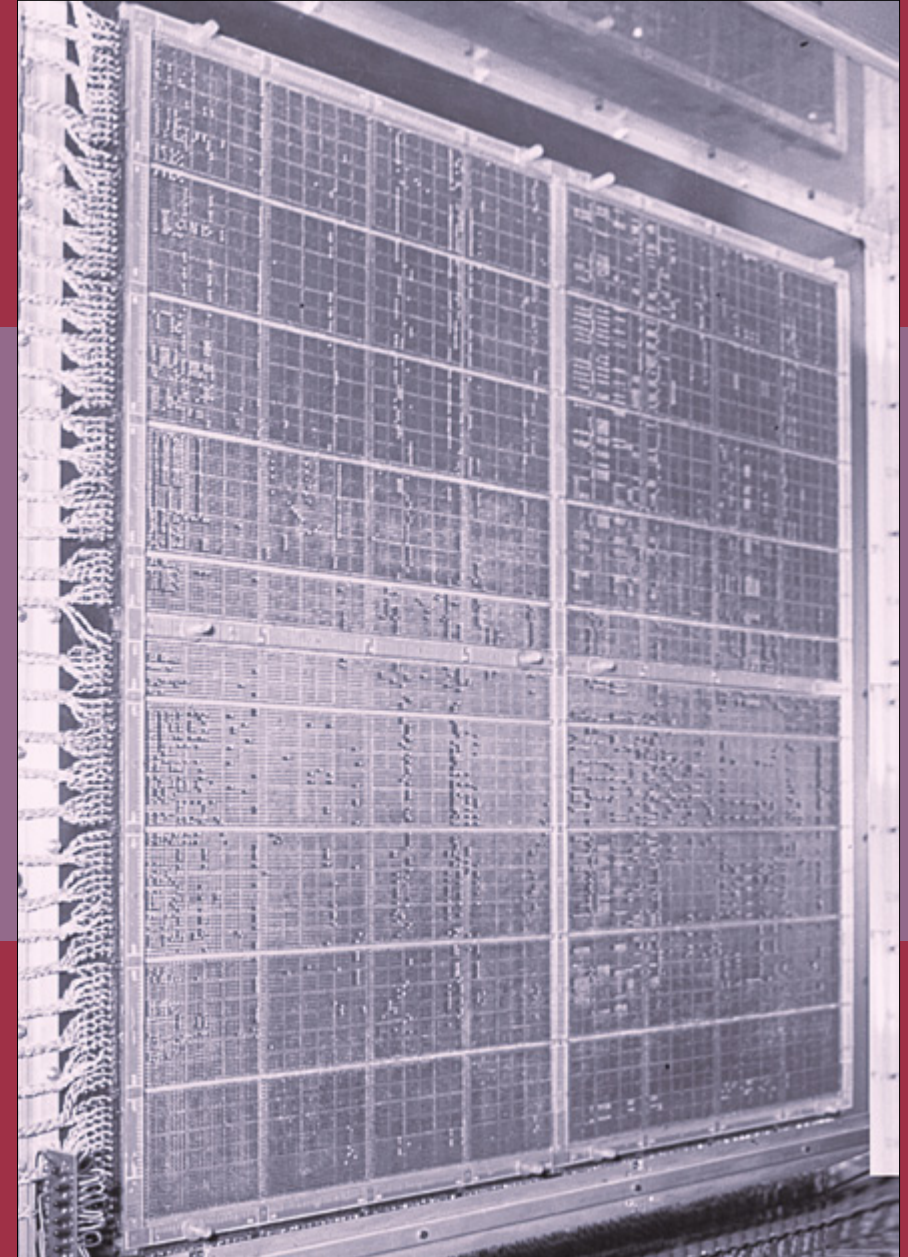




Fig. 7 La firma della convenzione fra Olivetti e Università di Pisa il 7 maggio 1956; a sinistra, seduto nell'atto di firmare, Adriano Olivetti, a destra, il rettore Enrico Avanzi (Archivio dell'Università di Pisa).

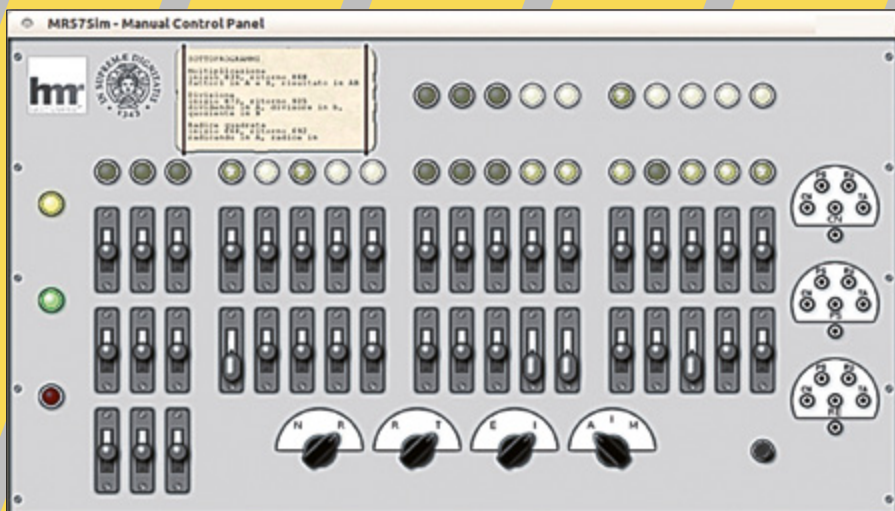
Fig. 8 Un momento della cerimonia di inaugurazione della II CEP il 13 novembre 1961, l'ingresso nelle stanze di Palazzo Matteucci, sede dell'Istituto di Fisica, dove era ospitato il CSCE. Al centro il Presidente della Repubblica Giovanni Gronchi, subito dietro di lui, da sinistra, Giovan Battista Gerace, Alfonso Caracciolo e Marcello Conversi (Archivio dell'Università di Pisa).

Pag. 112

Fig. 9 Dettaglio della replica dell'addizionatore della I CEP costruita nel 2011 e conservata al Museo degli Strumenti per il Calcolo di Pisa. Le valvole sono originali, recuperate dalle scatole di ricambi del CSCE: si notano i bollini e le marche che i regolamenti doganali del tempo imponevano di apporre su ogni singolo componente (foto dell'autore).

Fig. 10 Il quadro di controllo manuale della I CEP (cfr. Fig. 2) riprodotto dal simulatore realizzato nel 2011-13. Oltre a essere usato al Museo degli Strumenti per il Calcolo per far vivere l'esperienza di lavorare su un calcolatore degli anni Cinquanta, il simulatore è stato fondamentale per verificare sperimentalmente diverse caratteristiche della macchina.





Conclusione, anzi no

Le pubblicazioni degli articoli di Alonzo Church e Alan Turing¹⁴ sono considerate gli eventi dai quali, almeno per i suoi fondamenti teorici, è iniziata la storia dell'informatica. In realtà davano una risposta – negativa – all'*Entscheidungsproblem* e mettevano fine alla ricerca di un formalismo completo, consistente e decidibile. Cioè chiudevano un capitolo della storia di matematica e logica iniziato parecchi anni prima con David Hilbert e sul quale avevano lavorato personaggi del calibro di Bertrand Russell, J.W. Richard Dedekind, Kurt Gödel, Emil L. Post. Ma la storia scientifica è così, chiudere un capitolo significa spesso aprirne un altro: c'è sempre una certa riluttanza a mettere la parola fine.

Abbiamo scelto di terminare la cronologia delle CEP con la convenzione del CNR. È indubbiamente un momento di passaggio: la II CEP è ormai operativa, il CSCE è stabile come centro e si avvia verso una nuova vita istituzionale. Ma non è affatto la fine della storia.

Nel gruppo del CSCE ci saranno avvicendamenti e nuovi arrivi, ma la tendenza è crescente e attirerà interessati da tutta Italia. Il lavoro di ricerca continua, la II CEP sarà migliorata raddoppiando la memoria e aggiungendo le unità a nastro magnetico, sarà finalmente realizzato il compilatore Fortran. La macchina avrà vita lunga, rimarrà in funzione fino alla fine degli anni Sessanta lavorando giorno e notte. Ancora nel 1966, nelle rendicontazioni dei servizi, si registrano medie di più di trecento ore macchina al mese con picchi, come a marzo 1966, quando la II CEP lavorò per 496 ore utili, cioè una media di sedici ore al giorno inclusi i sabati e le domeniche, 170 delle quali per utenti esterni all'ateneo. Sono numeri che testimoniano, oltre che il successo del CSCE come centro di servizi, anche una notevole organizzazione del lavoro e un'ottima affidabilità della macchina.

Ma, come era stato ben previsto nella redazione dello statuto, la caratteristica determinante del CSCE era di essere centro di studi, e come tale, di attirare e concentrare ricercatori e interessi.

Nel 1964 IBM inizia a considerare l'Europa matura, oltre che come mercato, come contesto dove cercare collaborazioni scientifiche; decide perciò di aprire nel vecchio continente tre suoi centri di ricerca. Assieme a Londra e Copenaghen, è scelta Pisa, per i risultati conseguiti ma soprattutto per la concentrazione di studiosi della materia. IBM non arriva a mani vuote: porta con sé un 7090 che è, sì, esibizione di potenza per i propri obiettivi commerciali, ma è dato all'ateneo in uso gratuito. Pisa ora ha due calcolatori: tanta dovizia rende necessario un secondo centro dedicato alla gestione del 7090, è il Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico (CNUCE), inaugurato esattamente 4 anni dopo la II CEP, il 13 novembre 1965¹⁵.

14. Gli articoli, indipendenti, sono "A Note on the Entscheidungsproblem" del 1936, di Church, su *The Journal of Symbolic Logic*, 1 (1): 40-41 del 1936 e "On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem" del 1937, di Turing in *Proceedings of the London Mathematical Society*, 2 (42): 230-265.

15. Il giusto orgoglio di aver portato l'IBM a Pisa è palpabile nel discorso che Faedo, abile artefice del risultato, pronunciò come Rettore alla cerimonia di inaugurazione. "Discorso per l'inaugurazione del CNUCE", in *Annuario dell'Università degli Studi di Pisa a.a. 1965-66*.

Il 7090 per la II CEP è un concorrente in casa, la batte per architettura, prestazioni, strumenti di programmazione e librerie software. La macchina di casa continuerà a lavorare perché le richieste di servizi sono tante e sempre in crescita, ma inevitabilmente, le attività più interessanti migrano al CNUCE. Ma ciò che conta è l'effetto volano che continua a far crescere l'ambiente dei proto-informatici pisani. Che sono attivi anche nella riflessione sulla disciplina che, nata a metà fra ingegneri elettronici, fisici e matematici, comincia in quegli anni a definire la sua identità indipendente e a sentire la necessità di percorsi di formazione propri.

L'impegno didattico del CSCE, già durante il progetto CEP, aveva preso forme sempre più ragionate e istituzionalizzate. Nel 1964 si aggiunse il Corso di Perfezionamento in Calcolo Automatico. Ma è nel 1967, con l'analisi degli insegnamenti sui calcolatori elettronici di Antonio Grasselli¹⁶ che prende forma la proposta del corso di laurea in Scienze dell'informazione.

Grasselli viene dal gruppo di Luigi Dadda¹⁷ e, da Milano, porta a Pisa altri giovani ricercatori che saranno determinanti per garantire la fattibilità del progetto in termini di corpo docente. Il corso è istituito nel 1968 e attivato nel 1969-70, primo in Italia e, come proposta didattica, allineato con il Curriculum 68¹⁸ dell'ACM. I promotori del corso, oltre al neonato IEI ex CSCE, sono i docenti della Facoltà di Scienze, ma anche rappresentanti di ingegneria e dell'industria: IBM Italia e Italsiel.

Con il corso riemerge a Pisa anche l'indole costruttiva ma con un'interpretazione decisamente informatica. Per le esercitazioni degli studenti nel 1970 fu realizzato un calcolatore didattico originale¹⁹: il Calcolatore Automatico Numerico Educativo, o CANE. Ma non era hardware, era una macchina virtuale che girava sul 7090 del CNUCE.

Si potrebbe continuare annoverando nel ciclo virtuoso generato dall'esperienza del progetto CEP altri successi nazionali come il primo corso di dottorato con Genova e Udine, nel 1982, la prima connessione internet nel 1986, il primo passaggio a un corso quinquennale nel 1990, il primo corso di laurea in informatica umanistica nel 2002.

Ma più dei primati contano i ricercatori e gli studenti che Pisa ha attirato da tutta Italia, i centri di ricerca di Olivetti, IBM, HP, le numerose imprese nate come spin-off dei progetti universitari o come iniziative imprenditoriali dei laureati pisani. Una storia che, iniziata nel 1954, ha indelebilmente segnato il tessuto culturale, l'economia e l'identità della città.

16. Grasselli presentò la proposta in diverse occasioni, anche internazionali, dove si affrontava l'argomento, fra i documenti più interessanti citiamo "Computer Science at the University of Pisa", pubblicato poi come nota interna IEI B69/16, 1969.

17. Per la storia di Dadda e del Centro che si costituì intorno al CRC 102A si veda il contributo "La CRC 102A del Politecnico di Milano" di Roberto Dadda.

18. Il Curriculum 68 è la sintesi della discussione che, sulla scena internazionale, si svolse in quegli anni sulla disciplina e sulla formazione su di essa. Fu pubblicato in *Communications of the ACM*, 11 (3): 151-197.

19. I calcolatori didattici dell'epoca erano il Little Man Computer del MIT e il MIX di Donald Knuth, tutti parte della discussione internazionale sulla didattica della disciplina in cui si inserì il disegno di Grasselli. Vedi (Cignoni et al. 2020).

BIBLIOGRAFIA

- Cignoni, Alessandro, Giovanni A. Cignoni, Giuliano Pacini, e Daniele Ronco. 2020. "RiBau: il CANE torna a correre, un calcolatore didattico del 1970." *Mondo Digitale*, 89: 1-14.
- Cignoni, Giovanni A., Claudio Imbrenda, e Diego Ceccarelli. 2009. "Il restauro del software di sistema della Macchina Ridotta del 1956." *Atti del 47imo Congresso Nazionale AICA*, Roma, 4-6 novembre 2009, pp. 1-11.
- Cignoni, Giovanni A., e Fabio Gadducci, 2012. "Rediscovering the Very First Italian Digital Computer." *Proceedings of the 3rd IEEE HistEIcon*, Pavia, 5-7 settembre 2012, pp. 107-112.
- Cignoni, Giovanni A., Fabio Gadducci, e Daniele Ronco. 2013. "I documenti raccontano le storie delle CEP." *Atti di La CEP prima della CEP: storia dell'informatica, divulgazione scientifica e didattica sperimentale*, Pisa 11-12 novembre 2011, pp. 119-146.
- Cignoni, Giovanni A., Fabio Gadducci, and Stefano Paci. 2015. "A Virtual Experience on the Very First Italian Computer." *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, 4 (7): 1-23.
- Cignoni, Giovanni A., Nicolò Pratelli, e Maria Serena Papa. 2019. "Raccontare sul luogo: le Calcolatrici Elettroniche Pisane." *Museologia Scientifica Memorie*, 19: 212-215.
- Cignoni, Giovanni A., e Fabio Gadducci. 2020. "Pisa, 1954-1961: Assessing Key Stages of a Seminal Italian Project." *IEEE Annals of the History of Computing*, 2 (42): 6-19.
- Cignoni, Giovanni A., and Maurizio Gazzarri. 2023. "University of Pisa and Olivetti, 1954-1961: parallel stories of early Italian computers." *Proceedings of IEEE HistEIcon 2023*, Firenze, 7-9 settembre 2023, pp. 202-205.
- Cignoni, Giovanni A., Claudio De Martino, Emanuele Lenzi, Nicolò Pratelli, e Daniele Ronco. 2024. "CEP60: una storia glocal in una mostra virtuale." *Museologia Scientifica Memorie*, 23: 41-46.
- Fabri, Elio. 2013. "Gli inizi, il CSCE e la Macchina Ridotta." *Atti di La CEP prima della CEP: storia dell'informatica, divulgazione scientifica e didattica sperimentale*, Pisa 11-12 novembre 2011, pp. 21-29.

SITOGRAFIA

- CEP. <https://progettoHMR.it/Documentazione/Archivio> (Ultima cons. a ottobre 2025).
- CEP60 - Oltre le CEP. <https://progettoHMR.it/CEP60> (Ultima cons. a ottobre 2025).
- Corso di Storia dell'Informatica. <https://progettoHMR.it/Corso> (Ultima cons. a ottobre 2025).

<https://doi.org/10.36173/SII-parteprema-vol1-05>



Esordi

6

Maristella Agosti
Alberto Cammozzo

**La Macchina di Statistica
dell'Università di Padova**

Immagine dall'Archivio dell'Università degli Studi di Padova.
Raccolta fotografica, Palazzo Bo, n. 00020-459
«Palazzo Bo, facciata del Cinquecento
e facciata dell'Ottocento». Su concessione
dell'Università degli Studi di Padova
Ufficio Gestione documentale.

Introduzione

Tra il 1958 e il 1961 l'Istituto di Statistica dell'Università di Padova costruì una calcolatrice elettronica numerica didattica, su modello o ispirazione dell'APE(X)C realizzata in Gran Bretagna. La costruzione avvenne per mano di soli tre tecnici, con un budget molto contenuto e un finanziamento reperito nel Triveneto.

Nonostante la limitata capacità di elaborazione della macchina, tale impresa era vista come necessaria per fornire competenze e risorse didattiche nel quadro dell'imminente, più vasta, trasformazione del contesto scientifico ed economico. In questo senso, nonostante il progetto tecnicamente non fosse particolarmente originale o innovativo, si trattò di un'operazione lungimirante con una dimensione culturale significativa e che portò frutti nella programmazione didattica.

Negli stessi anni, l'ateneo patavino intraprese l'acquisto di un calcolatore elettronico più potente per soddisfare le crescenti e disparate esigenze di calcolo scientifico dei vari istituti. Il tormentato processo di scelta portò alla consegna a Padova del primo sistema Olivetti Elea 6001, acquistato con fondi ministeriali, che oscurò il precedente progetto appena realizzato.

La selezione fu tortuosa per via di una serie di ritardi e problemi che tutt'ora investono la scelta di sistemi informatici: diversità di esigenze nei vari ambiti disciplinari, adeguatezza per potenza di calcolo e di memoria, compatibilità software, obsolescenza, manutenibilità.

L'Ateneo patavino perseguì, nel soddisfare le proprie esigenze di calcolo con macchine numeriche, entrambe le esperienze, sia quella *make* che quella *buy*.

L'Università di Padova al tempo del progetto

L'Università di Padova, fondata nel 1222, dopo Bologna è il più antico Studio generale italiano e uno dei più antichi di tutta Europa. Il motto *Universa universis patavina libertas* la caratterizza da sempre, perché, grazie allo spirito di libertà di cultura e di espressione, un gruppo di studenti e docenti ha lasciato l'Università di Bologna per fondare una nuova Università a Padova, dove ha trovato il supporto del Comune e dove attività di studio e ricerca erano già presenti da anni.

La prima registrazione di una regolare organizzazione universitaria avviene nel 1222, considerato l'anno di fondazione. L'Università di Padova nasce libera, non grazie a un editto papale o dell'imperatore. Fin dal 1500 l'Università è una sede di ricerca scientifica rinomata a livello internazionale; non a caso, al 1545 risale la fondazione del primo Orto botanico del mondo e al 1595 la realizzazione del più antico Teatro anatomico stabile, ambedue strumenti che hanno contribuito a fare dell'Università di Padova la culla della Rivoluzione Scientifica che ha cambiato il volto del sapere in Occidente.

Durante il Rinascimento lasciano un segno indelebile professori come Andrea Vesalio, Gabriele Falloppio e successivamente Girolamo Fabrici d'Acquapendente che, con le loro scoperte nel campo dell'anatomia, contribuiscono a far nascere la Medicina moderna.

Galileo Galilei (1564-1642) insegna a Padova per 18 anni (1592-1610), avvalorando la tesi eliocentrica di Nicolò Copernico, e imprime una svolta fondamentale allo studio dell'astronomia anche con la pubblicazione, nel 1610, del *Sidereus Nuncius*.

Si può dire che Galileo Galilei liberò definitivamente le misure dal controllo della divinità e dei suoi rappresentanti in terra.

Nelle sue opere fondamentali (*Sidereus Nuncius*, *Il Saggiatore*, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*) e nelle preziose lettere, sovente colme di amarezza e ironia – tra le quali le tre scritte nel 1612 a Marco Welser in forma di *Istoria e dimostrazione intorno alle macchie solari e loro accidenti* – sostenne il ruolo fondamentale dell'osservazione sperimentale e delle misure nello spiegare i fenomeni della natura.

Le macchie solari da lui osservate seguono nel loro moto le stesse leggi che valgono sulla Terra. Le sfere celesti perfette e immutabili sono un'illusione. Da qui lo scontro con la gerarchia della Chiesa Romana, alla quale Galileo sottrasse, insieme al dominio dell'astronomia, il dominio sulla ragione umana.

L'Università di Padova annovera fra i suoi studenti Elena Lucrezia Cornaro Piscopia, la prima donna al mondo che abbia conseguito una laurea (25 giugno 1678).

Fino al 1806, anno in cui il Veneto entrò a far parte del Regno d'Italia napoleonico, l'università era organizzata in un'università dei giuristi e in una degli artisti; poi viene introdotto un sistema basato sulle facoltà, che tiene conto dell'evoluzione scientifica e tecnica e della nascita di nuove discipline¹.

A novembre 1945 è stata conferita all'Università di Padova, unica tra gli atenei italiani, la medaglia d'oro al valore militare per il ruolo che ha avuto nella Resistenza, onorando così il suo motto.

Calcolo automatico all'Università di Padova

Nei primi anni dopo la fine del secondo conflitto mondiale le autorità accademiche dell'università dovettero occuparsi, prima di tutto, di riparare i danni materiali e di reintegrare le molte apparecchiature scientifiche perse o saccheggiate. La stabilizzazione a livello nazionale favorì, poi, la ripresa delle diverse attività e anche l'Università di Padova si avviò in un percorso di sviluppo e di progresso².

Agli inizi degli anni Cinquanta erano attive sei facoltà: Giurisprudenza, Medicina e Chirurgia, Lettere e Filosofia, Farmacia, Ingegneria e Scienze matematiche, fisiche e naturali. Negli anni immediatamente successivi iniziò a operare di nuovo la Facoltà di Scienze politiche e vennero avviate le nuove Facoltà di Agraria, e Magistero.

1. Del Negro, Piero, cur. 2001. *L'Università di Padova: Otto secoli di storia*. Padova: Signum Padova Editrice.

2. Ove non altrimenti precisato, il riferimento per le fonti è: Archivio storico dell'Università degli Studi di Padova, Atti del Rettorato 1966-67, Ar2739, Pos 77 (CECS). Sfortunatamente l'archivio dell'Istituto di Statistica non è pervenuto ai nostri giorni, per cui questa è l'unica fonte che siamo stati in grado di reperire assieme ai documenti riguardanti il Centro Universitario di Consulenza Statistica e di Calcolo (CUCSC) e la Macchina di Statistica presenti nello stesso archivio, Atti del Rettorato 1958-59, Ar3737 e Ar3738; e, presso lo stesso Ateneo, nell'Archivio del Novecento, Contabilità, Faldone 33, Fascicolo 33/4 (CUCSC).

Nell'intervallo temporale 1945-1961, l'andamento delle iscrizioni degli studenti subì qualche oscillazione, ma il numero totale degli iscritti rimase quasi sempre poco sotto alle 10 000 unità con una presenza femminile limitata al 22-23% del totale; occorre aspettare l'anno accademico 1967-68 per vedere triplicare il numero degli studenti iscritti.

Il numero dei docenti di ruolo variava da settanta a ottanta (tutti uomini), affiancati da numerosi professori incaricati e assistenti.

In quegli anni vennero attivati nuovi centri di studio specialistici in cui si avvertiva, specialmente da parte di docenti di chimica, e in generale di scienze, la necessità di disporre di apparecchiature automatiche di calcolo veloci ed efficienti. Tra questi vi erano anche gli statistici che operavano nell'Istituto e nella Scuola di Statistica (attiva dal 1927), istituzioni che gravitavano intorno alle Facoltà di Giurisprudenza e di Scienze politiche.

Il primo documento finora reperito che riguardi il calcolo automatico digitale nell'Ateneo patavino risale al 1952³.

Nel 1954 il fisico Giuliano Patergnani⁴, che poi collaborerà alla costruzione della Macchina di Statistica (MS), è presente alla riunione di Pisa per la CEP⁵. Sono documentate richieste di lavori di calcolo da parte dei chimici Silvio Bezzi e Carlo Panattoni⁶ presso il Politecnico di Milano o presso l'INAC.

Nel 1958 il bisogno di calcolo è sentito, specie tra i fisici (Antonio Rostagni)⁷ e tra i chimici organici (Giovanni Semerano)⁸ che usano la diffrazione a raggi X. Anche lo statistico Albino Uggè ha ben chiaro che occorre aumentare l'offerta di risorse di calcolo in previsione della domanda futura e pensa a un centro di consulenza destinato non solo ad impieghi accademici, ma al servizio del territorio.

A tale scopo, coinvolge gli enti locali, principalmente la Camera di Commercio, che si mostra disponibile a partecipare a un progetto di finanziamento.

3. Lettera datata 7 ottobre 1952 spedita dall'Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo del CNR, ad Angelo Bianchi, Istituto di Mineralogia, Università di Padova (presso archivio INAC 1.D-324 / 13820). Il mittente (forse Picone) consiglia a Bianchi la lettura dell'articolo di Bruno de Finetti "Macchine 'che pensano' (e che fanno pensare)". Alla lettera è allegata una nota "da diffondere tra gli scienziati d'Italia... nella speranza di convincerli del loro preciso dovere... di addivenire all'assegnazione di una macchina calcolatrice elettronica per lo INAC".

4. Giuliano Patergnani (1930-2012), laureato in Fisica a Padova nel 1952, è stato professore associato di Didattica e storia della fisica all'Università di Padova.

5. 20 gennaio 1955 "Breve riassunto delle discussioni svoltesi nelle sedute del 13 e 14 gennaio per il progetto di una calcolatrice elettronica", Istituto di Fisica dell'Università degli Studi di Pisa, Archivio dell'Università di Pisa, Disponibile online: https://www.progettohm.it/Documentazione/Archivio/DocCEP/1955_0120_Riufisica.pdf

6. Dadda, Luigi. 1993. "Ricordi di un informatico." In: Fondazione Adriano Olivetti. *La cultura informatica in Italia*. Torino: Bollati-Boringhieri, pp. 77-78.

7. Lettera in data 22 gennaio 1957 da Antonio Rostagni, Istituto di Fisica, Università di Padova a Mauro Picone, INAC (presso archivio INAC 1.D-324/ 19401); lettera in data 29 settembre 1958 di Francesco Marzolo, Istituto di Idraulica e costruzioni idrauliche dell'Università di Padova, Centro veneto di ricerche idrauliche del CNR, a Mauro Picone (INAC 1.D.324/ 21305) e successiva corrispondenza.

8. Lettera in data 14 aprile 1956 di Giovanni Semerano, Istituto di Chimica fisica, Università di Padova, a Mauro Picone, INAC, e successiva corrispondenza (presso archivio INAC 1.D-324/ 18493).

Un documento programmatico e progettuale ci è di particolare utilità a comprendere il contesto, gli obiettivi e i mezzi per raggiungerli: nella relazione del Comitato promotore per l'istituzione di un Centro universitario di consulenza statistica e calcolo presso l'Università di Padova (CUCSC)⁹ – che riportiamo integralmente in allegato – Uggè registra, oltre al fabbisogno interno dell'ateneo di consulenza statistica, quello degli organismi economici sia privati che pubblici che "si stanno già attrezzando con strumenti di calcolo e sistemi di automazione integrale delle operazioni amministrative".

Uggè comprende, però, che per soddisfare la domanda di calcolo non bastano le macchine ma servono anche le persone formate.

L'aspetto didattico è perciò assai rilevante nel progetto di Uggè: e sarà quello affrontato per primo e con l'effetto più duraturo nell'offerta formativa dell'Istituto (e poi della Facoltà) di Statistica, con corsi di linguaggi di programmazione, sistemi informativi, basi di dati e teoria e tecnica dell'elaborazione automatica dei dati¹⁰.

Diversamente da quanto abbiamo visto per i fisici e i chimici, per i quali il calcolatore era già una sentita esigenza, la visione multidisciplinare di Uggè – laureato in giurisprudenza, docente di materie economiche, finanziarie e statistiche – gli consente di prevedere l'imminente e ancora inespressa domanda di calcolo elettronico da parte di discipline scientifiche e ambiti produttivi ben diversi; per questo motivo coinvolge nell'iniziativa gli enti deputati alla promozione economica del Triveneto.

In questa strategia possiamo forse intravedere i primi passi di quel modello di servizi che portò, nel 1974, alla fondazione del Centro Elettronico Regionale Veneto Elaborazione Dati (CERVED).

Uggè vede i calcolatori come elementi indispensabili in una trasformazione organizzativa e culturale necessaria ad affrontare la sfida competitiva del Mercato comune europeo.

Il progetto si rivolge, perciò, non solo a chi ha già chiara la loro utilità, ma alle diverse discipline accademiche e a vari ambiti dell'economia e dell'amministrazione pubblica che non vedono ancora chiaramente ciò che sta per accadere.

Quello che traspare dal progetto di Uggè è la consapevolezza che quello che "si sta affacciando all'orizzonte [...] si accentuerà notevolmente nel prossimo avvenire e [...] presto assumerà un ritmo intenso" per cui occorre "preparare l'ambiente" in modo che le competenze necessarie siano ovunque diffuse. Difficilmente possiamo pensare che Uggè pensasse di affrontare tale sfida con la macchina di calcolo che verrà costruita a Statistica, data la limitatezza dello strumento e del finanziamento; tuttavia, comprendiamo che tale impresa era vista come un passo necessario per preparare il terreno di un'imminente più vasta trasformazione, di cui percepiva la dimensione culturale oltre che tecnica.

9. Università degli Studi di Padova, Divisione Affari generali. *Centro Universitario di Consulenza Statistica e di Calcolo (CUCSC)*, fascicolo numero 71/A, *Relazione del Comitato promotore per l'istituzione di un Centro Universitario di Consulenza Statistica e Calcolo presso l'Università di Padova*, 18 maggio 1958, pp. 5.

10. Facoltà di Scienze statistiche - Università di Padova. 2009. *Una lunga storia giovane: La statistica a Padova fra 200 anni di storia e 40 anni della Facoltà*. Padova: CLEUP.

Si riportano qui alcuni passaggi significativi della relazione che darà l'avvio alla costituzione del CUCSC e del progetto di costruzione dell'elaboratore elettronico:

[...] occorre fin d'ora porre a fuoco il problema, predisponendo il terreno ed i mezzi, sia col provvedere alla preparazione di specialisti, sia con lo studiare e lo sperimentare sistemi, sia col far conoscere agli interessati le possibilità dei sistemi elettronici, i limiti di convenienza della loro introduzione, sia infine con l'indicare le vie da battere per adeguarsi prontamente alle previste necessità, quando queste inderogabilmente si imporranno.

[...] anche prima della costituzione del Centro, [...] si è iniziato qualche passo in questa direzione: 1) organizzando un corso di lezioni teorico-pratiche per una elementare preparazione di programmatori[...] 2) raccogliendo sufficientemente materiale documentario[...] dei vari sistemi di calcolatrici elettroniche; 3) tenendo contatti con altri centri già avviati, e stringendo rapporti con i fornitori di materiale specializzato; 4) mettendo insieme una apposita documentazione tecnica ed una biblioteca[...]

Il Centro si propone, oltre alle consulenze statistiche, di contribuire a mezzo di corsi ed esercitazioni su materiale didattico preparato nel laboratorio specializzato, ad esempio su una piccola macchina didattica, alla graduale preparazione di personale addestrato nella impostazione di programmi per il calcolo elettronico applicato alla soluzione di problemi statistici[...] Parte di detto personale potrà essere utilizzato nel Centro stesso per conto terzi per la consulenza e la compilazione di programmi eseguibili presso altri Centri collegati[...].

Gli enti invitati a partecipare ai lavori del comitato promotore¹¹ furono, oltre alle Facoltà di Scienze politiche e di Giurisprudenza di Padova, la Regione Trentino-Alto Adige, la Provincia di Padova, la Camera di Commercio Industria e Agricoltura di Padova (*), quelle di Trento e di Treviso, l'Istituto Federale delle Casse di Risparmio Venete (*), l'Unione delle Province Venete (*), la Cassa di Risparmio di Trento, la Cassa di Risparmio di Venezia e la Cassa di Risparmio di Padova e Rovigo (*).

Gli enti segnati con (*) sono quelli che sono stati ringraziati successivamente per aver finanziato la costruzione del calcolatore.

Questo, dunque, appare l'*humus* nel quale il progetto di costruzione di una calcolatrice elettronica si sviluppa: un'università centro di competenze multidisciplinari da veicolare e coordinare tra contesti scientifici diversi, al fine di anticipare strategicamente le esigenze di sviluppo economico del territorio.

Negli archivi dell'Università di Padova si trovano ben pochi documenti sulla costruzione del calcolatore, ad eccezione dell'elenco degli acquisti di materiale elettronico da parte del CUCSC dal 1957 al 1960¹².

11. 18 maggio 1958, Università di Padova – Archivio di Ateneo. Archivio del Novecento – Contabilità. Faldone n. 33 (vecchio numero 1503). Serie: Centri di studio; fascicolo 33/4 “Centro Universitario di Consulenza Statistica e di Calcolo”.

12. *Ibidem*

L'esistenza della macchina è testimoniata anche da due pubblicazioni, assieme al materiale proveniente dall'archivio privato degli eredi di uno dei costruttori (Giorgio Contin) grazie al quale ci sono pervenuti un articolo scritto al termine dell'opera (Contin, Patergnani, e Piva 1961), alcune fotografie e schemi circuitali¹³.

Al progetto o al calcolatore non è stato dato un nome ufficiale, per cui è noto come la “sMacchina degli Statistici” (MS), come scrive Luigi Dadda¹⁴ o la “Macchina di Statistica”.

Al netto delle lacune archivistiche, l'entità del contributo versato da finanziatori esterni all'università – di cui si ha traccia – assomma a circa due milioni di lire tra febbraio 1958 e agosto 1960; a questi si aggiungono i finanziamenti dell'ateneo che portano a una stima complessiva della spesa di circa dieci milioni di lire, che, seppur limitata, è sufficiente a costruire la macchina per scopo didattico che verrà realizzata entro il 1961.

La realizzazione della Macchina di Statistica

Oltre ai finanziamenti, per la realizzazione della Macchina di Statistica¹⁵ era necessario anche il personale competente e questo fu identificato in due esperti tecnici elettronici, meno che trentenni e non laureati, Giorgio Contin e Francesco Piva.

Entrambi erano appassionati costruttori di strumenti elettronici e radioamatori.

Piva aveva lavorato con il clinico Mario Austoni nell'ambito della medicina nucleare ed era in forze come tecnico all'Istituto di chimica nucleare, diretto da Ugo Croatto, assieme a Contin¹⁶.

A essi si affiancò il fisico Giuliano Patergnani, allora venticinquenne ricercatore di fisica nucleare, incaricato di Fisica nucleare I, presso la Scuola di perfezionamento in Fisica. Tutti e tre avevano esperienza con l'elettronica ad impulsi e Patergnani, come già detto, era al corrente del progetto della Calcolatrice Elettronica Pisana.

Probabilmente per via delle restrizioni di budget, si decise di optare per un calcolatore *general purpose* ispirato all'architettura della inglese APE(X)C, una delle macchine inventate e costruite da Andrew D. Booth al Birkbeck College di Londra assieme a Kathleen H.V. Britten (che diventerà sua moglie), e descritta estesamente in una serie di

13. L'articolo, le fotografie e gli schemi sono stati messi a disposizione da Francesco Contin che li custodisce nell'archivio di famiglia.

14. Dadda, Luigi. 1993. *Ricordi di un informatico*. In: Fondazione Adriano Olivetti. *La cultura informatica in Italia: riflessioni e testimonianze sulle origini, 1950-1970*. Torino: Bollati Boringhieri, p. 78.

15. Questa sezione si basa sui risultati presentati nella pubblicazione: Agosti, Maristella, Alberto Cammozzo, Francesco Contin, e Silvio Hénin. 2023. “Building a Computer at the University of Padua, 1958-1961.” *IEEE Annals of the History of Computing*, 45 (01): 77-85, doi: 10.1109/MAHC.2022.3233201. Gli autori sono grati a Silvio Hénin per il contributo essenziale al lavoro di ricostruzione storica del progetto e realizzazione della Macchina di Statistica.

16. Informazioni acquisite dalla documentazione raccolta e mantenuta dalla Comunità per le Libere Attività Culturali che ha sede in Via Alvise Cornaro 1, 35128 Padova, e da documenti dell'archivio della famiglia Contin.

loro pubblicazioni¹⁷. In particolare, si poteva disporre di un instruction set consolidato per il quale erano disponibili routine di calcolo, in modo da poter utilizzare il computer immediatamente dopo la sua costruzione.

Andrew Booth è stato uno dei pionieri dell'informatica britannica. Chimico di formazione e cristallografo di professione, iniziò a progettare calcolatori digitali automatici a relè fin dal 1946 per soddisfare il bisogno di calcolo delle sue ricerche sulle strutture molecolari¹⁸. Dopo un primo tentativo con macchine analogiche e a relè, e dopo due soggiorni al Institute of Advanced Studies di Princeton dove operavano John von Neumann e Herman H. Goldstine, Booth decise di adottare la tecnologia elettronica a valvole e l'architettura dello *stored program*.

Fu uno dei primi a utilizzare un tamburo magnetico come memoria interna in cui registrare dati e programmi. Fu così che produsse il suo primo prototipo assieme a Norman Kitz, il SEC (Simple Electronic Computer)¹⁹, a cui seguì l'APE(X)C, a cui si ispirarono altre macchine simili come la norvegese NUSSE e l'inglese HEC della British Tabulating Machines²⁰. A queste architetture si ispirò il progetto della MS, anche se i realizzatori citano esplicitamente solo il testo del 1958 di Kathleen Booth sulla programmazione.

Si sa, dai suoi diari, che Booth in occasione di un viaggio in Italia, visitò il sito di costruzione della macchina. Già nel 1957 si procedette a una serie di acquisti di materiale elettronico e a uno scambio di corrispondenza con l'Università di Londra (molto probabilmente con il Birkbeck College o con Booth stesso)²¹.

17. Alcune delle pubblicazioni certamente utilizzate, anche perché presenti nelle biblioteche dell'Università di Padova, sono: Booth, Andrew D., e Kathleen H.V. Booth. 1953. *Automatic Digital Calculators*, 1st ed. London: Butterworth; Booth, Andrew D., e Kathleen H.V. Booth. 1956. *Automatic Digital Calculators*, 2nd ed. London: Butterworth; Booth, Kathleen H.V. 1958. *Programming for an Automatic Digital Calculator*. London: Butterworth.

18. È possibile, ma non provabile, che a Padova il primo che seppe dei progetti di Booth fosse Silvio Bezzi dal suo articolo: Booth, Andrew D. 1948. "The Electronic Principles of Digital Computers." *Electronics Forum*. Anche Bezzi era un cristallografo e aveva gli stessi fabbisogni di calcolo; Bezzi sarà poi uno dei promotori del Centro Universitario di Calcolo Scientifico dell'Università di Padova e ne sarà anche il direttore per un periodo.

19. Kitz, Norman. 1951. *A Discussion of Automatic Digital High-Speed Calculating Machines with special reference to SEC: A Simple Electronic Computer*. MSc thesis. London: Birkbeck College.

20. Queste informazioni sono state ricavate dai rapporti annuali del Birkbeck College di Londra di quegli anni e dai lavori: Johnson, Roger G. 2010. "Andrew D. Booth - Britain's Other Fourth Man." In Arthur Tatnall, cur. *History of Computing. Learning from the Past, Proceedings IFIP WG 9.7 International Conference - HC 2010*, pp. 26-37; Booth, Andrew D. and Kathleen H.V. Booth. 1997. "The Origins of MT." In *Proceedings of Machine Translation Summit VI: Plenaries*. San Diego (California), pp. 24-26; Lavington, Simon H. 1980. *Early British Computers: The Story of Vintage Computers and the People Who Built Them*. Manchester: Manchester University Press; Lee, John A.N. 1995. "Andrew Donald Booth." In Lee, John A.N., cur. *Computer Pioneers*. IEEE Computer Society Press, pp. 115-126.

21. Purtroppo, non si sono trovate le copie di questa corrispondenza, ma solo l'annotazione delle spese postali.

Il programma di acquisti si fece decisamente più intenso e definito a partire dal 1959, con l'ordine presso la Wharf Engineering Ltd.²² di componenti per una memoria a tamburo magnetico, mentre l'ordine di un oscilloscopio nel marzo 1959 indica che era già attivo un laboratorio di elettronica.

Questi acquisti sono collegati indiscutibilmente con la costruzione della macchina didattica, avvenuta direttamente nel sito di impiego, al quarto piano del Palazzo Bo che storicamente ospita l'Università di Padova dal 1493. Gli acquisti proseguirono per tutto il 1959 e divennero meno numerosi dopo la metà del 1960, a conferma che si stava ultimando la costruzione.

Buona parte delle informazioni sull'architettura della macchina e sui dettagli implementativi ci vengono dalla pubblicazione (Contin, Patergnani, e Piva 1961) e sono confermate dai reperti conservati nella collezione FWT/Unesco a Padova²³ e dai documenti dell'archivio di famiglia di Francesco Contin. Nella pubblicazione del 1961 sono esposti l'obiettivo, i vincoli e le scelte operate. Si specifica l'intenzione di costruire una macchina per uso didattico a un basso costo di costruzione e di esercizio, che fosse però in grado di assicurare una reale operatività scientifica, e che potesse contare sulla disponibilità di programmi già sviluppati.

Questi vincoli hanno portato a:

- 1) l'impiego di valvole al posto dei più costosi e meno affidabili transistor;
- 2) la scelta di una architettura logica bit-seriale che consente una consistente riduzione del numero di componenti logici rispetto a una più veloce architettura parallela²⁴;
- 3) l'impiego della memoria tamburo magnetico e non a nuclei, che erano ancora una costosa novità;
- 4) la scelta del set di istruzioni della APE(X)C per il quale erano già disponibili dei programmi.

Nella pratica, le scelte architetturelle sembrano seguire abbastanza da vicino lo schema della macchina sviluppata al Birkbeck College. Tuttavia, i circuiti descritti nei testi di Booth e negli altri due libri²⁵ citati nella bibliografia di (Contin, Patergnani, e Piva 1961) non erano sufficienti per riprodurre l'architettura del calcolatore, e quindi ci volle un discreto sforzo di interpretazione e di inventiva per realizzarlo.

22. La Wharf Engineering Ltd. (Fenny Compton, Warwickshire, UK) era una piccola azienda fondata da Andrew D. Booth assieme al padre per commercializzare i tamburi magnetici ideati da Booth stesso. Vi si produssero anche alcuni dei computer da lui progettati, come quello denominato M2. L'ordine riguarda 32 testine magnetiche e tre trasformatori. Si può supporre che le parti meccaniche del tamburo siano state prodotte a Padova.

23. Museo Didattico di Storia dell'Informatica, <https://musi.fwtunesco.org/mainmusi.html>

24. Ci si riferisce qui al significato di seriale usato negli anni 1950, cioè di architetture in cui dati e istruzioni si muovevano tra le diverse unità del computer ed erano elaborate un bit alla volta. Nelle architetture parallele ciò avveniva una parola alla volta, quindi molto più velocemente, ma a un costo proporzionalmente maggiore. Si veda: Smith, Richard E. 1989. "A Historical Overview of Computer Architecture." *Ann. Hist. Comp.* 10 (4): 277-303.

25. Millman, Jacob, e Herbert Taub. 1956. *Pulse and Digital Circuits*. New York: McGraw-Hill; Richards, Richard K. 1957. *Digital Computer Components and Circuits*. Princeton: Van Nostrand.

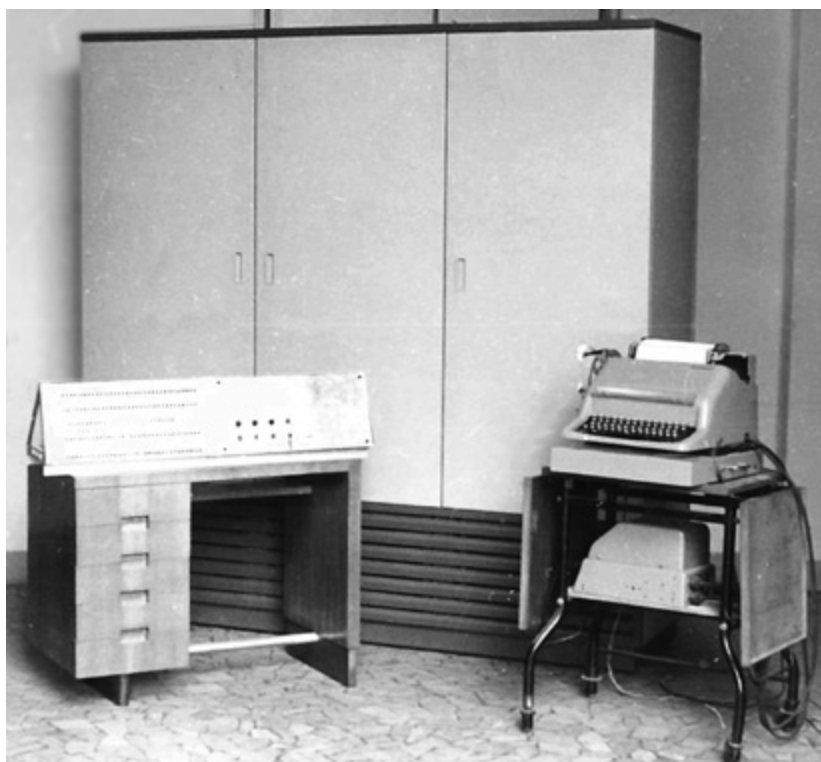


Fig. 1 La Macchina di Statistica: armadio a tre ante, pannello di controllo, a sinistra, periferiche di Input/Output (I/O), a destra (1961, foto di Giorgio Contin, Francesco Piva - Archivio Contin).

Come la APE(X)C e altre macchine della stessa epoca anche la MS faceva uso di un tamburo magnetico della capacità di 1024 parole di 32 bit. Il tamburo, ruotando a circa 3000 giri/min forniva anche il segnale di sincronizzazione dei circuiti (*clock* o orologio di sistema). Le operazioni aritmetiche erano a virgola fissa. La logica di tutto il calcolatore impegnava circa 250 valvole montate su una settantina di tessere (circuiti stampati) di dimensione standard raggruppate dodici alla volta in un telaio, secondo un'architettura modulare.

Il tutto era assemblato in un armadio a tre ante apribili sia sulla faccia anteriore che su quella posteriore. Alle tre ante corrispondevano la sezione di alimentazione, quella della memoria tamburo e una contenente la gran parte dei circuiti logici. Alla base di ciascuna sezione erano posizionate delle ventole per il raffreddamento. La macchina disponeva di un pannello di controllo sul quale il contenuto dei vari registri era visibile e poteva essere modificato manualmente mediante interruttori, in particolare i contenuti dei due registri aritmetici, quello dell'unità di controllo contenente l'istruzione, e l'indirizzo in esecuzione.

I dettagli tecnici riportati nella pubblicazione descrivono i tempi di operazione: 600 microsecondi per addizioni e sottrazioni, 20 millisecondi per le moltiplicazioni, e le divisioni erano 15 volte più lente delle moltiplicazioni. Le periferiche di Input/Output (I/O) consistevano in un lettore di nastri perforati e una telescrivente/perforatrice di nastri, entrambe prodotte da Olivetti (Figg. 1 e 2).

In merito al costo di realizzazione, le fonti di archivio rinvenute lasciano supporre un budget complessivo di circa sette milioni di lire del 1958, (11 200 US\$ dell'epoca)²⁶ – pur con certi margini di dubbio sul rispetto di tale budget e sulla completezza dei dati d'archivio. Sommando i salari dei due tecnici si potrebbe arrivare a circa dieci milioni di Lire (16 000 US\$)²⁷. Può sembrare un costo veramente basso, ma si può tentare un confronto con la M2, evoluzione della APE(X)C e prodotta commercialmente dalla Wharf Engineering, il cui costo previsto era di 9 000 sterline (22 400 US\$)²⁸.

Se confrontiamo poi la cifra con qualche altra piccola macchina seriale costruita in quegli anni in Europa continentale, la norvegese NUSSE, anch'essa copia dello APE(X)C, costò 27 000 US\$; la tedesca orientale D1 poco più di 7 000 US\$ e la più piccola D2 2140 US\$.

La MS si aggiunge così alla schiera di calcolatori bit-seriali costruiti in ambito accademico europeo continentale, tra le quali contiamo, oltre a quelle già citate, la serie delle G1, G1a e G2 di Gottingen, le polacche EMAL, EMAL2, XYZ, BINEG, la ERMETH svizzera, la DERA a Darmstadt e la ESKO a Helsinki. Nel 1961 la MS risultava terminata.

Nel materiale d'archivio non si trova traccia di un'inaugurazione ufficiale né di documenti che attestino un impiego scientifico o didattico della macchina.

Benché nelle pubblicazioni scientifiche dell'epoca fosse consuetudine fare riferimento all'uso di specifici calcolatori elettronici, della vita scientifica di questa macchina non si sono trovati riferimenti espliciti. Tutti coloro che ebbero un ruolo attivo nel progetto sono, purtroppo, deceduti. Dalla memoria di Felice Vian, che è stato professore e preside della Facoltà di Scienze statistiche, sappiamo che la MS negli anni successivi al 1961 era ancora in funzione²⁹ e possiamo forse ipotizzarne un breve uso per scopi didattici, com'era previsto dai compiti del CUCSC nel progetto di Uggè.

Certamente la MS soffriva degli stessi problemi di dentizione che affliggevano quasi tutti i calcolatori elettronici della prima generazione³⁰ e probabilmente faticò ad affrontare problemi su scala superiore a quella della didattica e trovare l'impiego consulenziale previsto dal progetto del CUCSC, essendo nata da un progetto ormai datato. Nell'articolo (Contin, Patergnani, e Piva 1961) si prevedeva di espandere la memoria a 4096 parole, ma non sappiamo se questo fu fatto. Da Nicola Margola, allora tecnico presso la Facoltà

26. I tassi di cambio adottati sono stati ricavati da Pacific Exchange Rate Service <https://fx.sauder.ubc.ca>

27. La cifra totale che risulta dall'analisi delle note spese, è 2 675 474 Lire, ma mancano i salari del personale e certamente altre fatture. Ad esempio, il totale delle valvole ordinate è solo di 85 mentre sappiamo che la MS ne usava 250.

28. De Kerf, Joseph L.F. 1959. "A Survey of British Digital Computers - Part 3." *Comp. Autom.*, 8 (5): 38-39.

29. Felice Vian, comunicazione privata, marzo 2021.

30. Bowden, Bertram V. 1953. *Faster than thought: a symposium on digital computing machines*. London: Pitman.

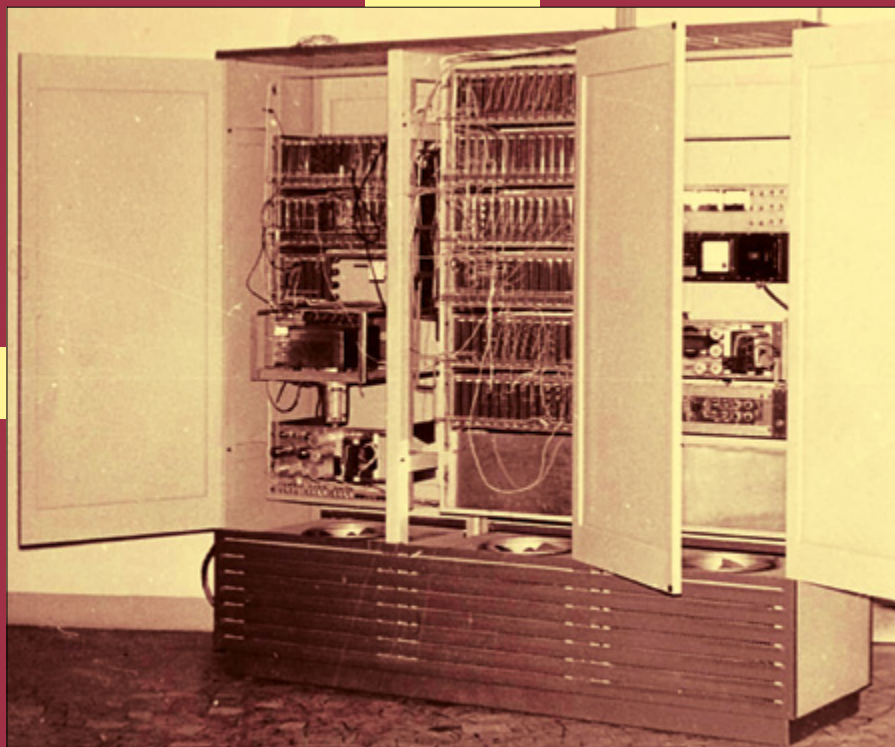


Fig. 2 La Macchina di Statistica. Nell'anta di sinistra dell'armadio a mezza altezza è collocato il tamburo magnetico, nello scomparto centrale c'è l'unità logica, nello scomparto a destra l'alimentazione; nella parte inferiore sono posizionate le tre ventole di raffreddamento (1961, foto di Giorgio Contin, Francesco Piva - Archivio Contin).

di Scienze Statistiche, sappiamo che la MS fu de-commissionata nel 1970 per il suo considerevole costo operativo³¹.

Concludendo questa sezione dedicata alla realizzazione della Macchina di Statistica, è interessante notare che questa ricerca ha consentito di registrare una deriva lessicale cui si può solo accennare e cui fa riferimento in questo volume anche Giovanni Cignoni nell'introduzione del contributo "I primi calcolatori, il contesto internazionale e italiano".

31. Nicola Margola, comunicazione privata, febbraio 2021.

Nei documenti consultati si è spesso incontrato il termine al femminile di calcolatore (sia meccanica o analogica che numerica) affiancato (a volte all'interno dello stesso documento) al termine calcolatore elettronico al maschile. Nei documenti dell'epoca i termini calcolatore o calcolatrice, se riferiti a persone, designano impiegati e impiegate con mansioni di calcolo. Mentre, quando riferiti ad oggetti, indicano (al femminile) le macchine calcolatrici: inizialmente meccaniche ed elettromeccaniche, poi macchine calcolatrici elettroniche (analogiche o numeriche – ma mai digitali).

Il genere maschile viene usato soprattutto con riferimento a macchine industriali: parlando di modelli specifici (ad esempio 650 IBM, Gamma MT o Olivetti ELEA 6001) il genere è sempre maschile. Anche la MS, macchina autocostruita, viene nominata dai costruttori "calcolatore elettronico per uso didattico e scientifico".

Si può congetturare che lo scivolamento del genere della macchina calcolatrice sia dovuto da una parte all'introduzione di locuzioni al maschile come sistema elettronico ed elaboratore dati e dall'altra al trascinarsi in italiano di come venivano resi i termini inglesi *computer* e *calculator* o francesi come *ordinateur*.

L'Elea 6001

Parallelamente alla costruzione presso l'Istituto di Statistica, procedeva l'iter per l'acquisizione di risorse sufficienti a soddisfare l'impellente domanda di calcolo da diversi altri istituti dell'Ateneo che il piccolo progetto degli statistici non poteva soddisfare.

Infatti, i fondi accademici sono insufficienti per accedere a risorse di calcolo esterne. Ci sono riscontri sulle lamentele del chimico Silvio Bezzi per il costo del calcolo nel 1958 con Gerard R. Pomerat della Rockefeller Foundation al quale confida di aver anche provato a usare il calcolatore di una banca locale. Il fisico Antonio Rostagni trova ascolto al Ministero della pubblica istruzione e ottiene promesse di finanziamento per un centro di calcolo di ateneo con fondi ministeriali. Il rettore Guido Ferro, nel luglio del 1958 istituisce una commissione per la scelta e l'acquisto di una calcolatrice elettronica che possa essere utilizzata da tutti gli istituti scientifici interessati. Coinvolge nel progetto, oltre al fisico Rostagni e allo statistico Uggè, anche i matematici e gli ingegneri – anche se questi ultimi hanno esigenze troppo varie o che possono essere affrontate con calcolatrici analogiche. Nel giugno del 1959 anche il chimico Bezzi entra a far parte della commissione di ateneo per il nuovo calcolatore, nella quale assumerà un ruolo decisivo. La commissione incontra due problemi, il primo è economico, perché i 25 milioni messi inizialmente a disposizione dal ministero sono comunque insufficienti ad acquistare una risorsa di potenza adeguata. Il secondo problema è tecnico: i fisici chiedono di acquisire una macchina IBM, sulla quale sono abituati a usare i programmi di calcolo sviluppati dai colleghi, e i chimici hanno bisogno di più memoria; ciò però porterebbe la macchina richiesta dai fisici a costare 175 milioni.

Il primo problema troverà soluzione con la legge n. 622 del 24 luglio 1959 che stanza, a livello nazionale, dodici miliardi per materiale didattico e scientifico. A Padova vengono promessi cento milioni, comunque insufficienti per la IBM 650 con memoria aggiuntiva, ma abbastanza per una Olivetti Bull Gamma MT; questa viene respinta dai fisici perché non compatibile con i programmi di calcolo di loro interesse.

La soluzione tecnica si troverà comunque, gradualmente, con la promessa della Olivetti di convertire a proprie spese i programmi necessari ai fisici, con l'offerta di borse di studio e soprattutto offrendo gratuitamente e per il tempo necessario, un collegamento e tempo macchina sulla Elea 9003 del Centro di Calcolo Olivetti di Milano.

Dall'inizio del 1960 partono anche corsi di programmazione su macchine Elea. Nel frattempo, viene sviluppato l'Elea 6001, "appositamente progettato per la risoluzione dei problemi di calcolo delle Università Italiane"³² e che per questo diventerà quasi uno standard per i centri di calcolo delle università italiane³³.

Sull'Elea 6001 convergerà, a maggio 1960, la scelta del comitato, che sarà poi formalizzata a ottobre. Il primo di novembre viene istituito il Centro universitario Elettronico di Calcolo Scientifico (CECS), che poi verrà denominato diversamente fino ad acquisire la denominazione di Centro di calcolo di ateneo. Il CECS si vedrà consegnare il calcolatore solo a gennaio 1962 nello stabilimento elettronico di Borgolombardo. Il calcolatore verrà effettivamente installato a Padova a marzo del 1962 e collaudato a fine anno. I ritardi verranno perdonati alla Olivetti grazie alla fornitura di alcune periferiche aggiuntive.

I due progetti, quello di autocostruzione di una macchina didattica e quello dell'acquisto del calcolatore di ateneo, procederanno in parallelo dal 1958 al 1961.

L'imminente arrivo del molto pubblicizzato Elea 6001, calcolatore di nuova produzione, oscurerà la presentazione, a giugno 1961, da parte dei tecnici che hanno realizzato la MS, Giorgio Contin, Giuliano Patergnani, e Francesco Piva del Calcolatore elettronico per uso didattico e scientifico al *VIII Congresso Internazionale per l'elettronica* a Roma. Infatti, il contratto per l'Elea 6001 venne firmato a dicembre 1960, anche se arriverà fisicamente a Padova solo nel 1962. Il 10 dicembre 1960 a Roma si tenne anche l'assemblea costitutiva dell'AICA. Venne nominato, per votazione, un comitato direttivo provvisorio costituito, tra gli altri, da alcuni dei protagonisti di queste vicende, e cioè Uggè, con la carica di vicepresidente, Panattoni, Semerano e Piva³⁴ (si veda anche il contributo "Il ruolo di AICA nella ricerca informatica" di Paolo Cianciarini).

Le due macchine saranno funzionanti a Padova negli anni successivi; la MS verrà rimpiazzata da una Olivetti P101, mentre l'Elea 6001 verrà rimpiazzato per le applicazioni di calcolo scientifico con un collegamento al CDC 6600 del CINECA installato a Casalecchio di Reno (Bologna) a tal proposito si veda anche il contributo "Consorti e centri di servizio" di Ivan Grossi.

32. Università di Padova, Archivio CECS, 9 maggio 1960, duplicato della lettera recante la descrizione tecnica e l'offerta Olivetti per la fornitura di un elaboratore Elea 6001. Riguardo a tale "specificità" dell'Elea 6001 riferiamo della presenza nel dossier "Università di Padova" negli Archivi Olivetti un ritaglio di Stasera Milano del 12 gennaio 1962 che suggerisce un diretto coinvolgimento dei committenti di ricerca nella definizione dei requisiti: "Nell'estate del '59 vi fu la prima riunione tra i tecnici della Olivetti e i rappresentanti delle Università italiane (promotore Silvio Bezzi di Padova), per costruire un calcolatore elettronico non più a valvole (complesso e costoso, da 120 milioni in su) ma a transistor. L'obiettivo da raggiungere era: costo non superiore ai 50 milioni, strumento perfezionato e potente". A testimonianza di tale coinvolgimento non sono stati trovati ulteriori documenti.

33. Bonfanti, Corrado. 2019. "Computer Made in Italy." *Mondo Digitale*, pp. 1-45.

34. Ghizzetti, Aldo, cur. 1971. *AICA - 1961/1971: dieci anni di attività*. Roma: Tipo-Litografia MARVES.

Considerazioni conclusive

L'Ateneo patavino, come quello pisano, ha precocemente percepito l'utilità delle macchine di calcolo automatico digitale per svolgere attività di ricerca. Per alcuni scienziati questa necessità era acutamente sentita e faticosamente soddisfatta rivolgendosi a INAC o ad altri. Per altri, la richiesta di automatizzare le operazioni di calcolo era ben soddisfatta da macchine elettromeccaniche o analogiche o non era così impellente. Per i primi era necessario dotarsi dei più recenti e adeguati strumenti forniti dalla produzione industriale, strumenti così costosi da poter essere acquistati solo con fondi ministeriali la cui erogazione era incerta nei tempi e nell'entità. Ma questo non era l'unico elemento di incertezza.

Nella vicenda del tormentato processo di acquisto dell'Elea 6001 sono presenti diversi aspetti emblematici dei problemi di *procurement*, tuttora attuali. In primo luogo, gli aspetti tecnici e tecnico-economici quali adeguatezza e costo delle risorse di calcolo e di memoria, ma anche la diffidenza verso prodotti e architetture nuove incompatibili con le librerie di programmi già scritti e largamente considerate uno standard da una comunità di riferimento.

In secondo luogo, l'efficacia delle strategie commerciali del produttore Olivetti che offrì, assieme al computer, anche servizi quali la traduzione dei programmi, la formazione del personale e i servizi sostitutivi di calcolo miranti a rassicurare il cliente e invitarlo verso la propria soluzione non standard. Ma al di là della soddisfazione strumentale delle necessità di calcolo ai fini della ricerca scientifica, anche la missione didattica dell'Ateneo andava adempiuta integrando la formazione degli studenti attraverso l'acquisizione e la formazione di competenze specifiche in quella disciplina che si sarebbe poi chiamata Informatica, attingendo da campi disparati.

Le attività che mirarono alla realizzazione del centro universitario di consulenza statistica e di calcolo (CUCSC), quali la documentazione prima, la ricerca di fondi poi, e infine di costruzione della calcolatrice conosciuta come Macchina di Statistica (MS) contribuirono a formare un centro di *expertise* e di didattica multidisciplinare. Emblematicamente, fu l'Istituto di Statistica, per natura multidisciplinare, a promuoverla grazie all'intuizione di Uggè, che mobilitò finanziatori dal territorio tradizionalmente servito dall'Università di Padova, sensibilizzandoli alla tematica, e reclutò tecnici esperti. Il ruolo di questi ultimi non può più essere ricostruito appieno ma rischia di essere sottovalutato: non sappiamo se furono loro a scegliere il progetto dell'APE(X)C dal quale partire (forse perché era disponibile una libreria di programmi e un codice macchina pubblicato), ma seppero studiarlo, comprenderlo e integrarlo trovando, di volta in volta, soluzioni fino alla realizzazione di un calcolatore funzionante.

Non possiamo non concludere però che l'esperienza, per quanto coraggiosa, non ebbe tutto il rilievo e la portata che avrebbe potuto avere. Tecnicamente, la MS arrivò troppo tardi, quando ormai diversi produttori offrivano modelli di varie dimensioni a prezzi contenuti e quando la tecnologia usata era decisamente superata grazie all'avvento delle memorie a nuclei magnetici e all'uso dei transistor.

Lo dimostra l'acquisto della Olivetti P101 da parte dello stesso Istituto di Statistica. Questa rapida obsolescenza non consentì forse alla considerevole mole di conoscenze ed esperienza acquisite per realizzare la MS di circolare e avere una ricaduta, né accademica né industriale – al contrario di quanto accadde per la prima calcolatrice pisana, concepita

pochi essenziali anni prima, come un progetto nuovo ed ambizioso in un contesto di collaborazione accademica-industriale.

Ringraziamenti

Si desidera ringraziare Francesco Contin per aver autorizzato la pubblicazione delle fotografie della Macchina di Statistica custodite nell'archivio della sua famiglia e per aver condiviso informazioni utili alla ricostruzione del processo di progettazione della MS.

L'aiuto degli archivisti che operano nell'Archivio storico dell'Università di Padova è stato prezioso per l'individuazione dei documenti utili alla ricostruzione del progetto della Macchina di Statistica.

Si ringrazia della preziosa collaborazione l'archivio storico della CCIAA di Padova.

BIBLIOGRAFIA

- Agosti, Maristella, Alberto Cammozzo, Francesco Contin, e Silvio Hénin. 2023. "Building a Computer at the University of Padua, 1958-1961." *IEEE Ann. Hist. Comput.* 45 (1): 77-85.
- Contin, Giorgio, Giuliano Patergnani, e Francesco Piva. 1961. "Calcolatore elettronico per uso didattico e scientifico." Presentato al *VIII Congresso Internazionale per l'elettronica*, Roma, vol. 2.
- Piva, Francesco. 1962. "Il calcolatore elettronico dell'Istituto di Statistica dell'Università di Padova." *Circolare AICA*, no. 7, pag. 3, febbraio 1962.
- Uggè, Albino. 1958. *Relazione del Comitato promotore per l'istituzione di un Centro Universitario di Consulenza Statistica e di Calcolo presso l'Università di Padova*. Padova: Università degli Studi di Padova.

APPENDICE

Relazione del Comitato promotore per l'istituzione di un Centro Universitario di Consulenza Statistica e di Calcolo (CUCSC) presso l'Università di Padova:

A) Due ordini di considerazioni hanno suggerito di dar corso all'iniziativa di costituire un "Centro Universitario di Consulenza Statistica e di Calcolo".

Da un lato si sono tenute presenti le esigenze della ricerca scientifica e dell'attività didattica. L'Università dispone di un Istituto di Statistica e di una Scuola di Statistica che svolgono la normale attività segnata dagli Statuti, ma, che non sono in grado, per la loro strutturazione e per la modestia dei mezzi di cui sono dotati, di far fronte alle crescenti esigenze di collaborazione tra statistica ed indagine scientifica che gli indirizzi moderni impongono sempre più imperiosamente in ogni campo.

Gli attuali ordinamenti non consentono, infatti, di fornire quel minimo di assistenza statistica che, nell'impostazione dei piani di ricerca, nell'elaborazione del materiale e interpretazione dei dati, l'indagatore delle varie discipline naturalistiche richiede e che, nei Paesi più progrediti tecnicamente e scientificamente, è divenuta pratica abituale, favorita dall'organizzazione universitaria e dalla esigenza di corsi speciali e di istituti creati a questo fine (ricordo come esempi fra i tanti, l'Institute of Statistics della North Caroline University, e il Centro Sperimentale Agrario di Rothamsted, culla di un profondo rinnovamento probabilistico e tecnico della statistica moderna, merito di R.A. Fisher e della sua

Scuola, dove centinaia di sperimentatori, lavorano di conserva e con l'aiuto di decine di statistici).

La Scuola di Statistica che ha visto, quest'anno, salire a 115 il numero dei suoi iscritti attratti dalla previsione di un non difficile collocamento presso gli uffici di Enti pubblici e di Aziende del settore privato, in seguito al continuo intensificarsi del fabbisogno di personale esperto in statistica ed all'allargarsi della domanda di elementi dotati di buona preparazione, ancora piuttosto scarsi di numero sul mercato italiano, ha bisogno di integrare l'attrezzatura scientifica a sua disposizione, di avvalersi di nuovi aggiornati mezzi di insegnamento, di avere accanto a sé un organismo agile e sensibile che costituisca un punto di incontro tra ambiente economico pratico e Istituti Scientifici, favorendo le occasioni di uno scambio vicendevole di esperienze, dando risalto alle istanze della vita economica e stimolando così lo sforzo di adeguarvisi tempestivamente.

B) In secondo luogo, l'ispirazione ad istituire un siffatto Centro venne dalla constatazione che l'ausilio della statistica si rende sempre più indispensabile nella condotta degli organismi economici ed amministrativi privati e pubblici.

Conoscenza di statistiche esterne e interne, previsione di andamenti di fenomeni economici, finanziari, demografici, controllo delle operazioni di produzione, prove sperimentali della efficienza di certi metodi e di certi preparati, di certe soluzioni tecniche, comparazione fra risultati ottenuti con diversi procedimenti, e in diverse situazioni, confronti fra comportamento effettivo di un sistema e comportamento rispondente alla struttura di un certo modello, analisi dei mercati, documentazione ed interpretazione critica dei dati di gestione, studio dei problemi logistici, di traffico, di trasporto, di alimentazione e di coordinamento di macchine e di catene di produzione, misura dei fenomeni interessanti la collettività per la predisposizione di provvedimenti adeguati da parte delle autorità politico-amministrative: ecco una serie incompleta di compiti e di necessità che pongono ormai le Aziende Private e di Enti Pubblici nella necessità di provvedere alla raccolta sistematica od occasionale di documentazione statistica appropriata, predisponendo indagini particolari complete e campionarie, o attingendo alle fonti statistiche già disponibili di elaborare, con la metodologia adatta ai singoli problemi i dati ottenuti, di interpretarli correttamente, di ricavarne suggerimenti idonei a dare sostegno razionale a giudizi, a deliberazioni, a decisioni operative.

Molto spesso, Enti Pubblici ed Imprese Private, o perché non dispongono del personale specializzato, o perché non hanno convenienza o mezzi di attrezzare propri uffici statistici non si trovano in grado di progettare ed eseguire lavori statistici del genere o lo potrebbero fare solo con grande dispersione di sforzi, con ingenti oneri, e con non sicuri risultati.

Un centro che offra loro una consulenza specializzata e che si assuma anche, se del caso, la programmazione e l'esecuzione della ricerca, (si tratti di formare semplicemente la desiderata documentazione statistica o si tratti di condurre indagini più complesse), potrebbe facilitare la soluzione pratica dei problemi e costituire uno strumento efficace per una migliore organizzazione dell'attività economica ed amministrativa, nella Regione, anche in vista delle nuove esigenze imposte dall'avvio al Mercato Comune Europeo, che rende più pressante la necessità di incrementare l'efficienza produttiva.

Questo secondo compito si ricollega così, al primo già esaminato, in quanto, oltre che con l'addestramento e la preparazione del personale specializzato in statistica, il centro si propone di rendersi utile con la collaborazione diretta e con la prestazione della propria opera al settore privato ed agli Enti Pubblici del Veneto. Un particolare problema di preparazione di personale alla cui soluzione il centro vorrebbe contribuire, si sta già affacciando all'orizzonte e, come è facile prevedere, si accentuerà notevolmente nel prossimo avvenire. Già Industrie Private ed Enti Pubblici stanno, sia pure in misura limitata, attrezzandosi per la loro amministrazione non solo con

apparecchiature ormai tradizionali, ma anche con nuovi apparecchi elettronici; già si prospetta la possibilità di applicare, per questa via, sistemi di automazione integrale delle operazioni amministrative sul piano aziendale. I problemi più gravosi di contabilità generale, di gestione magazzini e di fatturazione di bollette sono già risolti dai maggiori complessi solo con l'ausilio di elaboratori elettronici. Oltre che nella Ricerca Scientifica, anche nella pratica industriale si pongono poi esigenze di lunghi ed onerosi calcoli, i quali possono essere risolti in maniera conveniente ed esclusiva solo con l'ausilio di una macchina calcolatrice elettronica. Questa trasformazione della organizzazione amministrativa e tecnica delle imprese non si è rivelata ancora in modo clamoroso ma presto assumerà ritmo intenso, sotto la spinta esercitata dall'attuazione del Mercato Comune, in quanto anche le Aziende Italiane, e quindi quelle venete, si troveranno a competere con concorrenti di altri Paesi in cui tali procedimenti sono già progrediti e diffusi.

Ora per potere ad un certo momento, rispondere alle menzionate esigenze, occorre fin d'ora porre a fuoco il problema, predisponendo il terreno ed i mezzi, sia col provvedere alla preparazione di specialisti, sia con lo studiare e lo sperimentare sistemi, sia col far conoscere agli interessati le possibilità dei sistemi elettronici, i limiti di convenienza della loro introduzione, sia infine con l'indicare le vie da battere per adeguarsi prontamente alle previste necessità, quando queste inderogabilmente si imporranno. Tutto ciò non può essere frutto di improvvisazione, ma deve divenire subito oggetto di razionali programmi e di graduale attuazione, in modo tale da compensare il nostro forte ritardo e da evitare di essere colti del tutto di sorpresa. La formazione di esperti programmatori e tecnici del calcolo elettronico richiede almeno due anni di preparazione e di tirocinio. Il Centro si propone di affrontare anche questo problema: contribuendo a preparare opportunamente l'ambiente; addestrando personale che risponda alle richieste del mercato, tanto attraverso lo svolgimento di appropriata attività didattica, quanto con attività di studio e di ricerca, ed ancora mediante applicazioni concrete e dirette su sistemi piloti. Il problema è stato giudicato così grave ed urgente che anche prima della costituzione del Centro, e con mezzi estremamente modesti, si è iniziato qualche passo in questa direzione:

1) organizzando un corso di lezioni teorico-pratiche per una elementare preparazione di programmatori, corso che ha destato un insospettato interesse ed ha consentito di prendere contatto con un gruppo di giovani, tra i quali si potrà, nel prossimo avvenire, cominciare a selezionarne alcuni con attitudini e disposizioni per riuscire buoni programmatori;

2) raccogliendo sufficiente materiale documentario alle realizzazioni, ai rendimenti ed alle attitudini dei vari sistemi di calcolatrici elettroniche;

3) tenendo contatti con centri già avviati e stringendo rapporti con fornitori di materiale specializzato;

4) mettendo insieme una apposita documentazione tecnica ed una biblioteca - unica nel Veneto - ricca di una settantina di testi fondamentali e complementari e fornita di adeguato servizio di bibliografia e di microfilm.

Infine, una limitata attività dimostrativa è stata possibile utilizzando apparecchiature che consentono di illustrare i sistemi di ingresso e uscita delle più semplici calcolatrici e che sono state concesse in temporaneo deposito da una grande ditta del ramo, interessata al programma del Corso.

Pertanto, si propone la costituzione, sotto gli auspici dell'Università di Padova di: un "Centro Universitario di Consulenza Statistica e di Calcolo" da attuarsi mediante una convenzione della durata di un quinquennio, rinnovabile, fra l'Università e gli Enti finanziatori.

Il Centro si propone:

1) di fornire consulenza per gli Istituti scientifici ed i ricercatori dell'Università di Padova su

problemi di programmazione degli esperimenti e di interpretazione ed elaborazione statistica dei risultati; su commissione, previo parere favorevole della direzione, potranno anche essere svolti i calcoli relativi;

2) di dare consulenza ad Enti ed Aziende sul controllo della qualità dei prodotti e sulla statistica industriale ed aziendale in genere. Questa attività potrà essere gradualmente estesa fino ad includere la consulenza in tema di ricerche di mercato e di ricerca operativa quando il Centro possa valersi di personale adatto;

3) di provvedere alla consulenza ad Enti pubblici ed eventualmente ad Aziende private nella ricerca di dati sulle fonti disponibili, nella organizzazione e sull'esecuzione di studi, di indagini campionarie e di inchieste di carattere economico e sociale. Per quanto concerne l'attuazione di queste ultime, volta per volta, secondo i desideri e le esigenze del committente, potranno essere precisate le forme di collaborazione che il Centro sarà in grado di offrire;

4) di curare la organizzazione di una serie pluriennale di corsi e seminari di specializzazione in metodologia statistica, a profitto dei ricercatori dell'Università di Padova e di persone estranee, ammesse su parere della Direzione, interessate agli argomenti svolti. Tale programma prevede un gruppo di lezioni introduttive che forniscano o richiamino ai partecipanti i concetti fondamentali indispensabili alla comprensione degli sviluppi di metodi e tecniche più avanzate, e quindi, trattazioni ed esercitazioni vertenti su specifici particolari strumenti metodologici tali da favorire un approfondimento specializzato della materia a seconda delle varie formazioni ed indirizzi dei ricercatori o tipiche delle diverse discipline scientifiche.

A complemento di questa attività si contempla anche l'organizzazione di corsi di calcolo numerico. A vantaggio di Enti e Amministrazioni locali e periferiche, il Centro intende prestare la sua opera alla realizzazione di corsi di cultura statistica e di aggiornamento per i loro funzionari;

5) di contribuire a mezzo di corsi ed esercitazioni su materiale didattico preparato nel laboratorio specializzato, ad esempio su una piccola macchina didattica, alla graduale preparazione di personale addestrato nella impostazione di programmi per il calcolo elettronico applicato alla soluzione di problemi statistici e in materia di amministrazione, od esperto in materia di automazione della organizzazione amministrativa aziendale. Parte di detto personale potrà essere utilizzato nel Centro stesso per conto terzi per la consulenza e la compilazione di programmi eseguibili presso altri Centri collegati e per la formulazione di preventivi di spesa relativi; parte, invece, potrà essere collocato a formare lo staff di altri Centri o di Aziende attrezzatesi con impianti propri;

6) di svolgere consulenza per Istituti scientifici, Enti pubblici e privati sui problemi relativi alla automazione parziale ed integrale dell'Amministrazione, con riguardo alla organizzazione dei collegamenti, alla scelta dei sistemi ed alla assistenza tecnica;

7) Se potrà disporre di una calcolatrice elettronica, di adibirla:

A) all'esecuzione di calcoli numerici interessanti il Centro stesso, come pure altri Istituti scientifici, Enti pubblici ed Aziende private;

B) ad uso sperimentale come impianto pilota per conto di Enti e privati che prevedano l'installazione di propri impianti autonomi;

C) alla esecuzione di lavori amministrativi di routine e di calcolo scientifico per conto terzi.

Padova, 18 maggio 1958

<https://doi.org/10.36173/SII-parteprema-vol1-06>



**Formazione,
divulgazione e
organizzazione
dei servizi**

7

Marco Ferretti

**Didattica informatica
a livello universitario**



Introduzione

L'informatica è una disciplina nuova nel contesto della formazione universitaria che ha settori coltivati e insegnati da molto tempo, si può anzi dire da vari secoli.

L'informatica nasce solo nello scorso secolo da contributi scientifici e tecnologici apparsi prima della Seconda guerra mondiale per configurarsi, poi, come disciplina nei decenni successivi. L'obiettivo di questo contributo è delinearne la penetrazione all'interno del sistema universitario italiano, che va di pari passo sia con l'avanzamento delle conoscenze, delle tecnologie e delle applicazioni sue proprie, ma anche con quella dell'ordinamento universitario stesso.

Il contributo è strutturato in due sezioni principali; la prima descrive la storia della nascita degli insegnamenti informatici, la loro collocazione all'interno dei corsi universitari e l'evoluzione di tali corsi con le diverse riforme attuate dal dopoguerra a tutto il 2023; la seconda ha carattere quantitativo e mostra, con una campionatura fatta negli anni 2017, 2018 e 2019, i dettagli della diffusione effettiva dei corsi informatici in tutti i corsi di laurea e la crescita dei corsi di laurea di area informatica nel periodo 2001-2023.

L'informatica negli ordinamenti universitari

In questa sezione si espone l'evoluzione dell'inserimento dell'informatica nel contesto universitario italiano, utilizzando come guida le modifiche apportate all'ordinamento stesso dell'università. La trattazione è pertanto articolata in quattro periodi: dal dopoguerra alla riforma universitaria del 1980; da questa alla riforma del 1999 che istituisce le lauree triennali e specialistiche/magistrali; e il periodo successivo, fino al 2023.

Il primo periodo è però ulteriormente suddiviso in due sottoperiodi identificati da eventi particolari, cioè una prima riforma degli studi di ingegneria (1960) e la nascita del corso di laurea in Scienze dell'informazione nel 1969.

La quarta sezione riferisce dei tentativi posti in essere dalla comunità dei docenti informatici di organizzare lo scibile della disciplina nei corsi erogati, anche nel contesto internazionale, nel quale si è affrontato il problema di organizzare le materie in accordo con una suddivisione condivisibile del sapere.

Dal dopoguerra alla riforma del 1980

L'ordinamento universitario dell'immediato dopoguerra e degli anni successivi – periodo nel quale in più città si assistette all'arrivo dei primi calcolatori ben descritto nei contributi della sezione “Esordi” – era caratterizzato dalle facoltà istituite, per l'area dell'Ingegneria, con regi decreti del 1935 che modificavano la riforma Gentile del 1923, che aveva istituito la laurea come titolo ufficiale.

Facoltà e istituti erano strutture universitarie all'interno delle quali la nascente disciplina, che ora denominiamo informatica, si andò configurando e trasformando. Le competenze tecnologiche e metodologiche che nascevano intorno ai primi calcolatori

e ai centri che li gestivano cominciarono a penetrare nel mondo universitario usando i canali istituzionali di allora: nell'area dell'Ingegneria esisteva solo la Facoltà di Elettrotecnica, al di fuori di Ingegneria la Facoltà di Matematica, Fisica e Scienze naturali.

Le discipline all'interno delle lauree in Ingegneria erano organizzate in sezioni e sottosezioni: ad esempio, l'elettrotecnica era una sottosezione della sezione industriale. Non esisteva ancora una disciplina denominata Elettronica, ma questa cominciò ad affrancarsi con il passare degli anni e a penetrare nell'ordinamento dell'elettrotecnica nella forma di indirizzo, di solito assieme ad altri insegnamenti dell'area comunicazioni e radiotecnica.

Nella Facoltà di Matematica, Fisica e Scienze naturali – presente con varie denominazioni nei diversi atenei – esistevano sia lauree distinte, sia lauree “congiunte” in particolare fra matematica e fisica, ma in nessuna di queste comparivano indirizzi affini a quelli di cui qui si descrive la nascita.

In questo contesto e fino al primo rilevante cambiamento introdotto nel 1960 con il riordino degli studi della Facoltà di Ingegneria, si assiste alla nascita di insegnamenti che sono recepiti nei piani di studio come insegnamenti a libera scelta, o inseriti in orientamenti o indirizzi. A partire dagli anni Cinquanta, nascono corsi variamente dedicati al calcolo numerico, che fu la prima, rilevante area disciplinare derivante dalla principale applicazione dei nuovi dispositivi.

Bisogna qui sottolineare il ruolo trascinate che ebbero, sul mondo accademico, i centri di calcolo che nacquero attorno ai primi calcolatori.

Le attività sperimentali indotte dalla gestione dei nuovi apparecchi importati dall'estero, quelle di progettazione derivanti dai calcolatori italiani (si rimanda nuovamente ai contributi della sezione “Esordi”) e le tecniche di programmazione messe a punto da quelli che furono i pionieri italiani dell'informatica preparano le competenze che vennero, un po' alla volta, utilizzate per allestire corsi rivolti, inizialmente ai professori e ai tecnici e poi trasferiti nelle didattiche ufficiali presso le varie sedi.

L'evoluzione degli insegnamenti introdotti nei corsi di laurea negli anni Sessanta è molto variegata e difforme. Si rimanda per una descrizione dettagliata degli sviluppi locali ai contributi disponibili sul sito di AICA e preparati dalle sedi universitarie.

Lo sviluppo della tecnologia, in particolare la travolgente avanzata dell'elettronica, fu accompagnato da un analogo sviluppo delle metodologie e delle discipline che uscirono ben presto dall'area del calcolo numerico. Per quanto riguarda più specificatamente l'organizzazione universitaria, gli anni Sessanta videro due eventi significativi: la riforma dell'ordinamento degli studi della Facoltà di Ingegneria, nel 1960 e l'istituzione, su iniziativa dell'Università di Pisa, del corso di laurea in Scienze dell'informazione nel 1969.

La riforma degli studi di ingegneria

Con il D.P.R. n.53 del 31 gennaio 1960 gli studi di ingegneria vengono radicalmente ristrutturati, con l'istituzione nella facoltà di nove corsi di laurea, fra i quali compare Ingegneria elettronica. L'ordinamento è ancora fortemente vincolato, strutturato in un biennio comune a tutti i corsi di laurea, seguito da un triennio applicativo.

Il biennio prescrive nove insegnamenti obbligatori (Analisi matematica I e II, Fisica I e II, Geometria I e II, Chimica, Meccanica razionale, Disegno) con pochissime variazioni, e due insegnamenti liberi ma ristretti a un elenco a sua volta determinato a livello nazionale.

Per il triennio applicativo sono previsti insegnamenti prescritti a livello nazionale (da nove a dodici, a seconda del corso di laurea), obbligatori per il corso di laurea e a scelta dello studente. In tutto, gli insegnamenti erano trenta. Per Ingegneria elettronica i nove insegnamenti obbligatori a livello nazionale sono elencati nella Tab. 1.

INGEGNERIA ELETTRONICA - TRIENNIO APPLICATIVO Insegnamenti obbligatori sul piano nazionale
Scienza delle Costruzioni
Meccanica delle Macchine e Macchine
Fisica Tecnica
Elettrotecnica
Campi Elettromagnetici e Circuiti
Misure Elettriche
Comunicazioni Elettriche
Elettronica Applicata
Controlli Automatici

Tab. 1 Gli insegnamenti obbligatori nel triennio del corso di laurea in Ingegneria elettronica, istituito nel 1960.

Questo quadro, che è rimasto sostanzialmente inalterato fino al 1989, evidenzia quanto fosse limitata la disponibilità per l'attivazione di discipline informatiche, ancora del tutto assenti nelle prescrizioni del 1960.

Si assiste così, a partire dal 1962, all'avvio di questo nuovo corso di laurea nel quale vengono ospitate, un po' alla volta, le nuove discipline. Gli insegnamenti attivati spaziano dal Calcolo numerico e Programmazione – che allarga il dominio dei preesistenti corsi in calcolo numerico con riferimenti espliciti alla nuova disciplina principe, cioè la Programmazione – alla Commutazione e Calcolo elettronico, per poi vedere corsi esplicitamente denominati Calcolatori elettronici. Pur nelle ristrettezze dell'ordinamento, negli anni vengono inserite nei piani di studio un po' tutte le discipline del dominio che denominiamo ora Informatica: dai sistemi operativi, alle basi di dati, alle architetture, ai linguaggi e compilatori, ai sistemi per l'elaborazione dell'informazione, alla valutazione delle prestazioni e, un po' più avanti, alle reti. In varie sedi, il corso di laurea in Elettronica vede anche la nascita di un indirizzo a volte detto Calcolo elettronico e poi anche Informatica.

La nascita di Scienze dell'informazione

Nelle Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, un analogo processo di avvicinamento dei corsi di laurea alla nascente nuova disciplina ebbe una fortissima accelerazione grazie all'iniziativa pisana. L'ambiente pisano, presso il quale negli anni Cinquanta era stata concepita e realizzata la CEP (per un approfondimento, si rimanda al contributo "Le Calcolatrici Elettroniche Pisane") maturò, all'inizio degli anni Sessanta, la determinazione di dare origine a un nuovo corso di laurea dedicato in modo esclusivo alla nascente disciplina, affrancandosi così dalla struttura del corso di laurea in Matematica/Fisica, che era stato sino ad allora il veicolo per i corsi di informatica.

È curioso sottolineare come la denominazione del nuovo corso di laurea, "Scienze dell'informazione", sia stata oggetto di una certa discussione. Nel mondo americano da poco si cominciava a parlare di *computer science*¹, in quello francese era già in uso il neologismo *informatique*, composizione di *information* e *automatique*, coniato per la prima volta nel 1962 dall'ingegnere francese Philippe Dreyfus – benché ci fosse già il termine tedesco *Informatik* usato da Karl Steinbuch nel 1957. Il termine informatica compare nell'ordinamento universitario italiano con l'istituzione del corso di laurea in Ingegneria informatica nel 1989 e con l'istituzione del corso di laurea in Informatica – trasformazione del corso di laurea in Scienze dell'informazione – avvenuta agli inizi degli anni Novanta (1992).

Il corso di laurea in Scienze dell'informazione fu attivato nell'ambito della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali grazie a un decreto (D.P.R. n.24 del 28 gennaio 1969) e prevedeva, nell'ambito dei 4 anni tipici dei corsi di studio nella facoltà, un biennio comune e un secondo biennio-organizzato in tre indirizzi. La Tab. 2 illustra i sedici insegnamenti prescritti come obbligatori e quelli complementari. Per completare il piano degli studi, lo studente doveva scegliere un insieme di insegnamenti complementari equivalenti a due insegnamenti annuali (era ammesso organizzare insegnamenti su base semestrale).

L'elenco è indicativo della percezione dell'informatica alla luce dell'avanzamento della tecnologia e delle metodologie di quell'epoca, e copre molte delle discipline che si sono poi consolidate nei decenni successivi, almeno fino agli anni Novanta.

L'iniziativa pisana ha avuto una grande influenza sul mondo accademico, in particolare nella facoltà di istituzione. In molte sedi nelle quali non fu possibile – o ritenuto opportuno – avviare analogo iniziativa, i corsi di laurea in Matematica estesero e riformarono l'offerta formativa utilizzando in particolare due dei corsi fondamentali, precisamente Sistemi per l'elaborazione dell'informazione e Teoria e applicazione delle macchine calcolatrici, che sono rimasti molto a lungo nell'offerta formativa di Matematica e Matematica/Fisica.

Furono parecchie le sedi che seguirono un percorso analogo a quello pisano istituendo, anch'esse, il nuovo corso di laurea: Bari (1969), Torino (1970), Salerno (1971), Udine (1979), Milano (1980), Genova (1986), L'Aquila (1986), Bologna (1987), Roma

1. Fein, Louis. 1959. "The Role of the University in Computers, Data Processing and Related Fields." *Comm. of ACM*, 2 (9): 7-14.

Insegnamenti fondamentali obbligatori nel primo biennio	
1° Anno	2° Anno
Fisica I	Fisica II
Analisi matematica I	Analisi matematica II
Algebra (semestrale)	Calcolo numerico (semestrale)
Geometria (semestrale)	Calcolo delle probabilità e statistica (semestrale)
Teoria ed applicazioni delle macchine calcolatrici	Sistemi per l'elaborazione dell'informazione I
	Ricerca operativa e gestione aziendale

Insegnamenti obbligatori comuni a tutti gli indirizzi per il secondo biennio
Sistemi per l'elaborazione dell'informazione II
Teoria dell'informazione e della trasmissione
Metodi per il trattamento dell'informazione

Insegnamenti obbligatori negli indirizzi		
Indirizzo generale	Indirizzo applicativo	Indirizzo tecnico
Linguaggi formali e compilatori	Teoria e metodi dell'ottimizzazione	Teoria dei sistemi
Metodi di approssimazione	Economia ed organizzazione aziendale (semestrale)	Tecniche numeriche e analogiche
	Trattamento dell'informazione nell'impresa (semestrale)	

Insegnamenti fondamentali obbligatori nel primo biennio	
Analisi numerica	Bio-elettronica
Calcolo delle probabilità	Cibernetica e teoria dell'informazione
Complementi di gestione aziendale	Comunicazioni elettriche
Controlli automatici	Controllo dei processi industriali
Documentazione automatica	Econometrica
Elaborazione dell'informazione non numerica	Elaborazione di immagini
Elaborazione dei testi letterali	Elettronica
Fisica numerica	Fisica superiore
Istituzioni di fisica teorica	Istituzioni di analisi superiore
Istituzioni di fisica matematica	Linguaggi speciali di programmazione
Logica matematica	Macchine calcolatrici analogiche
Teoria dei modelli	Progetto di sistemi numerici
Simulazione	Statistica
Tecniche di progettazione automatica	Tecniche direzionali
Tecniche speciali di elaborazione	Teoria degli algoritmi e calcolabilità
Teoria degli automi	Teoria dei giochi
Teoria dei grafi	Teoria delle decisioni

La Sapienza (1989). Negli anni successivi si aggiunsero Catania (1990), Firenze (1991), Alessandria (Torino) e Venezia Ca' Foscari (1991), prima della trasformazione nella laurea quinquennale, avvenuta a partire dal 1992.

Dalla riforma del 1980 all'avvio del "3+2"

Nel 1980 viene avviata una significativa riforma dell'università. Il D.P.R. n.382 dell'11 luglio 1980 cambia in modo significativo l'inquadramento della docenza, istituisce i dipartimenti e il dottorato di ricerca. La riforma, che ha avuto effetti a lungo termine su tutta l'organizzazione universitaria, non ha modificato in realtà l'ordinamento didattico, se non marginalmente per l'avvio dei corsi di dottorato. Ha mantenuto la struttura delle facoltà, ma ha creato i consigli di corso di laurea, ai quali è stato confermato il compito di organizzare e gestire la didattica nei vari corsi di studio. Anche la sostituzione dei vecchi istituti con i dipartimenti non ha avuto un effetto rilevante sulla struttura didattica, dato che i dipartimenti avevano, allora, solo lo scopo principale di organizzare la ricerca e di gestire i relativi progetti.

Negli anni successivi si assiste però a una nuova forma di didattica fortemente correlata con le esigenze del mondo imprenditoriale che, nel tumultuoso sviluppo delle tecnologie informatiche – non privo però di periodi difficili – esprimeva la necessità di disporre di giovani capaci e formati, ma disponibili sul mercato anche senza tutta la preparazione metodologica offerta dalle lauree.

Nacquero così le Scuole Dirette a Fini Speciali, che furono riconosciute e normate con il D.P.R. n.162 del 10 marzo 1982. Si trattava di istituti attivati, generalmente, a valle di convenzioni con aziende e prevedevano il coinvolgimento nella didattica anche di personale non universitario. Erano caratterizzate da un tirocinio usato spesso come strumento privilegiato di preselezione per le successive assunzioni dei giovani diplomati. È impossibile rendere conto qui della serie di discipline dell'area informatica sulle quali veniva organizzata la didattica. La natura stessa di queste scuole induceva a creare percorsi formativi che si possono definire verticali.

È con il 1989 che si verifica un secondo, importante, riassetto della didattica che riguarda la Facoltà di Ingegneria (D.P.R. 20 maggio 1989). Vengono ridenominate e/o istituite in tutto 14 lauree, fra le quali compare Ingegneria informatica. Le lauree sono altresì raggruppate in tre settori, uno di questo denominato "settore dell'informazione", che ricomprende le tre lauree in Ingegneria delle telecomunicazioni, Ingegneria elettronica e Ingegneria informatica. Ingegneria gestionale e Ingegneria dell'ambiente e del territorio sono considerate intersettoriali.

Vengono poi definiti ufficialmente indirizzi nelle lauree, dei quali viene fatta menzione sul certificato di laurea. Gli indirizzi della laurea in Ingegneria informatica sono Automatica e Sistemi di automazione industriale e Sistemi e Applicazioni informatici;

Tab. 2 Gli insegnamenti previsti per il corso di laurea in Scienze dell'informazione, istituito nel 1960 presso l'Università di Pisa.

esiste anche l'indirizzo Calcolatori elettronici nella laurea in Ingegneria elettronica, attivabile solo nelle sedi nelle quali non è presente Ingegneria informatica.

Nel decreto vengono codificati e denominati anche i raggruppamenti; l'area informatica è codificata come:

“I250 - Sistemi di Elaborazione delle informazioni”.

L'ordinamento dei corsi di laurea è ancora piuttosto rigido. Esistono da ventisette a ventinove annualità (che possono essere strutturate anche in semestralità), di cui nove comuni a tutti i corsi di laurea, sei comuni a quelli di uno stesso settore, almeno cinque caratteristici del corso di laurea e almeno tre per l'indirizzo.

La trasversalità dell'area informatica è recepita, rendendo obbligatoria un'annualità del settore I250 in tutti i corsi di laurea. Vengono poi elencati tutti gli insegnamenti attivabili, suddivisi in tabelle per ciascun raggruppamento. La Tab. 3 elenca gli insegnamenti del raggruppamento I250.

L'elenco di questi insegnamenti era ben allineato con la situazione tecnologica, scientifica e metodologica della fine degli anni Ottanta. È rimasto lo strumento a disposizione

I250	SISTEMI DI ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI
1	Basi di Dati
2	Calcolatori Elettronici
3	Fondamenti di Informatica
4	Impianti di Elaborazione
5	Informatica Grafica
6	Informatica Industriale
7	Informatica Medica
8	Informatica Teorica
9	Ingegneria del Software
10	Ingegneria della Conoscenza e Sistemi Esperti
11	Intelligenza Artificiale
12	Linguaggi e Traduttori
13	Reti di Calcolatori
14	Reti Logiche
15	Robotica
16	Sistemi di Elaborazione
17	Sistemi Informativi
18	Sistemi Operativi
19	Sistemi per la Progettazione Automatica
20	Teoria e Tecniche di Elaborazione della Immagine

Tab. 3 Gli insegnamenti attivabili nel raggruppamento disciplinare “Sistemi di Elaborazione delle informazioni”.

nelle Facoltà di Ingegneria per affrontare le esigenze formative per un altro decennio, durante il quale si estendono e si consolidano realtà come INTEL, Microsoft e Apple. Nel 1998 comincia l'era di Google e poco dopo c'è l'esplosione di Internet e del web.

Peraltro, l'assetto istituzionale universitario continua a cercare di allinearsi con la realtà in evoluzione. Nel 1991, la legge n.341 del 19 novembre 1990 riforma gli ordinamenti didattici universitari e istituisce il diploma universitario, un corso della durata compresa fra i due e i tre anni. Contestualmente, viene decisa la chiusura delle Scuole Dirette a Fini Speciali che, di fatto, vengono quasi ovunque trasformate nel nuovo diploma.

Certamente molto rilevante in questa legge è l'istituzione dei settori scientifico disciplinari (nel seguito indicati con s.s.d.) e la conseguente associazione dei professori ai fini della didattica, a tali settori. Ha radice in questa legge la suddivisione delle due comunità di docenti di area informatica, i quali si ripartiranno nel gruppo degli informatici (in codice INF/01) e degli ingegneri informatici (ING-INF/05). Può sembrare scontato, ma vale la pena sottolineare che quest'associazione non ha alcuna correlazione né con la formazione accademica del docente né con la sua attività di ricerca; è stata concepita solo per caratterizzare gli aspetti della didattica erogata.

Sempre a questa legge risale il principio dell'autonomia didattica (art. 11) che demanda alle strutture dell'ateneo l'emanazione dei regolamenti didattici e la possibilità di attivare forme di istruzione universitaria a distanza attuate dalle università anche in forma consortile con il concorso di enti pubblici e privati.

AREA INFORMATICA
Algoritmi e strutture dati
Architettura degli elaboratori
Basi di dati e sistemi informativi
Fondamenti dell'informatica
Informatica applicata
Informatica generale
Informatica teorica
Ingegneria del software
Intelligenza artificiale
Interazione uomo-macchina
Laboratorio di informatica
Linguaggi di programmazione
Metodi formali dell'informatica
Programmazione
Sistemi di elaborazione
Sistemi operativi

Tab. 4 Gli insegnamenti dell'area informatica per la laurea in Informatica (1992).

Nella Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali viene poi trasformato il corso di laurea in Scienze dell'informazione, che diventa laurea in Informatica, della durata di cinque anni (D.M. 30 ottobre 1992).

Il provvedimento ha esteso la durata del corso di studi e ha riformulato l'offerta didattica, specificando un insieme di aree disciplinari nelle quali sono stati collocati gli insegnamenti. Il corso di studi è stato suddiviso in un biennio e in un successivo triennio nel quale è possibile selezionare l'orientamento. Interessa qui evidenziare, al di là delle prescrizioni sulla numerosità e tipologia degli insegnamenti prescritti nel biennio e nel triennio, la composizione di due delle tre aree, denominate Informatica, Matematica e Fisica, Elettronica e Cibernetica. Per l'area Informatica vale l'elenco degli insegnamenti rappresentato nella Tab. 4. L'area denominata Fisica, Elettronica e Cibernetica è strutturata in due sotto aree, illustrate nella Tab. 5.

Area Fisica, Elettronica e Cibernetica	
Sotto area fisica ed elettronica	Sotto area cibernetica
Fisica	Apprendimento automatico
Fisica generale	Cibernetica
Elettronica	Elettronica
	Elaborazioni di immagini
	Laboratorio di cibernetica
	Metodi per il ragionamento automatico
	Metodi per la rappresentazione della conoscenza
	Modelli dei sistemi percettivi
	Reti neurali
	Teoria dell'informazione

Tab. 5 Gli insegnamenti dell'area Fisica, Elettronica e Cibernetica per la laurea in Informatica (1992).

Ulteriori insegnamenti possono essere tratti da alcune delle tabelle pubblicate nel decreto di riforma del 1989 degli studi di ingegneria, sopra descritta.

Il confronto fra gli elenchi degli insegnamenti prescritti per la laurea in Ingegneria informatica (Tab. 3) e quelli prescritti per la laurea in Informatica (Tabb. 4 e 5) mostra notevoli convergenze in un gruppo consistente di discipline e qualche evidente differenziazione. Spicca la denominazione "cibernetica" che non era mai comparsa negli ordinamenti universitari, benché fosse ampiamente utilizzata nel contesto della ricerca e della denominazione degli istituti, anche nel CNR. L'intelligenza artificiale, già presente fra gli insegnamenti dell'area informatica, viene poi declinata fra quelli cibernetici con ulteriori denominazioni. Il confronto fra le due impostazioni – quella di ingegneria e quella di scienze – risente dei maggiori vincoli imposti, nel contesto dell'ingegneria, a una formazione coerente con l'ambito ingegneristico specifico.

Sulle possibili scelte, sia nei corsi di Ingegneria informatica, sia in quelli di Informatica, degli argomenti da trattare negli insegnamenti si tornerà più avanti, nel paragrafo "La progettazione dei corsi di laurea".

Dalla riforma del "3+2" in avanti

Nel 1999 viene avviata una radicale riforma dell'ordinamento, nota come riforma del "3+2" e anche come riforma del "processo di Bologna". La riforma, emanata con il D.M. n.509 del 3 novembre 1999, elimina l'organizzazione in facoltà, suddivide i titoli di studio in lauree triennali e lauree specialistiche (il +2), introduce i crediti formativi universitari (CFU) – assegnando un peso di 180 CFU alle triennali e 120 alle specialistiche – e soprattutto introduce l'associazione dei titoli di studio al nuovo concetto di classe di laurea.

La riforma, che viene denominata anche "ordinamento 509", è estremamente complessa e dagli effetti molto rilevanti da vari punti di vista. Ha l'obiettivo di rendere l'offerta formativa più flessibile, più adattabile alle mutevoli condizioni della società e del sapere e affida all'autonomia degli atenei vari aspetti della costruzione dei corsi di laurea. Dopo qualche anno, però, il legislatore mette in atto forti correttivi a questo impianto limitando la proliferazione dei corsi di laurea, riducendo il numero delle classi di laurea e ponendo vincoli molti più restrittivi alla formulazione dei corsi di laurea. Questo secondo intervento è sancito nel D.M. n.270 del 22 ottobre 2004 che dà origine alla denominazione dell'"ordinamento 270" e fra le varie disposizioni, ri-denomina le lauree di secondo livello "lauree magistrali". Con il decreto ministeriale del 16 marzo 2007 vengono nuovamente regolamentate le classi e se ne attivano di nuove, seppur riducendone il numero complessivo, come verrà a breve descritto.

Ai fini della storia della disciplina informatica nell'ordinamento universitario, questa riforma ha un effetto molto profondo perché pone le basi per una diffusione potenzialmente molto ampia degli insegnamenti a essa riferibili; ciò in accordo con la percezione ormai maturata in tutti i contesti istituzionali, produttivi, e più in generale, sociali, che l'informatica sia ormai una componente essenziale della formazione e in particolare, di quella universitaria.

Il punto centrale di questa trattazione è l'organizzazione delle discipline all'interno delle classi di laurea.

Semplificando molto la descrizione, è sufficiente spiegare che la classe di laurea viene descritta nei suoi obiettivi formativi e che le attività formative sono raggruppate in ambiti disciplinari di base, caratterizzanti, e affini/integrative, con l'aggiunta di un insieme di attività volte all'acquisizione di ulteriori conoscenze linguistiche, informatiche e telematiche. Potenzialmente assai significativa è la presenza, fra gli ambiti disciplinari di base, di un insieme di discipline matematiche, informatiche e statistiche.

Nell'ordinamento 509, le classi di laurea delle lauree triennali sono quarantadue e quelle delle lauree specialistiche ben centoquattro. La collocazione delle precedenti lauree quinquennali in Informatica e in Ingegneria informatica all'interno delle classi di laurea triennali e specialistiche ha esiti un po' diversi.

La laurea in Informatica, ristrutturata su tre anni, si colloca nella classe n. 26 denominata "Classe delle lauree in Scienze e Tecnologie informatiche", mentre la parte successiva (il +2) viene collocata nella classe specialistica 23/S denominata "Classe delle lauree specialistiche in Informatica". Le denominazioni prima e post-riforma sono abbastanza coerenti e facilmente riconoscibili. La laurea in Ingegneria informatica invece

vien ricondotta a una laurea triennale nella classe 9, denominata “Classe delle lauree in Ingegneria dell’informazione”, nella quale vengono ricondotte anche le lauree in Ingegneria elettronica e Ingegneria delle telecomunicazioni; la componente del “+2” si colloca nella classe 35/S denominata “Classe delle lauree specialistiche in Ingegneria informatica”. Questa descrizione molto sintetica nasconde in realtà la profonda riorganizzazione dei corsi di laurea che, soprattutto nelle lauree quinquennali di Ingegneria e in una certa misura anche in quella di Informatica, ha portato a una riallocazione delle discipline fra triennio e biennio e a una riprogettazione generale dell’offerta formativa. Non è questa la sede per approfondire, fra le altre cose, gli effetti sui corsi di laurea in Ingegneria della collocazione della classe “dell’informazione”. Più significativo è registrare le novità nelle lauree specialistiche per la presenza di nuove classi di laurea fortemente correlate con la disciplina qui in esame: la classe 44/S delle lauree in Informatica umanistica e la classe 100/S delle lauree specialistiche in Tecniche e Metodi per la società dell’informazione.

La riforma, inoltre, prescrive intervalli di crediti formativi in specifici settori disciplinari, differenziati nelle varie classi per ambiti di base, caratterizzanti e affini. È istruttivo analizzare l’utilizzo che è stato fatto, almeno nominalmente, dei due s.s.d. INF/01 e ING-INF/05 nella costruzione delle varie classi.

La Tab. 6 riassume la distribuzione dei due settori nelle classi sia triennali che specialistiche.

Attività formative	classi triennali (42)		classi specialistiche (102)	
	INF/01	ING-INF/05	INF/01	ING-INF/05
di base	18	19	53	55
caratterizzati	7	7	15	13
affini/integrativi	8	8	13	13
Assenza totale	11		32	

Tab. 6 Presenza dei s.s.d. “informatici” nella strutturazione delle classi di laurea.

La tabella evidenzia ovviamente solo l’uso potenziale di insegnamenti etichettati nei due s.s.d. Non riporta, vista la complessità dei vari casi, la distribuzione dei crediti anche perché, come già anticipato, le declaratorie delle classi prescrivono i crediti per le attività formative che poi sono articolate in ambiti. Per avere un’idea della distribuzione effettiva – quella attivata anno per anno nei vari corsi di studio presso gli atenei – è necessario rifarsi a un’analisi quantitativa sui database gestiti dal ministero che registrano l’offerta formativa effettivamente realizzata. Quest’analisi è stata effettivamente condotta su un’istanza di questi database per gli anni accademici 2016/17 e 2018/19 e viene riassunta nella sezione di questo contributo denominata “Alcuni approfondimenti quantitativi”. Si può già notare che quest’ordinamento prevede che si possano attivare corsi di laurea senza alcun insegnamento dell’area informatica.

Un commento è necessario anche sulla prescrizione di inserire in ogni offerta formativa un numero minimo di crediti per attività formative volte all’acquisizione di ulteriori conoscenze linguistiche, informatiche e telematiche. Questo vincolo progettuale sottolinea l’opportunità di accreditare la conoscenza di una lingua straniera e/o una generica conoscenza informatica. Come visto sopra, ben undici classi triennali e trentadue specialistiche non prevedono discipline esplicitamente riferite ai s.s.d. informatici e, nella pratica realizzazione, sono pochissimi i corsi di laurea delle classi non informatiche che ne hanno fatto uso reale negli ambiti di base. I crediti previsti per queste ulteriori attività formative sono stati spesso associati a moduli didattici volti a far apprendere agli studenti capacità operative su strumenti informatici. Molto rari sono stati i casi in cui anche questi moduli sono stati erogati nell’ambito dei s.s.d. erogati da docenti informatici e quasi mai con un’impostazione volta a illustrare i fondamenti della disciplina.

Le modifiche introdotte nel 2007 dall’ordinamento 270 hanno agito anche sulle classi delle lauree di secondo livello, definite magistrali. Sono state parzialmente ridotte, ma val la pena di sottolineare l’attivazione della nuova classe LM-66 Sicurezza Informatica.

In realtà, questo ambito disciplinare, di indubbia rilevanza vista la pervasività dell’Information Technology nella società, aveva avuto una prima realizzazione accademica con l’avvio nel 2001, da parte dell’ateneo di Milano statale, di un corso di laurea triennale nella classe 26 Scienze e Tecnologie Informatiche tuttora unico nel panorama nazionale delle lauree triennali. La classe magistrale LM-66 ha poi dato origine ad altri corsi di laurea sulla sicurezza informatica (e cybersecurity), un primo caso di “verticalizzazione” dell’offerta formativa, nella grande famiglia culturale dell’informatica.

Le attivazioni sono state Milano Statale (2009), Molise (2016), Bari Aldo Moro e Roma La Sapienza (2017), Padova e Pisa (2020), Padova (Cybersecurity internazionale) e Salerno (2023).

Di segno completamente opposto le attivazioni, già nel 2001, di corsi di laurea che evidenziano l’uso dell’informatica in ambiti sociali disparati e all’intersezione con altri settori disciplinari, dapprima nella classe specialistica 100/S, sopra menzionata, poi nella sua corrispondente magistrale LM-91 Tecniche e metodi per la società dell’informazione. In questa classe a partire dal 2015 (Roma La Sapienza), vengono attivati corsi di laurea dedicati alla Data Science; la multidisciplinarietà di questa tematica trova una buona realizzazione grazie alla flessibilità del sistema delle classi, ma la sua crescente rilevanza nel mondo aziendale e nelle varie organizzazioni che fondano il proprio business nei processi IT ha portato, infine, con il D.M. n.146 del 2 settembre 2021 alla creazione di una nuova classe magistrale, la LM-DATA. In questa classe sono transitati i corsi di laurea di simile denominazione che erano stati attivati nella LM-91.

Altre discipline come l’Intelligenza Artificiale, “antiche” sia negli ordinamenti, sia nell’attività di ricerca, ma venute prepotentemente alla ribalta negli ultimi anni grazie alle innovazioni scientifiche e tecnologiche (si pensi solo all’utilizzo dell’HPC e dei grandi repository disponibili sul web), si sono per ora ben collocate nelle classi magistrali delle aree più strettamente informatiche, ma anche qui esistono significative eccezioni nelle lauree triennali. Questa e altre discipline sono state oggetto dell’analisi quantitativa nella già citata sezione di questo contributo denominata “Alcuni approfondimenti quantitativi”.

La progettazione dei corsi di laurea – Body of Knowledge e bollino di accreditamento

Con la diffusione degli insegnamenti informatici nei corsi di laurea, sia nell'ambito della Facoltà di Ingegneria sia in quello della Facoltà di Scienze, e soprattutto, dopo che sono stati ufficialmente inseriti nell'ordinamento dei corsi di laurea dedicati esclusivamente al dominio informatica (Scienza dell'informazione nel 1969 e Ingegneria informatica nel 1989), si è posto il problema di come organizzare, all'interno degli insegnamenti, lo scibile che negli anni si è andato accumulando in questo dominio così dinamico e in continua – e a volte tumultuosa – evoluzione.

Quest'esigenza è stata avvertita in primo luogo negli Stati Uniti d'America, dove già negli anni Sessanta e Settanta il numero di *Computer Degree Program* era cresciuto in modo rilevante. Le due organizzazioni professionali più vicine al dominio, cioè ACM e IEEE – quest'ultima a sua volta articolata in varie associazioni, e fra queste, in primis la Computer Society – hanno istituito comitati congiunti con lo scopo di creare un "Body of Knowledge" (BoK), cioè un'articolazione del sapere, quasi un'ontologia, che potesse essere usata per creare, organizzare e aggiornare i *curricula* dei suddetti *Computer Degree Program*. Il lavoro compiuto da questi comitati, nei quali hanno lavorato esperti di tutto il mondo, ha prodotto una serie di report e di BoK, che si sono diffusi negli anni coinvolgendo altri organismi anche al di fuori degli Stati Uniti e assumendo, di fatto, una valenza internazionale. La Tab. 7 elenca i principali progetti, con gli aggiornamenti più rilevanti che si sono susseguiti negli anni (si tenga presente che alcuni BoK hanno revisioni continue e aperte alla pubblica consultazione).

Iniziativa sui Body of Knowledge
CC (Computing Curricula) Reports 2001 - 2020
ACM/IEEE-CS Computer Engineering BoK (2004, 2016)
ACM/IEEE-CS Computer Science BoK (2001, 2008, 2013)
ACM/IEEE-CS Software Engineering BoK (2014)
ACM/IEEE-CS Cybersecurity Science BoK (2017)
ACM/IEEE-CS Information Technology (2008, 2016-2017)

Tab. 7 I principali progetti per la definizione di Body of Knowledge (BoK).

Data la natura di fondamenti che queste tassonomie vogliono assumere, esse sono state progettate per essere usate in corsi iniziali nel *curriculum* universitario, ossia i *bachelor* nel contesto americano. La loro struttura prevede una suddivisione del sapere organizzata in livelli, tipicamente due: le cosiddette *knowledge area* (KA) al primo livello, ed un'espansione di ciascuna KA in *knowledge unit* (KU). Quest'ultime sono poi classificate in *core* ed *elective*; le prime sono considerate essenziali e obbligatorie per la costruzione di un *curriculum*, mentre le seconde sono suggerite come opzionali.

Infine, viene anche data un'indicazione sul numero di ore d'insegnamento da associare a queste unità, e in alcuni BoK questa specifica è riservata solo alle KU di tipo *core*. Le indicazioni sulle ore hanno volutamente un'accezione piuttosto ampia, anche alla luce dell'utilizzo dei *massive open online course* (MOOC) e di tutte le forme di coinvolgimento degli studenti nel processo di apprendimento.

Nella loro struttura, i documenti dei BoK affrontano anche il problema di come costruire un *curriculum*, ma non danno indicazioni vincolanti; anzi, lo scopo dichiarato è solo di fornire un materiale di indirizzo, che possa essere usato nei vari contesti locali per generare un'offerta particolare, ma riconoscibile nei suoi elementi costituenti.

Anche la questione del *professionalism*, cioè l'insieme delle conoscenze indispensabili per le professioni, svariate e sempre in evoluzione, viene discussa nei BoK. Ma l'importanza di contribuire a definire *curricula* con fondamenti condivisi e con riscontri significativi per il mondo delle imprese ha dato origine anche ad analoghi progetti sponsorizzati dalle associazioni datoriali, per coprire sempre nuovi domini e per meglio orientare, in un'ottica industriale, l'utilizzo dello scibile che si andava sviluppando. Citiamo qui almeno due delle iniziative più importanti (Tab. 8) che mirano a definire le componenti fondamentali del vasto dominio IT dal punto di vista delle professioni.

Professioni e Body of Knowledge
EITBoK (2010, 2017)
EU Foundational ICT BoK (2015)

Tab. 8 Due progetti di iniziativa "professionale" per la definizione di Body of Knowledge (BoK).

È opportuno segnalare come l'articolazione dei documenti, nel contesto professionale, venga spesso ridisegnata intorno al concetto di competenza piuttosto che su quello di conoscenza. Senza entrare nella questione del rapporto fra sapere e saper fare, non si può fare a meno di notare come nelle versioni più recenti dei documenti, si assista alla tendenza a usare entrambi gli approcci, soprattutto laddove si diano indicazioni sulla costruzione dei *curricula*.

In questo contesto internazionale, la comunità degli informatici nel mondo accademico italiano ha cercato di darsi un insieme di regole per raggiungere obiettivi simili a quelli dichiarati nella specifica dei BoK. I due gruppi di informatici, quello dell'Ingegneria e quello delle Scienze hanno affrontato la questione in modo abbastanza diverso: il primo gruppo, organizzato nel GII, ha elaborato un BoK per i corsi di laurea in Ingegneria informatica (nel seguito indicato come BoK-GII), il secondo gruppo, costituitosi nell'associazione GRIN ha emanato le linee guida che mirano a un accreditamento dei corsi di studio, denominato "bollino GRIN".

Articolazione del BoK-GII	Crediti	
	%	num.
Discipline informatiche di ingegneria	40	72
Discipline scientifiche	25	45
Discipline ingegneristiche	25	45
Discipline integrative (Soft Skill)	10	18
Totali	100	180

Tab. 9 Suddivisione dei crediti formativi della laurea triennale in Ingegneria informatica proposta nel BoK-GII. Le discipline informatiche sono quelle del dominio in senso stretto, quelle scientifiche sono quelle di base comuni a tutti i corsi di studio dell'ingegneria, quelle ingegneristiche riguardano aspetti trasversali dell'ingegneria dell'informazione (area elettronica, telecomunicazioni ecc.) e quelle integrative concernono le capacità di organizzazione del lavoro, della cooperazione e della comunicazione.

Il BoK-GII è stato elaborato da una task force che ha prodotto nel 2016 un documento molto articolato, parzialmente ispirato al ACM/IEEE-CS Computer Engineering BoK, nel quale la struttura del BoK viene ripensata nel contesto italiano alla luce della riforma del "3+2" e dell'utilizzo dei crediti formativi. Il documento ha come impostazione di base una suddivisione del sapere erogato nei corsi triennali di Ingegneria informatica, immaginato in una suddivisione in quattro gruppi di discipline a ciascuno dei quali assegna una quota parte dei 180 crediti previsti dall'ordinamento (Tab. 9).

Interpretando la definizione di credito formativo specificata dagli ordinamenti (25 ore di impegno per credito) nel contesto del corso di studio, il BoK-GII evidenzia l'importanza di una significativa attività pratica (definita hand-on) per una corretta formazione e suddivide lo sforzo per un credito in otto ore di lezione frontale, otto ore di hand-on e nove ore di studio personale. Articola poi le conoscenze dei vari sottodomini (KU) in due livelli, utilizzando la terminologia *core* ed *elective*, ma dando a quest'ultima un'interpretazione diversa da quella usata nei BoK ACM/IEEE: per *elective* intende un approfondimento di una componente *core*, non una KU opzionale.

La Tab.10 mostra la suddivisione dello sforzo nelle varie discipline, crediti e ore, e quest'ultime in lezioni e attività pratiche hand-on.

Per l'area delle discipline informatiche, il BoK-GII prevede 20 *knowledge area* illustrate nella Tab.11. Per ciascuna di queste, c'è una corrispondente suddivisione in *knowledge unit*; a titolo di esempio, nella Tab. 12 si dettaglia la suddivisione in KU per la KA Artificial Intelligence.

Il documento riporta poi, per ogni KA, una sezione discorsiva, denominata *comment* e un'articolazione in *learning outcome* per le componenti *core* ed *elective*. Le indicazioni in termini di ore presenti nelle varie tabelle delle KA e delle KU sono da intendersi come valori minimi. È lasciata alla discrezionalità di chi organizza i corsi l'effettiva allocazione delle ore, in modo da rispettare i vincoli derivanti dalle equivalenze ministeriali crediti/ore elencati in Tab. 10.

Discipline	BoK-GII								
	CFU		Core				Elective		
	%	num.	%	CFU	lezioni	hand-on	%	CFU	ore
informatiche di ingegneria	40	72	60	43,2	345,6	345,6	40	28,8	230,4
scientifiche	25	45	60	27	216	216	40	18	144
ingegneristiche	25	45	40	18	144	144	60	27	216
integrative (soft skill)	10	18	40	7,2	57,6	57,6	60	10,8	86,4
Totali	100	180		95,4	763,2	763,2		84,6	676,8

Tab. 10 Articolazione dell'impegno previsto per un corso di laurea triennale in Ingegneria informatica in discipline e in tipologie di attività.

L'iniziativa del BoK-GII è stata poi completata con uno strumento web denominato "Majora" messo a disposizione delle sedi che volessero impegnarsi in una mappatura della propria offerta formativa, per dare evidenza pubblica del grado di conformità del proprio corso di laurea alle indicazioni contenute nel BoK. Purtroppo, però, quasi nessuna sede ha utilizzato questo strumento – che non è più disponibile – e tutta l'iniziativa del GII non ha prodotto i risultati attesi. Pur avendo a disposizione uno strumento molto articolato e coerente; allineato agli standard internazionali di allora (2016), la comunità accademica dell'Ingegneria informatica ha preferito proseguire nella progettazione e nell'aggiornamento delle offerte formative locali senza un vero criterio unificante.

La comunità degli informatici dell'area delle Scienze che si rifà all'associazione GRIN ha elaborato, sin dal 2004, un processo di valutazione dei corsi di studio di Informatica che mira a verificare la qualità dell'offerta formativa nell'ambito del dominio dell'informatica e produce un marchio di qualità denominato "bollino GRIN"³. Preme sottolineare che questo processo non è correlato coi normali percorsi di accreditamento dei corsi di studio di competenza degli organi di governo nazionale.

Come già evidenziato in precedenza, dal 2004 in avanti si sono susseguiti cambiamenti nell'architettura istituzionale dei corsi di laurea e l'iniziativa del marchio di qualità nata inizialmente per i corsi di studio delle lauree triennali, è stata progressivamente estesa anche alle lauree di secondo livello. Le classi di laurea coinvolte sono la L-31 e la LM-18 dell'ordinamento "270", ma era prevista anche un'estensione ad altri corsi di laurea. Recentemente, però, è stato deciso di limitare il processo alle sole lauree triennali, anche alla luce della forte specializzazione che possono assumere le lauree di secondo livello. L'iniziativa supportata da AICA dal 2005 ha ricevuto, nel 2012, il patrocinio della Conferenza dei rettori⁴.

Riportiamo nella Tab. 13 i criteri ai quali si ispira il processo. Spicca, a differenza di quanto specificato nel BoK-GII, il criterio che prevede un numero opportuno di docenti "con la dovuta qualificazione", cioè afferenti ai due s.s.d. dell'informatica (ING-INF/05 e INF/01).

3. <https://www.grin.cloud/>

4. <http://grinold.consortio-cini.it/2015/includes/patrocini-CRUI-2012.pdf>

Discipline informatiche di Ingegneria				
Knowledge area (KA)	Core		Elective	
	Lez.	h.on	Lez.	h.on
INF-AI : Artificial Intelligence	16	6	20	6
INF-APP : Applications	4	20	8	8
INF-CAO : Computer Architecture and Organization	38	20	36	28
INF-CSE : Computer Systems Engineering	20	0	18	0
INF-CSF: Computer Science Fundamentals	32	18	6	6
INF-DB : Databases	28	12	24	18
INF-DSD : Digital System Design	28	22	48	38
INF-HCI : Human-Computer Interaction	10	2	18	8
INF-IAW : Internet Applications and Web	18	20	10	20
INF-ISE : Information Security	8	0	22	4
INF-ISY : Information Systems	8	0	10	2
INF-NAR : Network Architectures	22	4	12	6
INF-OS : Operating Systems	22	4	10	4
INF-PRO : Programming	50	36	20	12
INF-SE : Software Engineering	34	22	16	28
INF-DIS : Distributed Systems	0	0	18	0
INF-GRA: Computer Graphics	0	0	14	10
INF-MCW : Mobile computing and wireless	0	0	10	0
INF-MMS : Multimedia Systems	0	0	24	0
INF-VIS : Computer Vision	0	0	18	4

Tab. 11 Suddivisione in knowledge area per le discipline informatiche di Ingegneria. Le ore sono suddivise in lezioni (Lez) e attività pratiche (hand-on /h.on).

La certificazione utilizza esplicitamente le definizioni delle 18 *knowledge area* alla base del ACM/IEEE-CS Computer Science BoK 2013⁵ (si veda Tab. 7). Questo BoK organizza le tematiche in *knowledge unit*, denominate *topic*, a loro volta raggruppati nei tre insiemi Core Tier1, Core Tier2 ed Elective. Il primo gruppo è considerato come indispensabile nella sua interezza per ogni *curriculum*, il secondo come raccomandato, in una quota parte elevata ma non totale, mentre il terzo come fortemente raccomandato, ma lasciato alla discrezionalità di chi struttura i corsi. La Tab. 14 elenca le 18 KA e i due Core1 e Core 2, con l'indicazione, per questi, delle *lecture hour* che, come è noto, non coprono tutto l'impegno previsto da parte dello studente.

GRIN, nell'adottare queste definizioni, utilizza l'equivalenza

$$1 \text{ CFU} = 4 \text{ lecture hour}$$

per raccordare le specifiche americane con la metrica italiana.

5. https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/cs2013_web_final.pdf

INF-AI Artificial Intelligence				
Knowledge Units	Core		Elective	
	Lez.	h.on	Lez.	h.on
INF-AI01 Fundamental issues in intelligent systems	2			
INF-AI02 Search and constraint satisfaction	4	2		
INF-AI03 Knowledge representation and reasoning	4	2		
INF-AI04 Perception	2			
INF-AI05 Machine learning	4	2		
INF-AI06 Agents			2	
INF-AI07 Robotics			2	
INF-AI08 Knowledge-based systems and engineering			4	2
INF-AI09 AI planning systems			2	
INF-AI10 Neural networks and natural computing			2	
INF-AI11 Probabilistic and Empirical methods			2	
INF-AI12 Natural language processing			2	2
INF-AI13 Adversarial search and Game theory			4	2

Tab. 12 Le knowledge unit per l'area INF-AI Artificial Intelligence.

Bollino GRIN - criteri di base
La certificazione di qualità dei contenuti è definita per mezzo di sei semplici criteri (tra parentesi l'anno a partire dal quale sono stati introdotti):
1. deve essere insegnata una quantità sufficientemente elevata di informatica (in vigore dal 2004)
2. bisogna insegnare una buona quantità di informatica nei suoi settori fondamentali (dal 2004)
3. non ci può essere un'eccessiva focalizzazione solo su alcuni aspetti dell'informatica (dal 2004)
4. deve essere insegnata un'adeguata quantità di matematica nelle sue aree più rilevanti per l'informatica (dal 2008)
5. il corso di laurea deve avere una quantità sufficiente di docenti con la dovuta qualificazione (introdotto come indicazione dal 2005, dal 2008 è un criterio vincolante)
6. Il corso di laurea deve essere accreditato dall'ANVUR (Agenzia Nazionale per la Valutazione dell'Università e della Ricerca)

Tab. 13 I criteri alla base della certificazione di qualità "bollino GRIN" (Fonte GRIN).

Knowledge area del ACM/IEEE-CS Computer Science BoK		
	Tier 1	Tier 2
AL Algorithms and Complexity	19	9
AR Architecture and Organization	0	16
CN Computational Science	1	0
DS Discrete Structures	37	4
GV Graphics and Visualization	2	1
HCI Human-Computer Interaction	4	4
IAS Information Assurance and Security	3	6
IM Information Management	1	9
IS Intelligent Systems	0	10
NC Networking and Communications	3	7
OS Operating Systems	4	11
PBD Platform-based Development	-	-
PD Parallel and Distributed Computing	5	10
PL Programming Languages	8	20
SDF Software Development Fundamentals	43	0
SE Software Engineering	6	22
SF Systems Fundamentals	18	9
SP Social Issues and Professional Practice	11	5

Tab. 14 Le 18 knowledge area del ACM/IEEE-CS Computer Science BoK, utilizzate nel "bollino GRIN", con i pesi in lecture hour dei gruppi Core Tier1 e Core Tier2.

Nell'elencare i requisiti per l'accREDITAMENTO indica che un corso di studi deve coprire per l'85% i *topic* di Core Tier1 e per il 75% quelli di Core Tier 2. È compito della sede tradurre questa specifica producendo una tabella che elenchi, per ogni insegnamento, un numero di unità (1/4 di CFU) equivalente ai CFU prescritti per l'insegnamento nell'offerta formativa, ma senza un vincolo esplicito sulla quantità di unità prelevata dai due *tier*. La Tab. 15 riporta alcune delle regole per l'accREDITAMENTO.

Si nota il requisito esplicito del numero dei docenti nei raggruppamenti disciplinari che non coincide con quello, molto più generico, prescritto dalle regole ministeriali per l'accREDITAMENTO ufficiale del corso di studi. Esiste, inoltre, un requisito sulle materie di base limitato all'area della Matematica, che prescrive la presenza di almeno 24 CFU nei s.s.d. MAT-01, 02, 03, 05, 06, 08, 09, con ulteriori indicazioni per alcuni dei settori.

Il processo di accREDITAMENTO viene gestito da un comitato di garanzia, espresso dal GRIN e da AICA, che successivamente eroga il bollino. Le regole vengono aggiornate periodicamente.

Bollino GRIN – regole di accREDITAMENTO - estratto
I 1/4 CFU che trattano gli argomenti delle aree e sotto-aree dei Core Tier1 e Tier2 non devono necessariamente essere svolti all'interno di uno stesso insegnamento del corso di laurea, ma possono essere distribuiti su più insegnamenti, non necessariamente di INF/01 o ING- INF/05.
Nel preparare la tabella di corrispondenza tra corsi/moduli e le aree/sotto-aree ACM/IEEE- CS, le sedi non devono limitarsi a coprire con 1/4 di CFU le sotto-aree indicate come Core Tier1 e Tier2. Scopo della tabella è infatti dettagliare, per ogni corso/modulo, un vero e proprio syllabo espresso in termini di 1/4 di CFU sulle sotto-aree ACM/IEEE-CS, indipendente dal fatto che queste sotto-aree siano o meno comprese tra quelle Core Tier1 e Tier2. Ad esempio, per un corso da 6 CFU su temi informatici la sede dovrebbe indicare 24 unità (1/4 di CFU) sulle varie sotto-aree. Dato il piano di studio da 180+6 CFU, si richiede che la sede completi la specifica dei syllabi degli insegnamenti per almeno 500 unità.
I CFU relativi agli argomenti attinenti ad un'area non devono necessariamente essere svolti all'interno di uno stesso insegnamento del corso di laurea, ma possono essere distribuiti su più insegnamenti.
Il primo corso di laurea nella classe L-31 erogato da una sede, deve avere almeno 8 otto docenti (professori o ricercatori a tempo indeterminato/determinato) di INF/01 o ING-INF/05 che svolgano parte del loro carico didattico istituzionale presso quel corso di laurea. Successivi corsi di laurea erogati dalla stessa sede devono avere almeno sei docenti di INF/01 o ING- INF/05 che svolgano il loro carico didattico istituzionale presso quel corso di laurea. Ai fini di questo requisito ogni docente viene conteggiato una volta sola fra tutti i corsi di laurea triennale dello stesso ateneo.

Tab. 15 Alcune delle regole previste per la certificazione di qualità "bollino GRIN" (Fonte GRIN).

Alcuni approfondimenti quantitativi

In questa sezione, si riportano due indagini che danno una misura quantitativa dell'effettiva diffusione dell'insegnamento dell'informatica nei vari corsi di studio.

Nella prima (sottosezione Osservatorio delle competenze digitali) si sono esaminati con speciale attenzione i corsi di studio non informatici con una prospettiva ampia, analizzando le tematiche negli insegnamenti, indipendentemente dalla classe all'interno della quale si colloca il corso di studio. Per i corsi di studio di area informatica, invece, l'indagine si è concentrata sulle aree emergenti (big data e data science, intelligenza artificiale, sicurezza informatica, cloud computing e IoT), esaminando sia l'avvio di corsi di studio e lauree specifiche, sia la numerosità degli insegnamenti specifici.

Una seconda indagine (Attivazione dei corsi di studio "informatici") ha riguardato l'evoluzione dell'offerta formativa nell'area informatica a partire dall'avvio della riforma del cosiddetto "3+2". Dal 2001 al 2023 sono stati conteggiati gli avvii, le chiusure e le trasformazioni dei corsi collocati nelle classi di laurea, sia triennali che specialistiche e magistrali, di riferimento per i futuri professionisti informatici.

L'Osservatorio delle competenze digitali

La prima approfondita analisi dell'offerta formativa nel contesto digitale a livello universitario è stata condotta dal Laboratorio Competenze digitali, Formazione, Certificazioni⁶ del Consorzio CINI nell'ambito delle attività dell'Osservatorio delle competenze digitali, un'iniziativa congiunta delle associazioni AICA, Assintel e Anitec-Assinform. Nelle edizioni 2017⁷, 2018⁸ e 2019⁹ del rapporto prodotte dall'osservatorio è stata analizzata la presenza di corsi di laurea e di insegnamenti riferibili al dominio dell'informatica in tutta l'offerta formativa universitaria. Le attività dell'osservatorio sono proseguite anche negli anni successivi, con indagini aventi un grado di approfondimento diverso da quella che qui si riferisce. L'edizione più recente di queste versioni è disponibile sui siti delle tre associazioni.

L'indagine curata dal laboratorio del CINI è composta da due sezioni.

La prima viene qui riportata e valuta l'offerta formativa; la seconda, descritta anche nel contributo disponibile sul sito AICA¹⁰, esamina il numero di laureati "sul mercato", cioè coloro che hanno conseguito lauree di secondo livello e coloro che dopo le lauree triennali non si iscrivono, nei due anni successivi, alle lauree magistrali.

6. <https://www.consorzio-cini.it/index.php/it/lab-cfc-home/lab-cfc-aree-di-interesse/lab-cfc-competenze-digitali>

7. <https://www.consorzio-cini.it/index.php/it/component/attachments/download/707>

8. <https://www.consorzio-cini.it/index.php/it/component/attachments/download/926>

9. <https://www.consorzio-cini.it/index.php/it/component/attachments/download/994>

10. <https://www.aicanet.it/associazione/gruppi-di-lavoro/storia-dellinformatica/didattica-e-ricerca-informatica-universita>

La prospettiva usata nell'analisi dell'offerta formativa è stata ad ampio spettro: si sono considerate le tematiche emergenti e si è misurata l'offerta disponibile, indipendentemente dalle classi di laurea. L'indagine ha utilizzato la banca dati ministeriale che contiene le informazioni sui corsi di laurea e sugli insegnamenti attivi negli a.a. 2016/2017 e 2018/2019 (o previsti in attivazione fino alla conclusione del relativo percorso, quindi sino al 2023/2024).

La Tab. 16 fornisce la numerosità dei corsi di studio (CdS) e di tutti gli insegnamenti raggruppati secondo le categorie e le sottocategorie utilizzate nell'ambito dell'osservatorio, che qui si riassumono brevemente:

- Area ICT: raggruppa i corsi di studio d'elezione per la creazione di conoscenze in ambito ICT ovvero Informatica, Ingegneria informatica, Elettronica, Telecomunicazioni e Bioingegneria. All'interno di quest'area si è analizzato anche in modo più specifico il segmento degli specialisti INFO (laureati in Informatica e Ingegneria informatica).
- Area Industriale/Automazione: copre Meccatronica, Ingegneria dell'automazione, Ingegneria elettrica ed energetica. È più vicina alle necessità del mondo manifatturiero e sempre più protagonista, insieme all'ICT, nel processo di trasformazione del tessuto produttivo.
- Area Affini: è correlata, ma non sovrapposta, con l'ICT e comprende Matematica, Fisica, Statistica, Ingegneria gestionale ed Economia aziendale. Da quest'area le aziende ICT spesso assorbono laureati con competenze di business e strategiche, sempre più necessarie in associazione alle competenze tecnologiche. All'interno di quest'area si differenziano anche le dinamiche tra il gruppo dei laureati in Matematica, Fisica e Statistica (MATFST) e quello dei laureati in Ingegneria gestionale ed Economia aziendale (INGEAZ).
- Area Altro: tutti gli altri corsi di studio. All'interno di quest'area è stato identificato il sottogruppo dei laureati in Comunicazione digitale e Multimediale (UMACOM).

I dati sono tratti dai database ministeriali e rielaborati per una corretta comparazione a livello di insegnamenti¹¹. Nella Tab. 16 e in quelle a seguire si indicano con 2016 e 2018 le numerosità associate rispettivamente agli anni accademici 2016/2017 e 2018/2019.

11. Gli atenei spesso inseriscono nella base dati un insegnamento condiviso da più CdS o replicato nello stesso CdS, come se esistessero più insegnamenti distinti. Nell'analisi si è tenuto conto opportunamente di queste duplicazioni.

AREA	Sottoarea	CdS 2016	Insegnamenti 2016	CdS 2018	Insegnamenti 2018
TOTALI		4362	197202	4643	194648
ICT		287	9626	320	10260
	INFO	154	4951	182	5416
INDAUT		84	2732	94	3145
AFFINI		483	17608	520	18848
	INGEAZ	279	9911	306	11603
	MATFST	204	7697	214	7245
ALTRO		3508	167236	3709	162395
	UMACOM	22	715	27	992

Tab. 16 Numerosità dei corsi di studio e degli insegnamenti (Fonte CINI su dati MIUR).

La tabella evidenzia un'espansione sia in termini di corsi di studio che di insegnamenti in tutte le aree, ad eccezione di quella generale (ALTRO). Si è assunto che un'attività con almeno cinque CFU catalogati in uno specifico settore scientifico disciplinare possa essere definita "insegnamento" – nel senso che occupa uno spazio autonomo nel percorso di studi previsto, in caso contrario, viene definita "modulo" perché, in generale, è una delle componenti di un insegnamento integrato multidisciplinare.

Riportiamo un approfondimento condotto sui corsi di studio più discosti dal mondo ICT in senso lato, cioè i gruppi sopra definiti Affini e Altro. Per l'area ICT si illustrerà più avanti il fenomeno delle aree emergenti.

Corsi di laurea a indirizzo matematico, scientifico e aziendale.

L'analisi ha considerato inizialmente solo le attività didattiche previste per la coorte di studenti 2016, cioè per gli studenti entrati nel 2016 al primo anno di un corso di laurea, il cui percorso di studi è già completamente definito. I CdS coinvolti sono risultati circa cinquecento e i relativi insegnamenti circa diciottomila. Dapprima sono stati identificati insegnamenti e moduli esplicitamente catalogati dall'ateneo che li propone nei due s.s.d. (INF/01 e ING-INF/05) di riferimento per la formazione in ambito ICT. Il rationale di questo approccio è di prendere atto dell'intenzione dell'ateneo di definire specificatamente come ICT la formazione offerta nell'insegnamento o nel modulo. Per i circa cinquecento corsi di laurea (triennali, magistrali e a ciclo unico) di questi indirizzi sono stati identificati 615 tra insegnamenti e moduli ICT quindi, in media, poco più di un'attività didattica dichiarata esplicitamente ICT per ogni corso di laurea. La distribuzione è però molto diversa nei singoli corsi di laurea e per i due indirizzi considerati, come mostra la Fig. 1.

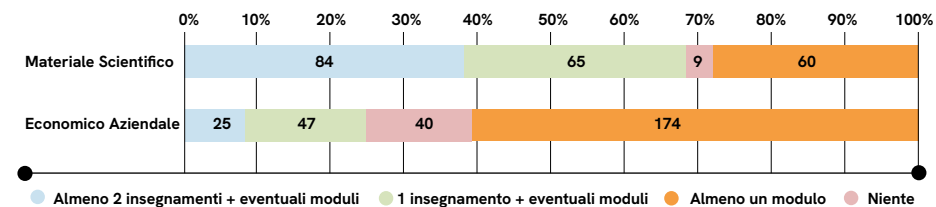


Fig. 1 A.A. 2016 - Distribuzione degli insegnamenti e moduli esplicitamente informatici nelle aree matematico-scientifica ed economico aziendale (Fonte: elaborazione CINI su dati MIUR).

Nei corsi di laurea a indirizzo matematico-scientifico la componente di formazione in ambito informatico è significativa. Più di un terzo di tali corsi di laurea prevede almeno due insegnamenti; quasi il 70% almeno un insegnamento, e solo poco più di un quarto non inserisce nessuna attività didattica esplicitamente catalogata come informatica. Decisamente diversa la situazione nell'area economico-aziendale, dove solo un quarto dei corsi di laurea prevede almeno un insegnamento esplicitamente informatico e dove quasi due terzi non catalogano come informatica nessuna attività didattica. Esiste pure una significativa componente di formazione informatica non esplicitamente etichettata come tale.

Per questo una seconda parte dell'indagine è stata rivolta a identificare gli insegnamenti e i moduli che, pur non essendo stati catalogati negli s.s.d. di riferimento, contengono nella propria denominazione espressioni che implicano contenuti ICT (come per esempio informatica, basi di dati, metodi computazionali, Big Data). Insegnamenti e moduli con contenuti in ambito ICT sono attribuiti a s.s.d. diversi quando tali contenuti sono declinati secondo le esigenze specifiche di altre discipline (es. un insegnamento di metodi statistici per Big Data tratta le tematiche ICT relative ai Big Data dal punto di vista della loro analisi statistica).

Questa seconda parte dell'indagine ha portato a individuare 275 tra moduli e insegnamenti: più precisamente, nel 2016, ne sono individuati 125 in corsi di laurea a indirizzo matematico-scientifico e 150 in corsi di laurea a indirizzo economico-aziendale.

La Fig. 2 mostra la distribuzione di questa componente di formazione non esplicitamente etichettata come informatica, nei corsi di laurea delle classi di laurea a indirizzo matematico-scientifico ed economico-aziendale.

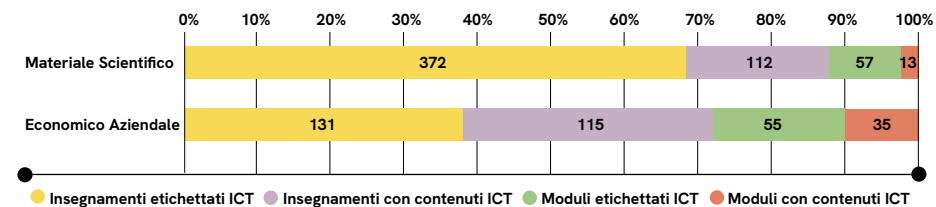


Fig. 2 A.A. 2016 - Distribuzione degli insegnamenti e dei moduli con contenuti informatici non etichettati ufficialmente come informatici nelle aree matematico-scientifica ed economico aziendale (Fonte: elaborazione CINI su dati MIUR).

Altri corsi di laurea

La stessa analisi effettuata per rilevare la presenza di formazione in ambito ICT in corsi di laurea a indirizzo matematico-scientifico ed economico-aziendale è stata effettuata anche per le altre classi. In questa macroarea si è deciso di individuare una categoria specifica costituita dai corsi di laurea nell'area della comunicazione digitale e multimediale.

La prima parte dell'indagine, basata sull'identificazione di insegnamenti e moduli espressamente catalogati negli s.s.d. di riferimento per la formazione in ambito ICT, ha portato a identificare 2 579 tra insegnamenti e moduli ICT per i circa 3 400 corsi di laurea (triennali, magistrali e a ciclo unico). Questo significa che c'è meno di un'attività didattica dichiarata esplicitamente ICT per ogni corso di laurea. La distribuzione è però diversa nei singoli corsi di laurea come pure per l'area della comunicazione digitale e multimediale (Fig. 3).

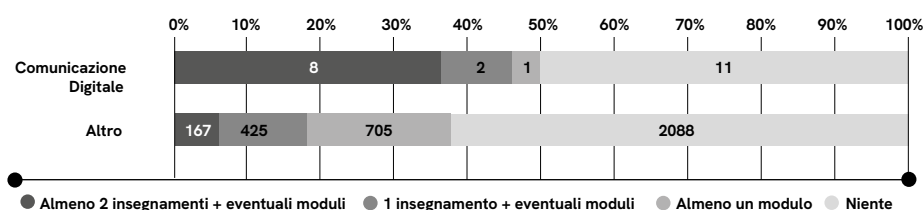


Fig. 3 A.A. 2016 - Distribuzione degli insegnamenti e moduli informatici in aree non scientifiche (Fonte: elaborazione CINI su dati MIUR).

In particolare, i corsi di laurea in Comunicazione digitale e multimediale (peraltro, molto pochi nel 2016) prevedono una presenza di formazione ICT paragonabile a quella dei corsi di laurea a indirizzo scientifico, mentre in tutte le altre classi gli insegnamenti ICT sono limitati: solo il 4,9% dei corsi di laurea prevede almeno due insegnamenti ICT. Sono invece presenti in percentuale maggiore di tutti gli altri casi (20,8%) i moduli ICT, segnale di una tendenza a fornire le conoscenze informatiche in misura limitata e integrate con altre competenze specifiche dei vari corsi di laurea (Fig. 4).

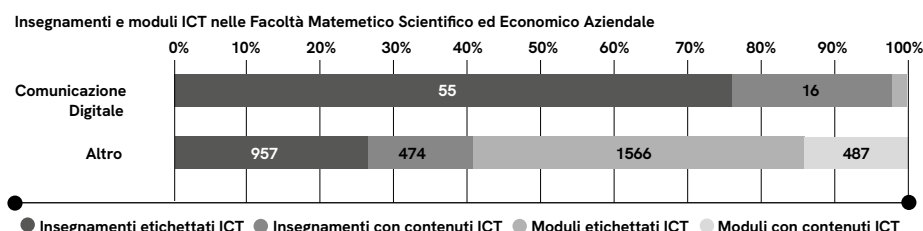


Fig. 4 A.A. 2016 - Distribuzione degli insegnamenti e moduli non etichettati ufficialmente come informatici in aree non scientifiche (Fonte: elaborazione CINI su dati MIUR).

Competenze e crediti universitari

Un'ulteriore tipo di indagine condotta sui laureati nel 2016 ha cercato di misurare le conoscenze e le competenze acquisite, indipendentemente dal corso di laurea, utilizzando come criterio il numero di crediti universitari acquisiti. Si rimanda all'edizione 2017 dell'osservatorio per una descrizione dettagliata dei risultati, che qui si riassumono nei loro aspetti salienti.

L'indagine accorpa le discipline degli insegnamenti con i loro settori scientifico disciplinari nei seguenti gruppi di CFU:

- CFU_INFO, da insegnamenti etichettati come strettamente informatici (INF01, ING-INF/05)
- CFU_Altri_ICT, da insegnamenti di Telecomunicazione e Bioingegneria (ING-INF/03, ING-INF/02, ING-INF/06)
- CFU_IND, da insegnamenti di Automazione, Elettronica, Ingegneria industriale ed Elettrica (ING-INF/04, ING-INF/01, ING-IND/31/32/33 e ING-INF/07)
- CFU_GEST, da insegnamenti di Ingegneria Gestionale (ING-IND/35)
- CFU_ECO, da insegnamenti di Economia Aziendale (SECSP07/08/09)
- CFU_STAT, da insegnamenti di area statistica (SECSS01/03/05/06)
- ALTRO, tutti gli altri settori (fra i quali quelli delle matematiche, fisiche, chimiche, ecc.).

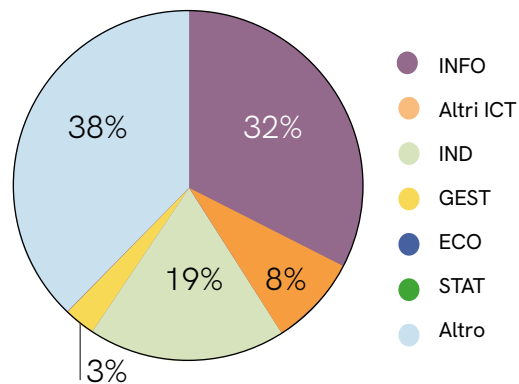
A titolo di esempio si riportano, come metro di paragone, i casi degli specialisti, cioè i laureati triennali INFO nell'ingegneria e nelle scienze nelle lauree triennali (Fig. 5). Qui è evidente la componente ingegneristica (settori Altri, ICT e IND) che differenzia i corsi di studio triennali nell'area di ingegneria da quelli nell'area di scienze. Analoga indagine nelle lauree specialistiche e magistrali mostra un'uniformità elevata, come effetto delle regole ministeriali nell'articolazione delle classi.

L'esame della situazione nei corsi di laurea Affini (Fig. 6) evidenzia la preponderanza di CFU nei settori di dominio della classe: colpisce, nel caso dei gestionali e degli azienalisti, la scarsa presenza di crediti nei settori informatici, che è invece più evidente nel gruppo matematico – fisica – statistico.

Passando, infine, al gruppo di corsi di studio nell'area Altro (si veda sopra, la Tab. 16) – gruppo molto vasto e assai eterogeneo – la misura della diffusione dei crediti acquisiti di area informatica presenta valori assai sorprendenti: la media nazionale per quest'area è di 2,5 CFU_INFO, cioè meno di mezzo insegnamento. L'analisi della distribuzione è ancora più rilevante (Tab. 17).

Oltre la metà dei laureati di quest'area non ha acquisito alcun credito dell'area informatica. Pur tenendo conto che contenuti informatici in senso stretto (e digitali in sen-

**CFU LT
sotto-gruppi INFO Ingegneria**



**CFU LT
sotto-gruppi INFO Scienze**

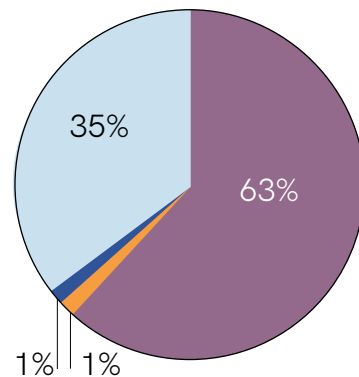
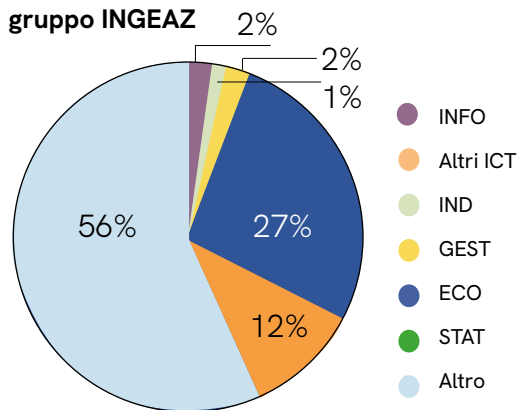


Fig. 5 A.A. 2016 - Distribuzione dei crediti acquisiti dai laureati informatici nelle lauree triennali (Fonte: elaborazione CINI su dati MIUR).

**CFU LT
gruppo INGEEAZ**



**CFU LT
gruppo MATFST**

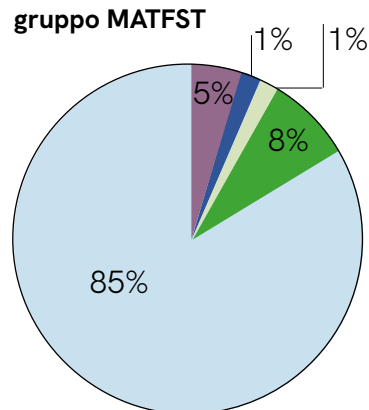


Fig. 6 A.A. 2016 - Distribuzione dei crediti acquisiti dai laureati non informatici nelle lauree triennali (Fonte: elaborazione CINI su dati MIUR).

Laureati	Anno solare 2016 - area ALTRO "insegnamenti equivalenti" derivanti da crediti CFU_INFO				
	0	< 1	1	2	3
172590	99241	40056	31477	1290	936

Tab. 17 Distribuzione CFU_INFO acquisiti per laureati dell'area Altro nell'anno solare 2016 (Fonte CINI su dati MIUR).

so più ampio) possano essere associati a insegnamenti non esplicitamente informatici, si tratta pur sempre di un livello di gran lunga inferiore alla pervasività auspicata per preparare alla trasformazione digitale i laureati nei corsi di studio non-informatici, e in senso più ampio, non-ICT.

Le aree IT emergenti

L'indagine sulle tematiche emergenti è stata condotta sia nell'edizione 2017 sia in quella 2019 dell'osservatorio, ma è qui riassunta solo alla luce della situazione misurata nella seconda, corrispondente all'anno accademico 2018-2019. Piuttosto che esaminare la distribuzione degli insegnamenti strettamente informatici, nella composizione dei curricula di area informatica, si è deciso di indagare ad ampio spettro la presenza, nell'offerta formativa generale, di corsi di studio, insegnamenti e contenuti ascrivibili a cinque grandi tematiche: Big Data/Data Science, Sicurezza Informatica, Artificial Intelligence, Cloud Computing e IoT.

Le cinque tematiche sono state esaminate su tutta l'offerta formativa ufficiale, senza limitarsi ai corsi di area ICT.

L'indagine è stata condotta su tre filoni complementari:

- un'analisi delle denominazioni dei corsi di laurea e dei curricula ufficiali presenti nel data base ministeriale dell'offerta formativa;
- un'analisi degli insegnamenti, per individuare moduli e insegnamenti che, pur avendo nella propria denominazione espressioni riguardanti comunque contenuti ICT, non sono stati esplicitamente attribuiti agli s.s.d. di riferimento per l'informatica da parte degli atenei;
- un questionario dettagliato sugli argomenti trattati negli insegnamenti, comunque denominati indirizzato a tutti i docenti delle comunità di informatica, di ingegneria informatica e, in via sperimentale, dell'area sistemi informativi dei corsi di studio di economia ad indirizzo aziendale.

Al questionario dettagliato hanno risposto i docenti di cinquantacinque atenei su sessanta interpellati permettendo di censire complessivamente 413 corsi sulle cinque

Ateneo	Big data / Data Science	Sicurezza informatica	Cloud computing	Artificial Intelligence	Internet of Things
Bari	Mict	Mict Mcurricct		Mict	
Bologna					
Bolzano	Mict				
Campania	Mnoict		Mcurricct	Mict	
Cagliari	Mict	Mict			
Catania	Mict Mcurricct	Mcurricct		Mcurricct	
Calabria	Mcurricct	Mcurricct			Mict
Chieti	Mnoict				
Firenze	MnoicT Mcurricct			Mcurricct	
Genova	Mcurricct	Mcurricct			
L'Aquila	Mict				
Milano Statale	Mict	Tict Mict			
Milano Bicocca	Mict				
Milano Bocconi	Mnoict				
Milano Poli	Mict			Mcurricct	
Modena e Reggio Emilia	Mcurricct	Mcurricct			
Napoli Federico II	Mict				
Napoli Parthenope	Mict	Mcurricct			
Padova	Mict				
Palermo	Mict		Mcurricct	Mict Mcurricct	
Pisa	Mict	Mcurricct			
Pavia	Mcurricct				
Perugia	Mcurricct			Mict	
Roma La Sapienza	Mict	Mict Mcurricct			
Roma Tor Vergata	Mcurricct			Mcurricct	
Salerno	TnoicT Mcurricct	Mcurricct	Mcurricct	Mcurricct	
Torino					
Torino Poli	Mict	Mcurricct	Mcurricct		
Trento	Mict	Mict		Mcurricct	
Trieste	Mnoict			Mcurricct	Tict
Udine	Tict				Tict
Venezia Ca' Foscari	Mcurricct	Mcurricct		Mcurricct	
Verona		Mcurricct			Tict

Tab. 18 Lauree magistrali M e triennali T, e curricula ufficiali "curr" in classi "ict" o "noict", nell'offerta formativa 2018-2019. (Fonte CINI su dati MIUR).

tematiche. Il questionario ha raccolto per ciascuna il numero di ore di ogni insegnamento specificatamente indirizzate all'area e il dettaglio della copertura di una decina di argomenti specifici sulle tematiche dell'area. Per ciascun argomento è stata creata una griglia di valutazione misurata in ore di lezione dedicate allo stesso, quantizzata sui seguenti valori: "niente", "fino a 2 ore", "fino a 4 ore", "oltre 4 ore". Sulla base delle ri-

Atenei e insegnamenti nelle aree "emergenti"			
Area	Tipo di laurea	n. atenei 2018 (2016)	n. insegnamenti 2018 (2016)
Big Data/Data Science			
Insegnamenti di settori informatica	Triennale	14 (3)	16 (3)
	Magistrale	50 (24)	148 (44)
Altri insegnamenti	Triennale	26 (7)	33 (9)
	Magistrale	49 (22)	184 (41)
Sicurezza Informatica			
Insegnamenti di settori informatica	Triennale	32 (22)	49 (30)
	Magistrale	46 (45)	172 (130)
Altri insegnamenti	Triennale	23 (12)	25 (14)
	Magistrale	33 (27)	74 (54)
Cloud Computing			
Insegnamenti di settori informatici	Triennale	9 (2)	12 (2)
	Magistrale	24 (12)	46 (14)
Altri insegnamenti	Triennale	1 (0)	1 (0)
	Magistrale	7 (3)	9 (4)
Artificial Intelligence			
Insegnamenti di settori informatici	Triennale	24 n.d.	30 n.d.
	Magistrale	50 n.d.	217 n.d.
Altri insegnamenti	Triennale	10 n.d.	13 n.d.
	Magistrale	26 n.d.	52 n.d.
IoT			
Insegnamenti di settori informatici	Triennale	7 n.d.	8 n.d.
	Magistrale	21 n.d.	41 n.d.
Altri insegnamenti	Triennale	3 n.d.	7 n.d.
	Magistrale	8 n.d.	31 n.d.

Tab. 19 Atenei e insegnamenti nelle aree emergenti, nelle lauree triennali e in quelle magistrali, sia per gli insegnamenti etichettati informatici, sia gli altri settori. Per tre aree si evidenzia anche il confronto fra 2018 e, tra parentesi, il 2016. (Fonte CINI su dati MIUR).

sposte fornite dai docenti è stata costruita una griglia di valutazione della copertura della tematica da parte dell'insegnamento secondo i seguenti criteri: "copertura minima" (1-4 ore), "copertura elementare" (5-16 ore), "copertura media" (17-30 ore), "copertura approfondita" (più di 30 ore).

La Tab. 18 riporta il risultato dell'analisi delle denominazioni dei corsi di laurea e dei curricula ufficiali condotta sul database dell'offerta formativa MIUR nell'a.a. 2018-2019.

Sono elencati per i vari atenei, sia le lauree (tutte magistrali, con la sola eccezione dell'unica laurea triennale in Sicurezza informatica dell'Università Statale di Milano) che i curricula, con l'indicazione "ict/noict" per segnalare i casi in cui sono inseriti in classi di

Copertura in ore delle tematiche in corsi di area informatica					
Tipo di Laurea	Numero insegnamenti	Copertura minima max 4 ore	Copertura elementare 5-16 ore	Copertura media 17-30 ore	Copertura approfondita >30 ore
Big Data/Data Science					
Triennale	30 (16)	9 (11)	12 (5)	6 (0)	3 (0)
Magistrale	180 (101)	24 (12)	62 (31)	34 (16)	60 (42)
Sicurezza Informatica					
Triennale	24 (30)	9 (10)	5 (9)	1 (2)	8 (9)
Magistrale	98 (57)	22 (16)	18 (13)	6 (4)	52 (24)
Cloud Computing					
Triennale	18 (15)	10 (12)	4 (2)	1 (1)	3 (0)
Magistrale	98 (70)	38 (29)	33 (26)	15 (11)	12 (4)
Intelligenza Artificiale					
Triennale	28 n.d.	7 n.d.	6 n.d.	3 n.d.	12 n.d.
Magistrale	183 n.d.	24 n.d.	38 n.d.	39 n.d.	82 n.d.
IoT - Internet of Things					
Triennale	22 n.d.	11 n.d.	5 n.d.	4 n.d.	2 n.d.
Magistrale	92 n.d.	40 n.d.	29 n.d.	6 n.d.	17 n.d.

Tab. 20 Analisi del grado di copertura delle aree negli insegnamenti informatici, svolta mediante una griglia di argomenti scelti per ciascuna area. Si evidenzia anche la variazione dell'anno 2018 sul 2016 (fra parentesi). Per Intelligenza Artificiale e IoT l'indagine non è stata condotta nel 2016 (n.d.). Fonte CINI.

Corsi di Laurea e Diplomi Universitari (vecchio ordinamento)

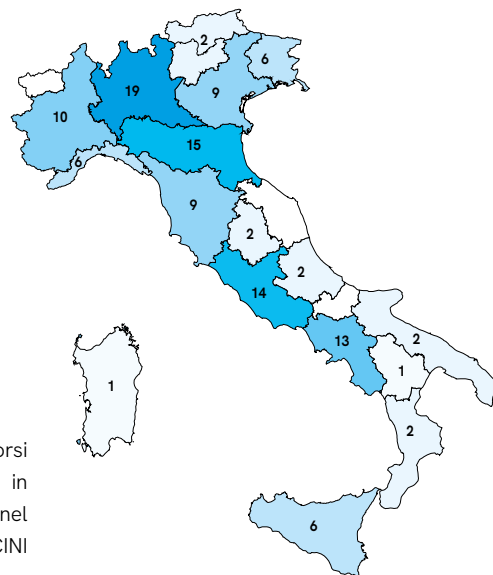


Fig. 7 Distribuzione geografica dei corsi di laurea e di diploma universitario in Ingegneria informatica e in Informatica nel cosiddetto vecchio ordinamento (Fonte CINI su dati MIUR).

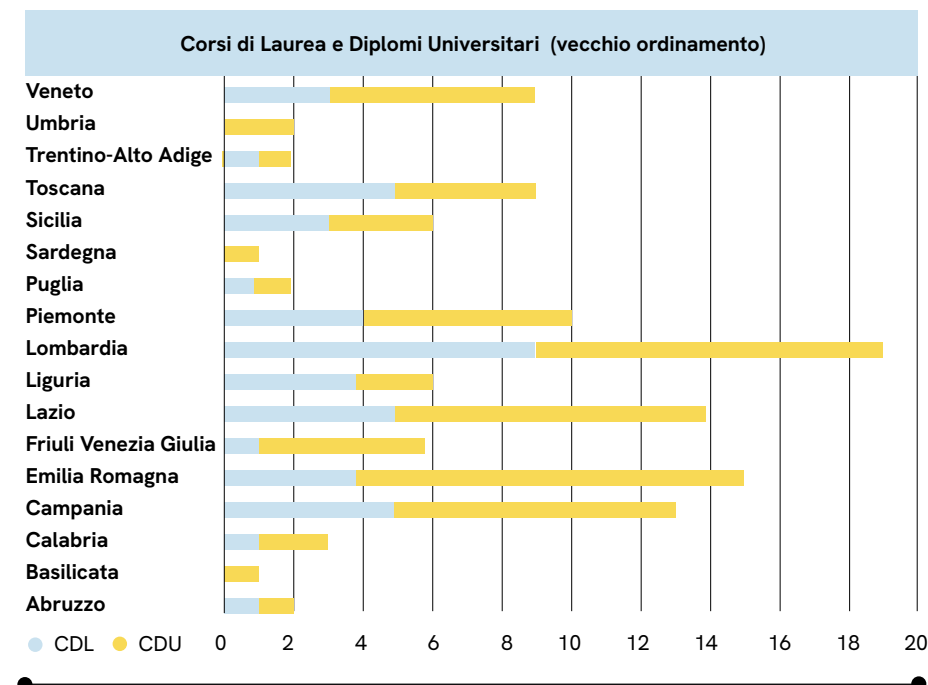


Fig. 8 Articolazione in corsi di laurea (CDL) e diplomi universitari (CDU) sul territorio, prima della riforma del "3+2". (Fonte CINI su dati MIUR).

Corsi di Laurea al 2001

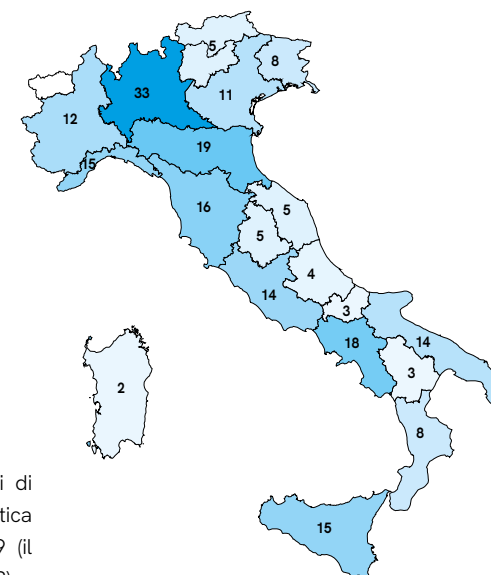


Fig. 9 Distribuzione geografica dei corsi di laurea in Ingegneria informatica e in Informatica nel 2001 all'inizio dell'ordinamento 509 (il cosiddetto "3+2") (Fonte CINI su dati MIUR).

area informatica oppure in altra tipologia di classe. La tabella evidenzia l'ampia diffusione delle iniziative formative nell'area Big Data/Data Science, che ha portato, nell' a.a.2020-2021, all'istituzione e all'avvio di una specifica classe di laurea, in codice: LM-DATA.

La Sicurezza informatica e anche l'Artificial Intelligence sono ben diffuse, mentre Cloud Computing e IoT sono assai meno presenti nell'ordinamento.

Anche l'analisi degli insegnamenti è stata condotta ad ampio spettro, prendendo in esame, in tutti gli atenei, sia insegnamenti riferibili ai settori disciplinari informatici; sia tutti gli altri settori, nessuno escluso. La Tab. 19 riporta il numero di atenei presso i quali sono attivi insegnamenti riferibili alle varie aree e il numero di questi insegnamenti, evidenziando anche la variazione fra l'anno 2016 e il 2018.

Un'analisi più approfondita degli argomenti per ciascuna area è stata svolta mediante il questionario distribuito alle comunità dei docenti di informatica e ha prodotto una descrizione che si riporta in maniera sintetica nella Tab. 20, dove vengono classificati gli insegnamenti sulla base del loro grado di copertura; in termini di ore. Il dettaglio degli argomenti è reperibile nell'edizione 2019 dell'osservatorio.

L'attivazione dei corsi di laurea informatici

Questa seconda indagine quantitativa ha esaminato l'evoluzione dell'attivazione, nel corso degli anni, dei corsi di studio ufficiali riferibili all'area informatica.

Il periodo preso in esame va dal 2001, anno di effettivo avvio del "3+2", al 2023.

Come già illustrato, nel corso del vecchio ordinamento, precedente all'istituzione delle lauree triennali e magistrali, i corsi di studio nella Facoltà di Ingegneria sono denominati ufficialmente Ingegneria informatica e hanno la durata di cinque anni. Per la Facoltà di Matematica, Fisica e Scienze naturali, il corso di laurea in Scienze dell'informazione nasce con la durata di quattro anni e viene successivamente esteso a cinque. Ma è importante sottolineare anche l'attivazione dei diplomi universitari, che quasi ovunque nascono come trasformazione delle Scuole Dirette a Fini Speciali e che cercano di creare un canale di raccordo più veloce con le esigenze del territorio.

Le Figg. 7 e 8 mostrano un'istantanea della numerosità globale e della distribuzione geografica dei corsi di studio e dei diplomi prima della riforma del "3+2".

Le due figure mostrano come fosse sentita l'esigenza di avere, nelle varie realtà territoriali, un'offerta formativa articolata sia in termini di numero che di tipologia. Il fenomeno delle cosiddette sedi decentrate, cioè dei corsi organizzati dagli atenei in città diverse da quelle delle sedi principali, nasce in primo luogo con l'attivazione di diplomi universitari, spesso in collaborazione con le associazioni datoriali che investono nella formazione universitaria prima ancora delle istituzioni pubbliche, come Comuni e Province – che non esitano ad assumere un ruolo propulsivo anche e soprattutto per l'attivazione di veri corsi di laurea.

L'avvio della riforma del "3+2" esplica i suoi effetti in poco tempo. Già nel 2001 una consistente quota dei vecchi CDL e CDU è stata trasformata, dando origine alle lauree triennali e alle lauree specialistiche. La Fig. 9 evidenzia come la riforma abbia aumentato in misura significativa i corsi di studio su tutto il territorio nazionale. È noto che già nel 2004 è stata operata un'ulteriore trasformazione dell'ordinamento, il cosiddetto

detto "270", che ha posto regole più stringenti sull'organizzazione degli insegnamenti e sui requisiti minimi, in termini di docenti necessari per poter attivare un corso di studi.

Alla luce di questi fatti e della tendenza innegabile alla diffusione dell'IT in generale e dell'informatica in particolare, non sorprende constatare che, sia nei corsi di studio informatici – quelli che laureano i veri professionisti – sia in quelli più di dominio, la tendenza alla crescita del numero dei corsi di studio non si sia arrestata.

La Tab. 21 mostra l'elenco delle classi di laurea prese in esame; per semplicità si riportano solo le classi di laurea dell'ordinamento 270, ma l'analisi ha ricompreso anche le precedenti classi dell'ordinamento 509, che hanno una corrispondenza a uno a uno con quelle più recenti, con l'eccezione della più nuova LM-DATA.

La Fig. 10 evidenzia che l'insieme dei corsi di laurea nelle classi prese in esame mostra un consolidamento delle lauree triennali, che dopo l'exploit dei primi anni del "3+2" si assesta intorno al 2011 e riprende poi a crescere. Per converso, le lauree specialistiche (poi magistrali) che nel primo decennio post-riforma erano rimaste sostanzialmente stabili, dal 2014 mostrano un andamento in crescita; crescita che è ancora attiva nel 2023. Disaggregando questi dati e distinguendo l'andamento temporale nelle due macrocategorie dei corsi di studio nelle classi dell'Ingegneria e in tutte le altre (Scienze informatiche e affini), si percepisce la maggior stabilità dell'Ingegneria che, soprattutto nelle lauree triennali, mostra una certa stazionarietà, pur con segni di un qualche consolidamento (Fig. 11). È noto, infatti, che in molte sedi medie o piccole, la laurea triennale in Ingegneria si connota spesso come laurea in Ingegneria dell'informazione e offre un curriculum informatico assieme ad altri curricula, di norma Elettronica o Telecomunicazione o più raramente Bioingegneria.

Nelle lauree magistrali, invece, anche la classe dell'Ingegneria informatica evidenzia un buon dinamismo riferibile soprattutto all'attivazione di lauree magistrali in due delle aree tematiche analizzate in precedenza, cioè Data Science e Intelligenza Artificiale.

Le classi delle Scienze informatiche e quelle qui denominate Affini (Fig. 12) evidenzia, analogamente al caso dell'Ingegneria, una riduzione iniziale delle lauree triennali seguita da una stasi e da un recente incremento. Questo andamento è riferibile esclusivamente alle classi L-31 e LM-18, cioè quelle tradizionalmente associate all'area delle Scienze informatiche. L'andamento nelle lauree magistrali mostra una sostanziale stabilità fino al 2016, seguita poi da una forte e continua crescita, che è trainata prevalentemente dalle classi L91 e LM-DATA (nella prima di queste classi, che fu attivata agli inizi dell'ordinamento 509, sono state collocate, negli anni più recenti, le iniziative dell'area Data Science, che hanno poi trovato una sistemazione istituzionalmente più ufficiale nella nuova classe di laurea LM-DATA), ma che recepisce anche un certo numero di iniziative nell'area dell'Intelligenza artificiale.

Infine, può essere utile considerare anche un altro aspetto quantitativo, cioè la numerosità dei docenti universitari che sono ufficialmente associati all'area informatica, cosa che nell'ordinamento italiano corrente viene designata mediante l'appartenenza a un macrosettore concorsuale (MSC, sono 86), ad un settore concorsuale (SC, sono 190) e a un settore scientifico disciplinare (383). Per semplicità si considerano qui solo i s.s.d. che per i docenti informatici, sono due distinti dalle sigle INF/01 (Informatica) e ING-INF/05 (Sistemi di Elaborazione dell'Informazione). Per avere un quadro

Classi di laurea		
codice	denominazione	accorpamenti
L-8	Ingegneria dell'informazione	Ingegneria
LM-32	Ingegneria informatica	
L-31	Scienze e Tecnologie informatiche	Scienze Informatiche
LM-18	Informatica	
LM-66	Sicurezza informatica	Affini
LM-DATA	Data Science	
LM-91	Tecniche e Metodi per la società dell'informazione	
LM-43	Metodologie informatiche per le	
	Discipline umanistiche	

Tab. 21 Elenco delle classi di laurea prese in esame per lo studio dell'evoluzione del numero dei corsi di studio. L'accorpamento è funzionale all'analisi. Fonte CINI.

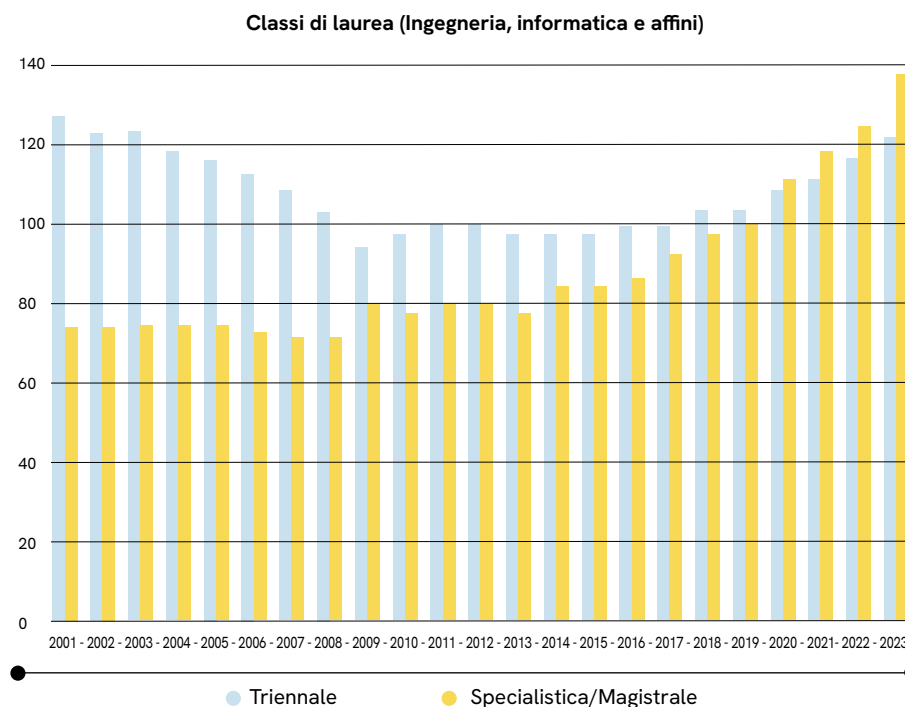


Fig. 10 Evoluzione globale del numero dei corsi di laurea nelle classi dell'Ingegneria, delle scienze Informatiche e in quelle Affini (per l'elenco, si rimanda alla Tabella 21). (Fonte CINI su dati MIUR).

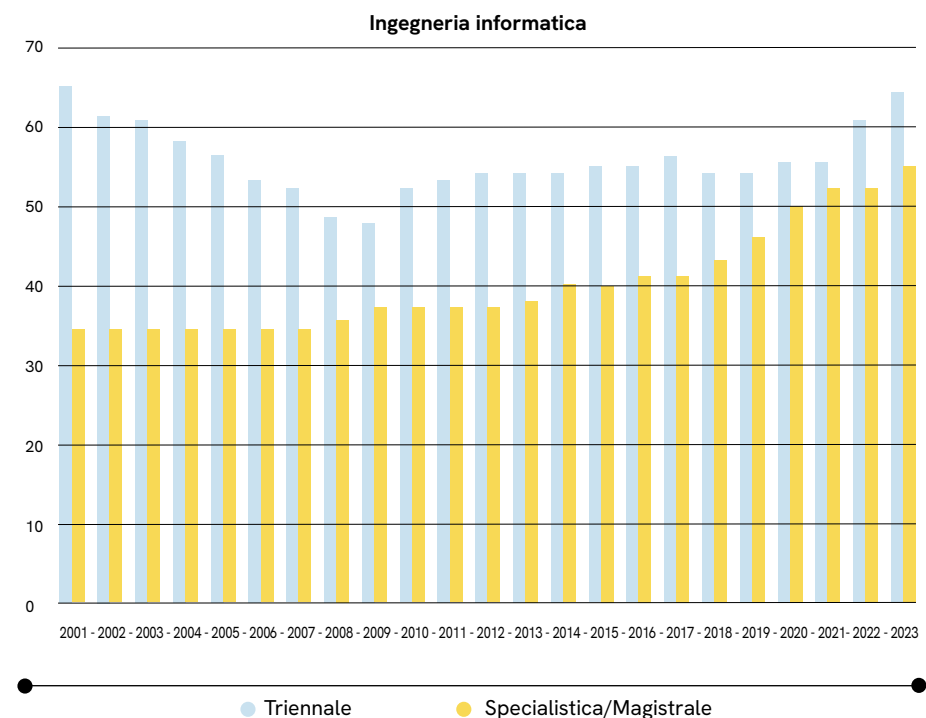


Fig. 11 Evoluzione del numero dei corsi di laurea nelle sole classi di Ingegneria. (Fonte CINI su dati MIUR).

completo della docenza in questi due settori, è parso poi corretto conteggiare tutti i docenti, indipendentemente dal loro ruolo (ricercatori a vario titolo, professori associati e professori ordinari) dato che, in misura un po' differenziata, tutti devono contribuire alle attività didattiche.

La Fig. 13 riporta l'andamento della numerosità di tutti i docenti, accorpata nel ruolo e disaggregata nei due s.s.d., nell'intervallo temporale che va dall'introduzione dell'ordinamento "3+2" a tutto il 2022. In questi venti anni, la docenza universitaria informatica è raddoppiata. Alla crescita, fra il 2002 e il 2009, è seguita una stasi fino a circa il 2018; stasi dovuta a forti provvedimenti restrittivi messi in atto dalle autorità governative. Dal 2018 in avanti si assiste a una nuova fase di crescita.

Esaminando congiuntamente la Fig. 10 (numero dei corsi di laurea) e la Fig. 13 (numero dei docenti) si osserva un clamoroso fenomeno di eccessiva proliferazione dei corsi di studio all'inizio della riforma "3+2" rispetto alla docenza disponibile. Il rapporto docenti/corso-di-laurea era all'incirca 4,4 e pur nell'approssimazione dovuta a un calcolo medio nazionale, tale valore era chiaramente troppo basso per sostenere efficacemente l'attività didattica. La situazione più recente invece è avviata verso un maggior equilibrio: nel 2023 il rapporto è diventato circa 7,6.

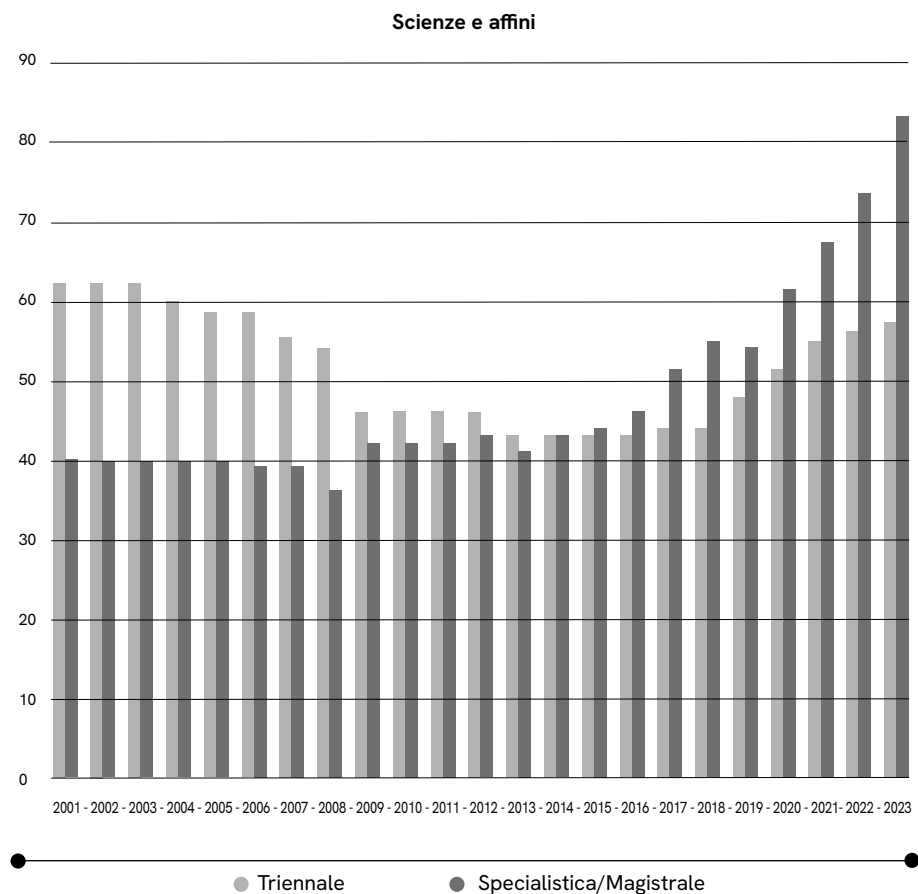


Fig. 12 Evoluzione del numero dei corsi di laurea nelle classi di Scienze informatiche e in quelle Affini. (Fonte CINI su dati MIUR).

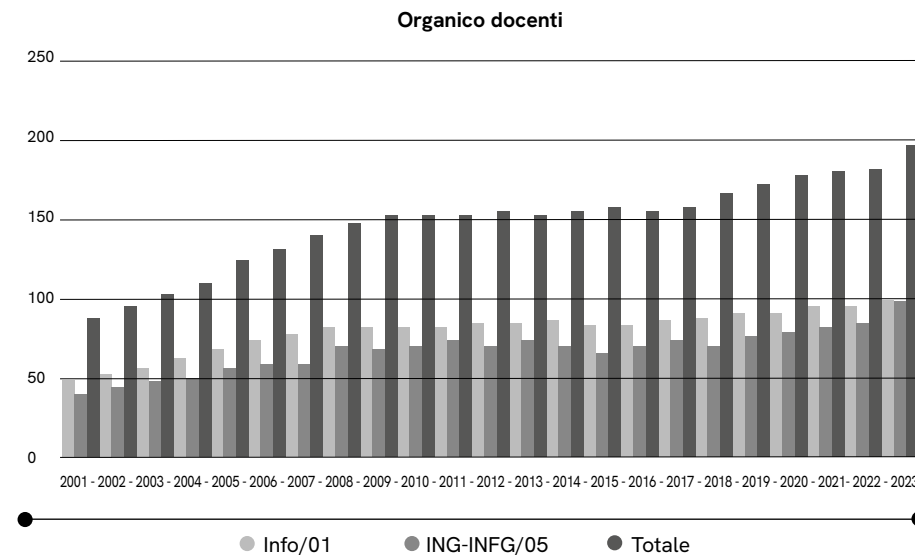


Fig. 13 Evoluzione del numero dei docenti inquadrati nei s.s.d. informatici. (Fonte CINI su dati MIUR).

Ringraziamenti

Si ringraziano tutti i docenti delle sedi universitarie che hanno fornito un contributo sulla storia dell'informatica nel loro ateneo, i presidenti delle associazioni GII e GRIN e in particolare i colleghi che hanno curato le iniziative BoK-GII e il "Bollino GRIN". Le indagini svolte dal Laboratorio Competenze Digitali, Formazione e Certificazioni del CINI nell'ambito dell'Osservatorio delle Competenze Digitali hanno coinvolto un numero molto elevato di docenti, a tutti i quali va un dovuto ringraziamento per il grande lavoro svolto negli anni delle indagini.

NOTA

Tutti i riferimenti web citati nel contributo sono validi al gennaio 2024.

<https://doi.org/10.36173/SII-parteprima-vol1-07>



**Formazione,
divulgazione e
organizzazione
dei servizi**

8

Ivan Grossi

**Consorzi e
Centri di servizio**



Introduzione

La diffusione e la crescita, sia qualitativa sia quantitativa, dell'uso del calcolatore elettronico – per utilizzare il termine con cui alla fine degli anni Sessanta del secolo scorso si indicavano i computer nel mondo accademico e dell'istruzione superiore e anche nelle imprese, specie quelle tecnologicamente avanzate o operanti in settori strategici come l'energia – non sarebbe potuta avvenire nei termini e nei modi che conosciamo se l'allora Ministero della pubblica istruzione (Mpi) non avesse fatta propria e sostenuta, sia dal punto di vista giuridico sia finanziario l'idea che sta alla base della maggior parte delle realtà di cui ci occuperemo in queste pagine, ossia creare dei “punti di accumulazione” di risorse ad altissimo valore aggiunto in modo che potessero essere a disposizione di tutto il mondo accademico, e non solo, senza distinzione di dimensioni dell'ateneo o di collocazione geografica.

Chi scrive ritiene che l'aver favorito la nascita dei consorzi interuniversitari sia stato – e sia tuttora – un modo eccellente per ottemperare all'articolo 3 della nostra Costituzione, laddove, al comma 2, impone alla Repubblica di rimuovere tutti gli ostacoli che potrebbero impedire una reale eguaglianza fra tutti i cittadini: i consorzi hanno permesso a tutte le università italiane, e segnatamente alle più piccole e periferiche, di poter disporre delle più avanzate risorse di calcolo per la ricerca e la didattica.

Il mondo accademico e, almeno in una prima fase, la sua componente scientifica, ha svolto il ruolo di catalizzatore delle necessità e delle relative soluzioni. È significativo ricordare almeno in questo contesto, che la realtà che conosciamo con il nome di CINECA (originariamente acronimo di Consorzio Interuniversitario del Nord-Est per il Calcolo Automatico) fu la risposta dell'epoca (1967) alla necessità dei fisici delle alte energie che si avvalevano delle risorse di calcolo dell'Organizzazione Europea di Ricerca Nucleare (CERN), di poter disporre degli stessi ambienti di calcolo senza dover essere costretti ad andare a Ginevra.

Se non ci fossero stati i consorzi non ci sarebbe stata, inoltre, la straordinaria diffusione delle reti di trasmissione dati prima e poi, tramite il Gruppo per l'Armonizzazione delle Reti della Ricerca (GARR), la diffusione di Internet.

Questo contributo alla storia dell'informatica italiana prenderà in esame, ancorché in modo succinto, l'apporto che realtà come il Consorzio interuniversitario per le Applicazioni di Supercalcolo Per l'Università di Roma (CASPUR), il Consorzio Interuniversitario Lombardo per l'Elaborazione Automatica (CILEA), il CINECA, il Consorzio per il Sistema Informativo (CSI) Piemonte e CSP¹ hanno dato allo sviluppo non solo dell'informatica ma anche della ricerca e della crescita della società dell'informazione italiana. Si farà anche cenno, ove necessario, al ruolo avuto dall'Applicazioni in Tecnologie Avanzate (CSATA) - Tecnopolis Novus Ortus² laddove intersechi l'operato dei soggetti descritti nelle schede seguenti.

1. CSP - Centro Supercalcolo Piemonte nasce nel 1989 da una costola del CSI - Piemonte.

2. Per maggiori informazioni su Tecnopolis CSATA si veda in questo stesso volume il contributo di Antonio De Giorgi: CSATA - Tecnopolis e i Consorzi di Ricerca nel Sud: motori di sviluppo.

Analizzando le pagine che seguono, il lettore potrà scorgere alcuni elementi che hanno caratterizzato le scelte di tutte le realtà qui trattate.

La prima preoccupazione fu quella di mettere al servizio della comunità scientifica potenze di calcolo che non sarebbe stato possibile – sia per i costi sia per la gestione – confinare in un unico ateneo. Infatti, tutti i consorzi puntarono fin dall'inizio ad avere macchine al top della gamma raggiungibile con le risorse a disposizione.

I mainframe UNIVAC 1108 (CILEA, 1968) e CDC 6600 (CINECA, 1969), ad esempio, richiedevano di essere collocati in strutture altamente complesse per ospitare i necessari grossissimi impianti di raffreddamento e i gruppi di continuità.

Ciò suggerì ai dirigenti di questi due consorzi di collocarli al di fuori del contesto urbano, in capannoni industriali, un tipo di locale che le università – soprattutto quelle con maggior storia alle spalle – non sarebbero mai state in grado di mettere a disposizione all'interno delle loro mura.

Questa dislocazione favorì anche l'assunzione di personale specialistico e dedicato che permise di erogare i servizi di calcolo per un arco temporale che rapidamente raggiunse le ventiquattr'ore giornaliere e i sette giorni alla settimana.

Le realtà che scelsero di insediarsi all'interno del contesto urbano dovettero trovare soluzioni adeguate a ospitare i grandi mainframe di cui si sarebbero dotate. Ad esempio, CSI-Piemonte fu ospitato nei locali di un ospizio per anziani dismesso e sottoposto a una profonda ristrutturazione mentre CASPUR, dopo essere stato inizialmente ospitato nel Centro interdipartimentale di calcolo scientifico di Sapienza Università di Roma, approdò in uno stabile di sua proprietà.

Anche CILEA, dopo i primissimi anni passati in periferia, cercò di avvicinarsi ai propri utenti anche perché negli anni Settanta i costi di utilizzo delle linee telefoniche per la trasmissione dati erano proibitivi – soprattutto se si andava in “interurbana” – a fronte di velocità (1200 bps e, nella migliore delle situazioni, 4800/9600 bps) che oggi-giorno fanno sorridere.

CINECA, invece, rimase sempre alle porte di Bologna nei pressi del casello autostradale, per facilitare il raggiungimento del centro di calcolo agli utenti che sarebbero arrivati dalle università consorziate: Firenze, Padova, Venezia e, ovviamente, Bologna.

Le potenze di calcolo rese disponibili, la loro collocazione geografica, e l'assoluta necessità di sfruttare al massimo gli ingenti investimenti fatti soprattutto dal Ministero dell'università e della ricerca (allora Mpi, come già ricordato) spinsero tutti i gestori di queste strutture a iniziare e progressivamente potenziare l'utilizzo di queste risorse anche da remoto attraverso linee di trasmissione dati.

Ogni realtà creò la propria rete di trasmissione dati – tutte utilizzando l'infrastruttura messa a disposizione da SIP (poi TELECOM Italia, oggi TIM) ma ognuna con il proprio protocollo per il trasferimento dati che dipendeva dal particolare hardware utilizzato – rendendo ognuna di queste realtà un'isola. Il problema fu avvertito relativamente presto, tuttavia occorrerà aspettare gli anni Ottanta affinché sia i gestori di queste risorse sia gli stessi atenei si ritrovassero per cercare una soluzione. La prima parte della soluzione a questo importantissimo problema si chiama GARR, la seconda parte si chiama TCP/IP, il protocollo di trasmissione di Internet che nel 1986, grazie al Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico (CNUCE) (CNR, Pisa), iniziò ad essere

disponibile anche in Italia. Il ministero si rese disponibile a sostenere l'armonizzazione sia riconoscendo il GARR sia, soprattutto, mettendo a disposizione le risorse finanziarie per creare la spina dorsale telematica (il famoso *backbone*) del sistema della ricerca italiana. Il *backbone* fu da subito collegato alle dorsali della ricerca europee e nordatlantiche.

I rapporti con il ministero vigilante, le amministrazioni locali e le realtà imprenditoriali private

Un altro tratto comune ai consorzi e ai centri di servizio fu la volontà costante di stabilire con il ministero vigilante e con gli enti locali (soprattutto le regioni, che nel 1970 avevano visto i natali) una collaborazione utile a entrambi. Le ragioni sono facilmente intuibili ed erano legate sia al riconoscimento giuridico (si veda poco più sotto il caso CASPUR) sia all'accesso alle risorse economiche. Per realtà consortili come CASPUR, CILEA e CINECA (per farne meglio comprenderne al lettore la natura li definiamo qui consorzi interuniversitari puri) il rapporto con il ministero vigilante era *conditio sine qua non* affinché la loro legittimità non fosse messa in discussione dal ministero stesso in modo da poter riceverne il supporto economico e lo status necessario per interloquire alla pari con università ed enti di ricerca.

Questo legame si è manifestato in forme diverse, tuttavia tutte riconducibili all'utilizzo da parte del ministero delle competenze e delle risorse di questi consorzi per lo sviluppo e l'ammodernamento della macchina ministeriale, delle università e delle scuole in cambio di legittimità e fondi.

Sul versante della collaborazione con gli enti locali, alcune delle realtà che prenderemo in esame comprendono nella compagine consortile le amministrazioni locali (ad esempio CSI-Piemonte vede fra i soci fondatori la Regione Piemonte a fianco del Politecnico di Torino), altre ancora hanno fra i soci realtà imprenditoriali private oltre ad amministrazioni locali (ad esempio CSP annovera fra i soci fondatori, oltre gli enti accademici, sia amministrazioni locali piemontesi sia associazioni imprenditoriali piemontesi).

Il lettore troverà nelle schede relative a ogni singola realtà presa in esame l'illustrazione delle linee di gestione adottate che hanno permesso loro di ritagliarsi un ruolo nel panorama italiano.

Attività didattica, di formazione e convegnistica

Fin dall'inizio, i centri di servizio e i consorzi svolsero un'intensa attività d'informazione, divulgazione e formazione sulle tecnologie legate all'informatica. Quando alcuni dei consorzi iniziarono a operare ci si riferiva alle macchine come calcolatori elettronici e fu naturale che i pochi specialisti disponibili svolgessero un'intensa opera di diffusione delle conoscenze, attività che si affiancarono ai corsi universitari.

Sul versante dei rapporti con le amministrazioni locali, ogni centro e ogni consorzio dovette fare i conti con le specificità delle diverse realtà locali.

Dai servizi di solo calcolo ai servizi ad alto valore aggiunto per Università, Enti Locali e Imprese private

Com'è facilmente intuibile, i primi servizi erogati furono quasi esclusivamente caratterizzati dalla disponibilità di tempo di calcolo. Questo approccio descrive con molta precisione quanto fece chi avviò la propria attività fra la fine degli anni Sessanta e gli anni Settanta. Già a partire dalla fine degli anni Settanta iniziarono a essere disponibili anche potenti pacchetti applicativi, come, ad esempio, lo Statistical Package for Social Sciences (SPSS), che fu determinante per la diffusione dell'uso del computer anche in un'ampia fascia di discipline umanistiche, sociali e medico-biologiche. La progressiva disponibilità di librerie per le applicazioni grafiche ha permesso ad esempio alla Regione Emilia-Romagna di realizzare – in tempi ancora pionieristici – una delle prime campagne complete di cartografia tematica digitale dell'intera regione.

Attività straordinarie in cui centri di servizio e consorzi sono stati coinvolti

È utile qui ricordare che il Ministero della pubblica istruzione dal 1985 fino ai primi anni Novanta, con l'impulso iniziale dell'allora Ministra, Senatrice Franca Falcucci, promosse e finanziò uno dei più importanti programmi a livello europeo di introduzione dell'Informatica nella scuola media superiore³, la cui gestione era affidata ai consorzi: CILEA, CINECA, CSATA e il CEDUIC⁴.

Questi quattro centri, i cui rappresentanti facevano parte del comitato ministeriale di gestione, ebbero il ruolo di attuatori del PNI, ruolo che si concretizzò nella formazione degli insegnanti-formatori, nella collaborazione alla progettazione dei materiali didattici originali e alla loro diffusione, nella gestione di tutti gli aspetti logistici.

In questa prima fase del PNI, in carico ai centri vi fu anche l'aggiornamento dei dirigenti scolastici (all'epoca chiamati presidi). Il PNI raggiunse mediamente il 76% delle scuole di secondo grado, con punte del 96% per gli istituti tecnici.

Le risorse di calcolo e loro evoluzione

Come il lettore può facilmente constatare, ogni centro servizio e ogni consorzio ha sempre cercato di tenere il passo con una tecnologia che andava sempre più veloce e richiedeva, per il tipo di struttura, investimenti sempre maggiori. A metà del secondo

3. Piano Nazionale Informatica (PNI) è una sperimentazione didattica volta all'introduzione delle tecnologie informatiche nell'insegnamento della matematica e della fisica che si svolse fra il 1985 e il 1993: http://www.bdim.eu/item?fmt=pdf&id=BUMI_2003_8_6A_3_441_0

4. CEDUIC - Centro Elaborazione Dati Universitario per l'Italia Centrale, allora attivo presso l'Università degli Studi di Perugia.

decennio di questo secolo, il ministero vigilante si rese conto, per lo sviluppo che caratterizzava le tecnologie di calcolo, che sarebbe stato più utile, per il Sistema Italia, raggruppare in un unico ente tutti coloro che erogavano servizi di supercalcolo sui quali avesse giurisdizione.

Si arriva così al 2015, dopo un iter iniziato nel 2012 per volontà dell'allora ministro Francesco Profumo, all'incorporamento di CILEA e CASPUR – gli altri due consorzi di supercalcolo afferenti al MIUR – in CINECA che attualmente è il centro cui il ministero, le università, gli enti di ricerca pubblici e altri enti pubblici fanno riferimento per le applicazioni avanzate di supercalcolo. Come si vedrà più avanti, un altro centro di supercalcolo (CSP) abbandonerà nel 1998, scegliendo di cimentarsi in altri settori.

Nel 2022 al CINECA è stato installato il supercomputer Leonardo che si colloca al quarto posto nella classifica Top500, con un HPL-High-Performance Linpack di picco prevista di 240 pFlops⁵ e al primo posto per Band With score nella classifica Io500, con i suoi 4992 nodi di calcolo raffreddati a liquido, e 111 pByte di storage.

L'attività editoriale

La maggior parte delle realtà qui analizzate ha documentato la propria attività, oltre che con pubblicazioni scientifiche, attraverso bollettini e riviste periodiche. A questi si aggiungono atti di convegni e altre pubblicazioni legate a eventi particolari come, ad esempio, gli anniversari. Con il prevalere del web sulla carta stampata, anche questi strumenti sono diventati progressivamente solo digitali, sostituiti dal web istituzionale, dai canali YouTube e dalle pagine social, laddove utilizzate.

Ad esempio, CILEA ha pubblicato, tra il 1984 e il 2011, il Bollettino del CILEA confluito, dopo l'incorporamento in CINECA, nel Notiziario di quest'ente; mentre CINECA ha avviato la pubblicazione di un proprio bollettino, chiamato inizialmente NOTIZIE dal CINECA, poi Notiziario del CINECA, e ora CINECA Magazine.

5. pFlops: milioni di miliardi di *floating point operations* per secondo.

CASPUR

Le origini ed i soggetti promotori

Il Consorzio interuniversitario per le applicazioni di supercalcolo⁶ (CASPUR), affonda le sue radici nel progetto Numeric Intensive Computing Italia (NIC-Italia), finanziato dal MIUR, allora guidato da Antonio Ruberti – già rettore di Sapienza Università di Roma⁷ – con lo scopo di favorire l'utilizzo delle tecnologie dell'informazione.

Il progetto NIC-Italia fu possibile grazie alla collaborazione fra Sapienza Università di Roma, Università degli Studi di Roma Tor Vergata, Università degli Studi dell'Aquila, Università degli Studi di Bari "Aldo Moro", Università degli Studi di Cagliari e Università del Salento.

A fianco degli enti accademici, furono invitati a partecipare anche enti di ricerca quali il CNR, l'Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA) e l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN): era il marzo del 1989 quando venne firmata la convenzione fra tutti gli enti citati in precedenza.

L'operatività del progetto fu garantita e realizzata grazie alla cooperazione e il supporto del Centro Interdipartimentale di Calcolo Scientifico di Sapienza Università di Roma (in breve CICS-Sapienza), allora guidato da Mirella Schaerf; la gestione del progetto fu affidata a un comitato scientifico presieduto da Franco A. Gianturco, con la collaborazione tecnica di Enzo Valente dell'INFN.

I risultati conseguiti e le competenze maturate dal gruppo di lavoro del progetto NIC-Italia spinsero i promotori dell'iniziativa a adoperarsi per garantirne il proseguimento. I partner del progetto si riorganizzarono con la forma giuridica di diritto privato nota come Consorzio Interuniversitario, facendo tesoro dell'esperienza già maturata da CILEA e CINECA. La normativa all'epoca in vigore non permise di continuare a coinvolgere gli enti di ricerca, ancorché pubblici e si dovette fare i conti anche con l'abbandono di alcuni atenei. Nel giugno del 1992 fu quindi fondato il CASPUR per opera di Sapienza Università di Roma, dell'Università degli Studi di Bari "Aldo Moro", dell'Università del Salento e come new entry, del neonato Politecnico di Bari.

Gli inizi del consorzio non furono facili in quanto, come spesso avviene, una certa contrarietà del MIUR⁸ – esistevano già due consorzi interuniversitari dedicati alle applicazioni delle tecnologie informatiche – veniva celata dietro risvolti burocratico-amministrativi, quali la dilazione dei tempi per il riconoscimento della personalità giuridica, che proprio il MIUR doveva approvare.

6. Per la redazione di questa scheda si è fatto riferimento prevalentemente al contributo di Nico Sanna pubblicato sul sito di AICA, inclusa la tabella delle risorse di supercalcolo: <https://www.aicanet.it/associazione/gruppi-di-lavoro/storia-dellinformatica/calcolo-scientifico-in-italia/caspur>

7. All'epoca dell'avvio del progetto NIC-Italia alcune delle università elencate avevano denominazioni leggermente diverse. Si sono utilizzate in questo contesto le denominazioni ufficiali attuali.

8. Oggi diviso in due realtà: Ministero dell'istruzione e del merito e Ministero dell'università e della ricerca.

Senza il riconoscimento della personalità giuridica il consorzio non avrebbe potuto ricevere fondi dal ministero e si arrivò a un passo dallo scioglimento. Era il 1996 quando finalmente il MIUR riconobbe il CASPUR e garantì una linea di finanziamento che permise al consorzio di navigare a vele spiegate verso gli obiettivi che si era prefissato.

I quattro anni di precarietà giuridica, tuttavia, non impedirono al CASPUR di ampliare il numero di membri. Infatti, nel 1994 entrarono a far parte del consorzio l'Università degli Studi Roma Tre e lo stesso ministero, cosa che finalmente agevolò il riconoscimento della personalità giuridica.

L'evoluzione del consorzio

Da allora il numero delle realtà consorziate è cresciuto in modo significativo registrando l'ingresso dell'Università degli Studi della Tuscia (2001); nel 2003 dell'Università degli Studi di Roma Foro Italico⁹, dell'Università degli Studi di Foggia e dell'Università degli Studi di Roma Tor Vergata che, pur avendo partecipato al progetto NIC-Italia, in prima battuta aveva deciso di non partecipare alla fondazione del consorzio.

Nel 2011 è la volta dell'Università degli Studi di Catania (già in CINECA dagli anni Settanta) e della Scuola Normale Superiore di Pisa.

Come si può rilevare guardando la distribuzione geografica delle università aderenti, il CASPUR si connotò in modo inequivocabile come il consorzio delle università del Centro-Sud d'Italia, così come il CILEA – si vedrà più avanti – si connotò come un consorzio esteso sull'area lombarda e come il CINECA, che dall'iniziale distribuzione nell'Italia Nord Orientale del 1967, pian piano aveva assunto una dimensione più ampia.

L'offerta di servizi

Come si vedrà analizzando le diverse realtà – i consorzi interuniversitari – su cui questo capitolo concentra la sua attenzione, anche il CASPUR caratterizza la sua offerta con supercomputer che si collocano nella zona bassa del Top500 ma pur sempre nel *rank* preso in esame da quella prestigiosa classifica (Tab. 1) arrivando a oltre 30mila GFlops¹⁰. È l'epoca dei mainframe, favorita anche dalla disponibilità di una rete di trasmissione dati sempre più veloce: egemonia insidiata, però, dalla disponibilità sul mercato di workstation sempre più potenti – realizzate prevalentemente con tecnologia RISC – in grado di soddisfare esigenze di elaborazione (in ambito grafico soprattutto) che nel decennio precedente solo una grossa unità centrale sarebbe stata in grado di soddisfare.

9. All'epoca, Istituto Universitario di Scienze Motorie - IUSM.

10. GFlops: Giga Floating Point Operations per Second – miliardi di operazioni in virgola mobile al secondo.

Le semplici ore di calcolo man mano risultavano sempre meno appetibili – ancorché necessarie alla stragrande maggioranza degli utilizzatori – ricercatori universitari e altri enti di ricerca – per soddisfare le crescenti esigenze applicative.

I servizi per le università e gli enti di ricerca

Era necessario diversificare l'offerta. Naturalmente l'obiettivo da perseguire *in primis* era quello di avere delle risorse di calcolo il più possibile *up to date* (nei limiti delle disponibilità di bilancio). I nuovi sistemi operativi e gli applicativi erano (e sono) via via sempre più *resource consuming*, una molteplicità di ambienti di calcolo viene quindi messa a disposizione degli utilizzatori che appartengono a un ventaglio molto ampio di discipline: Fisica delle alte energie, Chimica, Matematica, Fluidodinamica, Scienza dei materiali e della terra e Dinamica molecolare. Per favorirne l'accesso venne adottata una politica di assegnazione di ore di calcolo gratuite (fino a un massimo di centomila ore) con vette che raggiungevano il milione per progetti di particolare rilevanza, sia nazionali che internazionali. Questa scelta di venire incontro alla cronica esiguità dei bilanci dei gruppi di ricerca offrendo ore di calcolo gratuite incontrò ampi consensi, come dimostra la progressione dei progetti supportati: dai sessanta del 2007 ai centosessanta del 2012, per complessivi settecento progetti (circa) nel corso di sei anni. Parallelamente a questa collaborazione strategica con i diversi gruppi di ricerca, CASPUR ha finanziato borse di studio e dottorati di ricerca che hanno contribuito, oltre alla collaborazione attiva nei progetti supportati, ad arricchire la produzione di articoli scientifici che nel solo 2011 sono stati oltre duecento.

Non secondaria anche l'attività di diffusione della rete di trasmissione dati, sistema nervoso fondamentale per tutte le realtà consortili e i centri di servizio. CASPUR si è occupato della progettazione, realizzazione e gestione della rete che collega le varie sedi dell'Università di Roma Tre, Sapienza Università di Roma, dell'Università Foro Italico e della rete metropolitana dell'Università di Bari.

I servizi per il ministero vigilante, altri ministeri e gli enti locali

Come sottolineato in premessa, il rapporto con il ministero vigilante si dimostrò strategico per entrambi i partner (una situazione *win-win*). Infatti, il consorzio venne chiamato a collaborare alla progettazione, realizzazione e gestione del sistema informativo universitario attraverso molteplici servizi:

- CIBER, finalizzato alla creazione di un'emeroteca digitale disponibile a più di 600 000 fra docenti, ricercatori e studenti delle 27 università aderenti;
- SCRIPTA, finalizzato alla somministrazione e valutazione delle prove di ammissione ai corsi di laurea, utilizzato da più di 15 università;
- GOMP, volto ad assistere alla predisposizione dell'offerta formativa delle università e della carriera didattica dello studente;
- SOUL, per l'offerta e la gestione dei tirocini *pre e post lauream*.

Il ministero si è avvalso, fin dal 1997, anche delle competenze del consorzio per progettare, realizzare e gestire le proprie infrastrutture informatiche; questa collaborazione ha portato alla richiesta di progettare e realizzare l'attività di formazione dei funzionari del ministero stesso in modo che potessero utilizzare al meglio l'infrastruttura realizzata.

A fianco della collaborazione con il ministero, CASPUR è stato coinvolto dal Comune di Roma nella realizzazione della Rete Civica (1995), attività che si è poi evoluta nel processo di coinvolgimento di altri enti locali. Le collaborazioni si sono estese poi al Policlinico Umberto I di Roma per la realizzazione della rete ospedaliera, alla Presidenza del Consiglio per l'infrastruttura di rete e del sistema informativo, alla Commissione per le adozioni internazionali, al Dipartimento della funzione pubblica, alla Camera dei deputati e all'allora Ministero per le politiche agricole.

L'attività didattica e convegnistica

Come già ricordato, l'attività didattica e convegnistica ha rappresentato un importante filone. Oltre alle iniziative già citate, è importante menzionare la Scuola Estiva di Calcolo Avanzato e le iniziative permanenti volte a trasferire competenze di base e avanzate a oltre 9000 studenti partecipanti ai corsi di base e ai 1000 partecipanti ai corsi specialistici.

Le collaborazioni internazionali

Oltre alle collaborazioni dirette e indirette attraverso la partecipazione ai progetti citati in precedenza, nel 1995 CASPUR ha dato vita e messo a disposizione le sue specifiche competenze di gestione di sistemi tecnologici al consorzio Nautilus Mediterranean eXchange Point (NaMeX) che ha come obiettivo l'interscambio fra ISP - Internet Service Provider per l'area mediterranea in generale e per il Sud d'Italia in particolare. Attualmente (gennaio 2024) sono collegate oltre 200 reti.

Presidenti e Direttori

Presidenti: Filippo Sabetta (1992-2003)
 Franco A. Gianturco (2003-2006)
 Alberto Miola (2006-2013)
 Direttori: Romano Bizzarri (1992-2006)
 Francesco Proietti (2006-2013)

L'evoluzione dei sistemi del consorzio CASPUR

Per volontà del MIUR, nel 2013 il consorzio è stato incorporato nel consorzio CINECA. Al momento contava circa duecento dipendenti.

Evoluzione dei sistemi di supercalcolo del CASPUR					
Sistemi	Anno	Fornitore	Cores CPU/GPU	RMax (GFlops)	RPeak (GFlops)
IBM 3090/600J-VF	1992	IBM	8		0.8
Cluster Alpha EV4	1993/4	DIGITAL	8		1.2
SP2 Power2	1995	IBM	8		
Sistema APE100	1996	QUADRICS	32		1.5
AS4100/ES40 EV5/6	1997/9	DIGITAL	48		45
ES3500/4500 Sparc II	2000	SUN	22		15
SP3 Power3	2001	IBM	64	70.6	96 (a)
SP3 Power3	2002	IBM	128	138	192 (b)
SP3 Power4	2003	IBM	128		403
NEC SX-6+	2004	NEC	8		80
GS1280 Alpha EV7	2005	COMPAQ	32		74
SP5 Power5	2006	IBM	(21*8)		1190
Cluster Matrix AMD	2008	CLUSTERVISION	3072	13600	17338 (c)
Cluster Jazz	2010	HP/NVIDIA	496/[32]	23038	32000 (d)

Tab.1 Top500: a) 2001/2006, rank 480; b) 2002/2006, rank 469; c) 2008/2011, rank 459. Little Green500: d) 2010/2011, rank 5.

CILEA

Le origini ed i soggetti promotori

Nella seconda metà degli anni Sessanta, sulla scia del crescente interesse della comunità scientifica italiana (come ricordato anche nell'introduzione), le università si attivarono verso il ministero di riferimento affinché facilitasse la disponibilità e l'accesso alle risorse di calcolo. Delle iniziative che allora fiorirono, che videro protagoniste realtà accademiche del Centro-Nord Italia, solo il consorzio CINECA approdò in modo operativo agli inizi degli anni Settanta.

Quest'esperienza suggerì alle cinque università lombarde allora esistenti (Università degli Studi di Milano Statale, Università degli Studi di Pavia, Politecnico di Milano, Libera Università Commerciale Luigi Bocconi e Università Cattolica del Sacro Cuore) di creare il già menzionato Consorzio interuniversitario lombardo per l'elaborazione automatica¹¹ (CILEA) con la missione di gestire il centro di calcolo consortile,

11. Per la redazione di questa scheda si è fatto riferimento prevalentemente al contributo di Antonio Decio Cantore, inclusa la tabella dell'evoluzione delle risorse di calcolo, disponibile sul sito AICA all'URL <https://www.aicanet.it/associazione/gruppi-di-lavoro/storia-dellinformatica/calcolo-scientifico-in-italia/cilea>

renderlo fruibile ai consorziati e mettere a disposizione delle università consorziate i più avanzati mezzi per l'elaborazione automatica. Era il 1974.

Nel 1977 il consorzio acquisiva la personalità giuridica grazie al DPR n. 604 del 12 maggio di quell'anno.

L'evoluzione del consorzio

L'apprezzamento dei servizi erogati spinge altre università lombarde, che nel frattempo erano sorte (molte delle quali come gemme di quelle già esistenti), a aderire al consorzio: nel 1983 l'Università degli Studi di Brescia, nel 1987 l'Università degli Studi di Bergamo, nel 2000 l'Università degli Studi di Milano-Bicocca, mentre nel 2001 aderisce l'Università degli Studi dell'Insubria e nel 2006, la Libera Università di Lingue e Comunicazione IULM. Trascorsi appena due anni dall'ultima adesione, il consorzio esce dal perimetro lombardo per accettare la richiesta dell'Università degli Studi di Palermo di farne parte. Era il 2008.

Al consorzio CILEA aderì anche il MIUR.

L'offerta di servizi

A differenza degli altri consorzi, il CILEA, mettendo a frutto la scelta strategica di rendere facilmente accessibili ai propri utenti le risorse di altri consorzi, ha adottato una politica di offerta che privilegiava le applicazioni sia per il ministero vigilante sia per il mondo accademico e della ricerca, pubblica e privata. Non sottovalutò, tuttavia, la necessità strategica di avere macchine che si collocassero a media classifica nel *rank* del Top500. (Tab. 1).

I servizi per le università e gli enti di ricerca

Fra i primi compiti affidati al neonato consorzio vi fu la presa in carico della gestione del mainframe dell'Università di Milano Statale (Sperry-UNIVAC 1106) che avrebbe avuto anche il ruolo di fungere da *gateway* disponibile per tutta l'utenza accademica lombarda verso le macchine del CINECA (Bologna) e del CNUCE (Pisa), attraverso linee affidabili ed efficienti e a costi contenuti. Di contro, la comunità accademica che gravitava attorno al CINECA e i ricercatori del CNR operanti presso il CNUCE – che peraltro forniva servizi alle università pisane – avrebbero potuto accedere ai servizi che via via il CILEA avrebbe reso disponibili.

Per rispondere al meglio alle necessità di trasmissione dati, anche il CILEA partecipò alla progettazione e realizzazione della rete GARR.

L'offerta di servizi sempre più avanzati è andata di pari passo con l'aumento della potenza di calcolo: solo grazie al supercalcolo è stato possibile creare un Centro di Modellistica Computazionale che, in collaborazione con i diversi gruppi di ricerca, ha operato in importanti campi della ricerca che vanno dalla matematica specialistica alla fluidodinami-

ca delle macchine, dalla combustione all'aerodinamica e altre ancora, come i fenomeni di trasporto dei semiconduttori, l'idraulica ambientale e la trasmissione del calore.

A guidare questo centro, come primo direttore, fu chiamato Franco Bezzi del Dipartimento di matematica dell'Università di Pavia: era il 1994.

A fianco di questo centro, nel corso degli anni sono stati creati altri laboratori come, ad esempio, nel 2005 il Laboratory for Interdisciplinary Technologies in BioInformatics (LITBio) e nel 2010 il Laboratorio Interdisciplinare per la Simulazione Avanzata (LISA) di cui si parlerà poco più avanti.

LITBio fu sostenuto economicamente dal MIUR per favorire il potenziamento e la messa in rete di centri pubblico-privati di alta qualificazione scientifica anche su scala internazionale per il periodo 2005-2010, con la missione di fornire alla comunità bioinformatica nazionale e internazionale risorse di calcolo specifiche e affidabili, mettendo a disposizione le competenze in questo settore del personale del CILEA.

I partner del laboratorio furono il Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Telematica dell'Università di Genova, il Dipartimento di Matematica e Informatica dell'Università di Camerino, la sede di Genova dell'Istituto di Elettronica e di Ingegneria dell'Informazione e delle Telecomunicazioni (IEIIT) del CNR e la società Eurotech, che mise a disposizione un supercomputer appositamente progettato per le applicazioni bioinformatiche (Tab. 2).

Sul versante della gestione e del governo dell'università, CILEA, fin dalla sua fondazione, ha prestato particolare attenzione alle esigenze delle università consorziate. Fra i primi ambienti realizzati e messi a disposizione della governance degli atenei (primi anni Ottanta), vi fu CarPer, volto alla gestione delle carriere del personale universitario e anche quello per la gestione dei piani di studio.

L'accompagnamento all'ingresso nel mondo del lavoro dei giovani laureati è sempre stato fra i principali obiettivi degli atenei anche perché una maggiore spendibilità del titolo di studio conseguito aumentava il prestigio dell'università che lo aveva rilasciato.

Nel 1998, attraverso la piattaforma VULCANO¹², fu realizzato un sistema per la gestione integrata di banche dati dei profili professionali dei laureati e dei diplomati presso le università del consorzio. Questa piattaforma fu poi arricchita nel 2002 (progetto STELLA¹³).

Anche il settore biblioteche si avvantaggiò delle competenze del consorzio grazie a BOMAS, un ambiente per la gestione integrata di una biblioteca, che nel corso degli anni si è arricchito di un software OPAC¹⁴ proprietario. Queste competenze gli ha valso la cooptazione da parte del Ministero della cultura (MiC)¹⁵ nel gruppo di gestione del

12. VULCANO: Vetrina Universitaria Laureati con Curricula per le Aziende Navigabile On-line. Una piattaforma analoga, detta *AlmaLaurea*, fu realizzata da CINECA per conto dell'Università di Bologna, estesa poi a tutte le università dell'Emilia-Romagna.

13. STELLA: Statistiche sul Tema Laureati & Lavoro in Archivio on-line.

14. OPAC: Un Online Public Access Catalogue è l'ambiente che consente di effettuare ricerche bibliografiche on-line nel catalogo collettivo delle biblioteche gestite con la stessa piattaforma.

15. All'epoca MiBAC: Ministero per i beni e le attività culturali.

Servizio Bibliotecario Nazionale (SBN). Sempre sul versante biblioteche, il CILEA, in collaborazione con CASPUR e CINECA, è stato coinvolto nel progetto Biblioteche per le Scuole, finanziato dal MIUR e dal Ministero per l'innovazione tecnologica (MIT) con la collaborazione dell'Istituto Centrale per il Catalogo Unico (ICCU) afferente al MiC per integrare le biblioteche scolastiche in SBN.

Nel 1998 l'editoria elettronica attira l'attenzione del consorzio che si attiva iniziando la realizzazione di un repository di risorse digitali (riviste, monografie, banche dati) dando vita a quello che poi diventerà la CILEA Digital Library. Questo servizio a disposizione della comunità scientifica nazionale ha permesso di offrire l'accesso a periodici, monografie full-text, banche dati bibliografiche e banche dati scientifiche. Il servizio è organizzato in modo da garantire anche, quando presenti nella banca dati, i riferimenti agli articoli citati all'interno di un determinato articolo o monografia (*link resolver*) e viene gestito attraverso un sistema di Electronic Resource Management (ERM). Nel 2003 è stato avviato AEPIC¹⁶, un servizio parallelo dedicato all'archiviazione, gestione, fruizione e conservazione di documenti digitali attraverso le tecnologie più avanzate del momento.

I servizi per il ministero vigilante e altri ministeri, gli enti locali e le realtà private

Come si diceva anche nell'introduzione, tutte le realtà stabilirono strette modalità di collaborazione con il ministero vigilante e ove utile, anche con altri ministeri. Quest'ulteriore legittimazione permise anche a CILEA di presentarsi alla regione Lombardia come partner altamente qualificato e affidabile. Uno dei frutti di queste collaborazioni fu LISA (v. sopra), voluto e sostenuto economicamente dalla Regione Lombardia, volto a sperimentare iniziative di promozione e sviluppo, di valorizzazione della ricerca per favorirne la ricaduta sul tessuto produttivo ed economico lombardo.

La strategia scelta per raggiungere questo obiettivo fu l'avvio di progetti sperimentali che, grazie alla collaborazione con il personale del consorzio, permise a ricercatori e studenti impegnati in progetti di simulazione di utilizzare i più avanzati ambienti software specifici per l'area di ricerca in esame. Come per LITBio, anche questa iniziativa poté avvalersi di risorse di calcolo più performanti grazie al potenziamento del supercalcolatore Hewlett Packard denominato "Lagrange" (Tab. 2).

Come si è più volte sottolineato, la collaborazione con il ministero vigilante ha rappresentato uno degli assi portanti della strategia del management del CILEA. Questa particolare e vitale attenzione per un fondamentale erogatore di risorse finanziarie, oltre che di legittimità giuridica, si è concretizzata attraverso molteplici iniziative che qui vengono ricordate in modo succinto (per un maggiore dettaglio si veda il riferimento riportato alla nota 11). Risalgono agli anni Ottanta le prime attività di supporto all'allora

16. AEPIC: Academic E-Publishing Infrastructure at CILEA.

MPI che hanno riguardato l'auditing del sistema informativo del ministero (1981); la realizzazione inizialmente in collaborazione con CINECA, poi autonomamente, dell'Anagrafe Nazionale della Ricerca (ANR); il servizio per la presentazione delle domande per la richiesta fondi per la ricerca e la successiva gestione (SIRIO); l'albo degli esperti (professori e ricercatori) accreditati a ricevere fondi per la ricerca; la gestione della banca dati dei progetti con partner italiani finanziati nell'ambito del 6° Programma Quadro dell'UE; gli interventi previsti per la diffusione della cultura scientifica (Legge n. 6 del 2000); la gestione delle Settimane per la diffusione della Cultura Scientifica tramite il sito Internet Plinio.

Anche il Ministero per lo sviluppo economico (ora MEF) si è avvalso della collaborazione di CILEA per predisporre la piattaforma utilizzata dallo Sportello telematico dedicato ai programmi Industria 2015 e Investimenti Innovativi.

Abbinando la propria esperienza nel settore dell'automazione avanzata delle biblioteche alla capacità di sviluppare ed integrare servizi applicativi, CILEA ha messo a punto la piattaforma e-Museum che grazie alla sua modularità ben si adattava alle esigenze di musei medio-piccoli per assisterli nella creazione e nel miglioramento della propria visibilità su Internet.

La sanità lombarda si è avvalsa anche delle competenze di CILEA per creare prima e mantenere poi i livelli di eccellenza che tutti le riconoscono. Attraverso la piattaforma PPOA, ad esempio, è stato possibile gestire in modo integrato l'iter dei pazienti in modo da poter pianificare ed erogare, nei tempi previsti dal piano terapeutico, le visite e gli esami specialistici; mentre la piattaforma ALEE-OO (anno 2000) ha permesso a medici e responsabili della Salute Pubblica (ASL, Assessorati alla sanità, ecc.) di disporre di uno strumento di monitoraggio delle dimissioni ospedaliere, permettendo così di realizzare degli atlanti epidemiologici utili per la programmazione degli interventi sul territorio di competenza. A fianco di questo importante strumento di gestione, il consorzio ha messo a disposizione dell'Assessorato alla sanità della Regione Lombardia, ma anche di tutti coloro che ne siano interessati, la versione digitale della biblioteca biomedica della regione contenente la documentazione scientifica e clinica aggiornata, affinché sia facilmente disponibile al personale operante nelle strutture sanitarie lombarde sia pubbliche sia accreditate presso il SSN. Attraverso questa piattaforma, chiamata Sistema Bibliotecario Biomedico Lombardo (SSBL), gli utenti hanno anche accesso alle più importanti banche dati del settore biomedico quali MEDLINE¹⁷ e CINAHL, quest'ultima dedicata alle discipline infermieristiche. Sempre inerente al settore biomedico, è importante ricordare che CILEA ha ospitato il data set del Visible Human Project¹⁸ a supporto dell'accordo fra Politecnico di Milano e NLM (v. nota 17). L'archivio fu utilizzato soprattutto per applicazioni didattiche.

17. MEDLINE è la principale banca dati bibliografica della National Library of Medicine (NLM) americana che contiene le referenze bibliografiche agli articoli pubblicati su riviste scientifiche dedicati alle scienze della vita, con una particolare attenzione alla Biomedicina.

18. Il Visible Human Project promosso dal NLM negli anni Novanta ha prodotto un grandissimo archivio di immagini ad altissima risoluzione – con un passo di scansione molto piccolo – del corpo umano, sia maschile sia femminile, ottenute con TAC, NMR e foto digitali. I corpi utilizzati per realizzare tale archivio sono quelli di due condannati a morte che hanno dato l'assenso a tale uso delle loro spoglie mortali.

L'attività didattica, formativa e convegnistica

Come già ricordato, fin dalla sua creazione CILEA ha svolto un'intensa attività didattica e di formazione per permettere a docenti, ricercatori, studenti e tecnici d'impresa di utilizzare al meglio le risorse messe a disposizione. Naturalmente, i contenuti e il loro livello di approfondimento sono cresciuti di pari passo sia con l'evoluzione dei sistemi di calcolo a disposizione sia con l'ampliamento delle collaborazioni, come testimoniato, ad esempio, da LITBio e LISA citati in precedenza.

A fianco di questo filone di attività è importante menzionare nuovamente il ruolo svolto dal consorzio come responsabile dell'attuazione del Piano Nazionale Informatica (PNI) per le regioni Liguria, Lombardia, Piemonte, e Valle d'Aosta; attuazione, che come già ricordato, comprendeva la formazione dei formatori e dei dirigenti scolastici, l'assistenza alle scuole polo per i laboratori di informatica e l'assistenza ai formatori.

Questa vocazione didattica si è manifestata anche attraverso il progetto TEOREMA¹⁹ avviato nel 2000 all'interno di una più ampia iniziativa volta all'analisi, lo sviluppo, l'implementazione e la gestione completa di sistemi di formazione a distanza. Questa piattaforma specializzata ha permesso di progettare e produrre materiali didattici che tenessero conto anche degli aspetti di accessibilità da parte di soggetti con disabilità.

Fra le attività convegnistiche, vale la pena ricordare il *Workshop nazionale "CAPI": Calcolo ad Alte Prestazioni in Italia*, fin dalla sua prima edizione (1997), organizzato in collaborazione con gli altri due consorzi interuniversitari – CASPUR e CINECA – il quale divenne un appuntamento ricorrente per fare il punto sulla ricerca e le applicazioni del calcolo ad alte prestazioni in Italia. Il CAPI organizzò incontri annuali fino al 2006, ospitando anche esperti provenienti dall'estero, vista l'importanza strategica dei temi trattati.

Importante anche il Convegno internazionale *Information Systems Auditing (ICISA)* in collaborazione con l'Università Bocconi, nel settembre 1983 (v. infra).

Le collaborazioni internazionali

Com'è naturale, pur svolgendo la sua attività principalmente sul territorio lombardo prima e quello nazionale poi, CILEA ben presto, anche spinto dalla cultura di chi lo dirigeva – tutti provenienti dal mondo accademico – ha promosso collaborazioni e accettato inviti a partecipare a iniziative internazionali principalmente nell'ambito dei Programmi quadro dell'Unione europea per la ricerca e l'innovazione. Questa presenza si è concretizzata in molteplici proposte progettuali che hanno visto il consorzio presente su molteplici fronti. Fra i tanti progetti vale la pena ricordare: ICOLC-International Coalition of Library Consortia, SELL-Southern European Libraries Link, Architerra²⁰ e Salles - European Cinema on-line Database finanziato nell'ambito del programma MEDIA dell'Unione europea.

19. TEOREMA: TEaching On-line pRoject for Economic Mathematics.

20. Il progetto Architerra, finanziato dall'UE, ha lo scopo di mettere in comunicazione, attraverso le potenzialità delle reti informatiche, le comunità archeologiche dell'Est e dell'Ovest.

Presidenti e Direttori

Presidenti: Giuseppe Lazzati (1974-1979)
Luigi Dadda (1979-1984)
Arrigo Vallatta (1984-1987)
Alessandro Castellani (1987-1988)
Augusto Preti (1988-1994)
Adriano De Maio (1995-1997)
Paola Vita Finzi (1997-2004)
Marcello Fontanesi (2004-2013)

Direttori: Ivo De Lotto (1974-1989)
Antonio Decio Cantore (1990-2010)
Luigi Ballardini (2011-2013)

L'attività editoriale

CILEA ha pubblicato, tra il 1984 e il 2011, il Bollettino del CILEA, confluito – dopo l'incorporazione nel CINECA – nel Notiziario di quest'ente. Ha partecipato anche alla pubblicazione di atti di convegni internazionali come quello relativo alla *Performance of Computers Installations, Evaluations and Management, ICPCI 78*, presieduto da Ivo De Lotto, o come quello relativo all'*Information Systems Auditing (ICISA, 1983)* codiretto da Ivo De Lotto ed Earl M. Wysong, jr.

Come si può constatare in Tab. 2, CILEA ha costantemente tenuto aggiornate le sue risorse di calcolo sia per garantire lo standard dei servizi erogati sia per avere sempre la possibilità di far fronte a richieste eccezionali o per cogliere opportunità di finanziamento e/o collaborazione.

Come si ricordava all'inizio di questa scheda, le reti di comunicazione hanno rappresentato (e rappresentano tuttora) un elemento strategico per il consolidamento e lo sviluppo del consorzio. Le competenze maturate nel corso di diversi anni, ad esempio la partecipazione all'Obiettivo Compunet del CNR (1979-1984) e la realizzazione, con CINECA e CSATA, della RUN-Rete Universitaria Nazionale, hanno intitolato CILEA a potersi sedere al tavolo che ha concepito e poi realizzato la rete GARR: CILEA ne divenne uno dei primi 7 nodi principali.

Per volontà del MIUR nel 2013 il consorzio CILEA è stato incorporato nel consorzio CINECA: contava circa 250 dipendenti.

Sistemi	Anno	Top500 Rank	Fornitore	Cores CPU/GPU	RMax (GFlop)	RPeak (GFlops)
UNIVAC 1108	(1968)		UNIVAC	1		
UNIVAC 1100/80	apr 1979		Sperry UNIVAC	1		
Sperry 1100/90	gen 1985		Sperry	1		
Unisys 1100/91 ISP	lug 1986		Unisys	1+1	0,011	
IBM 3090/150	nov 1986		IBM	1		
IBM 3090/150 VF	mag 1987		IBM	1		
IBM 3090/180 VF	gen 1989		IBM	1		
IBM 3090/200E VF	giu 1989		IBM	2		
IBM 3090/200S VF	dic 1989		IBM	2		
Convex C220S	dic 1989		Convex	2		
Unisys 2200/600	dic 1989		Unisys	1		
Unisys 2200/402	giu 1992		Unisys	2		
Convex 3820	dic 1992		Convex	2		0.1
Convex Exemplar SPP 1000/XA	gen 1995		Hewlett Packard	16		3.2
Convex Exemplar SPP 1200/XA	lug 1995	299 (11/1995)	Hewlett Packard	32	3.72	7.68
Convex Exemplar SPP 1200/XA	lug 1995	405 (06/1996)	Hewlett Packard	32	3.96	7.68
Alpha 3000/800	gen 1996		Digital	1		
Convex Exemplar SPP 1600-1200/XA		407 (11/1996)	Hewlett Packard	32	5.45	7.68
Exemplar SPP 2000 X-Class	lug 1997	258 (11/1997)	Hewlett Packard	32	15.01	23.04
HP V2500	giu 1999		Hewlett Packard	32		56
HP HyperPlex V2500-N4000	nov 1999	435 (11/1999)	Hewlett Packard	40	36,1	70,4
NEC SX-5/4s	gen 2001		NEC	4		16
HP Super Dome "Galileo"	gen 2002		Hewlett Packard	64		192
HP HyperPlex / SuperDome	giu 2002	415 (6/2002)	Hewlett Packard	80	159,7	240
Exadron Eurotech "Avogadro"	gen 2004	209 (6/2004)	Exadron Eurotech	256	1,06	1,57
Exadron Eurotech "Golgi"	gen 2006		Exadron Eurotech	220		
"Michelangelo" Xeon 3.06 GHz, Opteron 2.2 GHz, Myrinet, Infiniband, VMI	giu 2006	464 (6/2006)	Exadron Eurotech	756	2,1	3,8 21,1
"Lagrange" Cluster Platform 3000 BL460c, Xeon 54xx 3.16 GHz, Infiniband	mar 2008	136 (6/2008)	Hewlett Packard Enterpr.	1664	16,6	

Tab. 2 L'evoluzione dei sistemi di calcolo e supercalcolo delle reti del consorzio CILEA.

CINECA

Le origini e i soggetti promotori

Per comprendere le vere motivazioni che stanno alla base della realtà chiamata Consorzio Interuniversitario²¹ (CINECA, come *brand name* viene spesso scritto anche Cineca) occorre andare alla metà degli anni Sessanta del secolo scorso: periodo di indubbio fermento e ricco di iniziative che hanno preparato quella stagione di profondi cambiamenti sociali che chiamiamo Sessantotto.

In questo clima così caratterizzato dal fervore e dall'attivismo, una disciplina come la fisica trovò ampio spazio per dare impulso alla propria ricerca. Già dalla loro comparsa, infatti, i fisici avevano prestato molta attenzione a quell'oggetto – oggi giorno nelle tasche di ognuno di noi – che ha nell'ENIAC il primo embrione con un profilo definito e in Alan Mathison Turing e János Lajos Neumann (naturalizzato John von Neumann) coloro che quel profilo avevano tracciato.

Lo stesso Enrico Fermi nell'immediato dopoguerra si adoperò perché nascesse la fisica delle alte energie e perché avesse nel calcolatore elettronico un potente alleato strumentale²².

La scuola italiana della fisica delle alte energie ha da sempre giocato un ruolo chiave nello sviluppo di questa disciplina e nel suo coordinamento a livello mondiale. Si pensi, ad esempio, al ruolo fondamentale avuto da Edoardo Amaldi nella nascita del CERN (con l'incoraggiamento di Fermi e il fondamentale suggerimento di mettere nel suo statuto il divieto assoluto di fare ricerche classificate), evento preceduto di soli due anni dalla fondazione (1951) dell'INFN che avrà a Bologna – nella seconda metà degli anni Sessanta – un suo laboratorio per l'analisi dei fotogrammi (di camere a bolle e camere a scintilla) tramite computer IBM 360/45 sotto la direzione di Massimo Masetti.

Sempre in quel periodo, il Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare (CNEN) nato da una costola del CNR (erano gli anni della presidenza di Carlo Salvetti e dei primi reattori nucleari per produrre energia a scopi pacifici al mondo, avviati già sotto la gestione di Felice Ippolito che tanto avevano irritato Washington), ha anche un'importante sezione a Bologna – guidata da Ezio Clementel, docente di Fisica nucleare nell'ateneo felsineo e direttore dell'Istituto di Fisica – dotata del potente computer IBM 7094/1401 dove il 1401 fungeva da front-end²³.

21. CINECA, ora brand name, fu un acronimo estratto da Consorzio dell'Italia Nord Est di Calcolo Automatico – libera interpretazione della denominazione ufficiale – suggerito da un tecnico francese della Control Data che, durante la fase di installazione e di avvio del CDC 6600, frequentava il CINECA perché coinvolto nell'installazione del supercomputer. In realtà il DPR del 13 ottobre 1969, n. 1106 pubblicato sulla G.U. del 4 febbraio 1970, Serie Generale, recita: "Consorzio interuniversitario per la gestione del centro di calcolo elettronico per l'Italia nord-orientale". Con lo statuto del 2020, il consorzio ha assunto il nome di "Consorzio Interuniversitario CINECA".

22. Maltese, Giulio. 2001. "Ritorno a Chicago: Enrico Fermi e la nascita della fisica delle alte energie nel secondo dopoguerra (1946-1954)." In *Atti del XXI Congresso nazionale di storia della fisica e dell'astronomia*. <http://www.sisfa.org/wp-content/uploads/2013/04/xxiMaltese.pdf>

23. Fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Centro_di_Calcolo_del_CNEN



Fig. 1 Sala memorie di massa - CINECA
(1977, archivio personale dell'Autore).

Università come Bologna e Padova potevano già vantare a metà degli anni Sessanta scuole di fisica delle alte energie di prim'ordine grazie a fisici della caratura di Gianpiero Puppi – legatissimo a Edoardo Amaldi – a Bologna, e di Marcello Cresti a Padova. Entrambi si dividevano fra la sede della propria università e il CERN e anche il centro di calcolo del CNEN di Bologna. Mentre Puppi aveva quest'ultima risorsa a poche centinaia di metri dall'Istituto di Fisica "Augusto Righi", Cresti e il suo gruppo erano costretti a viaggiare verso Bologna per elaborare i dati delle camere a bolle sui calcolatori del CNEN.

In un contesto che poteva contare sia scienziati di caratura internazionale sia un'assoluta convergenza di intenti, fu quasi un'inevitabile conseguenza che i fisici di Bologna e Padova raccogliessero anche l'adesione dei fisici dell'astronomia dell'Osservatorio di Arcetri dell'Università di Firenze (un antenato come Galileo, condiviso con Padova, dà sempre lustro). Avevano tutti in comune la necessità di elaborare grandi moli di dati.

Si compirebbe un errore e una terribile ingiustizia se qui non si accennasse anche al ruolo delle Facoltà di Ingegneria di Padova e Bologna, rappresentate rispettivamente da Luciano Merigliano e Giuseppe Evangelisti.

Un altro attore chiave in questo crogiuolo che porterà alla costituzione del consorzio è Giuseppe Mannino, ordinario di Astronomia a Bologna e primo direttore del CINECA.

Fin qui restiamo in un contesto omogeneo; Bologna, Padova e Firenze sono tre delle quattro università fondatrici con la vocazione della fisica delle alte energie e dell'astronomia. La quarta non è ancora un'università perché ha solo due facoltà: è l'Istituto Universitario di Venezia. Questa piccola realtà accademica si dimostrerà molto importante per la nascita del CINECA. A Venezia, all'interno della Facoltà di Economia e Commercio, Mario Volpato²⁴, matematico, si occupa di matematica applicata – segnatamente ricerca operativa – ed è molto interessato, quindi, ad avere un calcolatore a disposizione²⁵.

Le firme dei professori citati, attivi presso le università di Bologna, Padova e Venezia unitamente a quella di Curzio Cipriani, chimico e minerologo dell'Università di Firenze, si trovano tutte in calce a una lettera inviata al ministro della Pubblica Istruzione dell'epoca, il democristiano Luigi Gui, con la proposta di creare un centro di calcolo comune. Queste sono le quattro università che diventeranno le fondatrici del CINECA e l'anno è il 1966²⁶.

Il Ministro Gui riconobbe l'importanza di quanto proposto in quella lettera per il sistema della ricerca e per il Sistema Paese e incoraggiò i proponenti a proseguire, non facendo mai mancare il proprio fondamentale supporto all'iniziativa, finché fu ministro (1968).

24. Mario Volpato sarà colui che convincerà le Camere di commercio a realizzare il Centro regionale veneto elaborazione dati (CERVED) con sede a Padova, i cui servizi, accessibili da tutte le sedi delle Camere di commercio e confluiti successivamente nella società InfoCamere S.c. per A., sono tuttora attivi e noti.

25. In questa fase di gestazione, Volpato propose anche di scegliere Venezia come sede del CINECA sul Canal Grande a Ca' Corner della Regina, sede del Monte di Pietà che la Cassa di Risparmio di Venezia voleva dismettere.

26. Vale la pena qui ricordare che Mario Volpato conosceva molto bene Luigi Gui.

Il resto possiamo considerarlo, almeno fino agli anni Novanta, già scritto nel DNA del Consorzio. Nel luglio del 1967, nella ricorrenza della Rivoluzione francese, viene siglata a Bologna una convenzione fra le quattro università fondatrici, trasformata il giorno seguente, a Venezia, in atto costitutivo del Consorzio interuniversitario per la gestione del centro di calcolo elettronico per l'Italia nord-orientale.

Lo statuto è aperto a nuove adesioni e le risorse informatiche sono disponibili non solo al mondo della ricerca e dell'amministrazione scolastica ma anche dell'industria e delle camere di commercio.

La sede viene individuata in un ex-magazzino di bibite nelle adiacenze del casello autostradale di Bologna-Casalecchio perché l'iniziale sede nella zona universitaria si dimostra assolutamente inadeguata rispetto alla proposta avanzata da Puppi, Mannino ed Evangelisti, al ritorno da un viaggio negli USA, di dotarsi di un Control Data CDC 6600.

L'evoluzione del consorzio

Negli stessi mesi in cui le università fondatrici perfezionavano l'accordo che porterà alla nascita del Consorzio, le università di Ferrara, Modena, Parma e Trento deliberano di aderirvi. L'Università di Bologna, per certo, a quel tempo era il faro cui puntavano le altre università emiliane, come pure l'università tridentina. Le adesioni di atenei italiani si susseguono numerose: già alla fine degli anni Settanta il Consorzio aveva tredici membri, che alla fine degli anni Novanta salgono a quindici grazie alle adesioni delle università di Macerata e Messina.

L'aumento vertiginoso delle adesioni al consorzio avverrà nei primi anni Duemila. Infatti, i membri sono 118 (al 31 dicembre 2023) così suddivisi per tipologia: 2 ministeri, 70 università italiane, 13 enti di ricerca nazionali, 9 aziende ospedaliere universitarie-IRCCS, 20 istituzioni AFAM-Alta Formazione Artistica, Musicale e Coreutica e 5 Agenzie e Istituzioni di ricerca e formazione.

Alla fine del 2011, l'allora ministro dell'Università e della Ricerca, Francesco Proffumo, già rettore del Politecnico di Torino, decise di far confluire i consorzi CASPUR e CILEA in CINECA. Questa procedura, detta fusione per incorporazione, fu completata nel primo semestre del 2013. A Bologna, il 1° luglio di quell'anno, l'atto di fusione per incorporazione viene firmato dai tre presidenti - Emilio Ferrari per CINECA, Marcello Fontanesi per CILEA e Alfonso Miola per CASPUR - e diviene operativo.

Uno dei primi effetti dell'incorporazione è stato l'aumento del personale a circa 700 unità (equivalente a un raddoppio) e un'articolazione territoriale da una a tre sedi: Casalecchio di Reno-Bologna, Segrate-Milano, Roma. Si aggiungerà in seguito una sede a Chieti.

Questa crescita improvvisa viene gestita trasformando il consorzio interuniversitario in una fabbrica²⁷. Infatti, per fornire consulenza alla gestione della fusione vengono

27. Si veda alla pag. 303 di: Lanzarini, Marco. 2017. *Al CINECA: 50 anni da protagonisti nell'informatica italiana*. Bologna: Edizioni Pendragon.

reclutati manager provenienti dall'industria che contribuiscono a dare, a quello che viene chiamato ormai CINECA 2.0, un'impronta aziendale. Ne è la prova che, uscito di scena in modo traumatico il direttore che nel 1990 era stato scelto all'interno, il penultimo direttore generale, David Vannozzi, e l'attuale direttrice generale, Alessandra Poggiani, non sono accademici. Restano di provenienza accademica i presidenti.

Il calcolo scientifico resiste ed esiste; ha di recente messo a segno un importantissimo risultato con l'installazione del supercomputer *pre-exascale* LEONARDO ma non è più il *core business* del consorzio.

Il Centro di calcolo elettronico per l'Italia Nord-Orientale, immaginato da Puppi, Mannino, Cresti ed Evangelisti, si è trasformato soprattutto in una efficientissima fabbrica di servizi gestionali e amministrativi: l'unico legame con le origini è il potentissimo supercomputer LEONARDO.

L'offerta di servizi

La trasformazione che, per tappe successive, ha portato il Centro di calcolo CINECA da quello degli inizi a quello attuale ha avuto l'impronta prevalente dei primi tre direttori generali che si sono succeduti nel tempo - Mannino, Alberigi Quaranta e Rossi - tutti docenti ordinari: fisici i primi due, ingegnere il terzo. Coloro che sono venuti dopo hanno certamente potenziato, migliorato, ampliato e ottimizzato servizi che i primi tre direttori accademici avevano impostato ma non hanno aggiunto nessun settore nuovo né nuovi segmenti di mercato.

Costituisce un'eccezione il servizio Internet per il grande pubblico e le reti civiche, la cui vendita alla norvegese TeleNor ha permesso al CINECA di porre le basi per essere, oggi, uno dei più importanti centri di servizi informatici d'Europa e di incassare complessivamente 39 miliardi di lire, risanando così lo stato delle proprie casse. Infatti, alla fine degli anni Ottanta la situazione finanziaria del CINECA era molto critica al punto tale che, verosimilmente, nessun accademico si rese disponibile a raccogliere l'eredità di Remo Rossi, facendo cadere la scelta su un interno.

I servizi per le università e gli enti di ricerca

Se si tiene presente la successione degli eventi - e il ruolo avuto soprattutto dai fisici delle alte energie - che portarono alla fondazione del CINECA e alla scelta del supercalcolatore dell'epoca, il Control Data CDC 6600, non stupisce che dalla fondazione fino ai primissimi anni Ottanta, durante la gestione Mannino e Alberigi Quaranta, i servizi fossero incentrati sul calcolo scientifico corredato di strumenti software sempre più richiesti dai ricercatori, come le librerie matematiche e statistiche (NAG Library, CERN library, SPSS, ecc.), le librerie grafiche per rappresentare i dati facendo uso di plotter ad alta precisione - anche piani come il Benson - che dai primi anni Settanta iniziarono ad essere sempre più richiesti.

Inoltre, i primissimi tempi furono caratterizzati da un servizio *ad hoc* per i fisici delle alte energie “camerabollisti”: in determinate ore del giorno, i sistemi erano loro dedicati anche perché veniva caricato uno specifico software che permetteva di eseguire gli stessi programmi usati al CERN.

Non è esagerato parlare, nel caso dei servizi offerti dal CINECA, di una rapida diffusione nel mondo dell’università e della ricerca (e anche della scuola e delle imprese, come vedremo) anche al di là delle facoltà che lo promossero. Infatti, cominciarono ad avvicinarsi le facoltà medico-biologiche (ad esempio, per l’analisi automatica degli elettrocardiogrammi e la compilazione di diete personalizzate presso l’Ospedale universitario Sant’Orsola), le facoltà umanistiche, le facoltà di studi sociali (per l’analisi dei flussi elettorali, per menzionare un caso) e quelle di studi economici (per modelli econometrici, banche dati, ecc.), tutti utilizzi avviati negli anni Settanta.

Nel 1973, il CDC 6600 cominciò a raggiungere livelli di saturazione che iniziarono a comprometterne l’efficienza. Fu dato così avvio all’acquisizione del CDC Cyber 70/76 che arrivò nel gennaio del 1975.

Per ottimizzarne l’utilizzo, considerata l’eccezionale velocità della sua CPU (15 MFlops) esso fu interfacciato da due calcolatori più lenti che rimpiazzarono il CDC 6600: un CDC Cyber 720 e un CDC Cyber 730. La disponibilità di una tale potenza di calcolo richiamò in modo massiccio ricercatori di tutte le discipline scientifiche e non solo, come vedremo in seguito.

I servizi di calcolo e supercalcolo continuarono a essere il core business del consorzio anche nella seconda metà degli anni Settanta, vale a dire durante la gestione Alberigi Quaranta (1975-1981), grazie anche all’allargamento della compagine consortile che comportò più utenza.

In modo analogo, progredì e si ampliò la collaborazione con enti pubblici di ricerca quali INFN, CNR, osservatori astronomici, osservatori vulcanologici e istituti di geofisica²⁸, solo per citarne alcuni. Inoltre, per gli utenti dei servizi del CINECA, Alberigi Quaranta volle che venisse creato un servizio di assistenza sia in presenza sia via telefono affinché gli utenti potessero avere un aiuto da parte di un esperto nella soluzione dei loro problemi di programmazione e/o di uso dei sistemi. Allo stesso servizio era in carico la realizzazione di corsi, soprattutto in occasione dell’installazione di nuovo software.

Negli ultimi anni della gestione Alberigi Quaranta, il CINECA si interessò di computer vettoriali e paralleli e di applicazioni nella didattica, temi lasciati in eredità al direttore Remo Rossi che li sviluppò. Infatti, sotto la sua gestione arrivò il computer Cray, il primo installato in Italia, e anche il primo sistema interattivo di istruzione via computer detto PLATO²⁹, dotato dei primi terminali touch-screen: era il 1985.

28. Gli osservatori vulcanologici e gli istituti di geofisica furono raggruppati nel 1999 nell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

29. PLATO (Programmed Logic for Automatic Teaching Operations) è stato il primo sistema di istruzione *general purpose* assistita da computer. Fu sviluppato all’Università dell’Illinois di Urbana-Champaign. Il sistema PLATO fu l’ambiente in cui furono concepite e rese disponibili molte delle funzionalità attualmente più utilizzate come, ad esempio, la messaggistica istantanea, i forum, le chat room, la condivisione dello schermo, le bacheche di messaggi e la posta elettronica anche se tutti interni all’ambiente stesso.

Per amore della verità, occorre riconoscere il grande impegno di Remo Rossi nel portare avanti e sviluppare i traguardi indicati da Alessandro Alberigi Quaranta, quali il calcolo vettoriale e parallelo, le nuove tecnologie dell’informazione nell’istruzione – cui si aggiunse la visualizzazione scientifica – oltre alla determinazione di destinare una parte non trascurabile di risorse alla ricerca applicata oltre alle attività di servizio.

È in quest’ottica che – grazie ad un importante finanziamento del MPI – volle la creazione di un laboratorio (denominato IDEAlab) in cui sperimentare la progettazione di software didattico, la realizzazione di sistemi esperti, di reti neurali, di interfacce in linguaggio naturale in modo da mettere a disposizione delle scuole i prototipi realizzati. Era il 1985.

I servizi hanno un poderoso balzo in avanti con l’arrivo del Cray X-MP/12: il primo Cray installato in Italia. Era il giugno del 1985. Dopo poco venne affiancato dal Cray X-MP/48: un quadriprocessore adatto alle ricerche nei settori della fisica teorica, dell’ambiente e della Terra, della dinamica molecolare, della chimica e della progettazione meccanica e molto altro ancora.

Grazie a uno dei primi collegamenti satellitari per la trasmissione dati, Remo Rossi riesce a collegare al CINECA, perché ne utilizzassero i servizi, la SISSA³⁰ di Trieste e il Centro Italiano Ricerche Aerospaziali (CIRA) con sede a Capua.

Negli stessi anni, e sempre sotto l’egida di Remo Rossi, nasce al CINECA il primo laboratorio di visualizzazione scientifica, VISIT Lab.

Sempre in quegli stessi anni, fu incoraggiata e favorita la nascita di nuovi servizi per l’analisi dei dati (sistema VENUS) quando ancora i gestori di banche dati non erano così diffusi come lo sono ora. Fra i primi utilizzi del sistema VENUS va ricordato quello della Clinica pediatrica dell’Ospedale Sant’Orsola (oncologia pediatrica) che grazie a questo sistema poté entrare in contatto – e condividere dati ed esperienze – con molte altre cliniche pediatriche sparse in tutto il mondo. Attraverso il sistema VENUS, con il coinvolgimento dell’ISTAT, della Banca d’Italia e del Senato della Repubblica, fu possibile mettere a disposizione di ricercatori e studiosi i dati che tali enti producevano, unitamente agli strumenti per elaborarli.

Questo straordinario allargamento delle risorse di calcolo, degli applicativi e dei servizi portò il CINECA ad avere una forte esposizione debitoria (circa 70 miliardi di lire) che risultò ancora più grave perché il ministro Ruberti, in carica alla fine degli anni Ottanta, tagliò drasticamente i fondi destinati al CINECA dirottandoli sul costituendo CASPUR. Con l’arrivo, nel 1990, del direttore proveniente dall’interno, tutta le attività dedicate alla sperimentazione delle nuove tecnologie nella didattica e di Intelligenza Artificiale vennero chiuse e il CINECA cominciò ad assumere pian piano i connotati che oggi lo caratterizzano.

30. SISSA: La Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati con sede a Trieste fu fondata nel 1978.

Una realtà di eccellenza: il laboratorio di visualizzazione scientifica

Già sotto la direzione di Remo Rossi, come ricordato, nel 1988 aveva iniziato ad operare un laboratorio di grafica avanzata, denominato VISIT Lab, aperto sia alle applicazioni scientifiche sia a quelle delle discipline umanistiche. Di quegli anni pioneristici vale la pena qui ricordare la digitalizzazione di un crocifisso giottesco, salvato dall'alluvione di Firenze del 1966, per studiarne la staticità della struttura in vista della sua esposizione al pubblico.

Sul versante scientifico, sempre fra i primissimi lavori di questo laboratorio, va menzionata la creazione delle mappe della salinità del mar Mediterraneo, in collaborazione con i ricercatori dell'Università di Bologna. A partire dagli anni Novanta il laboratorio di grafica fa un notevole salto di qualità sia in termini di progetti e collaborazioni sia di attrezzature. Fra i progetti va sicuramente ricordato Nu.M.E. – Nuovo Museo Elettronico della Città di Bologna realizzato in collaborazione con il dipartimento di Medievistica dell'ateneo bolognese³¹. Il progetto permise di mostrare l'evoluzione del centro della città di Bologna in epoca medievale facendo comprendere come si fosse realmente evoluta la struttura urbana.

Una delle ricadute di tale progetto fu la ricollocazione della statua di San Petronio davanti alle Due Torri, icona della città, che il progetto aveva dimostrato essere presente nel periodo medievale e che nel tempo era stata spostata in altra zona. Altro coinvolgimento del laboratorio fu come perito del Pubblico Ministero incaricato di portare avanti le indagini relative all'incidente in cui morì, il 1° maggio del 1994, il pilota di Formula 1, Ayrton Senna, sul circuito di Imola. Il laboratorio, utilizzando tutte le immagini disponibili – inclusa la camera car – ricostruì la dinamica dell'incidente dando al Pubblico Ministero dati oggettivi per formulare i capi di imputazione a carico del Team Williams.

Alla fine degli anni Novanta, il laboratorio di grafica viene dotato anche di uno dei primi teatri virtuali in cui visualizzare applicazioni di grafica immersiva. Tra le applicazioni, la visita virtuale di una *antiqua domus pompeiana* e la ricostruzione della città di Bologna in epoca etrusca e romana.

Queste ultime realizzazioni confluirono poi nel cortometraggio *Apa l'Etrusco alla scoperta di Bologna*, dove Apa, cui Lucio Dalla prestò la voce, è l'immaginario etrusco che narra la nascita di Felsina (l'antico nome di Bologna). Più recenti, nel 2014, lo spettacolo olografico e proiezioni in 3D mapping del Sarcofago degli sposi, una struttura in terracotta di epoca etrusca del 520 a. C. conservata nel Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia a Roma³²; nel 2021 l'esperienza immersiva Tübke Monumental,

31. Bocchi, Francesca, e Rosa Smurra, cur. 2010. *La storia della città per il museo virtuale di Bologna: Un decennio di ricerche nel dottorato di storia e informatica*. Bologna: Bologna University Press.

32. Fischnaller, Franz, et al. 2015. "Sarcophagus of the Spouses installation intersection across archaeology, 3D video mapping, holographic techniques combined with immersive narrative environments and scenography." *2015 Digital Heritage*, Granada, Spain, pp. 365-368, doi: 10.1109/DigitalHeritage.2015.7413903

the Great Circle³³; nel 2023 un filmato volto alla presentazione a un pubblico di non specialisti della tecnologia del Computer Quantistico, solo per citarne alcuni³⁴.

Il laboratorio si fece anche promotore di scuole estive sui diversi temi della grafica avanzata. Dal 2004 – anno del lancio della Summer School – ad oggi, quest'iniziativa ha registrato un tale successo che si è reso necessario organizzare più edizioni che si svolgono non solo durante il periodo estivo ma nel corso dell'intero anno.

I servizi per il ministero vigilante e altri ministeri, gli enti locali e le realtà private

Il Ministero della pubblica istruzione cominciò a realizzare che avrebbe potuto volgere a suo vantaggio le competenze e le risorse del CINECA quando, a cavallo fra la fine degli anni Settanta e l'inizio degli anni Ottanta, aprì un contenzioso con l'Università di Padova, all'epoca un importante outsourcer per il MPI.

Il ministero chiese ad Alberigi Quaranta la disponibilità del CINECA a prendere in carico le attività già svolte dall'Università di Padova: Alberigi dirottò l'invito al suo successore essendo il suo mandato in scadenza. Remo Rossi, assieme ai suoi collaboratori alla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna, cominciò a occuparsene anche se non ancora formalmente in carica come direttore del CINECA.

Allo scopo, si avvale anche della collaborazione di una società esterna, la CEIS di Bologna. La collaborazione proseguì per tutta la gestione Rossi e diede al ministero risultati a volte sorprendenti, come nel 1987, quando su richiesta del CUN, venne realizzata la prima mappa puntuale del sistema universitario italiano articolata in numero dei docenti suddivisi per ateneo, settore scientifico-disciplinare, data di nascita e data di immissione in ruolo. La mappatura permise di conoscere nel dettaglio, per la prima volta, la struttura di ogni singolo ateneo e formulare così al MPI proposte basate su dati oggettivi.

Dopo questi primi servizi, molto apprezzati in viale Trastevere, il MPI chiese al CINECA una sempre maggiore collaborazione e con l'avvio dell'autonomia delle università fu introdotto un massiccio processo di informatizzazione della gestione degli atenei attraverso il quale fu possibile monitorare gli stipendi, le carriere, le segreterie studenti, i concorsi e la formazione delle commissioni concorsuali (i cui membri venivano selezionati tramite voto elettronico – il primo caso in assoluto in Italia), la gestione documentale, la nuova contabilità economico-patrimoniale, la valutazione dei progetti e l'entità del loro finanziamento, i processi relativi alla pianificazione e controllo e altro ancora (confluite poi nella piattaforma U-GOV/ESSE3).

33. Mantovani-Loeffler, Luisa, Antonella Guidazzoli, Silvano Imboden, Daniele De Luca, Maria Chiara Liguori, e Marcus Loeffler. 2022. "TÜBKE MONUMENTAL PROJECT: The Great Circle. Technical Report." In *EVA Florence 2022 Proceedings*, a cura di Vito Cappellini; <https://www.youtube.com/watch?v=rp53fzpzVbc>

34. Al seguente URL è possibile trovare un elenco abbastanza completo dei lavori pubblicati dal laboratorio di visualizzazione scientifica: https://scholar.google.it/citations?user=7RVOO_IAAAJ&hl=it



Fig. 2 Aula terminali PLATO - CINECA
(1986, archivio personale dell'Autore).

La particolarità di questo sistema sta nella sua genesi e nella sua realizzazione: furono alcuni atenei – oltre allo stesso ministero – che proposero al CINECA, mettendo a disposizione le proprie competenze, di co-progettare, realizzare e poi commercializzare tale piattaforma. Naturalmente, il sistema si è arricchito nell'arco degli anni, come pure il numero degli utilizzatori è progressivamente aumentato. Attualmente, sono più di cento gli enti accademici e di ricerca che se ne avvalgono.

Oltre alla piattaforma succitata, su richiesta del ministero fu approntata la piattaforma Universo. Nata per consentire ai singoli atenei, attraverso le preiscrizioni, di avere un'attendibile stima dell'entità e del carico su ogni corso di laurea, la piattaforma Universo ha ampliato le sue funzionalità fino a diventare il portale per i corsi di laurea. A Universo venne poi affiancato UniversItaly, la versione multilingue di Universo per attirare studenti anche di altri Paesi.

A queste attività si aggiungano la predisposizione, la somministrazione e la valutazione dei test di ammissione alle Facoltà di Medicina; l'anagrafe nazionale degli studenti e l'Osservatorio studenti/didattica che permette di consultare in rete l'anagrafe degli studenti indispensabile per conoscere il numero degli iscritti per ogni corso di laurea, il numero di crediti acquisiti, gli insegnamenti seguiti. Questo archivio permise al ministero e alle università di operare una riduzione mirata degli insegnamenti risultati ridondanti.

E ancora, la predisposizione di ulteriori banche dati della direzione universitaria del ministero come, ad esempio, quella relativa alla liquidazione degli emolumenti al personale universitario (Dalia); la banca dati degli assegnisti di ricerca; quella degli studenti disabili; dei dottorandi dei diversi cicli; degli elaborati tecnici per la redazione omogenea dei conti consuntivi delle università; dei risultati conseguiti dai singoli docenti nei progetti PRIN. Inoltre, il portale PRO3 per la programmazione triennale degli atenei. La gestione dei progetti FIRB (Fondo per gli investimenti della ricerca di base); la gestione del FFO (Fondo Finanziamento Ordinario) per gli atenei che si avvaleva, per il calcolo delle ripartizioni, di tutti i dati utili contenuti in tutte le altre banche dati con un livello di dettaglio che arrivava al singolo docente. Questo sistema venne poi messo in rete affinché tutte le università potessero verificare come era stato calcolato l'importo della dotazione loro assegnata.

Nel 2010, in occasione del quarantennale del CINECA, l'allora capo del dipartimento per l'Università, l'alta formazione artistica, musicale e coreutica e per la ricerca, Antonello Masia, definì il consorzio "il braccio tecnologico e operativo del MIUR"³⁵. Anche le amministrazioni regionali iniziano ad avvalersi delle competenze e dei servizi del CINECA.

Oltre alla già citata campagna cartografica della regione Emilia-Romagna, la stessa Regione favorì la stipula di una convenzione con l'ARPA regionale per il calcolo delle previsioni meteo integrate con i dati provenienti dalle stazioni localizzate sul proprio territorio (1997); l'assessorato alla Sanità sempre della Regione Emilia-Romagna, stipulò un contratto di servizio per dare vita ai sistemi per la sorveglianza epidemiologica e la farmaco sorveglianza, oltre alle già citate sperimentazioni cliniche multicentriche.

35. Riportato a pag. 205 di Lanzarini, Marco. 2017. *Al CINECA: 50 anni da protagonisti nell'informatica italiana*. Bologna: Edizioni Pendragon.

I sistemi vennero rapidamente integrati nel sistema ARNO (1987) che permette ulteriori servizi, come ad esempio l'osservatorio multicentrico delle prestazioni erogate dal Servizio Sanitario Nazionale (ricette di prescrizione farmaceutica, schede di dimissione ospedaliera, specialistica ambulatoriale, ecc.). Il sistema ARNO serve 32 aziende sanitarie di 7 regioni.

L'attività didattica, formativa e convegnistica

A partire dalla seconda metà degli anni Settanta, fu istituzionalizzata l'attività didattica rivolta agli utenti affinché potessero utilizzare al meglio i sistemi e le librerie di programmi. L'attività veniva svolta sia in sede sia presso le sedi degli utenti.

Su incarico del MPI, che aveva designato il CINECA come rappresentante per l'Italia nel comitato europeo per l'introduzione delle nuove tecnologie nella didattica (NEPTUNE e EURYCLEA), nel 1985 fu organizzato a Bologna, alla presenza della ministra senatrice Franca Falcucci, il terzo incontro europeo – dopo Marseille nel 1983 e Newcastle nel 1984 – sul tema specifico della formazione degli insegnanti alle nuove tecnologie dell'informazione; in quell'occasione si annunciò l'avvio del Piano Nazionale Informatica - PNI³⁶.

Oltre al già ricordato coinvolgimento nel PNI nella scuola secondaria superiore, è utile qui ricordare che, verso la fine degli anni Novanta, la Conferenza dei Rettori delle Università Italiane (CRUI), si avvale della collaborazione del CINECA per progettare ed avviare l'informatizzazione delle scuole e delle università della Repubblica di Albania³⁷.

Oltre alle già citate scuole estive sulla grafica avanzata nelle diverse discipline e ambiti di ricerca, sono state organizzate scuole estive sull'evoluzione delle architetture dei supercalcolatori installati, sul calcolo vettoriale prima sul calcolo parallelo, poi – quando furono installati i calcolatori massicciamente paralleli.

Quest'attività di formazione sui supercalcolatori massicciamente paralleli si è svolta (e continua a svolgersi) prevalentemente nell'ambito dell'iniziativa europea PRACE³⁸ - Partnership for Advanced Computing in Europe e ha permesso (e permette ancora) a ricercatori e studenti provenienti da università e laboratori di ricerca europei di partecipare a tali scuole estive, grazie anche al supporto finanziario europeo. La pratica di ospitare ricercatori provenienti da università e laboratori di ricerca europei fonda le sue radici nel progetto ICARUS e nella sua evoluzione MINOS che, fin dai primi anni Novanta, ha permesso di ospitare al CINECA oltre cento ricercatori interessati a utilizzare i supercalcolatori lì installati. Fra i ricercatori ospitati anche alcuni provenienti dai paesi dell'Est Europa e della Federazione Russa.

36. Si veda "Projet de rapport sur les N.T.I. et l'Éducation" all'URL: http://publications.europa.eu/resource/cellar/40b64d61-e75b-11e9-9c4e-01aa75ed71a1.0001.01/DOC_1

37. Il coinvolgimento del CINECA terminò nei primi mesi del 2000. L'autore di questo testo fu invece coinvolto fino al 2012 direttamente dal MAECI – Ministero degli affari esteri e della cooperazione internazionale.

38. <https://prace-ri.eu>

Anche per la diffusione delle conoscenze sui supercomputer e il loro impiego nella ricerca teorica e applicata, nonché per le applicazioni industriali, il CINECA ha avviato una scuola estiva, di norma di due settimane, fin dalla seconda metà degli anni Novanta. Tali scuole proseguono tuttora: il successo di tale iniziativa ha spinto gli organizzatori a organizzarne più edizioni.

L'attività editoriale

CINECA ha avviato la pubblicazione di un proprio bollettino, chiamato inizialmente NOTIZIE dal CINECA, poi Notiziario del CINECA ed ora CINECA Magazine, già menzionato nell'introduzione. Questo Consorzio, fra il 1969 e il 1981, ha pubblicato, con testata regolarmente registrata, una rivista scientifica chiamata L'Elaborazione Automatica alla quale, dal 1976 al 1981, si sono affiancati i Quaderni dell'Elaborazione Automatica.

Le collaborazioni internazionali

Il contesto, descritto in precedenza, in cui il CINECA è stato concepito e realizzato ha implicato fin da subito il coinvolgimento dello stesso anche a livello internazionale. Infatti, fin dalla sua costituzione è stata attivata una stretta collaborazione, auspici i fisici delle alte energie, con il Centro di Calcolo del CERN che ha permesso di avere al CINECA prima l'intero sistema riservato ai "camerabollisti" e poi, quando questa specializzazione non divenne più necessaria, tutta la biblioteca di sottoprogrammi utili all'elaborazione dei programmi dei fisici e di tutti coloro che di tali sottoprogrammi ne avevano bisogno.

Fra il 1985 e il 1988, nell'ambito delle attività del laboratorio IDEALab, il CINECA organizza corsi e seminari per insegnanti e ricercatori sull'uso delle NTI nell'istruzione in collaborazione con l'Office of Computer-Based Instruction dell'Università del Delaware (USA) diretto da Fred T. Hofstetter e con il Dipartimento di Fisica della Carnegie-Mellon University di Pittsburgh, in particolare con Bruce A. Sherwood, uno degli sviluppatori del sistema PLATO quand'era all'Università dell'Illinois di Urbana-Champaign.

Nel 1985, come già ricordato, il CINECA inizia ad accedere ai finanziamenti della Commissione europea e a partecipare a progetti transnazionali. Ai già ricordati ICARUS e MINOS, si aggiungono, agli inizi degli anni Duemila, i progetti DEISA-Distributed European Infrastructure for Scientific Applications volto all'integrazione dei supercalcolatori di Francia, Finlandia, Germania, Italia e Olanda grazie alla rete da 10 Gbit/s e PRACE-Partnership for Advanced Computing in Europe. In quest'ultimo progetto i partner non sono più i singoli centri di calcolo bensì i governi degli stati aderenti all'iniziativa.

Nel 1985 il CINECA diventa nodo della rete accademica internazionale EARN-BITNET e dal 1986 inizia a sperimentare la tecnologia Internet e il protocollo TCP/IP.

Con l'uscita del Regno Unito dall'Unione europea, il centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) è stato trasferito a Bologna e si avvale delle risorse di calcolo di CINECA.

L'evoluzione dei sistemi di calcolo

Sistemi	Anno	Top500 Rank	Fornitore	Cores CPU/GPU	RMax (GFlop)	RPeak (GFlops)
CDC 6600	1969	--	CDC	1	0,03	0,03
CDC 7600	1975	--	CDC	1	0,06	0,06
Cray X-MP / 48	1985	--	Cray Inc.	4	0,94	0,94
Cray Y-MP / 4 64	1989	--	Cray Inc.	4	1,34	1,34
IBM 3090 600 VF	1989	--	IBM	6	0,83	0,83
Y-MP8/464	1992	226	Cray Inc.	4	1,2	1,3
Y-MP C94/2128	1993	306	Cray Inc.	2	1,7	1,9
T3D MC64-8	1995	132	Cray Inc.	64	6,4	9,6
SP2/32	1995	142	IBM	32	6,6	8,5
T3D MC128-8	1996	155	Cray Inc.	128	12,8	19,2
ORIGIN 2000 300 MHz	1999	327	SGI	64	31,3	38,4
T3E	1996	56	Cray Inc.	128	50,4	76,8
SP Power3 375 MHz	2000	371	IBM	64	67,8	96
ORIGIN 3000 500 MHz	2001	327	SGI	128	106,9	128
T3E1200	1998	29	Cray Inc.	160	132,5	192
SP Power3 375 MHz 16 way	2001	162	IBM	128	138	192
T3E1200	1998	38	Cray Inc.	172	142,4	206,4
AlphaServer SC45, 1 GHz	2002	261	HP(Compaq)	128	220,5	256
T3E1200	1999	36	Cray Inc.	268	221,8	321,6
pSeries 690 Turbo 1.3GHz GigEth	2002	32	IBM	512	826,5	2662,4
pSeries 690 Turbo 1.3GHz	2002	30	IBM	512	1384	2662,4
xSeries Xeon 3.06 GHz, Myrinet	2003	107	IBM	512	2223,2	3133,4
BladeCenter LS20, Opteron 2.2 GHz Dual core, Infiniband	2006	298	IBM	1064	2874,5	4681,6
BladeCenter HS20 Xeon3.06GHz, Myrinet IBM	2004	61	IBM	768	3231	4700
xSeries, Xeon 3.06 GHz, Myrinet IBM	2005	107	IBM	1024	3328	6266,9
eServer pSeries p5 575 1.9 GHz IBM	2005	102	IBM	512	3392	3891,2
BCX - eServer 326 Cluster, Opteron Dual Core 2.6 GHz, Infiniband	2006	44	IBM	5120	12608	26624
BCX - eServer 326 Cluster, Opteron Dual Core 2.6 GHz, Infiniband	2007	71	IBM	10240	15760	53248
BladeCenter HS21 Cluster, Xeon dual core 3.0 GHz, Infiniband IBM	2007	48	IBM	5120	19910	61440
BladeCenter HS21 Cluster, Xeon dual core 3.0 GHz, Infiniband IBM	2008	178	IBM	2560	19910	30720
BladeCenter HS21 Cluster, Xeon dual core 3.0 GHz, Infiniband IBM	2008	179	IBM	2560	19910	30720
Power 575, p6 4.7 GHz, Infiniband IBM	2009	46	IBM	5376	78680	101068.8
Eurora - Eurotech Aurora HPC 10-20, Xeon E5-2687W 8C 3.100GHz, Infiniband QDR, NVIDIA K20, Eurotech	2013	467	Eurotech	2688	100900	175667
Fermi - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom IBM	2012	7	IBM	163840	1788878	2097152
GALILEO - IBM NeXtScale nx360M4, Xeon E5-2630v3 8C 2.4GHz, Infiniband QDR, Intel Xeon Phi 7120P	2015	105	IBM/Lenovo	50232	684252	1103066
Marconi Intel Xeon Phi - CINECA Cluster, Intel Xeon Phi 7250 68C 1.4GHz, Intel Omni-Path	2016	14	Lenovo	241808	6223000	10833000
Marconi-100 - IBM Power System AC922, IBM POWER9 16C 3GHz, Nvidia Volta V100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband	2020	9	IBM	347776	8028160	32000000
LEONARDO HPC System	Nov 2022	4	EVIDEN	1463616	174.70 x106	255.75 x 106
LEONARDO HPC System	Nov 2023	6	EVIDEN	1824768	238.70 x106	304.47x 106

Tab. 3 L'evoluzione dei sistemi di calcolo e supercalcolo del CILEA.

Presidenti e Direttori

Presidenti: Tito Carnacini (1969-1976)
 Carlo Rizzoli (1976-1990)
 Paolo Bruni (1990-1994)
 Mario Rinaldi (1994-2011)
 Emilio Ferrari (2011-2017)
 Giovanni Emanuele Corazza (2017-2019)
 Eugenio Di Sciascio (f.f. 2019-2021)
 Francesco Ubertini (dal 2021)

Direttori: Giuseppe Mannino (1969-1975)
 Alessandro Alberigi Quaranta (1975-1981)
 Remo Rossi (1981-1990)
 Marco Lanzarini (1990-2016)
 David Vannozzi (2016-2023)
 Alessandra Poggiani (dal 2023)

NOTE FINALI

Una realtà complessa e articolata come CINECA con difficoltà può essere fotografata appieno nell'economia di una pubblicazione. Per chi fosse interessato ad approfondirne la conoscenza, rimando al sito istituzionale www.CINECA.it.

Ad esempio, soprattutto per ragioni di spazio, non è stato approfondito il tema delle reti: dai primi terminali collegati a stella al già citato *backbone* alle reti internazionali ad alta velocità (Gbit/s).

CSP: Centro Supercalcolo Piemonte

Le origini ed i soggetti promotori

CSP - Centro Supercalcolo Piemonte³⁹ è una società consortile senza scopo di lucro con sede a Torino che è stata costituita nel marzo del 1989 da enti pubblici locali, università, associazioni imprenditoriali e realtà consortili. Tra i fondatori si annoverano la Regione Piemonte, la Provincia di Torino e il Comune di Torino sul versante enti locali; l'Università degli Studi di Torino e il Politecnico di Torino, in rappresentanza del mondo accademico; la Federazione delle Associazioni Industriali del Piemonte (ora Confindustria Piemonte) e l'Unione degli Industriali di Torino e dallo stesso CSI Piemonte come partenariato industriale.

Il consorzio ha come obiettivo (dallo statuto):

La realizzazione, la gestione e la promozione di un centro di supercalcolo, dotato di strumentazione hardware e software adeguata agli standard europei per la ricerca scientifica pubblica e privata, in grado di assicurare oltre al soddisfacimento delle necessità di elaborazione, la crescita di competenze professionali nel campo del calcolo vettoriale e parallelo contribuendo a qualificare il Piemonte come riferimento per lo sviluppo di progetti internazionali attraverso l'inserimento delle strutture di calcolo torinesi e piemontesi nella rete dei Centri di calcolo nazionali e internazionali.

L'evoluzione del consorzio

Ai soggetti promotori, col tempo, si aggiungono realtà private come aizoOn Technology Consulting, AEM-Azienda Energetica Metropolitana Torino (ora acquisita dalla multiservizi IREN) e Sisvel, società specializzata nella gestione di brevetti propri e per conto terzi.

Nel 1998 CSP si trasforma in Centro di eccellenza delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione. Abbandona così il supercalcolo per inserirsi nel nuovo settore delle ICT, tecnologie che solo da pochi anni avevano iniziato a raggiungere il grande pubblico e le imprese.

Questo profondo cambiamento viene indicato anche nella denominazione ufficiale: scompaiono le parole supercalcolo e Piemonte ed entrano innovazione e ICT. La nuova denominazione, CSP-Innovazione nelle ICT, sottolinea anche lo sganciamento dal territorio per aprirsi a una platea più vasta.

39. CSP, ora brand name, nasce come gemma specialistica di CSI Piemonte che è anche presente nella compagine consortile all'atto della fondazione. Nel 2017 diventa, con l'uscita di tutti i partner istituzionali e accademici e con l'ingresso di altre realtà private, un centro di ricerca interamente privato del Gruppo CAAR Consulting Automotive Aerospace Railway, con sede a Torino, conservando la denominazione CSP-Innovazione nelle ICT introdotta nel 2008. Molte delle informazioni qui riportate sono state tratte dall'articolo di Roberto Borri e Sergio Duretti pubblicato sul sito AICA: <https://www.aicanet.it/associazione/gruppi-di-lavoro/storia-dellinformatica/calcolo-scientifico-in-italia/csp>; dal sito ufficiale di CSP <https://www.csp.it/chi-siamo/la-nostra-storia/>

Tra il 1998 e il 2016 la compagine consortile subisce continui cambiamenti per il progressivo abbandono – e alcuni rientri – di diversi enti. Nel 2016, infine, lasciano l'Unione Industriali di Torino e l'Università di Torino, ultimi rappresentanti del gruppo fondatore. Restano, pertanto, solo realtà private che rilanciano CSP raccogliendo attorno a loro società di progettazione nel settore automotive – d'altronde si è a Torino - di consulenza tecnologica a livello globale e assistenza tecnica. CST-Innovazione nelle ICT diventa, con il nuovo statuto approvato nel 2017, una società di ricerca totalmente privata, riconosciuta dal MIUR: dal punto di vista legale abbandona la forma del consorzio e assume quella di S.c.a.r.l. (Società cooperativa a responsabilità limitata). L'obiettivo è evidentemente avere uno strumento, da parte di quelle realtà imprenditoriali private, per poter intercettare fondi pubblici per la ricerca e avere un rapporto paritetico con gli istituti di ricerca pubblici. Infatti, una delle sedi operative di CSP è ospitata presso la Cittadella Politecnica (Politecnico di Torino) ed è attualmente amministrata (12/2023) da un docente del Politecnico (in pensione). È del 2001 l'iscrizione all'Albo dei laboratori di ricerca del MIUR e nel 2008 viene registrata come Organismo di ricerca.

Questa breve scheda, pertanto, cercherà di descrivere le attività di CSP dalla sua costituzione al 2016, ultimo anno in cui – come ricordato anche nella nota 41– furono presenti soggetti pubblici e realtà accademiche.

L'offerta di servizi

Il primo atto concreto, completato l'iter amministrativo, fu quello di perfezionare la progettazione dei servizi che si sarebbero voluti erogare, progettazione già iniziata negli scantinati di CSI Piemonte e che suggerirono di creare una realtà distinta dal consorzio madre.

Poiché uno degli obiettivi principali di CSP era fornire risorse di elaborazione vettoriali e parallele, fu naturale rivolgersi a Cray Research, Inc. (poi Cray Computer Corporation) per avere uno dei loro potenti supercomputer. Fu scelto un Cray Y-MP 2 Model E⁴⁰ (potenza di picco 0,330 GFlops) interfacciato con due front-end Digital Vax 6510 che assicuravano l'accesso da remoto al Cray attraverso la rete GARR, la rete dell'area metropolitana di Torino (MAN) e l'ambiente IBM del CSI Piemonte.

Anche da un punto di vista logistico, CSI Piemonte svolse il ruolo di incubatore in quanto la prima sede di CSP fu ricavata nei locali dell'ex Istituto Poveri Vecchi che, come già ricordato, era la sede di CSI Piemonte.

La macchina Cray diventa operativa nel 1991 e annovera fra i primi utenti il Centro di ricerche FIAT, la Scuola SISSA⁴¹ di Trieste, l'Osservatorio astronomico di Torino e l'INFN.

40. All'epoca esistevano già in Italia altre macchine Cray, di potenze diverse, presso CINECA, il Centro di ricerche ENEL di Tirrenia e FIAT.

41. SISSA: Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati.



Fig. 3 a) CONTROL DATA CDC 6600;
b) CDC CYBER 70/76;
c) LEONARDO HPC System
(a) e b) archivio personale dell'autore; c) immagine tratta dal sito del CINECA).

I servizi per le università e gli enti di ricerca

Il servizio che viene offerto è caratterizzato dalla potenza di calcolo assicurata dal Cray e da un insieme di pacchetti applicativi e librerie di software specialistico nel campo della matematica, della fisica, della chimica e dell'ingegneria (analisi strutturale dinamica). Il lettore è per certo familiare con sigle del tipo NAG per l'ambito matematico-fisico, Gaussian 90⁴² per la chimica computazionale e MSC.Nastran per l'analisi agli elementi finiti e il calcolo strutturale, solo per citarne alcune.

Questo tipo di servizio copre gli anni 1991-1994. Dal 1995 fino alla sua dismissione (1997), il Cray viene dedicato sia a specifici progetti sia a funzioni di Internet server, grazie alla scelta di utilizzarlo direttamente interconnesso a Ethernet.

La potenza di questa macchina, in relazione al periodo storico di cui stiamo parlando, l'aveva resa fin dal suo apparire sul mercato, un supercomputer ideale per le applicazioni nel campo della meteorologia. Conclusa la fase del servizio "universale", nel 1995 la macchina Cray viene dedicata a due importanti iniziative (progetti) entrambe bisognose di elevate potenze di calcolo. La prima, indirizzata alle previsioni meteorologiche su scala locale: Local Weather Forecast Model Output Optimisation fu promossa congiuntamente dal Dipartimento di Automatica e Informatica del Politecnico di Torino e dal Dipartimento di Matematica dell'Università di Torino.

La seconda, sempre promossa congiuntamente dal Dipartimento di Automatica e Informatica del Politecnico di Torino e dal Dipartimento di Matematica dell'Università di Torino, pone la sua attenzione sul problema della qualità dell'aria in ambito urbano: Multi-source modelling of Urban Pollution.

I servizi per i ministeri, gli enti locali e le realtà private

Nell'analizzare i servizi offerti da CSP occorre tenere conto del cambio radicale di strategia adottato nel 1998: c'è quindi un prima, in cui i servizi hanno come fulcro il supercalcolo, e un dopo, dove più che di servizi si deve parlare di progetti di ricerca su ampio spettro.

Nel primo periodo, a differenza delle realtà consortili analizzate in precedenza, CSP si muove quasi esclusivamente nell'area piemontese. Non sono disponibili, infatti, informazioni di una sua fattuale collaborazione con il MIUR e altri ministeri, anche se, vista la presenza fra i soci di due importanti realtà accademiche, sono da ritenere probabili contatti con detto ministero per tramite del Politecnico e dell'Università di Torino. In questo primo periodo è utile ricordare la collaborazione con la RAI Radiotelevisione Italiana per il trasferimento del servizio Televideo sul web (1997). Nel secondo periodo, CSP si cimenta su più fronti

42. La versione attualmente più aggiornata (dicembre 2023) ha assunto il nome Gaussian 16.

quali ad esempio il VoIP, la convergenza fra satellite ed Internet⁴³, la televisione digitale terrestre dando vita a un laboratorio congiunto con SUN Microsystem e Telecom Italia propedeutiche alla sperimentazione del Digital Video Broadcasting - Terrestrial (DVB-T).

Anche le scuole vengono coinvolte in alcuni progetti volti alla creazione di archivi di software libero e al riuso di personal computer obsoleti. Attraverso il progetto RASIS-Reti Aperte e Soluzioni Integrate per le Scuole, promosso in collaborazione con AICA e INFN, viene realizzato uno dei primi archivi di software libero a uso didattico; mentre il largo pubblico è l'obiettivo del progetto RIUSA, volto all'allestimento di laboratori aperti al pubblico presso l'Istituto Agnelli, successivamente arricchito con l'adozione del paradigma Open Content.

L'attività didattica, formativa e convegnistica

Durante gli anni in cui viene erogato il servizio di supercalcolo, CSP, in collaborazione con uno o più partner del consorzio, organizza seminari per promuovere il supercalcolo e formare l'utenza all'uso migliore di tale tecnologia. In particolare, tenuto conto delle esigenze dei soci – soprattutto quelli di natura privata ma anche Politecnico e Università di Torino – CSP organizza, in collaborazione con la Regione Piemonte, la società MNS⁴⁴ (la società che commercializzava Nastran e altri software per applicazioni ingegneristiche) e la Società degli Ingegneri e degli Architetti di Torino diversi seminari sulle opportunità offerte a ingegneri e architetti dal supercalcolo e l'integrazione del software utilizzato con la banca dati dei materiali plastici e metallici messo a disposizione dal Centro di ricerche FIAT.

L'attività editoriale

Nelle fonti consultate, mentre si fa cenno alla produzione scientifica, non viene fatta menzione di alcuna pubblicazione periodica curata da CSP.

Le collaborazioni internazionali

L'unica collaborazione internazionale cui si sono potute avere informazioni è la collaborazione con SES Astra, già citata in precedenza, per la convergenza fra Internet e satellite.

43. In collaborazione con SES Astra S.A., con sede in Lussemburgo, gestore di satelliti propri con cui fornisce servizi a governi e imprese.

44. MNS: MacNeal-Schwendler, ora MSC Software Corporation.



Fig. 4 Homepage servizio Nettuno - CINECA (1995, dal web).

Presidenti e Direttori

Presidenti: Umberto Dianzani (1989-1990)
 Gian Paolo Brizio (1990-1995)
 Enzo Ghigo (1995-1998)
 Giovanni Ferrero (1998-2016)

Direttori: Angelo Raffaele Meo (1991-1996)
 Rodolfo Pedrini (1997-1998)
 Claudio Inguaggiato (1998-2007)
 Sergio Duretti (2008-2016)

L'evoluzione dei sistemi di calcolo e della rete

CSP ha avuto, nel periodo preso in considerazione, un solo supercomputer, il Cray Y-MP2E/116 in grado di erogare come potenza di picco, 0,330 GFlops.

Grazie alla collaborazione con il Politecnico di Torino viene creato un primo nodo Internet e registrato il dominio Alpnet che rapidamente ramifica la rete prima nell'area metropolitana torinese, poi in tutto il Piemonte, raggiungendo anche Aosta e Cervinia. Quest'espansione avviene secondo il modello utilizzato anche da CINECA, che prevedeva accordi con realtà locali, una per distretto (prefisso) telefonico. Nel 1997 erano attivi 10 PoP (*Point of Presence*) che coprivano 11 distretti telefonici fra Piemonte e Valle d'Aosta.

Tra il 2009 e il 2016, CSP dà vita alla rete HPWNET-High Performance Wireless Network che nel 2016 raggiunge i 50 nodi di backbone attraverso tutto il Piemonte. Questo backbone diventa strategico per i successivi progetti volti a realizzare piattaforme per l'Internet of Things (IoT) e a continuare, potenziandoli, i servizi meteo avviati a metà degli anni Novanta.

Nota finale

Volendo sintetizzare quanto realizzato fra il 1998 e il 2016, si può senz'altro affermare che CSP, dopo aver lasciato la strada dei servizi di supercalcolo, ha caratterizzato la sua attività attraverso progetti in diversi settori, dando così corpo alla nuova denominazione assunta: Innovazione nelle ICT.

Conclusioni

Da questa breve panoramica sui Consorzi e i Centri di servizio emerge in modo indiscutibile il ruolo fondamentale avuto dal Ministero della pubblica istruzione nella diffusione delle tecnologie informatiche e nel modo in cui le stesse sono poi passate dal mondo accademico a quello della scuola e poi al grande pubblico.

Si ricordava nell'introduzione che le scelte di Viale Trastevere sono state informate appieno al dettato costituzionale: l'organizzazione in consorzi interuniversitari ha permesso non solo alle università cosiddette maggiori ma, soprattutto, alle più piccole e alle più giovani di partecipare all'avventura digitale del nostro Paese fin dal suo inizio. Un approccio che ha consentito al mondo accademico di concentrarsi sui contenuti e sulle tecnologie sapendo che il ministero vigilante avrebbe prestato attenzione all'evoluzione che queste tecnologie avrebbero determinato.

È riprova di quanto appena affermato, l'aver permesso ai consorzi di poter disporre sempre, per poi essere messi a disposizione di tutta la comunità scientifica, dei "calcolatori elettronici" più potenti per quegli anni.

Questa precoce sensibilità per le tecnologie digitali e per il fondamentale ruolo che avrebbero avuto nello sviluppo del Paese, il Mpi lo ha dimostrato anche attraverso il varo, già ricordato in precedenza, del Piano Nazionale Informatica, ricordato anche come Piano Falcucci, che nella seconda metà degli anni Ottanta ha introdotto i personal computer nella scuola media superiore.

Non è mancata la competizione tra i consorzi, così come non tutti i ministri hanno avuto la stessa sensibilità verso di essi: la realtà attuale è la sintesi di questi quasi 50 anni di visione strategica da parte del Mpi – nelle sue trasformazioni – e di un mondo accademico che ha saputo, tramite i consorzi, collaborare su questo terreno per far crescere il sistema Paese.

Con l'avvento della tecnologia Internet, che i consorzi hanno immediatamente recepito e diffuso – grazie anche all'esistenza all'epoca di un solo operatore telefonico – la rete digitale della ricerca (GARR) ha potenziato notevolmente il ruolo dei consorzi stessi.

Corre l'obbligo, infine, di ricordare che per la redazione di questa panoramica sui Consorzi e i Centri di servizio ci si è avvalsi in modo significativo delle informazioni disponibili sul sito di AICA alla pagina "Il calcolo scientifico in Italia", raggiungibile tramite il link riportato in Bibliografia/Sitografia.

Queste poche pagine non hanno di certo la pretesa di essere esaustive nella descrizione di questo importante fenomeno, si rimanda quindi il lettore al secondo volume.

Ringraziamenti

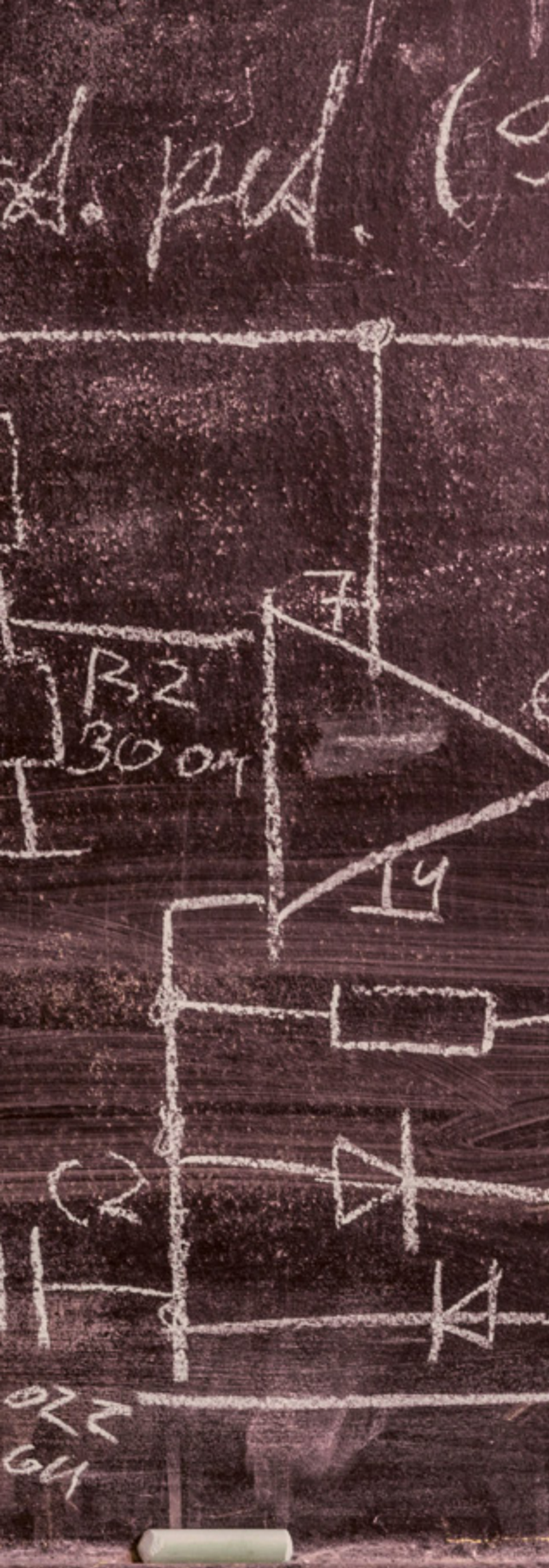
Si ringrazia Ivo De Lotto per il materiale messo a disposizione e le proficue discussioni e sollecitazioni; Maristella Agosti e Virginio Cantoni per le proficue discussioni e gli ottimi consigli.

Si ringrazia Antonella Guidazzoli, responsabile del laboratorio di visualizzazione VISIT del CINECA, per il materiale messo a disposizione. Si ringrazia Patrizia Coluccia, responsabile dell'Area Comunicazione e Relazioni Istituzionali del CINECA, per il materiale messo a disposizione.

BIBLIOGRAFIA/SITOGRAFIA

- AICA. Calcolo scientifico in Italia. <https://www.aicanet.it/associazione/gruppi-di-lavoro/storia-dellinformatica/calcolo-scientifico-in-italia>
- Grossi, Ivan. 1988. "AI and Education: the CINECA challenge". In *The 5th International Conference on Technology and Education*, Edinburgh.
- Grossi, Ivan. 1988. "The new information technologies in the Italian school system". In *The 2nd Joint Conference on Educational Technology*, Tokyo.
- Grossi, Ivan. 1990. "The Euryelee data base project on NIT in education". In *EURIT 90*, Hernings, Denmark.
- Grossi, Ivan. 1990. "Co-operative software development for teaching geography". In *EURIT 90*, Hernings, Denmark.
- Grossi, Ivan. 1995. "The Iperbole civic network". In *MEDIA Conference*, Montecarlo.
- Grossi, Ivan. 1995. "The NET^{uno} Internet service". In *Somedia Internet Conference*, Milano.
- Grossi, Ivan. 1999. "I ragazzi di via Magnanelli: 30 anni di vita del CINECA". In *Atti del XXXVII Congresso annuale AICA: La società dell'informazione alle soglie del nuovo millennio*, Abano Terme. Padova: Ed. Libreria Progetto Padova.
- Lanzarini, Marco. 2017. *Al CINECA: 50 anni da protagonisti nell'informatica italiana*. Bologna: Edizioni Pendragon.
- Mannino, Giuseppe. 1971. "Il centro di calcolo interuniversitario dell'Italia Nord-Orientale". *Rivista d'Informatic dell'AICA*, Vol. II n. 4, 1971.

<https://doi.org/10.36173/SII-parteprima-vol1-08>

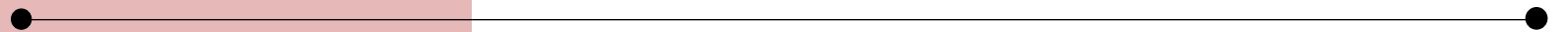


**Ricerca
informatica
nelle
università
e nei centri
di ricerca**

9

Angelo Raffaele Meo

**Il Progetto
Finalizzato
Informatica**



Gli obiettivi

L'attività del progetto iniziò nel luglio del 1979, dopo quasi tre anni di dibattiti e di discussioni che testimoniano l'interesse del problema, ma forse anche un poco i timori, le preoccupazioni e il *computer-shock* che sono evocati dalla parola "informatica".

Una commissione nazionale era stata incaricata di redigere uno studio di fattibilità. Questa commissione lavorò per circa sei mesi in un arco di tempo fra il dicembre del 1976 e la primavera inoltrata del 1977.

Essa individuò tre obiettivi fondamentali: la promozione dell'industria nazionale, la qualificazione dei beni e dei servizi informatici nella Pubblica Amministrazione, con particolare riferimento alla Pubblica Amministrazione periferica, e l'introduzione delle tecniche informatiche nei processi industriali. Pose l'enfasi, prevedendo l'esplosione del fenomeno "microprocessore", sulla mini e microinformatica, insistendo che quella dovesse essere la linea da seguire, poiché l'industria nazionale era ritenuta in quel momento non capace di entrare nel mercato della grande informatica.

Il progetto venne articolato in sotto progetti corrispondenti ai tre obiettivi sopra precisati.

Il primo sotto progetto, dedicato all'industria nazionale del settore, fu diviso in tre aree di intervento: la prima orientata ai sistemi di mini e microinformatica; la seconda dedicata all'ingegneria del software; la terza al software matematico per piccoli calcolatori.

Il secondo sotto progetto, finalizzato alle esigenze della Pubblica Amministrazione, era articolato in tre aree di attività: la prima dedicata ai sistemi informativi per la Pubblica Amministrazione periferica; la seconda alle basi-dati distribuite; la terza alle tecniche per la classificazione, la visualizzazione e la memorizzazione dei dati del territorio.

E infine, il terzo sotto progetto fu dedicato al mondo industriale e suddiviso in due aree: la prima in parte sovrapposta alla prima area del primo sotto progetto, orientata ai sistemi di mini e microinformatica distribuita per il controllo dei processi industriali e la seconda alle tecniche di progettazione con l'ausilio di calcolatori.

Seguirono due anni di dibattiti nel corso dei quali il Comitato interministeriale per la programmazione economica (CIPE) richiese un'estensione dei temi di ricerca. In primo luogo, volle che un'area di attività fosse rivolta al concatenamento con le ricerche che in diversi ambiti si svolgevano sul tema delle reti di calcolatori.

In secondo luogo, auspicò che l'intervento sulla Pubblica Amministrazione periferica si estendesse a casi applicativi della Pubblica Amministrazione centrale.

Infine, richiese, come sottoprodotto dell'attività del progetto, la creazione di una banca-dati del settore informatico relativa a produzione, import-export e mercato del lavoro.

Queste le scelte di base che si adottarono in quel momento per il Progetto Finalizzato Informatica.

Come prima scelta si decise che si dovessero impostare ricerche di carattere avanzato, ma su temi applicativi; ossia si escluse di fare del semplice sviluppo industriale in quanto questo tipo di attività avrebbe dovuto istituzionalmente essere coperta dai finanziamenti (di un ordine di grandezza superiore) del Fondo per la ricerca applicata gestito

dall'Istituto Mobiliare Italiano (IMI) ma al contempo si escluse di dover impostare una semplice operazione culturale.

Si manifestò la convinzione che una delle ragioni del ritardo tecnologico del nostro Paese, come peraltro per moltissimi Paesi del Terzo Mondo e della stessa Europa, fosse il distacco che si era venuto a creare tra la ricerca scientifica avanzata e la tecnologia industriale, relativamente arretrata. Se questo distacco fosse diventato troppo ampio, la ricerca scientifica avrebbe perduto potere di trascinamento. Quindi si respinsero le tendenze troppo avanzate del mondo accademico nazionale, cercando di focalizzarsi su obiettivi concreti e di immediata applicabilità.

I risultati delle ricerche e i prototipi sviluppati

Il primo sotto progetto – chiamato P1 e dedicato all'industria nazionale del settore dell'informatica – realizzò quattro linee di prototipi.

La prima linea era costituita da un insieme di processori collegati in rete locale. I prototipi erano stati pensati in funzione delle esigenze della Pubblica Amministrazione.

La seconda linea era costituita da alcuni elaboratori caratterizzati da un'architettura di tipo multi-microprocessori che appariva, in quegli anni, molto innovativa. Gli obiettivi centrali erano l'alta affidabilità, la disponibilità e la riconfigurabilità, com'è necessario nelle applicazioni alla Pubblica Amministrazione.

La terza linea di prototipi era finalizzata alle esigenze scientifiche, tecnologiche e industriali dello sviluppo software.

Infine, la quarta linea, frutto di ricerca prevalentemente matematica, era costituita da un insieme di algoritmi e programmi orientati all'operatività della piccola industria.

Il secondo sotto progetto – chiamato P2 e dedicato alla qualificazione dei beni e dei servizi informatici nella Pubblica Amministrazione – era caratterizzato da quattro linee di ricerca.

La prima linea era un esempio importante di applicazione delle tecniche informatiche per la Pubblica Amministrazione e riguardava prevalentemente gli osservatori del mondo del lavoro. Quella linea era stata scelta in virtù del suo significato come esempio di applicazione delle metodologie di progettazione ed uso delle basi di dati distribuite.

La seconda e la terza linea, strettamente connesse tra loro, riguardavano appunto le basi dati distribuite e gli strumenti automatici di ausilio alla progettazione di tali basi di dati. Il prodotto, oltre a fare riferimento alle architetture sviluppate nell'ambito del sotto progetto P1, era finalizzato alle reti eterogenee di microsistemi distribuiti, ossia alla classe di architetture verso le quali ci si stava orientando per le applicazioni alla Pubblica Amministrazione.

La quarta linea, in parte informatica hardware-software e in parte metodologica, fornì una nuova classe di strumenti di basso costo per una facile e intelligente gestione di dati territoriali.

Il sotto progetto P3, che era stato finalizzato all'introduzione delle tecnologie informatiche nei processi industriali, realizzò quattro linee di prototipi.

Il primo prototipo era un sistema di controllo modulare caratterizzato da alta affidabilità, disponibilità e riconfigurabilità. Gli aspetti più tipicamente informatici di questa linea progettuale, relativi allo sviluppo di un sistema operativo distribuito, furono svolti in stretta connessione con il sotto progetto P1.

Gli altri tre prototipi erano essenzialmente tre insiemi di programmi per la progettazione assistita dal calcolatore di sistemi meccanici, di circuiti logico-elettronici e di sistemi descritti da equazioni differenziali che furono trattate con la tecnica degli elementi finiti.

Si ricorda che il sotto progetto P1 prevedeva anche uno specifico settore di attività relativo alla trasmissione dati sulla rete pubblica e al collegamento fra mini e micro sistemi indipendenti e reti locali con reti geografiche. Quest'area di ricerca interessò gran parte del Progetto Finalizzato Informatica, nel senso che la capacità di trasmissione dei dati sulla rete pubblica fu una costante caratterizzante, in modo unitario, i prototipi del P1 e del P2.

Nell'ambito del Progetto Finalizzato Informatica si cercò e si attuò una stretta, importante, collaborazione con i ministeri e gli enti locali, con le ricerche comunitarie, con le iniziative per il Mezzogiorno e con gli altri progetti finalizzati. In particolare, sotto la guida del Ministero della ricerca si svolse un'intensa opera di coordinamento con l'IMI, che gestiva i più importanti progetti di ricerca applicata proposti dalle aziende italiane.

Al Progetto Finalizzato Informatica parteciparono oltre mille ricercatori appartenenti a ventidue istituti o centri di ricerca del CNR, cinquantanove unità operative universitarie, centocinque unità di ricerca industriali e ventinove enti pubblici.

Per il numero dei ricercatori coinvolti e per la qualità dei risultati scientifico-tecnici prodotti questo progetto finalizzato può essere considerato come una delle più importanti iniziative nella storia dell'informatica italiana.

Cenno ai progetti successivi

Dopo la conclusione del primo progetto finalizzato, alcuni anni dopo, numerosi gruppi di ricerca diedero vita a un nuovo progetto finalizzato del Consiglio Nazionale delle Ricerche, chiamato Sistemi Informatici e Calcolo Parallelo. Questo progetto, iniziato nel 1989 e con durata quinquennale realizzò importanti risultati soprattutto nelle aree delle architetture parallele, dei linguaggi di nuova concezione, dei metodi e strumenti per la progettazione di sistemi, dei sistemi di supporto al lavoro intellettuale (un'anticipazione di recenti strumenti realizzati nell'ambito dell'Intelligenza Artificiale).

Ricordiamo, in conclusione, alcune notizie riguardanti il software libero. Dopo la fine dei lavori, nel 2004, della prima Commissione sull'Open Source, il ministro Luigi Nicolais costituì, nel 2007, una nuova commissione con il compito di identificare strumenti e procedure di carattere pratico per promuovere lo sviluppo del software libero.

Gli obiettivi della commissione furono definiti dalla Senatrice Beatrice Magnolfi nei termini seguenti:

1. Sostenere la diffusione del software libero all'interno delle pubbliche amministrazioni centrali e periferiche;
2. elaborare linee guida normative, supporti tecnici, gruppi di eccellenza;
3. tutelare i responsabili dei sistemi informativi che scegliessero software libero;
4. potenziare le community di software libero;
5. creare sinergie con i ministri dell'industria e della scuola;
6. aggiornare, eventualmente, il Decreto legislativo 7 marzo 2005 n. 82, ossia il Codice dell'amministrazione digitale.

La commissione produsse un rapporto di trecento pagine, ma a questo punto scattò la maledizione di "Bill Tutankhamon" secondo la quale qualunque uomo pubblico si occupi favorevolmente di software libero è destinato a un'immediata scomparsa dalla scena politica.

Il governo cadde e il ministro Nicolais fu sostituito da un nuovo ministro che dichiarò che l'argomento non era di alcun interesse per lui, si rifiutò di ricevere i membri della commissione e buttò il loro rapporto nel cestino.

<https://doi.org/10.36173/SII-parteprema-vol1-09>



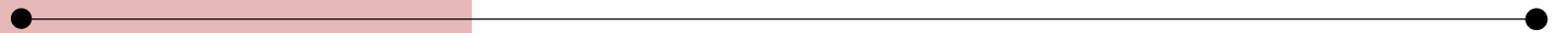


**Ricerca
informatica
nelle
università
e nei centri
di ricerca**

10

Domenico Laforenza

**Storia della
nascita degli
istituti informatici
CNR a Pisa**



Introduzione

Questo capitolo descrive la storia della nascita a Pisa di due importanti istituti del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e di alcune tematiche ICT di successo che in essi si sono sviluppate a partire dagli anni Sessanta che rappresentano l'eredità della straordinaria avventura che era stata la realizzazione della Calcolatrice Elettronica Pisana (CEP).

Il capitolo è stato redatto attingendo a varie fonti e soprattutto integrando i contributi di un gruppo di colleghe e di colleghi del CNR che a suo tempo, militando tra le fila dello IEI e del CNUCE e avendo vissuto in prima persona l'evoluzione di questi istituti e dei propri settori di competenza tecnico-scientifica, hanno cortesemente accettato di raccontare alcuni dei punti ritenuti storicamente più significativi.

Si premette che i gruppi di ricerca e di servizio che nel tempo operarono nei due istituti descritti in questo capitolo furono tanti e, purtroppo, per ragioni di spazio editoriale, non è stato possibile includerli tutti; la scelta è ricaduta su quelli la cui missione, primariamente di natura informatica, ha avuto un significativo impatto scientifico-tecnico.

Lo IEI (Istituto di Elaborazione dell'Informazione) e l'Istituto CNUCE (già Centro Nazionale Universitario Calcolo Elettronico dell'Università di Pisa), entrambi afferenti al Consiglio Nazionale delle Ricerche, sono state due importanti realtà nel contesto della ricerca informatica in Italia, sebbene caratterizzate da storie e focus diversi.

Lo IEI si è specializzato nell'elaborazione dell'informazione e nelle tecnologie dell'informazione, si è concentrato su una vasta gamma di argomenti legati all'informatica e ha svolto ricerche in molte aree, tra cui l'informatica teorica, la sicurezza informatica, l'ingegneria del software, l'elaborazione del linguaggio naturale, l'intelligenza artificiale e molto altro.

Inoltre, buona parte del personale docente del primo corso di laurea italiano in Scienze dell'informazione dell'Università di Pisa, avviato nel 1969, proveniva dall'IEI; successivamente, molti altri ricercatori dell'Istituto sono diventati docenti in altre università italiane e non.

Il CNUCE, invece, è stato un centro di ricerca e servizi dedicato al calcolo elettronico e all'informatica e ha svolto un ruolo cruciale nello sviluppo dell'informatica in Italia, supportando molte università e aziende italiane nella formazione sul calcolo scientifico e le sue applicazioni. Fin dall'inizio, il CNUCE ha mantenuto un'infrastruttura composta da grossi elaboratori (*mainframe*) fornendo servizi di calcolo e assistenza alla comunità scientifica italiana ma avendo, nel contempo, al suo interno una doppia anima di servizio (gestione delle macchine, rete di comunicazione, assistenza, didattica) e di ricerca, con attività progettuali nel campo informatico sia a carattere ingegneristico (controllo del volo spaziale, data base, sviluppi delle reti di comunicazione ecc.) che umanistico (linguistica computazionale e musicologia).

Le radici dello IEI e del CNUCE

Se da una parte non si può certo affermare che il Consiglio Nazionale delle Ricerche abbia avuto un peso determinante nell'avventura della CEP – il CNR infatti, al pari del Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari (CNRN), si limitò a fornire un contributo economico all'iniziativa – dall'altra deve essere riconosciuto al nostro maggiore ente pubblico di ricerca il merito di aver rilevato iniziative leader e innovative, nate e sviluppatesi autonomamente, non solo per proseguirne l'attività ordinaria ma per favorire, molto spesso con successo, l'esplorazione di settori nuovi o di frontiera.

È certamente il caso del Centro Studi sulle Calcolatrici Elettroniche (CSCE) trasformato da centro universitario a centro di interesse CNR nel 1962 e, successivamente, in Istituto di Elaborazione dell'Informazione (IEI) nel 1968. Lo stesso vale anche per il Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico (CNUCE) passato dall'Università di Pisa al CNR nel 1973 e denominato Istituto CNUCE. In entrambi i casi, il merito del CNR risiede nell'aver ulteriormente valorizzato il patrimonio di ricercatori e competenze creatosi attorno alla CEP e alle iniziative scientifiche correlate. IEI e CNUCE non solo hanno contribuito in modo significativo alla formazione e alla divulgazione della computer science e delle sue discipline fondanti ma le loro linee di ricerca sono andate via via diversificandosi dando vita a gruppi di ricerca e ad attività non propriamente curriculari ma spesso pionieristiche, e comunque, rilevanti per l'informatica nazionale e non solo. Alcune di queste attività di ricerca hanno portato non solo alla formalizzazione di nuovi gruppi di ricerca ma alla creazione di nuovi istituti del CNR.

Diversi, in questi ultimi anni, sono stati i contributi di carattere storiografico che hanno fissato al 1954 la nascita dell'informatica italiana con le tre esperienze dell'Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo del CNR a Roma, del Centro di Calcoli Numerici del Politecnico di Milano e del Centro Studi sulle Calcolatrici Elettroniche a Pisa.

Questo capitolo ripercorre solo in parte quella storia, trattata con maggiore dettaglio in altre parti di questo libro, bensì si prefigge di collocare temporalmente le attività ICT del CNR mettendo l'accento su quelle tematiche di ricerca e di servizio che sono cresciute nel CNR con base a Pisa e hanno contribuito in modo rilevante a mantenere in questa città quel primato nella Computer Science e, più in generale, nell'ICT inizialmente acquisito con l'avventura CEP. Un tal primato non deriva da vantaggi temporali quanto piuttosto dal fatto che, all'epoca, posta di fronte alla scelta *to buy or to build*, l'Università di Pisa optò per la seconda opzione: progettare e realizzare una macchina *ex-novo* piuttosto che acquisirne una già esistente e concentrarsi sul suo utilizzo. Questo permise di sviluppare conoscenze e competenze di informatica a tutto tondo che, successivamente, il CNR ha contribuito a specializzare e rafforzare.

A compendio si suggerisce di consultare i seguenti contributi, contenuti nella sezione Esordi: “L'INAC di Roma e la Ferranti Mk1*” (Giovanni A. Cignoni e Andrea Celli), “La CRC 102A del Politecnico di Milano” (Roberto Dadda) e, per i primi computer costruiti nelle università in Italia, “Le Calcolatrici Elettroniche Pisane” (Giovanni A. Cignoni) e “La Macchina di Statistica dell'Università di Padova” (Maristella Agosti e Alberto Cammozzo).

Dalla CEP allo IEI e CNUCE

Come già accennato in precedenza, la nascita dell'informatica italiana può essere ricondotta al 1954, frutto, principalmente, di tre iniziative tecnico-scientifiche: la creazione del Centro Calcoli Numerici presso il Politecnico di Milano, l'Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo del CNR a Roma e la progettazione e realizzazione della Calcolatrice Elettronica Pisana (CEP) a opera dell'Università di Pisa.

Grazie al Piano Marshall per la ripresa dell'Europa dopo la Seconda guerra mondiale, il centro venne dotato di un elaboratore CRC 102A della statunitense NCR. La macchina, piuttosto scarna nelle dotazioni hardware e software e priva di assistenza da parte dei tecnici americani, venne ben presto arricchita dal lavoro entusiasta di giovani ricercatori del Politecnico coordinati da Luigi Dadda, che ne aveva seguito le fasi di costruzione negli Stati Uniti. L'elaboratore venne principalmente dedicato alla risoluzione di problemi applicativi dell'industria nazionale.

Le attività informatiche nel CNR iniziano a Roma presso l'Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo, oggi Istituto per le Applicazioni del Calcolo "Mauro Picone" (IAC-CNR) che prende il nome dal suo fondatore. Nel 1955 questo Istituto acquistò un elaboratore Mk1* della società inglese Ferranti.

Molti giovani ed entusiasti ricercatori italiani contribuirono in modo rilevante all'arricchimento hardware (Giorgio Sacerdoti, Paolo Ercoli, Roberto Vacca) e software (Dino Dainelli, Enzo Aparo e Corrado Böhm) della macchina. Anche in questo caso l'elaboratore venne intensivamente utilizzato per la risoluzione di numerosi problemi applicativi proposti da istituzioni pubbliche o private.

Nell'estate del 1954, alla Scuola internazionale di Fisica "Alessandro Volta" di Varenna, Marcello Conversi (allora direttore dell'Istituto di Fisica dell'Università di Pisa) e Giorgio Salvini (ricercatore dello stesso istituto), dialogando con Enrico Fermi ricevettero dall'illustre scienziato interessanti suggerimenti a riguardo dell'importanza di progettare e costruire una macchina calcolatrice. Successivamente, seguì un formale scambio epistolare tra l'allora rettore dell'Università di Pisa, Enrico Avanzi, ed Enrico Fermi che diede vita all'avventura della realizzazione della Calcolatrice Elettronica Pisana (CEP). La storia della CEP nasce con l'istituzione, nel 1955, del Centro Studi sulle Calcolatrici Elettroniche (CSCE) che porterà, nel 1961, all'inaugurazione del primo elaboratore scientifico completamente progettato e realizzato in Italia. A fianco dell'esperienza CSCE è importante far notare che, in quegli stessi anni, Adriano Olivetti volle creare a Pisa un laboratorio di ricerca nel quale verranno progettati i primi elaboratori a uso commerciale dell'omonima società. Olivetti supportò il progetto CEP, sia in termini economici che condividendo i propri ricercatori, rappresentando uno dei primi esempi di collaborazione pubblico-privata in Italia del settore informatico.

Queste tre esperienze sono state fondamentali non solo per il progresso della cultura informatica nazionale e internazionale in termini di ricerca ma anche in termini di formazione e divulgazione. La vocazione al calcolo e alla matematica applicata dell'INAC (oggi IAC) e, soprattutto, l'ampio spettro di conoscenze e competenze che sono richieste per la progettazione e la realizzazione di un elaboratore piuttosto che

per il suo uso, seppur pionieristico e innovativo, ha fatto sì che si possa certamente affermare che "l'Informatica CNR" sia nata e progredita dalla CEP.

Come riportato nella Fig. 1, nel 1962, a distanza di circa un anno dall'inaugurazione ufficiale della Calcolatrice Elettronica Pisana alla presenza del Presidente della Repubblica Giovanni Gronchi, il CSCE diventa centro di interesse nazionale del CNR e la sua direzione viene affidata a Gianfranco Capriz; successivamente, nel 1968, viene trasformato da Centro dedicato alla progettazione e realizzazione di una macchina, a istituto di ricerca in informatica, denominato Istituto di Elaborazione dell'Informazione (IEI).

Da IEI e CNUCE a ISTI e IIT

All'epoca, le strategie scientifiche del CNR erano determinate da dieci comitati nazionali di consulenza (in breve, comitati) ciascuno a presidio di un settore scientifico, ad esempio Fisica, Ingegneria, Matematica, Chimica. Nel 1988 si aggiunse l'undicesimo comitato, per la Scienza e le Tecnologie dell'Informazione, di natura interdisciplinare, che rappresentava un passo importante verso la costituzione di un riferimento unitario per il coordinamento delle attività del settore di Scienza e Tecnologie dell'Informazione che all'epoca erano distribuite fra vari comitati disciplinari.

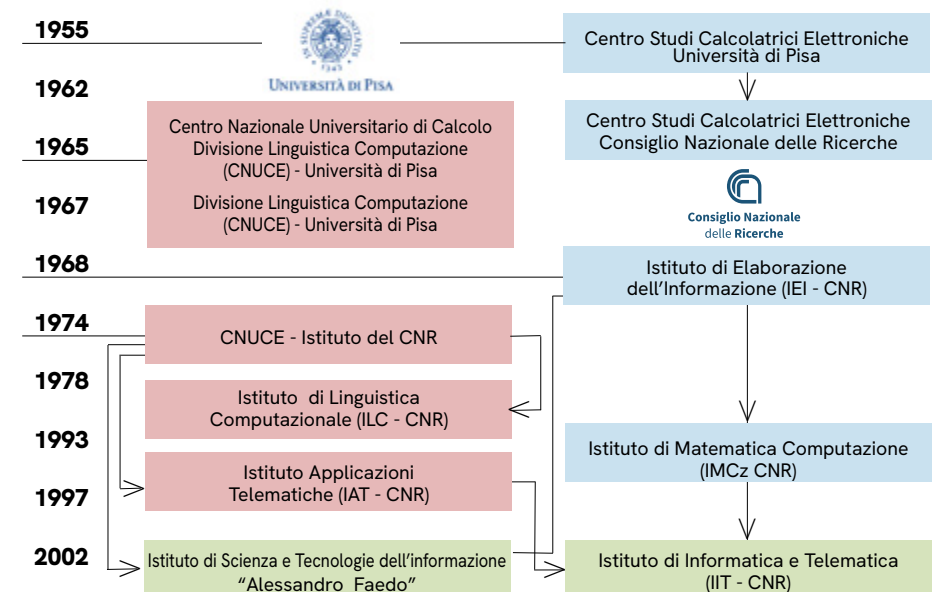


Fig. 1 Tempistiche della creazione dei centri e istituti di ricerca in informatica a Pisa a seguito dell'esperienza di costruzione della CEP e poi confluiti nel CNR.

Il CNUCE afferiva al Comitato per le Scienze di Ingegneria e di Architettura mentre lo IEI al Comitato per le Scienze Fisiche.

I due istituti, situati a poche decine di metri di distanza nella famosa via Santa Maria a Pisa, pur afferendo a comitati diversi hanno sempre stabilito proficue collaborazioni, partecipando congiuntamente a progetti nazionali e internazionali, anche in virtù di una naturale ibridazione di competenze che li porterà nel 2002 alla fusione e alla creazione degli odierni: Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo" (ISTI) e Istituto di Informatica e Telematica (IIT).

Come si nota dalla Fig. 1, alla data, le principali realtà informatiche del CNR a Pisa sono l'Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo" e l'Istituto di Informatica e Telematica. Entrambi gli istituti sono impegnati primariamente nel settore dell'Information and Communication Technology e la loro creazione è venuta a determinarsi dopo una serie di scissioni e di accorpamenti, operate sia in ambito IEI che CNUCE che portarono alla creazione di due realtà dimensionalmente più piccole: l'Istituto di Matematica Computazionale (IMC) nel 1993, frutto del distacco dallo IEI, e l'Istituto di Applicazioni Telematiche (IAT) nel 1998, creatosi a seguito della separazione dal CNUCE.

Queste riorganizzazioni erano solo in parte guidate da un disegno strategico complessivo e da una chiara visione scientifica e, con il trascorrere degli anni, si giunse alla determinazione che era necessario ripensare l'organizzazione degli istituti informatici pisani, razionalizzandone sia le risorse umane e strumentali che quelle amministrative, al fine di raggiungere la necessaria massa critica per incidere maggiormente sul panorama scientifico nazionale e internazionale. A ciò contribuì anche la volontà dell'ente di ridurre significativamente i centri di spesa – quindi, il numero di istituti – che, conseguentemente, portò all'accorpamento dell'Istituto CNUCE con lo IEI, creando l'Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo", e di IAT e IMC, dando origine all'Istituto di Informatica e Telematica (IIT-CNR).

IEI

Ereditando la struttura organizzativa del CSCE, inizialmente lo IEI era articolato in tre sezioni: Logico-matematica (diretta da Alfonso Caracciolo di Forino con la consulenza di Corrado Böhm dell'INAC di Roma), Elettronica (diretta da Giovan Battista Gerace) e Analisi numerica (diretta da Ugo Barbuti e Bruno Forte); successivamente, queste sezioni saranno sostituite dai seguenti cinque reparti: Architettura dei sistemi di elaborazione, Linguaggi e sistemi operativi, Tecniche per il trattamento dell'informazione, Elaborazione di segnali e immagini, Matematica computazionale (e Grafica computerizzata).

Per quanto riguarda la matematica computazionale (e Grafica computerizzata) negli anni, l'importanza scientifica di questo settore e il forte impegno di Milvio Capovani portarono nel 1993 alla costituzione dell'Istituto di Matematica Computazionale (IMC) del CNR quale derivazione del gruppo di ricerca omonimo dell'IEI. La direzione fu affidata a Bruno Codenotti fino al 2002, anno di accorpamento degli istituti informatici del CNR di Pisa.

La foto nella Fig. 2, scattata nel 1975 in occasione del convegno *20 anni di Informatica a Pisa*, ritrae alcuni dei ricercatori e tecnici dello IEI riuniti intorno ad Alessandro Faedo. Vengono anche indicati due direttori dello IEI: Gianfranco Capriz (1963-1978) e Franco Denoth (1979-1994).

Dal 1995 al 2002 l'istituto è stato diretto da Piero Maestrini.

Di seguito vengono riportati i contributi che descrivono in chiave storica le principali attività e iniziative scaturite da questi reparti dello IEI.

Tolleranza ai guasti e Sistemi complessi resilienti allo IEI

a cura di

Felicità Di Giandomenico, Piero Maestrini e Luca Simoncini - IEI, CNUCE, ISTI

La storia delle attività in ambito *Fault Tolerance* e *Dependable Computing* svolte allo IEI parte dalla fine dei lontani anni Sessanta, proseguendo per tutti i decenni successivi fino ad oggi e proiettarsi anche negli anni a venire.

Partiamo dal fotografare la situazione degli ultimi anni Sessanta, quando le attività a livello mondiale erano orientate alla conquista della Luna – avvenuta nel luglio 1969 – e lo stato dell'arte della tecnologia di allora, che permise quell'avventura.

Da un punto di vista tecnologico, i sistemi di controllo presenti sull'Apollo 11 e sul modulo lunare denominati Apollo Guidance Computer (AGC) erano costituiti da una logica di controllo basata su circuiti integrati (2800 o 4100 circuiti, a seconda delle versioni), ciascuno contenente un paio di porte logiche NOR realizzate con tecnologia Resistor-Transistor Logic (RTL), racchiusi in un contenitore di plastica epossidica. La capacità computazionale locale sulla navicella e sul modulo lunare era solo quella.

La memoria RAM a disposizione era di 2 048 parole di 16 bit (15 di dato e 1 bit di parità dispari), a cui si aggiungeva una ROM di sola lettura (contenente il SW esecutivo per le varie funzioni) di 36 864 parole. La parola interna alla CPU era in formato 16 bit di cui 14 bit dato, 1 bit di overflow e 1 bit del segno. L'interfaccia utente era tramite *display and keyboard* (DSKY) e ciò permetteva di indicare attraverso input numerici la funzione da eseguire (*Verb*), e quali dati (*Noun*) venivano coinvolti dalla azione specificata da *Verb*. Il tutto era poi controllato dai sistemi IBM di terra al centro spaziale di Houston.

Come si vede, l'unico richiamo alla *fault tolerance* era relativo all'uso di codici di parità rilevatori di errori (molto semplici).

In parallelo, alla NASA presso il JPL di Pasadena, venne progettato il Self-Testing And Repairing (STAR), computer originariamente progettato per missioni nello spazio profondo nel periodo dal 1961 al 1972 (che evolvè fino alle sonde Voyager). JPL STAR fu uno schema preliminare di un computer autonomo che poteva rilevare, diagnosticare e riparare guasti al suo interno. Usava programmi speciali per localizzare guasti ed eseguire la manutenzione sulla quasi totalità dei sottosistemi della sonda. JPL STAR divenne operativo nel 1969.

Le evoluzioni tecnologiche del tempo e il loro impiego in applicazioni altamente critiche come le missioni spaziali stimolarono, in quegli anni, l'avvio di attività colle-



Fig. 2 Foto di alcuni dei principali ricercatori e tecnici dello IEI riuniti intorno ad Alessandro Faedo in occasione del Convegno *20 anni di informatica a Pisa* (1975).

gate anche presso lo IEI, con studi sulla produzione di sequenze di test e di strumenti di test per la verifica di hardware a componenti discreti. Contemporaneamente, partì la ricerca nel campo dei codici rilevatori e correttori di errore e nel settore di algoritmi di autodiagnosi di sistemi complessi, basati su modelli a grafi. Queste attività furono sviluppate nell'ambito di due importanti convenzioni.

Nella convenzione CNR-ENI del 1970 venne iniziato uno studio sui metodi di test e diagnosi nelle reti logiche combinatorie e sequenziali, e sulle strategie di autodiagnosi in architetture di sistemi per il controllo di processi industriali e per strutture logiche con capacità di autoriparazione.

La convenzione CNR-Selenia S.p.A. nel 1974 venne orientata verso lo studio delle proprietà dei codici correttori di errori aritmetici nei sistemi numerici delle classi residue; inoltre, nel settore della teoria dell'autodiagnosi a livello di sistema venne affrontato il problema della diagnosi con riparazione. Venne proposta una variante del modello diagnostico di Franco P. Preparata, Gernot Metzger e Robert T. Chien introducendo ipotesi meno severe circa le modalità di invalidazione dei test. Furono anche definite classi di progetto ottime per ogni valore di diagnosticabilità, con o senza riparazione.

Queste attività portarono, alla fine degli anni Settanta, allo sviluppo di un prototipo di sistema multiprocessore basato su componenti *bit-sliced*, con comunicazioni tra processi basate su scambio di messaggi, e con caratteristiche di configurabilità adeguate a supportare algoritmi autodiagnostici basati sui risultati precedentemente citati. Il prototipo venne chiamato MuTEAM e fu oggetto di un'intera sessione nel più prestigioso simposio nel settore della *fault tolerance: IEEE FTCS-11 Fault Tolerant Computing Symposium*, tenuto a Portland, USA, nel giugno 1981.

Negli anni Ottanta e Novanta, oltre al consolidamento del filone su autodiagnosi e codici correttori, furono avviate ricerche sia su architetture e meccanismi per la tolleranza ai guasti (aggiudicatore per la selezione dell'output in una struttura ridondata; orchestrazione efficiente della esecuzione della ridondanza disponibile; meccanismo per discriminare guasti intermittenti da guasti transienti; strutturazione e implicazioni di progettazione con diversità), sia su tecniche (e tools di supporto) per la quantificazione di attributi di *dependability* di meccanismi/sistemi, basate su un approccio di modellazione stocastica.

Tali ricerche furono condotte, in contesti progettuali, anche con collaboratori interni al CNR (in particolare del CNUCE) nazionali e internazionali.

Parallelamente alle attività sopra descritte, a partire dall'inizio degli anni Settanta lo IEI si impegnò a tenersi in contatto con gruppi di ricerca internazionali nel settore della *dependability* e *fault tolerance*.

Ciò ha comportato la partecipazione costante alle edizioni dell'evento internazionale di maggior rilievo nel settore, *IEEE FTCS Fault Tolerant Computing Symposium*, iniziato nel 1971 e tenutosi annualmente per poi essere rinominato dall'anno 2000 in *IEEE/IFIP DSN International Conference on Dependable Systems and Networks*, festeggiando la cinquantunesima edizione nel 2020 e tuttora attivo (si noti che FTCS si tenne a Milano nel 1983, DSN a Firenze nel 2004; più recentemente è stato assegnato a Napoli per l'edizione del 2025).

Fin dagli inizi, ci fu uno sforzo strategico a livello europeo volto a creare connessioni e cooperazione fra ricercatori, superando la separazione politica dell'Europa nei due blocchi, Occidentale e Orientale, di quegli anni.

IEI si fece promotore, con il supporto di AICA, di quest'attività che portò successivamente alla nascita della conferenza *EDCC-European Dependable Computing Conference* tuttora organizzata con frequenza annuale, con la partecipazione di personale IEI a molte edizioni.

Sempre negli anni Settanta, IEI fu artefice dell'ampliamento della discussione su tematiche di *fault tolerance* e *dependability* in ambito accademico e industriale italiano, appoggiandosi ad AICA, per la nascita di un analogo gruppo di lavoro, "Dependable Systems", che ha permesso di diffondere questa conoscenza e le competenze maturate in molti settori industriali e accademici italiani. Questo sforzo ha portato, nel tempo, a diverse collaborazioni con Telettra, per tematiche afferenti ai sistemi di comunicazione telefonica, con Ansaldo Segnalamento, per tematiche sui sistemi di segnalamento ferroviario e con CESI, per tematiche relative alla distribuzione di energia elettrica.

Nel 1979, i ricercatori dello IEI vennero invitati a Londra per partecipare ai lavori in ambito IFIP *International Federation for Information Processing* che portarono alla nascita nel 1980 del Working Group (WG) 10.4 Dependable Computing and Fault Tolerance, di cui IEI è divenuto membro fondatore, all'interno del Comitato tecnico TC10 di IFIP.

Fin dalla sua costituzione, questo working group vede il coinvolgimento su argomenti di frontiera di ricercatori del mondo accademico e industriale, sia in qualità di membri effettivi che di membri invitati, attraverso incontri fisici (due volte all'anno) e iniziative da remoto. Le riunioni in presenza prevedono anche l'organizzazione di workshop per discussioni formali e informali su specifiche tematiche di interesse per il WG (<https://www.dependability.org>).

IEI ha partecipato da subito a progetti di collaborazione internazionale su tematiche fondanti della *dependability*, in particolare ai seguenti progetti di ricerca finanziati dalla Commissione Europea tra la metà degli anni Ottanta e fine anni Novanta: ESPRIT Delta-4, per la progettazione di un'architettura aperta di sistema distribuito e affidabile; ESPRIT BRA PDCS - Predictably Dependable Computing Systems e a seguire ESPRIT BRA PDCS2, per lo sviluppo di metodologie, tecniche e tools per la progettazione e analisi/verifica di sistemi dependable; ESPRIT GUARDS - Generic Upgradable Architecture for Real-Time Dependable Systems, per lo sviluppo di un'architettura generica e tollerante ai guasti, largamente basata su componenti già disponibili sul mercato (COTS) e su un approccio software-oriented per minimizzare l'uso di hardware specializzato. Ha partecipato anche alla rete di eccellenza ESPRIT Network of Excellence CABERNET in Distributed Computing Systems Architecture, di cui è stato un membro del consorzio con rappresentanza nell'executive board.

Nel 2002, con la confluenza di IEI (insieme all'istituto CNUCE) nel nuovo istituto ISTI, le attività di ricerca sulle tematiche di *dependability*, *resilience* e *fault tolerance* sono proseguite e si sono consolidate fino ad oggi, principalmente sugli aspetti di meccanismi e architetture di *fault tolerance* e approcci di modellazione stocastica e analisi quantitative di *dependability*. Le evoluzioni hanno riguardato come affrontare le sfide

dei sistemi di calcolo moderni, sempre più complessi, interdipendenti e dinamici, che necessitano di soluzioni e strumenti efficienti, collaborativi/integrati e accurati.

I domini di riferimento rimangono settori critici, principalmente trasporti e smart grids.

Guardando al futuro, le attività su *dependable and resilient computing* continueranno a essere indispensabili a causa della velocità incredibile dello sviluppo di materiali e di tecnologie innovative, e la conseguente corsa verso la realizzazione di sistemi sempre più complessi e sempre più impiegati nel controllo di attività da cui dipende la sicurezza degli individui, considerata a tutto tondo (vita, ambiente, sfera privata e altro). Tutti questi aspetti sono correlati all'insorgenza di nuove tipologie di guasto, alla necessità di metodi di verifica e validazione innovativi per le soluzioni proposte, alla caratterizzazione di livelli di security e safety adeguati nei nuovi contesti, e non ultimo ad aspetti sociali, legali ed etici. Focalizzandoci su alcuni scenari su cui c'è già un'attività fervida avviata, si pensi alle sfide dal punto di vista di *dependability* innescate dalla prospettiva di auto commerciali a guida autonoma, dalla prossima introduzione di sistemi basati sul *quantum computing*, dalle tecnologie di Intelligenza Artificiale e dalle loro applicazioni. Ciò comporterà una sempre maggiore integrazione fra i differenti campi ICT, sia di ricerca che di progetto, in cui la componente riguardante la *resilience* e *dependability* avrà un ruolo sempre più rilevante.

Metodi Formali e Ingegneria del software allo IEI

a cura di Antonia Bertolino, Mario Fusani e Stefania Gnesi - IEI, ISTI

L'area software dell'Istituto di Elaborazione dell'Informazione (IEI) del CNR affonda le sue radici nelle attività del reparto Linguaggi e sistemi operativi del CSCE che, alla fine degli anni Sessanta era diretto da Alfonso Caracciolo di Forino, già responsabile della sezione Logico-matematica del CSCE e, successivamente dello IEI.

All'epoca, Giovan Battista Gerace istituì un reparto che si occupava dei sistemi per l'elaborazione dell'informazione e Antonio Grasselli fondò il reparto incentrato sull'elaborazione dell'informazione non numerica.

Questi due reparti verso la fine degli anni Settanta si unirono formando il reparto di linguaggi di programmazione e sistemi operativi. In quegli anni, infatti, lo studio di nuovi linguaggi di programmazione, la definizione della loro semantica formale e lo sviluppo di nuovi sistemi operativi, precursori degli attuali Unix e Linux, erano fra le attività di ricerca più popolari nell'area software.

Alla fine degli anni Settanta nasce il Progetto Finalizzato Informatica promosso dal CNR e diretto da Angelo Raffaele Meo (per un approfondimento si consiglia di consultare il contributo "Il progetto finalizzato informatica" di Angelo Raffaele Meo).

Il reparto Linguaggi di programmazione e sistemi operativi fu coinvolto principalmente nel sotto progetto P1, Industria Nazionale del Settore, in cui una delle principali attività di ricerca riguardava l'ingegneria del software e nell'obiettivo Campus Net (CNet) di cui Norma Lijtmaer era responsabile. I temi di ricerca si concentravano sullo sviluppo delle specifiche funzionali e sull'implementazione di sistemi distribuiti su reti locali.

La presenza di un folto gruppo di partner industriali, tra cui l'Olivetti, ebbe conseguenze ben oltre le valutazioni scientifiche dei progetti stessi in un periodo di forte espansione per l'industria nazionale.

Le esperienze di quegli anni indirizzarono sempre più le attività di quest'area ai vari temi di ricerca nel campo dell'ingegneria del software. L'attenzione fu in quel periodo rivolta verso la definizione di semantiche formali per linguaggi di nuova concezione quali il linguaggio di programmazione ADA e il linguaggio di specifica LOTOS, la definizione e l'uso di tecniche e linguaggi di supporto alla verifica formale di sistemi paralleli e distribuiti e lo sviluppo di tecniche e modelli per la validazione di sistemi software.

È di quegli anni la partecipazione ai progetti europei The Draft Formal Definition of ANSI/MIL-STD1815A Ada, nell'ambito del Multi-Annual Programme nel settore di Data-Processing e LOTOSPHERE, finanziato dalla CE nell'ambito del programma ESPRIT, coordinato dal CNUCE.

Nel 1986, accogliendo una proposta di Norma Lijtmaer e di Angelo Raffaele Meo, si è costituito presso lo IIEI il System and Software Evaluation Center (SSEC). Inizialmente il SSEC era dedicato alla certificazione degli apparecchi misuratori fiscali per conto dell'allora Ministero delle finanze (collaborazione che prosegue fino ad oggi con l'Agenzia delle entrate per i registratori telematici e i PoS). Dal 1993, il centro ha impiegato le sue competenze di verifica della qualità del software e dei relativi processi, partecipando sia alla stesura della norma ISO/IEC 15504 che all'assessment dei processi presso numerosi produttori in Italia e all'estero (USA, Europa, Cina) prevalentemente nel settore automotive.

In questo settore il laboratorio SSEC ha lanciato la conferenza *Automotive Spin Italia*, iniziata nel 2007 e giunta alla sua ventunesima edizione. *Automotive Spin Italia* è un forum per lo scambio libero e aperto di esperienze, idee e risultati della ricerca sul processo di sviluppo del software e dei sistemi elettronici di bordo per l'industria automobilistica italiana.

Agli inizi degli anni Duemila, anche in concomitanza con la fusione con il CNUCE, quello che era il reparto Linguaggi di programmazione e sistemi operativi si ricollocò in due diverse aree di ricerca.

La prima è nata dalla stretta collaborazione di ricercatori di questo reparto con colleghi del reparto Progettazione e Analisi dei sistemi di elaborazione del CNUCE ed è stata coltivata nel contesto di partecipazioni congiunte in vari progetti internazionali dando origine a un gruppo di ricerca IIEI-CNUCE ancor prima della nascita dell'ISTI. Sulle basi di questa collaborazione si è formato l'attuale laboratorio ISTI Formal Methods and Tools (FMT).

L'attività di quest'area di ricerca si è focalizzata sullo sviluppo e l'applicazione di formalismi, metodi e strumenti software di supporto alla specifica progettazione e verifica formale di sistemi complessi e distribuiti nello spazio. In quest'ambito, il laboratorio si è caratterizzato per una continua e duratura partecipazione alla comunità scientifica internazionale, con frequenti contatti con altri ricercatori, sia attraverso visite in ingresso e in uscita che attraverso progetti finanziati dalla Commissione Europea (tra cui ricordiamo Generic Upgradable Architecture for Real-

me Dependable Systems (GUARDS), Train control and monitoring system (MO-DCONTROL), Architectures for Mobility, (AGILE), A Quantitative Approach to Management and Design of Collective and Adaptive Behaviours (QUANTICOL), Service-Oriented Overlay Computers (SENSORIA), Autonomic service-component ensemble (ASCENS). Il laboratorio ISTI FMT ha, inoltre, partecipato e l'organizzato le principali conferenze scientifiche del settore (tra cui ricordiamo *FME*, *iFM*, *FMICS* e *SEFM*).

Importante follow-up dell'attività di modellazione e verifica formale è stata, a partire da metà anni Novanta, l'istituzione di diverse collaborazioni con partner industriali nel settore ferroviario, in particolare con Ansaldo STS, ALSTOM, ECM e SIRTII. La specializzazione nel dominio ferroviario – accresciutasi anche tramite l'attività di ricerca svolta nei recenti progetti europei Shift2Rail, ASTRail e 4SECU-Rail – ha prodotto anche un'attiva partecipazione al lavoro del consorzio DITECFER (Distretto Tecnologico Ferroviario Toscano) che ha permesso il positivo confronto con diverse aziende del settore. Sempre in questo settore si colloca la partecipazione nel progetto PNRR su Trasporto Ferroviario del centro nazionale per la mobilità sostenibile (MOST).

La seconda attività si è focalizzata sullo sviluppo di metodologie, tecniche e strumenti per valutare e migliorare la qualità del software, incentrandosi soprattutto su testing e affidabilità di prodotti e processi. In quest'ambito, dagli anni Novanta sono state condotte diverse attività di formazione e trasferimento tecnologico verso varie aziende nazionali. Fra queste ricordiamo le collaborazioni con il Consorzio Universitario in Ingegneria della Qualità "Qualital", che raggruppava molte fra le maggiori industrie nazionali produttrici o utilizzatrici di software e con Ericsson Telecomunicazioni di Roma. Insieme con Qualital, fra il 1991 e il 2002, si è prodotta la serie di conferenze *AQuiS (Achieving Quality in Software)* che ha ospitato (con due edizioni a Pisa e tre a Venezia) relazioni e dibattiti tra i principali esperti internazionali del settore. Dall'intensa collaborazione con Ericsson, invece, nel 2000 ha avuto origine un'importante convenzione di durata pluriennale fra IIEI e la società Ericsson Lab Italy per l'avvio di un programma comune di ricerca e formazione su Ingegneria del software con applicazioni alle telecomunicazioni anche in collaborazione con gruppi di ricerca di Università di Pisa e Scuola Superiore Sant'Anna – che nel decennio in cui è rimasta attiva ha finanziato diverse borse di dottorato.

Le competenze del gruppo attivo su queste tematiche di qualità e validazione hanno ottenuto diversi riconoscimenti a livello internazionale, come ad esempio l'incarico di curare un capitolo sul software testing nell'ambito del progetto internazionale di creazione di Guide to the Software Engineering Body of Knowledge - SWE-BOK, originariamente sponsorizzato congiuntamente da IEEE Computer Society e ACM, e che ha anche ottenuto il riconoscimento internazionale come rapporto tecnico ISO 19759.

Il gruppo è stato, inoltre, l'organizzatore delle principali conferenze scientifiche in Ingegneria del software come *ISSTA*, *ICST*, *ESEC/FSE*, nonché la conferenza di bandiera *ICSE*.

Basi di dati

a cura di Carlo Meghini - IEI, ISTI

Le attività del gruppo delle basi di dati dello IEI si inseriscono nel contesto più generale degli studi sull'*information retrieval*, termine coniato nel 1950 da Calvin Mooers (1919-1994) scienziato informatico americano che fu una figura influente nella prima comunità della scienza dell'informazione.

A tal riguardo si consiglia di consultare anche i contributi "Information Retrieval" (Maristella Agosti) e "Basi di dati e Big Data" (Paolo Atzeni e Domenico Saccà).

Il gruppo delle basi di dati si costituisce allo IEI alla fine degli anni Settanta, per iniziativa di Costantino Thanos, reduce da un periodo di studio e ricerca al Computer Science Department dell'Università di Toronto e portatore di una visione internazionale della ricerca molto prima che questa si affermasse in Italia.

Negli anni Settanta la comunità scientifica internazionale identificò, tra gli altri, il settore delle basi di dati come un settore importante dell'informatica. Questa visione, che si proponeva di ricercare metodi efficienti per rappresentare e gestire grossi volumi di informazioni digitali – quali quelli tipicamente trattati dalle applicazioni business e amministrative in generale – gettava le fondamenta per l'espansione dell'informatica al di là del settore del calcolo scientifico in cui era stata principalmente impiegata fino a quel tempo. Negli stessi anni, una visione analoga era propugnata dai ricercatori che investigavano metodi e sistemi per il trattamento automatico del testo, a cavallo tra la linguistica e l'*information retrieval*. Le basi di dati recepiscono inizialmente i requisiti delle applicazioni di business che avevano la necessità di gestire transazioni commerciali in modo da salvaguardare l'efficienza e l'integrità dei dati.

Il Progetto Finalizzato Informatica, lanciato nello stesso periodo, dedicava risorse significative della ricerca informatica italiana allo studio delle basi di dati, con unità operative che attaccavano diversi aspetti del problema, dalla modellistica (Antonio Albano e Carlo Batini con il sotto progetto DATAID) all'ingegnerizzazione, anche in ambito distribuito (Costantino Thanos, con il sotto progetto DATANET). Il gruppo delle basi di dati dello IEI ha seguito l'evoluzione delle basi di dati per almeno un decennio, dando significativi contributi sia a livello teorico, con articoli pubblicati sulle riviste più prestigiose del settore, che pratico, con numerosi progetti in ambito europeo e nazionale. Successivamente, il settore delle basi di dati, associandosi a un analogo percorso culturale in ambito artificial intelligence e linguaggi di programmazione, si indirizzò verso una cattura maggiore della semantica delle applicazioni e una maggiore integrazione con i linguaggi di programmazione, sfociando nelle basi di dati a oggetti. Anche sulle basi di dati a oggetti il gruppo ha dato un contributo significativo, collaborando con gruppi prestigiosi sia in Europa, con progetti di ricerca di base (FIDE) e di trasferimento tecnologico, che negli Stati Uniti (collaborazione con la MCC).

Verso la metà degli anni Ottanta, sempre su iniziativa di Thanos, il gruppo comincia a guardare alle due aree limitrofe alle basi di dati: la rappresentazione della conoscenza – anche attraverso una collaborazione con il gruppo di Artificial Intelligence del Computer Science Department dell'Università di Toronto, guidato da

John Mylopoulos – e l'*information retrieval*, sia tradizionale sia sull'informazione multimediale, che in quegli anni cominciava a essere trattata automaticamente, attraverso una collaborazione con il gruppo di Information Retrieval del Computing Science Department dell'Università di Glasgow, guidato da Keith van Rijsbergen. Scaturirono da questa iniziativa numerosi lavori di ricerca, che qualche volta si intrecciavano, qualche altra volta procedevano in maniera indipendente. Possiamo guardare a quest'area come suddivisa in tre filoni:

- I. Il filone della rappresentazione della conoscenza; tuttora attivo con le ricerche sulle logiche *fuzzy*, che hanno portato un membro del gruppo (Umberto Straccia) a contribuire agli standard del semantic web, e con le ricerche sulle ontologie condotte da un altro membro del gruppo (Carlo Meghini), con applicazioni principalmente nell'area delle *digital humanities*.
- II. Il filone multimediale; con enfasi sulle immagini e sul video, che in quegli anni è iniziato con la ricerca di strutture di memoria secondaria efficienti per il recupero delle immagini in base al contenuto e che prosegue tuttora (Giuseppe Amato) con uso di tecniche basate sul *machine learning*. In questo ambito sono stati molto numerosi i progetti di ricerca di base (HERMES) e applicativa ed è stato lanciato uno spin-off tuttora attivo sul mercato (Visual Engines).
- III. Il filone dell'*information retrieval*, oggi affrontato con i metodi del *machine learning* e affidato al gruppo guidato da Fabrizio Sebastiani.

L'intreccio tra rappresentazione della conoscenza e *information retrieval* multimediale ha portato a risultati di rilievo, in particolare al lavoro sulla modellizzazione pubblicato sul Journal dell'ACM e poi sull'enciclopedia dei sistemi informativi.

Mentre tutto ciò accadeva, Thanos, verso la metà degli anni Novanta, ha dato inizio alle biblioteche digitali, seguendo una tendenza che si stava affermando negli Stati Uniti, sull'onda delle cosiddette *information highway* e del web e di fatto lanciando il settore in Europa.

Un ruolo di precursore ha avuto nel 1995 lo European Research Consortium for Informatics and Mathematics (ERCIM) con la creazione di un gruppo di lavoro sul tema Biblioteche Digitali. L'obiettivo era di stimolare un interesse verso le biblioteche digitali e di incoraggiare la collaborazione fra gruppi di ricercatori ERCIM che allora cominciavano a essere attivi su questo argomento.

Le biblioteche digitali sono un crocevia di varie discipline, prime fra tutte la computer science e l'*information science*, quest'ultima definita come un settore interdisciplinare che si occupa dell'analisi, classificazione, manipolazione e scoperta dell'informazione. L'*information science* trova la sua area applicativa nei sistemi informativi di biblioteche e negli archivi. Pur essendo una disciplina molto antecedente alla computer science, in Europa l'*information science* non è stata pronta a recepire – come è accaduto negli Stati Uniti – la svolta digitale. Pertanto, qui le biblioteche digitali o digital library sono nate come un settore applicativo della computer science.

Sulla spinta dei risultati ottenuti e della crescente strategicità del settore, la Commissione Europea ha finanziato il DELOS Working Group su Biblioteche Digitali

(1997-1999) con i fondi del EU ESPRIT Long Term Research Program dove ESPRIT sta per European Strategic Program on Research in Information Technology, un programma strategico parte del più vasto 4° Programma Quadro: 4FP (abbreviando dall'inglese Framework Programme).

Gli obiettivi del gruppo di lavoro erano:

- I. creare una consapevolezza riguardo i più importanti temi di ricerca relativi alle Biblioteche Digitali;
- II. stimolare la ricerca su questi temi.

Un importante risultato ottenuto è stato lo stabilire una formale collaborazione tra ESPRIT e la statunitense Digital Library Initiative della National Science Foundation – NSF. Nell'ambito di questa collaborazione sono stati creati cinque gruppi di lavoro congiunti, finanziati da NSF e dalla Commissione Europea: Intellectual Property and Economics, Interoperability, Global Resource Discovery, Metadata e Multilingual Information Access. Il loro scopo era di fare il punto sullo stato dell'arte e indicare future direzioni di ricerca.

Nel 2000 il DELOS WG è diventato una Rete di Eccellenza Tematica (DELOS Thematic Network of Excellence) finanziata dal 5° Programma Quadro (5FP) della Commissione Europea per il triennio 2000-2003. Gli obiettivi della Rete di Eccellenza erano:

- I. contribuire alla creazione di una comunità di ricerca europea nel settore delle biblioteche digitali;
- II. fornire un forum dove ricercatori, praticanti e rappresentanti di biblioteche di ricerca potessero scambiare idee ed esperienze;
- III. facilitare l'adozione e utilizzazione di tecnologie di biblioteche digitali;
- IIII. migliorare la collaborazione internazionale nel settore delle biblioteche digitali.

L'ultima fase dell'evoluzione di DELOS riguarda la sua trasformazione in DELOS Network of Excellence (2004-2008) rete finanziata dal 6° Programma Quadro (6FP) della Commissione Europea.

La sua missione era di integrare e coordinare le attività di ricerca dei principali gruppi di ricerca europei nel settore delle biblioteche digitali. Il focus era sulla loro organizzazione e interconnessione allo scopo di consolidare un'emergente comunità e far diventare DELOS un punto di riferimento in Europa per attività concernenti le biblioteche digitali. Alla fine del suo ciclo di attività, DELOS aveva integrato 59 centri di ricerca e università europei e coinvolto circa 300 ricercatori nella conduzione di attività di ricerca in vari settori relativi alle biblioteche digitali.

Siamo alle soglie della nascita della Digital Library Europea, oggi detta Europeana, creata dalla Commissione Europea per volere di alcuni importanti Stati membri, primo fra tutti la Francia, come reazione all'annuncio fatto da Google alla Fiera di Francoforte del 2007, riguardo alla nascita di Google Books, iniziativa che mirava alla digitalizzazione di tutti i libri esistenti e quindi del sapere in essi contenuto.

Per bocca dell'allora presidente Jacques Chirac, la Francia stigmatizzò l'assunzione da parte di un soggetto privato del ruolo di detentore della conoscenza e sollecitò un'iniziativa pubblica europea che contrastasse questo fenomeno con la nascita della Biblioteca Digitale Europea.

Come era naturale, la Commissione si rivolse a DELOS per la copertura degli aspetti scientifici di Europeana, iniziando con il gruppo di Costantino Thanos una collaborazione che si è estesa per oltre 15 anni, e che ha portato alla nascita, allo sviluppo e infine alla pubblicazione di Europeana.

Tramite il gruppo di Costantino Thanos, il CNR ha dato un contributo scientifico decisivo alla definizione del modello di Europeana partecipando con ruoli chiave ai progetti fondanti della biblioteca digitale europea, unico partner italiano a poter vantare questo ruolo, incaricato di curare i rapporti di questa con la comunità scientifica e ospitare gli EuropeanaLabs. A Europeana l'ISTI ha anche contribuito con il progetto ASSETS, che ha portato a Europeana servizi sviluppati da quattro diversi gruppi dell'istituto, inseriti in due diversi laboratori.

Come già menzionato, dal 2000, lo IIEI contribuì con il CNUCE a formare l'ISTI e il vecchio reparto di Basi di Dati divenne un laboratorio dell'ISTI, denominato Networked Multimedia Information Systems (NeMIS).

Nello stesso periodo si andava costituendo l'Area di Ricerca di Pisa del CNR.

Una parte del NeMIS, guidata da Donatella Castelli, verso il 2004 ha iniziato a interessarsi alle infrastrutture della ricerca (Research Infrastructure), avendo intuito le potenzialità di questo settore e avendo saputo cogliere le opportunità che offriva. Inizia così l'attività in un settore nuovo, ma decisamente strategico. All'inizio, la piattaforma di riferimento era il Grid, mentre adesso ci si sta basando sul Cloud.

Attraverso numerosi progetti, la maggior parte acquisiti presso l'Unità di Research Infrastructures facente capo al DG Ricerca e Innovazione della CE, è stata costituita una solida base di conoscenze e una piattaforma di servizi in continua evoluzione che integra centinaia di componenti open-source per offrire servizi ai ricercatori sotto forma di Virtual Research Environments.

Nel 2021 il NeMIS, cresciuto nel frattempo fino a diventare il gruppo più numeroso dell'ISTI, dà origine, a sua volta, a due laboratori:

- Infrascience, che raccoglie i tre filoni “Data Infrastructures”, “eScience and Open Science” e “Intelligent Systems” a guida di Donatella Castelli;
- AIMH (Artificial Intelligence for Media and the Humanities) che raccoglie i tre filoni di “Large-Scale IR & Multimedia”, “Human Languages” e “Digital Humanities” a guida di Giuseppe Amato.

La biblioteca dello IEI

a cura di Silvia Giannini - IEI, ISTI

La biblioteca dell'Istituto di Elaborazione dell'Informazione (IEI) è stata fondata nel 1954, all'interno del Centro Studi Calcolatrici Elettroniche (CSCE) dell'Università di Pisa (poi IEI-CNR).

Il suo sviluppo e la sua specializzazione nelle discipline informatiche, matematiche e fisiche sono avvenuti in parallelo alla trasformazione del Centro e alla nascita dell'istituto (1968) e hanno preso forma grazie al lavoro della sua prima bibliotecaria, Maria Bruna Baldacci.

Era il 1961 quando, come lei stessa racconta in un'intervista del 2003: "lavoro presso il CSCE, dove stava per essere inaugurata la Calcolatrice Elettronica Pisana (CEP), il primo calcolatore costruito in una università italiana". Tra i suoi compiti "la cura della biblioteca". All'epoca, "la biblioteca era una vetrinetta delle dimensioni 60x190x38 cm e conteneva prevalentemente misteriosi oggetti chiamati proceeding". Quando le dimensioni della vetrinetta raddoppiarono, Maria Bruna capì subito "che bisognava imparare qualcosa sull'arte dell'organizzazione di libri e riviste".

Nell'arco di un decennio la biblioteca era ormai un servizio ben avviato e vantava un patrimonio librario di circa 2 200 volumi, tra libri, periodici e opere di consultazione, che divennero 6 500 solo quattro anni più tardi, nel 1975. Studenti, docenti e ricercatori del territorio pisano potevano fruire facilmente del materiale specialistico della biblioteca, grazie alla sua efficiente organizzazione e alla predisposizione di accurati strumenti per la consultazione, come gli ormai "preistorici" cataloghi a schede mobili, ancora oggi conservati.

C'è una storia della biblioteca dello IEI che la vede allineata ad altre biblioteche di enti di ricerca, accomunate dalla stessa *mission*: fornire supporto alla ricerca e ai ricercatori mediante lo sviluppo di adeguate raccolte, la cura e la valorizzazione del proprio patrimonio documentario e la predisposizione di servizi che possano renderlo disponibile al mondo accademico e della ricerca.

C'è poi un'altra storia, che è quella che la caratterizza e la distingue da altre realtà bibliotecarie simili: l'attività e i risultati raggiunti nel campo dell'automazione bibliotecaria. L'ambiente lavorativo in cui la biblioteca nasce e si sviluppa ha sicuramente contribuito a delineare questa peculiarità, ma molto si deve anche all'impegno e agli studi della sua prima bibliotecaria e del resto del personale che nel tempo ha guidato la biblioteca o collaborato alle sue attività.

Nell'impossibilità di ricordare tutti gli obiettivi raggiunti dalla biblioteca in questo settore ne ricordiamo solo alcuni, a partire dal primo progetto sperimentale per l'automazione delle procedure di acquisto, che venne avviato nel 1974 e dette origine al sistema "conversazionale" ADOC (Acquisto DOCUMENTI).

ADOC fu il primo di una serie di sistemi sviluppati nel corso degli anni che andarono, via via, a perfezionare la gestione degli archivi di dati bibliografici e gestionali, automatizzando le procedure di catalogazione, acquisizione, prestito e gestione dei periodici. Il 1985 è l'anno di realizzazione del primo catalogo elettronico, sebbene il suo utilizzo fosse riservato al solo personale della biblioteca. Il primo catalogo elet-

tronico disponibile in rete venne invece attivato nel 1993, e di lì a poco, la biblioteca dello IEI si dedicò alla creazione dei cataloghi collettivi dei libri e dei periodici degli altri istituti CNR di Pisa, inizialmente interrogabili mediante Gopher/Wais e in seguito via Web.

L'implementazione di processi automatici ha prodotto anche diversi sistemi di gestione della produzione scientifica degli autori IEI, attività affidata alla biblioteca a partire dagli anni Novanta e, soprattutto, è stata spesso condivisa con le altre istituzioni del mondo accademico pisano.

Nel 1999 la biblioteca iniziò la fase di sperimentazione, comprensiva di test e valutazione, del sistema integrato di automazione bibliotecaria Libero, che portò alla sua successiva adozione nel corso del 2000, contestualmente al trasferimento degli istituti di Pisa nella sede comune dell'Area della Ricerca. Fu ancora la biblioteca dello IEI a introdurre l'uso del sistema negli altri istituti CNR, curando anche la formazione del personale.

Come ricordato in precedenza, nel 2002, la fusione dello IEI e del CNUCE ha dato origine all'attuale Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo" (ISTI). La biblioteca dello IEI è diventata la biblioteca dell'ISTI e, ancora oggi gestisce il servizio Biblioteca e Centro di documentazione scientifica dell'Area della Ricerca di Pisa.

Il Corso di specializzazione in Calcolo Automatico allo IEI

Le attività di formazione informatiche non furono certo un'esclusiva di Pisa e dei ricercatori del CSCE, prima e di IEI e CNUCE, poi. Tuttavia, l'offerta formativa di Pisa non si limitò alle tecniche di programmazione dell'elaboratore, insegnamento assai diffuso laddove si era proceduto o si stava procedendo all'acquisto di un elaboratore.

Negli anni 1955 e 1956, presso il Centro Studi delle Calcolatrici Elettroniche dell'Università di Pisa (passato al CNR nel 1962 e rinominato IEI nel 1968), vennero attivati cicli di lezioni e seminari sui temi dell'analisi numerica, sulla teoria della programmazione, sull'aritmetica, su logica e organizzazione degli elaboratori, sugli elementi di base dell'elettronica. Tali corsi ebbero una frequenza media di dieci persone, prevalentemente laureandi della Facoltà di Ingegneria. Una delle prime lezioni di cui si ha traccia fu tenuta da Caracciolo di Forino, presso le aule di Fisica il 21 gennaio del 1955, dal titolo: "Considerazioni generali sulle moderne calcolatrici elettroniche".

Durante l'anno accademico 1962-63 fu avviato il Corso di avviamento all'uso delle calcolatrici elettroniche, riservato ai laureati.

Lo stesso corso fu poi riconosciuto ufficialmente dall'Università di Pisa nell'anno accademico 1964-65 e denominato Corso di specializzazione in Calcolo Automatico; gli argomenti trattati furono: fondamenti di logica e di aritmetica con applicazioni ai calcolatori elettronici a cifre; struttura dei calcolatori elettronici ed elementi di codificazione; elementi di programmazione generale; linguaggi di programmazione particolari; analisi numerica.



Fig. 3 Il sistema IBM 7090 installato al CNUCE nel 1965.

Fig. 4 Sede del CNUCE a Pisa, in via Santa Maria 36, nel 1970.

La maggior parte dei docenti del corso era ovviamente di estrazione CSCE. Molti giovani laureati di quel periodo, specializzati al corso, divennero ricercatori ed entrarono a far parte del corpo docente dell'Università di Pisa e di altre università italiane.

Nell'anno accademico 1969-70 venne istituito a Pisa, presso la Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali, il corso di laurea, primo in Italia, in Scienze dell'informazione: esso rappresentò un riferimento per tutte le università che negli anni successivi attivarono simili insegnamenti.

Negli stessi anni, a livello nazionale, si inizia ad avvertire l'esigenza di istituire un'associazione nazionale che favorisca l'incontro e il confronto di quanti vedevano nel nuovo strumento sia la possibilità di calcolare in modo versatile e veloce ma anche quella di elaborare informazioni dei settori applicativi più disparati. Nasce l'AICA, Associazione Italiana per il Calcolo Automatico. A tal riguardo si consiglia di consultare il contributo "Il ruolo di AICA nella ricerca informatica" a cura di Paolo Ciancarini.

CNUCE

Anche la costituzione del Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico (CNUCE), datata 5 luglio 1965, rappresenta un altro significativo e importante passo per la crescita dell'informatica a Pisa e nel nostro Paese.

Il CNUCE trae le sue origini da un viaggio negli Stati Uniti che Alessandro Faedo, allora rettore dell'Università di Pisa, fece nel 1963 e durante il quale ebbe modo di incontrare Eugenio Fubini (figlio del famoso matematico Guido Fubini, che Faedo aveva conosciuto a Roma nel 1937) che rivestiva la carica di vicepresidente dell'IBM.

Mentre visitava lo stabilimento IBM di Poughkeepsie, dove veniva assemblato l'IBM 7090 (Fig. 3) – in quel tempo il più grande elaboratore elettronico della seconda generazione – Faedo rimase colpito dal fatto che fra i vari committenti di quel calcolatore vi erano diverse università statunitensi e quella di Tokyo, mentre non ve ne era neanche una europea.

Si rivolse quindi a Fubini, proponendogli di donare alcuni 7090, modello prossimo a divenire obsoleto a causa dell'arrivo sul mercato dei primi circuiti integrati, alle vecchie università europee. Qualche tempo dopo, proprio con l'intendimento suggerito da Faedo, la IBM decise di mettere a disposizione di tre università europee (una a Londra per l'antica tradizione che aveva, una nel nord Europa, scelta ricaduta successivamente su Copenaghen, e una nel sud Europa, scelta ricaduta poi sull'Italia) altrettanti 7090, allo scopo di incrementare lo sviluppo delle strutture di calcolo quale sussidio alle ricerche universitarie nei settori che maggiormente avrebbero beneficiato dell'elaborazione elettronica dei dati.

Negli anni precedenti, la realizzazione a Pisa della CEP (Calcolatrice Elettronica Pisana) e la conseguente nascita del CSCE (Centro Studi Calcolatrici Elettroniche, successivamente trasformato in IEI, Istituto di Elaborazione dell'Informazione) avevano concentrato a Pisa un insieme di competenze amministrative, tecniche e gestionali oltre che scientifiche, di primissimo ordine. Questo oltre, naturalmente, alla

tradizione scientifica dell'Università di Pisa formatasi e consolidatasi nei secoli e alla forte personalità e volontà di Alessandro Faedo, furono elementi determinanti per la scelta, da parte del Ministero della pubblica istruzione, del luogo in cui installare l'elaboratore che l'IBM, nel maggio del 1964, aveva messo a disposizione del governo italiano. Conseguentemente, quindi, si rese necessaria la costituzione di un Centro in grado di farsi carico di tutte le attività connesse all'operatività della macchina.

Fu con questo spirito che il 5 luglio 1965 fu firmata, tra IBM e Università di Pisa, una convenzione per la concessione in uso gratuito per cinque anni dell'elaboratore IBM 7090, dotato di ampie possibilità elaborative e delle necessarie apparecchiature collaterali. Tale elaboratore costituì in quel momento la naturale risposta alle esigenze man mano crescenti di elaborazioni elettroniche alle quali la CEP non poteva più far fronte, se non in minima parte. La convenzione tra IBM e Università segnò così la nascita del CNUCE, inaugurato dal Capo dello Stato Giuseppe Saragat il 13 novembre 1965 e con sede presso l'Università di Pisa, a pochi passi dalla famosa Torre, in via Santa Maria 36 (Fig. 4) e proprio di fronte al centro scientifico dell'IBM.

La gestione era affidata a un direttore coadiuvato da un comitato direttivo composto da un presidente (nella figura del direttore del centro, Alessandro Faedo), da un segretario (Guido Torrigiani, divenuto poi direttore nel 1973) e, in maniera paritetica, da rappresentanti dell'Università di Pisa e dell'IBM.

A questi furono aggiunti membri in rappresentanza delle altre università italiane; inoltre, il comitato poteva cooptare altri membri scelti tra docenti universitari ed esperti italiani e stranieri.

I direttori che nel tempo si sono susseguiti alla direzione del CNUCE sono stati:

- Alessandro Faedo (1965-1973)
- Guido Torrigiani (1973-1978)
- Luciano Guerriero (Commissario, 1978-1979)
- Gianfranco Capriz (1979-1983)
- Stefano Trumpy (1983-1996)
- Luca Simoncini (1996-2002)

Il Servizio di Elaborazione Dati del CNUCE

a cura di Riccardo Medves - CNUCE, ISTI

Come già detto, il primo calcolatore installato al CNUCE fu il sistema IBM 7090 al quale erano affiancati due elaboratori IBM 1401 di supporto per l'ingresso/uscita dei dati. L'IBM 7090 era allora un sistema di notevole potenza, studiato e realizzato per la soluzione di problemi scientifici e tecnici. Dal punto di vista tecnologico era una macchina di seconda generazione, utilizzava, infatti, 44mila transistor ed era costituita da un'unità centrale di elaborazione (Central Processing Unit, detta CPU), da una memoria a nuclei di ferrite della capacità di 32 768 parole di 36 bit ciascuna e da oltre 35 unità intermedie e periferiche, tra le quali 12 unità a nastro magnetico per l'immissione dei dati e l'uscita dei risultati.

Il ciclo base elaborativo del sistema era di 2,18 μ sec, il che significa che in un secondo potevano essere effettuate circa 229 000 semplici addizioni (o sottrazioni) che richiedevano 2 cicli ciascuna, prestazioni rilevanti per quei tempi. Il funzionamento del 7090 era basato su un sistema operativo (IBSYS, acronimo di IBm SYStem) che provvedeva a richiamare nella memoria centrale i programmi degli utenti per l'elaborazione; questo avveniva in maniera strettamente sequenziale: un programma non iniziava finché quello precedente non era completamente terminato.

Il primo dei due 1401 aveva il compito principale di provvedere al caricamento dei programmi, dalle schede perforate a un nastro magnetico che veniva montato sul 7090 per l'elaborazione e, alla fine di questa, stampare su carta i risultati contenuti su altri nastri magnetici prodotti sempre dal 7090.

Il secondo 1401 era più potente e aveva in dotazione anche un'innovativa unità a dischi magnetici intercambiabili IBM 1311 che lo rendeva particolarmente adatto per l'esecuzione di lavori indipendenti dal 7090 tra cui, principalmente, programmi di linguistica computazionale.

Negli anni tra il 1967 e il 1969, il parco macchine del CNUCE fu potenziato con altri due elaboratori di medio livello: un IBM 1800 e un IBM 1130.

Il sistema 1800 era fondamentalmente dedicato a esperimenti di analisi di dati clinici in tempo reale (la Clinica medica dell'Università di Pisa, era collegata dalla propria sede con un'unità telescrivente che permetteva di ricevere e trasmettere informazioni alfanumeriche) e al controllo della lettura di fotogrammi di eventi in camera a bolle (Istituto di Fisica dell'Università di Pisa). Il sistema, grazie alle caratteristiche di trasferimento dati in tempo reale tra unità di elaborazione e dispositivi esterni, era utilizzato anche dal settore musicologia del CNUCE nell'ambito delle proprie ricerche.

Il sistema IBM 1130 era un elaboratore di tipo scientifico di piccole dimensioni, adatto a essere usato in modo conversazionale (cioè con terminali scriventi collegati a distanza tramite linee telefoniche) e particolarmente idoneo a scopi didattici, disponendo di una vasta biblioteca di programmi come supporto per applicazioni tecnico-scientifiche. Era principalmente dedicato alle elaborazioni della Facoltà di Ingegneria della stessa università, collegato a distanza mediante una linea telefonica. Nel 1969, uno degli elaboratori IBM 1401 fu sostituito da un più potente sistema IBM 360/30 su cui operava il nuovo sistema operativo OS/360 che permetteva delle vere e proprie elaborazioni con vari linguaggi di programmazione (FORTRAN, PL/1, ecc.), caratteristica che rendeva questa macchina di gran lunga più potente e flessibile della precedente, per i gruppi di ricerca interni all'istituto.

Dal servizio di calcolo batch a quello interattivo (1971-1974)

Il moltiplicarsi delle richieste di elaborazione e i nuovi impegni che il CNUCE andava assumendo nei primi anni della sua attività, resero via via inadeguato il complesso di macchine in dotazione. Inoltre, la varietà delle attività di ricerca svolte presso il CNUCE, costituì la principale motivazione perché nel processo di crescita del

Servizio Elaborazione Dati venissero a prevalere esigenze di versatilità e interattività rispetto a quelle di pura potenza di calcolo, grazie a tecnologie innovative di gestione delle risorse quali: *times-sharing* (suddivisione del tempo), multiprogrammazione, memorie virtuali ecc.

Di tutte queste esigenze e innovazioni tecnologiche si tenne conto nel dicembre 1970 quando, in fase di rinnovo della convenzione tra IBM e Università di Pisa, fu deciso di affiancare al sistema IBM 7090 un nuovo e più potente elaboratore: il Sistema/360 Modello 67, sistema di terza generazione che faceva ampio uso di circuiti elettronici integrati SLT (Solid Logic Technology) al posto dei transistor.

Come nel caso del 7090 determinante fu, ancora una volta, la figura di Alessandro Faedo che intuì il mutamento dei tempi e si adoperò in prima persona a livello politico e amministrativo, ben coadiuvato da Guido Torrigiani, per l'ottenimento della nuova macchina.

L'arrivo del 360/67 avvenne attraverso una nuova convenzione stipulata il 23 dicembre 1970 e resa esecutiva dal 1° agosto 1971. Ciò portò anche a un sostanziale cambiamento della struttura organizzativa dell'istituto: la gestione delle macchine e dei sistemi operativi, fino ad allora in carico a personale misto CNUCE-IBM, fu progressivamente delegata al solo personale CNUCE. L'acquisizione di specifiche competenze da parte di personale CNUCE fu particolarmente rilevante in quanto l'elaboratore 360/67 sotto il controllo del supervisore CP/67 (Control Program/67, sviluppato al centro scientifico IBM di Cambridge, Massachusetts) era del tutto innovativo.

La tecnica fondamentale della macchina era la gestione di memorie virtuali; grazie a un dispositivo di cui le macchine erano dotate, il Dynamic Address Translation (DAT) che costituiva la fondamentale innovazione rispetto alle macchine precedenti, l'elaboratore era in grado di simulare la memoria centrale spostandola su unità ad accesso diretto ad alta capacità (dischi e tamburi magnetici) consentendo quindi l'utilizzo di dimensioni di memoria notevolmente maggiori di quelle reali.

Il sistema operativo CP/67, da parte sua, offriva una particolare tecnica di gestione, le macchine virtuali, grazie alle quali diversi utenti potevano utilizzare l'elaboratore contemporaneamente e indipendentemente l'uno dall'altro, eventualmente usufruendo addirittura di sistemi operativi diversi.

In particolare, il più usato dei sistemi operativi che l'utente utilizzava sulla propria macchina virtuale era il Cambridge Monitor System, in seguito rinominato Conversational Monitor System (CMS), che presentava notevoli caratteristiche di conversazionalità (interattività) e permetteva di colloquiare da un proprio terminale con il calcolatore inserendo i propri programmi, correggendoli, verificandone l'esecuzione passo passo – come se quel terminale fosse la consolle principale di un elaboratore di cui egli era operatore ed unico utente – un vero precursore dei personal computer.

Particolari tecniche di *time-sharing* consentivano agli utenti di collegarsi in contemporanea al calcolatore con una vasta gamma di terminali, da quelli telescriventi fino a quelli più intelligenti costituiti da veri e propri elaboratori. Tutti questi terminali potevano essere installati localmente con connessione diretta all'elaboratore, oppure essere disseminati geograficamente e collegati all'elaboratore tramite linee

telefoniche, incrementando e promuovendo l'elaborazione a distanza per le diverse università. Le caratteristiche dell'elaboratore fin qui descritte consentirono, tra l'altro, di fornire lo strumento più idoneo all'attività del corso di laurea in Scienze dell'informazione della Facoltà di Scienze dell'Università di Pisa istituito per iniziativa da Faedo nell'anno accademico 1969-70 (fu il primo corso di laurea del suo genere a essere attivato in Italia). Gli elaboratori del CNUCE furono in quel tempo utilizzati sia per fornire un supporto didattico agli studenti ed esercitatori del corso di laurea, sia ai docenti e ricercatori per lo svolgimento delle proprie attività di ricerca nei settori attinenti alle materie che facevano parte del corso stesso. Con l'assunzione di personale direttamente nell'organico del centro, oltre alla stabilizzazione della struttura che gestiva il Servizio Elaborazione Dati, fu possibile incrementare la struttura che operava più specificatamente in ambito progettuale (reparti di ricerca).

Gli elaboratori installati al CNUCE (1975-2000)

Gli anni dal 1975 al 2000 videro il CNUCE proseguire nella sua scelta strategica di puntare ancora sulla flessibilità delle macchine (interattività e macchine virtuali) piuttosto che su potenze elaborative estreme.

Nel 1975 l'elaboratore IBM 360/67 (con sistema operativo CP/67) venne sostituito dall'IBM 370/168 (sistema operativo VM/370) che manteneva, migliorandole, le caratteristiche precedenti (macchine virtuali CMS ecc.).

Nel 1981 venne disinstallato il sistema 370/158 (sistema OS/VS2) e il sistema *batch* fu trasferito sul 370/168 (sistema OS/MVS *Multiple Virtual Storage*). Da questo elaboratore il sistema interattivo VM/370, cambiato in VM/SP, fu migrato su un nuovo elaboratore IBM 3033-N.

Nel 1984 i due sistemi (divenuti VM/HPO e MVS/SP) andarono a convivere su un unico elaboratore 3081-D (modificato l'anno successivo in 3081-K) mentre le macchine precedenti vennero dismesse.

Nel 1987 fu installato il nuovo elaboratore IBM 3090/180E-VF (con *vector feature*, ovvero particolari circuiti e accorgimenti per trattare e velocizzare le operazioni con vettori e matrici).

Nel 1991 nuova unione dei due sistemi operativi *batch* e interattivo su un'unica macchina IBM 9121/440.

Agli inizi degli anni Novanta il CNUCE sottopose agli organi direttivi del CNR uno studio di fattibilità per acquisire un'architettura a parallelismo massiccio da installare al CNUCE, in quanto istituto ospitante sia del polo erogatore primario del sistema dei centri di elaborazione del CNR, sia dell'"Iniziativa di supporto al calcolo parallelo" del CNR.

Il supercalcolatore parallelo nCUBE 2, prodotto dalla nCube Corporation di Beaverton, Oregon (USA), fu acquistato dal CNR nel gennaio del 1991 e dato in dotazione al Gruppo di calcolo parallelo del CNUCE (responsabile Domenico Laforenza). L'elaboratore fu sempre disponibile in rete per i ricercatori abilitati al suo utilizzo, principalmente matematici, chimici e ingegneri. Fu dismesso alla fine del 1998.

Fine del Servizio Elaborazione Dati del CNUCE

Installare e mantenere in proprio complesse apparecchiature di calcolo risultava molto oneroso considerando gli elevati costi necessari per acquisirle, la difficoltà di individuare locali idonei a contenerle, la complessità dei sistemi di condizionamento, gli elevati consumi di energia e la necessità di assumere personale dedicato e specializzato. Per queste ragioni i servizi di elaborazione dati dell'epoca erano relativamente pochi, gestiti da solide organizzazioni in grado di sopperire a queste esigenze.

Occorre tenere presente, però, che a partire dall'inizio degli anni Ottanta, lo straordinario sviluppo tecnologico derivante anche dalla miniaturizzazione portò alla creazione e alla diffusione dei personal computer e dei minicomputer, macchine di dimensioni più ridotte, di costo sempre minore e di più facile utilizzo. L'utenza del CNUCE cominciò a orientarsi verso questi nuovi elaboratori anche se nello stesso tempo, cresceva l'importanza dei supercalcolatori (vere e proprie Ferrari del calcolo) che allora come oggi si rendevano indispensabili per elaborazioni di particolare complessità quali, ad esempio, simulazioni di grandi dimensioni.

Queste macchine di significativa potenza di elaborazione (dotate di unità multiprocessore, memorie e periferiche sempre più veloci, sofisticati compilatori e tecniche di programmazione sempre più raffinate quali vettorializzazione, parallelismo, ecc.) restavano a esclusivo appannaggio di grossi centri di calcolo.

Il passaggio del personale CNUCE dall'Università di Pisa al CNR, avvenuto nel 1974, costituì un altro fattore che portò lentamente a cambiamenti nella tipologia delle attività svolte fino a quel momento dall'istituto.

Infatti, la collocazione del CNUCE all'interno di un ente la cui finalità primaria era quella dell'avanzamento delle conoscenze, grazie alla ricerca scientifica, contribuì nel tempo a diminuire l'interesse di parte del personale dell'istituto verso una pura erogazione di calcolo e portò all'abbandono, alla fine degli anni Novanta, della iniziale vocazione a gestire grossi elaboratori. Vennero così privilegiate attività più specifiche di ricerca e di trasferimento tecnologico, alcune delle quali vengono presentate di seguito.

CNUCE: tematiche di ricerca e sviluppo

Al CNUCE si andarono progressivamente sviluppando alcune tematiche di ricerca, in particolare, su reti di calcolatori, architetture dei sistemi di elaborazione, sistemi informativi, dinamica del volo spaziale, meccanica dei materiali e delle strutture.

Le attività relative alla dinamica del volo dei satelliti e lo sviluppo di software orientato alla gestione di missioni spaziali furono avviate dopo il lancio del satellite italiano SIRIO (26 agosto 1977) in stretta collaborazione con l'Agenzia spaziale italiana (ASI) e quella europea (ESA).

È anche in questo contesto che furono utilizzati e sviluppati programmi per le previsioni di caduta di oggetti spaziali particolarmente pericolosi (es. satelliti e altri detriti in orbita) al servizio della Protezione Civile italiana.

Per ragioni di spazio vengono di seguito approfonditi solo alcuni dei settori di frontiera avviati nel CNUCE e, in particolare, Linguistica computazionale, Informatica musicale, Reti di calcolatori, Computer graphics e Calcolo vettoriale e parallelo. Per ciascuno di essi seguono i contributi da parte di alcuni ricercatori che direttamente parteciparono al loro sviluppo.

Dalla Divisione Linguistica del CNUCE all'ILC

a cura di Andrea Bozzi - CNUCE, ILC

Nell'ambito del CNUCE nel 1967 è stato creato, per iniziativa di Antonio Zampolli (Fig. 5), un gruppo di ricerca per la Linguistica computazionale, il quale nel 1978 andrà a costituire il Laboratorio di Linguistica computazionale in seno al CNR per poi divenire, due anni dopo, nel 1980, l'Istituto di Linguistica Computazionale del CNR (ILC).

Quando l'ILC fu fondato come struttura scientifica del CNR aveva alle spalle un lungo periodo di gestazione nella forma di Sezione Linguistica del CNUCE prima e di Divisione di Linguistica computazionale – sempre all'interno del CNUCE – in un momento successivo.

In effetti, il tema delle applicazioni ai fenomeni della lingua (italiana, in particolare) mediante l'utilizzo di programmi di elaborazione elettronica vantava già una storia ultradecennale. Nell'immediato dopoguerra, infatti, i calcolatori elettronici dell'epoca avevano già consentito di realizzare con successo operazioni di spoglio dei testi, di creazione di indici lessicali e liste di frequenza delle parole in un testo o perfino in una collezione di testi.

L'esempio più significativo è offerto dal lavoro sul *Corpus Tomistico*, progettato ed eseguito da Padre Roberto Busa fin dal 1949 al fine di stabilire, mediante indagini statistiche sviluppate *ad hoc*, quali trattati attribuiti a San Tommaso d'Aquino fossero effettivamente opera sua.

Inoltre, si svilupparono i primi programmi per produrre delle concordanze ove ciascun termine ricorre, operazione indispensabile per valutarne i significati e gli usi specifici, in particolare quelli con valore teologico.

Quest'esperienza, alla quale Antonio Zampolli aveva direttamente collaborato, contribuì a introdurre nella neonata Divisione linguistica del CNUCE attività strettamente collegate a quella pionieristica iniziale.

Il flusso logico delle operazioni, i programmi realizzati e i risultati molto positivi che furono raggiunti favorirono la partecipazione a progetti di interesse nazionale, come quello avviato in collaborazione con la Camera dei deputati per la memorizzazione e lo studio lessicalmente orientato delle leggi italiane e quello, molto significativo, condotto con l'Accademia della Crusca, per la realizzazione del vocabolario storico della lingua italiana, utilizzando le tecniche di spoglio ormai consolidate presso la Divisione linguistica a Pisa.

Le collaborazioni nazionali e internazionali ebbero uno sviluppo eccezionale al punto che molte istituzioni di ricerca europee ed extraeuropee decisero di seguire

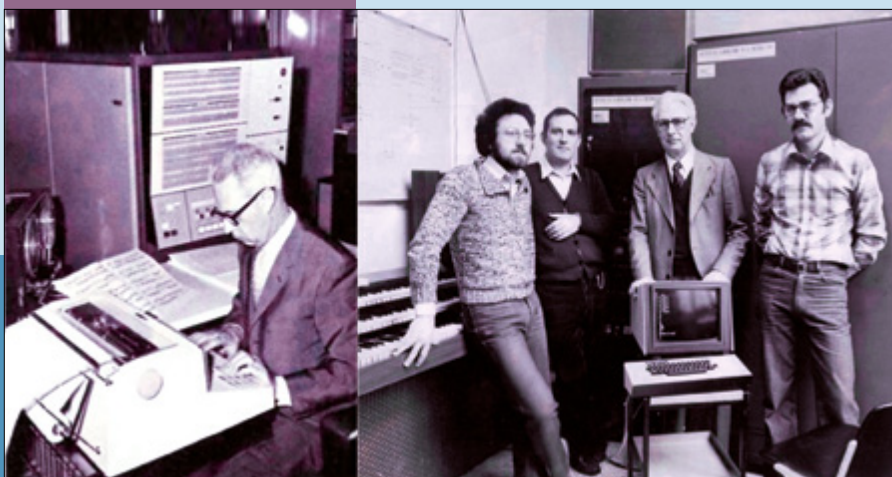


Fig. 5 Antonio Zampolli.

Fig. 6 Pietro Grossi e suoi collaboratori:
Leonello Tarabella, Massimo Chimenti, Graziano Bertini.

tale illustre precedente e porre nuove basi per la realizzazione di vocabolari storici utilizzando tecniche di elaborazione elettronica di dati testuali seguendo le iniziative del gruppo pisano.

A questa diffusione contribuì in modo significativo *Linguistica Matematica e Calcolatori. Convegno e Prima Scuola Estiva Internazionale*, organizzato da Antonio Zampolli nell'agosto del 1970, con la diretta partecipazione, fra altri, dell'Università di Pisa e del CNUCE (Alessandro Faedo, rettore della prima e direttore del secondo), del Centro scientifico IBM di Pisa (direttore Renato Marconi), dell'Accademia della Crusca (accademico e segretario Carlo Alberto Mastrelli) e di altre università e istituti CNR, nonché dell'International Committee on Computational Linguistics di Grenoble (Bernard Vauquois).

La collaborazione internazionale e l'interessamento dell'Europa a temi inerenti alla traduzione assistita da calcolatore aprirono ulteriori settori di interesse che furono sostenuti da consistenti fonti di finanziamento comunitarie.

I progetti di traduzione, indipendentemente dai risultati effettivi non sempre soddisfacenti o commisurati alle risorse impiegate ebbero, tuttavia, il grande merito di avere contribuito allo sviluppo eccezionale di molti altri settori della ricerca linguistica computazionale che erano strettamente connessi alle analisi di carattere morfologico, sintattico e semantico.

Le molteplici attività e le importanti relazioni che Zampolli ebbe la capacità di instaurare coincisero temporalmente con il neonato desiderio dei settori delle scienze umane di sfruttare quel momento di straordinaria spinta all'innovazione tecnologica; l'incontro delle due forze generò immediatamente degli effetti positivi.

Una commissione per la ristrutturazione del CNUCE (la Commissione Biorci dal nome di Giuseppe Biorci che la presiedeva) aveva sottolineato esplicitamente la validità e le competenze scientifiche del gruppo operante nel settore della Linguistica computazionale e formulò l'ipotesi di scorporare questa squadra dal CNUCE per far nascere un Laboratorio di Linguistica computazionale autonomo del CNR. Tale proposta fu ulteriormente ribadita come indispensabile in un'ulteriore seduta della commissione, in data 26 settembre dello stesso 1977.

Da questo momento, il laboratorio – che due anni dopo (1980) fu costituito in istituto – iniziò un lungo percorso di grande sviluppo, mantenendo vive le collaborazioni internazionali che ebbero il vantaggio di diversificare i temi di ricerca originari.

L'ILC, tra l'altro, ha presentato sempre proposte molto innovative nell'ambito dei programmi di ricerca e sviluppo della Commissione Europea, talvolta perfino orientandone le prospettive. Se oggi, infatti, si parla di *linguistic resource*, *digital humanity* e di *research infrastructure* per le scienze umane e sociali, di *semantic web* e, per certi versi, di artificial intelligence, possiamo affermare che un contributo significativo proviene anche dall'Istituto di Linguistica Computazionale del CNR che ho avuto l'onore di dirigere dal 2008 al 2013. Durante il mio mandato e con la sincera e faticosa collaborazione degli uffici centrali dell'ente, l'Istituto è stato intitolato al suo geniale fondatore, Antonio Zampolli. In questo mondo ero entrato come borsista del suo gruppo nel lontano 1973, un anno dopo essermi laureato a Pisa in glottologia col professor Tristano Bolelli.

Pietro Grossi, pioniere dell'Informatica Musicale a Pisa

a cura di Leonello Tarabella - CNUCE, ISTI

In una sera di primavera del 1970, davanti a un'oceania platea che occupava una delle due grandi aule del biennio di Ingegneria dell'Università di Pisa, il Maestro Pietro Grossi raccontava dell'esistenza di una nuova disciplina artistico/tecnologica attraverso l'ascolto guidato di significativi e suggestivi esempi registrati su nastro magnetico relativi a sonorità musicali generate mediante l'uso di un calcolatore.

Si trattava della presentazione ufficiale al mondo accademico pisano della computer music, ultima frontiera della storia della musica, sul doppio binario dell'evoluzione degli strumenti musicali e dei linguaggi espressivi.

Tra le arti, la musica è infatti quella che maggiormente vede legata la sua storia alla storia del pensiero scientifico e della tecnologia: la musica, soprattutto, si fa con gli strumenti musicali che, proprio perché arnesi meccanici, nelle loro fattezze, nei principi funzionali e nelle modalità d'uso sono il risultato del complesso di conoscenze del periodo storico che li ha generati.

La storia della musica è anche la storia degli strumenti musicali.

La musica elettro-acustica nasce con l'elettronica stessa nel momento in cui ci si accorge che i dispositivi elettronici (altoparlante, circuiti oscillanti, filtri ecc.) nati allo scopo di riprodurre a distanza e nel tempo voce e musica, potevano essi stessi essere usati come generatori di originali sonorità.

Grossi, docente di violoncello al Conservatorio di Firenze e primo violoncello dell'Orchestra del Maggio Fiorentino, aveva interessi sul nuovo fronte della musica elettronica. Negli anni Sessanta aveva istituito, all'interno del Conservatorio, un corso su questa nuova disciplina creativa, progettando e allestendo di fatto uno studio di produzione di musica elettronica.

Erano gli anni in cui presso i Laboratori Bell di Murray Hill, New Jersey, venivano svolte attività di ricerca rivolte all'applicazione di metodologie e tecnologie digitali al settore della telefonia pubblica per soddisfare la domanda di un'utenza in crescita numerica vertiginosa che i tradizionali sistemi di commutazione elettro-meccanica a rotore non erano più in grado di supportare. Come *side-effect*, il trattamento del suono vocale in formato digitale suggerì l'idea di riprodurre le funzionalità di un sintetizzatore musicale analogico per mezzo di procedure scritte in un linguaggio di programmazione.

Tuttavia, le potenze di calcolo dei computer degli anni Sessanta erano troppo basse per produrre suoni complessi in tempo reale, per cui si adottava la prassi del tempo differito.

Il segnale complesso e completo relativo a un brano musicale veniva generato in una quantità di tempo molto superiore alla durata effettiva del brano stesso, accumulando su una memoria di massa (tipicamente nastri magnetici) i singoli campioni via via calcolati che in un secondo momento venivano rilette alla giusta frequenza di campionamento e senza interruzioni generando segnale audio attraverso la conversione in analogico.

Grossi, durante un anno sabbatico speso all'università di Bloomington, apprese questa nuova tecnologia per la generazione di musica elettronica e tornato in Italia, si

presentò a Guido Torrigiani, direttore di fatto del neonato Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico, chiedendo ospitalità per eseguire ricerche sulla musica con l'uso del computer.

Guido Torrigiani, personalità scientifica di rilievo e di grande cultura anche musicale e umanistica, accettò con grande entusiasmo la proposta di Grossi, mettendo a disposizione tecnici e operatori della sala macchine del centro di calcolo.

Grossi apprese da subito l'arte della programmazione sfornando letteralmente pagine e pagine di tabulati di codice in linguaggio FORTRAN che si andavano via via configurando in veri e propri linguaggi musicali di composizione e di esecuzione musicale: il PLAY1800, operante su calcolatore IBM1800 che si avvaleva del calcolatore di processo System-7.

Tuttavia, fin dalle prime esperienze nell'uso del calcolatore, volle fare una scelta diversa da quella appresa e in uso negli Stati Uniti.

Rinunciando, inevitabilmente, alla complessità timbrica possibile con il tempo differito, rivolse l'interesse verso quella che viene definita la "composizione algoritmica" sostituendo alla figura tradizionale del compositore quella di compositore di algoritmi che producevano musica. Con la programmazione si potevano ora generare sequenze di eventi sonori che avevano tra loro relazioni aritmetiche e geometriche del tutto nuove e del tutto impossibili da eseguire con lo strumentario musicale della tradizione.

Ogni algoritmo generativo era una sorta di caleidoscopio musicale che produceva tessiture melodiche e ritmiche completamente avulse da ogni riferimento melodico, armonico e ritmico della musica della tradizione. Una nuova avanguardia! Un vero balzo in avanti nell'evoluzione della musica che ben si collocava nei canoni della recente arte concettuale del settore delle arti visive dove:

Si rifiuta di identificare il lavoro dell'artista con la produzione di un qualsiasi oggetto di più o meno rilevante qualità estetica e ritiene che l'essenza dell'arte sia invece nell'idea, nel concetto che precede e conforma l'opera.

Grossi era solito dire: "voglio sentire musica un attimo dopo avere premuto il tasto RETURN!" e poco importava quale fosse la qualità timbrica del risultato sonoro.

Il linguaggio PLAY1800, sviluppato per il sistema IBM1800, generava suono attraverso il Sistema7, per il quale era possibile definire una forma d'onda letta con passo di scansione variabile e proporzionale alla frequenza voluta, con il risultato elementare di una sola voce con timbrica a spettro statico. Il sistema IBM1800 venne poi trasferito all'INFN di San Piero a Grado (Pisa) e per Grossi cominciò (erano i primi anni Settanta) una nuova fase di progettualità da affrontare sul sistema IBM360/30 e poi sui mainframe IBM360/67 e IBM370/168.

Tutte le funzionalità del PLAY1800 furono recuperate (proprio perché scritte in FORTRAN) ed estese per realizzare il Digital Computer Music Program (DCMP) operante sulle architetture IBM 360-370. Gli autori della tradizione presi in considerazione furono principalmente Johann Sebastian Bach e Domenico Scarlatti e le esecuzioni di quelle musiche generate con il DCMP furono il materiale per realizzare un disco di vinile LP prodotto dallo stesso Istituto CNUCE.

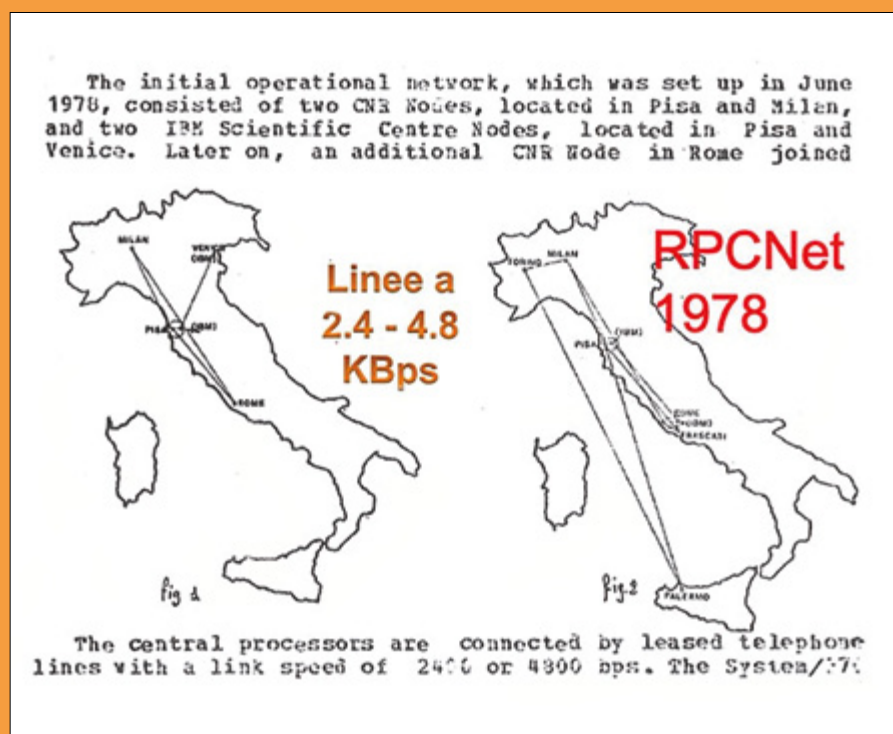
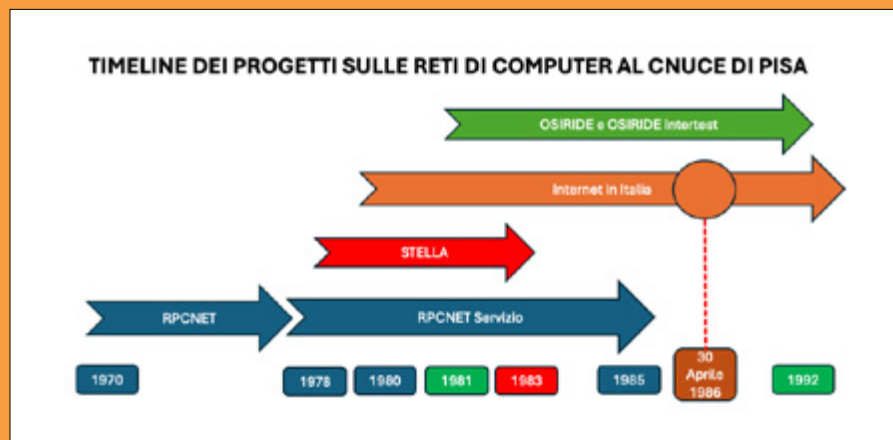


Fig. 7 Timeline dei progetti di Reti di Calcolatori al CNUCE.

Fig. 8 La rete RPCNET.

Tempo reale e automazione dei processi creativi erano dunque i due pilastri su cui si fondava la filosofia operativa della computer music (informatica musicale) di Pietro Grossi: *Sound Life*, *Unending music* erano i titoli di quelle composizioni di cui Grossi era il meta-compositore. Con le registrazioni di quelle musiche su disco e su nastro magnetico e a volte anche dal vivo in collegamento remoto con il CNUCE, Pietro Grossi tenne molte conferenze e dimostrazioni; non mancarono citazioni e articoli sulle pagine culturali dei maggiori quotidiani nazionali e in trasmissioni radiofoniche e televisive. Insomma, grandi risultati personali e occasioni di grande visibilità per lo stesso CNUCE che nel frattempo era diventato un istituto del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Risultati che portarono presto al coinvolgimento dell'altro centro di ricerca, l'Istituto di Elaborazione dell'Informazione (IEI), nelle figure di Gianfranco Capriz e Franco Denoth i quali si occuparono della progettazione e la realizzazione di un sintetizzatore di suoni che fosse in grado di generare, finalmente, più voci simultanee con timbrica definibile: il Terminale Audio TAU2.

Come è stato spiegato in precedenza, l'Istituto di Elaborazione dell'Informazione era diventato istituto del CNR come evoluzione del precedente CSCE che aveva dato vita, negli anni Cinquanta, alla CEP.

Nell'Istituto erano presenti tutte le competenze e i laboratori per poter progettare e realizzare apparati elettronici in virtù della reale struttura costituita da fisici, matematici, ingegneri, programmatori e montatori che erano in grado di progettare l'elettronica analogica e digitale necessaria.

A Franco Denoth fu affidata la responsabilità del progetto e della realizzazione pratica con un gruppo di lavoro formato da Graziano Bertini, Massimo Chimenti e Luigi Dall'Antonia. L'attività che portò alla realizzazione del TAU2 si svolse tra il 1970 e 1975.

Dopo una prima realizzazione di quello che veniva chiamato Terminale Audio – come voleva la terminologia dell'epoca, per cui ogni periferica di calcolatore era un terminale – venne realizzato il TAU2, un'apparecchiatura ibrida ossia digitale nel controllo e nella comunicazione con il mainframe IBM370/168 e analogica nella sintesi audio. Per la gestione del TAU2 si procedette alla stesura di un nuovo software di gestione che prendeva le mosse dal già collaudato DCMP e che veniva ora ampliato per il trattamento di brani musicali polifonici: il TAUMUS.

La presenza del TAU2 significò anche l'intensificarsi dell'attività divulgativa, attraverso seminari e dimostrazioni remote, già iniziata negli anni precedenti con il linguaggio DCMP. Questo richiese un considerevole impegno per l'ampliamento del linguaggio di gestione TAUMUS in termini di funzionalità per l'automazione dei processi creativi.

A ciò, tutti partecipammo in forze, soprattutto per l'arricchimento dell'archivio di brani di autori classici: Niccolò Paganini (*24 Capricci*), Igor Stravinsky (*Sagra della Primavera*), Georg Friedrich Händel (*Water Music*), Johann Sebastian Bach (*Il clavicembalo ben temperato*, *L'arte della fuga*, *Offerta musicale* ecc.), Scott Joplin e altri, utilizzati per l'edizione di molti dischi LP a cura del CNUCE.

Per una decina d'anni a cavallo fra gli anni Settanta e Ottanta, furono molte le oc-

casioni di dimostrazioni remote durante eventi culturali, congressi o rassegne di arte contemporanea, in conservatori italiani e anche all'estero.

Per le realizzazioni di questi interventi veniva sempre coinvolta la SIP per l'installazione di una linea telefonica dedicata per quello che riguardava il collegamento del terminale TTY con il sistema IBM370 e la RAI per quello che riguardava il segnale audio tramite un ponte radio che tecnici della RAI approntavano posizionando un'antenna parabolica nel cortile dello IEI puntata sui ripetitori del Monte Serra e una seconda antenna parabolica nei pressi del luogo della manifestazione puntata sul più vicino ripetitore Radio-TV della RAI stessa.

Un altro esperimento ufficiale del servizio che Grossi definiva "telematica musicale" fu effettuato nel giugno 1985 durante la manifestazione *La luce a Venezia* dove la stazione remota locale – che io stesso realizzai – nel luogo dell'evento era costituita da un Commodore64 usato sia come terminale TTY remoto del sistema IBM370 (dove era attivo il TAUMUS), sia come esecutore sonoro utilizzando il sintetizzatore SID interno al Commodore stesso.

Quelle esperienze e l'osservazione attenta di quello che stava maturando anche all'interno dell'attività di ricerca del CNUCE sulle reti di dati, facevano dire a Grossi con lucida lungimiranza che: "un giorno la musica transiterà sulle reti e sarà possibile scambiarsi e scaricare musica da grosse banche dati", quello che, in effetti, è poi accaduto con la musica on-demand e il cloud.

Alla fine degli anni Ottanta il TAU2, che fino ad allora era stato mantenuto in perfetta efficienza da Graziano Bertini, fu dismesso dal servizio e "museizzato" dapprima al Conservatorio di Firenze e poi, definitivamente, presso il Museo degli Strumenti di Calcolo nell'Area dei Vecchi Macelli a Pisa.

Con la comparsa sulla scena dei personal computer, il Maestro Pietro Grossi iniziò una nuova avventura creativa rivolta, questa volta, alla grafica riversando su questo nuovo fronte artistico tutte quelle competenze e tutta l'esperienza maturata negli anni nello sviluppo di programmi di meta-composizione algoritmica verso quella che egli definì la "Homeart".

Ho potuto scrivere queste pagine sulla figura e sull'avventura creativa di Pietro Grossi avendo vissuto in prima persona ogni sua fase a partire dal 1970 partecipandovi in maniera diretta e operativa.

Grazie all'originale e coraggiosa iniziativa di Pietro Grossi in quei pionieristici momenti, ho potuto in seguito sviluppare, come attività di ricerca all'interno del CNUCE e dell'ISTI, nuove tematiche dell'informatica musicale che l'evoluzione della tecnologia via via consentiva e stimolava a perseguire, ma questa è un'altra storia.

Reti di calcolatori al CNUCE

Tutto cominciò nei primi anni Settanta quando il CNUCE avviò una collaborazione con il Centro Scientifico IBM di Pisa, situato in via Santa Maria, proprio di fronte alla sua sede. Grazie a questa collaborazione, quattro ricercatori pisani, due

del CNUCE (Luciano Lenzini e Renato Matteucci) e due del Centro scientifico IBM di Pisa (Paolo Franchi e Alessandro Fusi) si trasferirono, dal 1973 al 1974, al Centro Scientifico IBM di Cambridge, Massachusetts (USA), per approfondire le conoscenze sul computer networking.

Come si vedrà più avanti, da questa esperienza nacque il progetto REEL (REte di ELaboratori), portato avanti, congiuntamente con altri enti, dal settore del CNUCE facente capo a Luciano Lenzini (all'epoca ricercatore del CNUCE e successivamente professore presso il Dipartimento di Ingegneria dell'informazione dell'Università di Pisa) e dal quale nacque la Reel Project Computer Network, meglio nota come RPC-NET (Fig. 8).

In questo contesto è doveroso ricordare l'importante ruolo svolto dalla Commissione generale per l'informatica (CGI) del CNR, nata nel 1978 per coordinare gli interventi infrastrutturali del CNR nel campo dei calcolatori. La CGI, composta dai direttori dei principali centri calcolo del CNR e di altri enti convenzionati, fu guidata per circa dieci anni da Giuseppe Biorci, figura di spicco tra gli illuminati manager della ricerca in Italia nonché per il suo ruolo di mentore della creazione e sviluppo delle reti di calcolatori per la ricerca.

La CGI terminò il suo mandato nel 1988 a seguito dell'istituzione nel CNR del Comitato Informatica.

Di seguito, un interessante e puntuale contributo (datato 2013) che racconta in dettaglio cosa accadde a partire da quegli anni sino al momento dell'entrata dell'Italia in Internet.

Reti di calcolatori

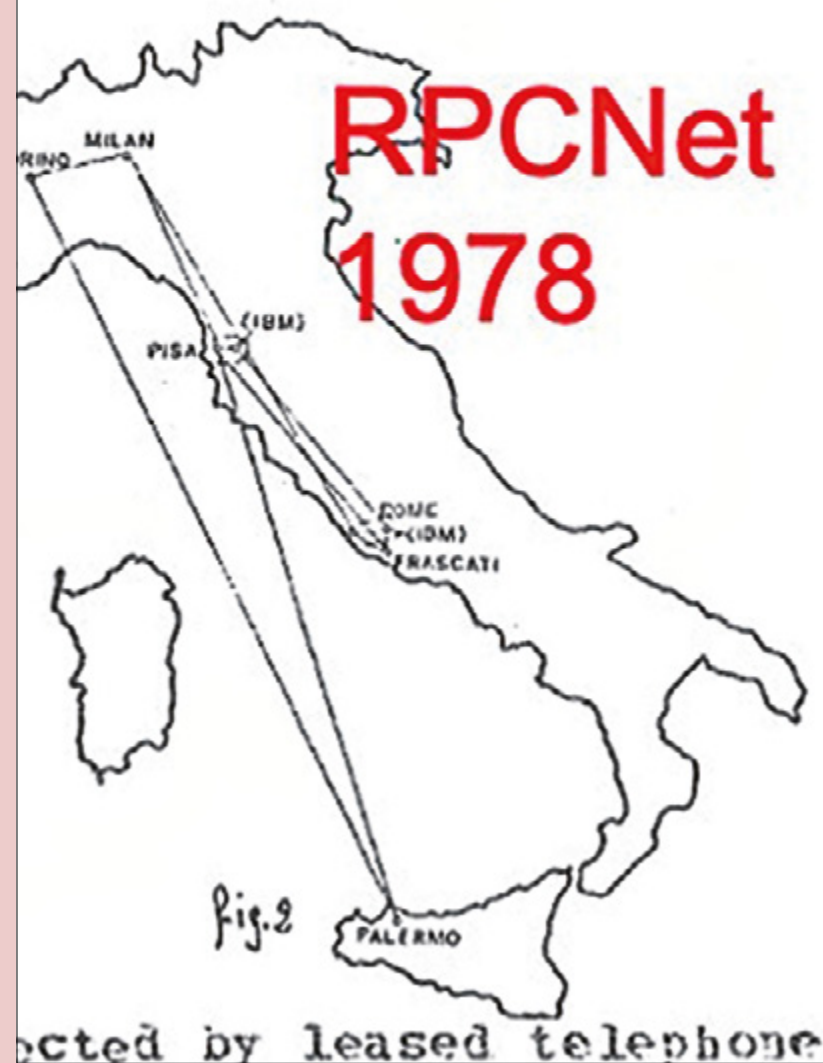
a cura di Marco Sommani - CNUCE, IAT, IIT

Dai primi anni Settanta, al CNUCE (Fig.7) vengono avviati studi nel campo delle reti di calcolatori che via via diventano sempre più rilevanti così come significative sono le interazioni con gli Stati Uniti, che nel 1986 portano il CNUCE a ospitare il primo nodo Internet italiano (cnuce-gw.arpa, con indirizzi IP 4.0.0.39 sul collegamento satellitare e 192.12.192.1 sulla rete interna del CNUCE) e nel 1987 a ottenere direttamente da sri-nic.arpa [<https://www.sri.com/>] la gestione del registro del dominio Internet ".it".

La storia dell'impegno degli istituti informatici di Pisa nelle reti può essere fatta risalire al quadriennio 1974-77. Già in precedenza, a Pisa, c'era chi faceva studi teorici o realizzazioni pratiche nel campo della trasmissione dati, ma quello fu il quadriennio del progetto REte di ELaboratori (REEL Project), dal quale nacque la Reel Project Computer Network, meglio nota come RPCNET (Fig. 8).

Com'era avvenuto negli ultimi anni Cinquanta per la Calcolatrice Elettronica Pisana (CEP), anche questa volta si puntava alla progettazione e alla realizzazione di un prototipo non solo a scopo dimostrativo, ma anche con l'intento di mettere a disposizione della comunità scientifica un nuovo strumento. Così come al progetto CEP aveva partecipato l'Olivetti, il progetto REEL fu portato avanti dal CNUCE in cooperazione con il Centro Scientifico IBM di Pisa.

which was set up in June
located in Pisa and Milan,
es, located in Pisa and
CNR Node in Rome joined



Anche altri partecipanti diedero un contributo, seppur ridotto: l'Università Statale di Torino, il Centro Scientifico IBM di Venezia, il Centro Studi e Applicazioni in Tecnologie Avanzate (CSATA) di Bari. Il loro contributo fu particolarmente intenso durante la sperimentazione finale, eseguita su una rete che comprendeva gli elaboratori di ciascuno dei gruppi partecipanti.

Sul piano architetturale, RPCNET non aveva niente da invidiare alle altre soluzioni che erano in via di sviluppo nello stesso periodo, come la rete ARPA, SNA (della IBM), DECNET (della Digital Equipment Corporation).

Era una rete a commutazione di pacchetto, che adottava un modello a più livelli, analogo all'OSI. A livello applicativo c'erano il login remoto, l'invio di file o messaggi di posta, una specie di chat e un network file system un po' rudimentale. C'era, inoltre, una libreria di API, con cui chiunque avrebbe potuto sviluppare nuove applicazioni. Alla IBM va riconosciuto il merito di aver lasciato piena libertà ai suoi dipendenti che partecipavano al progetto.

Il prodotto finale, anche se per alcuni aspetti si ispirava a concetti di SNA, se ne differenziava radicalmente, rigettandone in blocco gli aspetti gerarchici. Se la SNA dei primi tempi era un'architettura pensata per permettere a un vasto parco di terminali di comunicare con l'elaboratore centrale, RPCNET era una rete di elaboratori priva di distinzioni gerarchiche, che accoglieva, da questo punto di vista, le idee di ARPA e DECNET.

Adirittura, RPCNET usava un protocollo di routing dinamico, simile al RIP, adottando una soluzione opposta a quella dei percorsi predefiniti di SNA.

Pur trattandosi di un prototipo, dal 1978 al 1985 RPCNET fu la soluzione utilizzata nel CNR per mettere in rete i suoi centri elaboratori di Torino, Milano, Pisa, Firenze, Roma e Frascati.

Furono inserite in rete anche due sedi extra-CNR: il laboratorio INFN di San Piero a Grado e il CED dell'Università di Palermo. Fra tanti pregi, RPCNET aveva anche dei difetti principalmente dovuti all'esiguità delle forze del gruppo che l'aveva realizzata. L'unica implementazione veramente funzionante fu quella per il sistema operativo VM; quindi, il CNR poté adottarla solo nei centri di calcolo che usavano quel sistema.

Per mettere un VM in RPCNET erano necessarie pesanti modifiche al sistema operativo e a ogni nuova versione del sistema era necessario riscrivere varie parti del codice RPCNET. Al momento non esistevano soluzioni di network management e in caso di inconvenienti, gli unici strumenti disponibili erano quelli per il *debug* forniti dal sistema operativo stesso.

Per risvegliare le trasmissioni bloccate, talvolta era necessario modificare direttamente il valore di alcuni bit in memoria, rischiando, in caso di errori di digitazione, di far saltare l'intero sistema.

Queste operazioni di "alta chirurgia" erano compiute dal gruppo pisano ma, quando dovevano essere eseguite su un sistema remoto momentaneamente irraggiungibile, erano necessarie lunghe interazioni telefoniche con i colleghi delle altre sedi.

Dall'esperienza di RPCNET discendono i gruppi pisani che svolgono ricerche sulle reti e quelli tuttora impegnati nella progettazione e nella gestione delle reti della ricerca. All'interno del CNR pisano, appartengono alla prima categoria i gruppi Ubi-

quitous Internet dello IIT e, nell'ISTI, quelli dell'area tematica Networking Science and Technology.

Altri protagonisti o eredi dell'esperienza di RPCNET sono nel Dipartimento di Ingegneria dell'informazione, Elettronica, Informatica, Telecomunicazioni dell'Università di Pisa.

La presenza di persone che avevano partecipato al RPCNET fu anche una delle ragioni che convinsero la società Tecsiel SpA ad aprire la sua sede più grande proprio a Pisa nella metà degli anni Ottanta. Analogamente, all'esperienza gestionale di RPCNET va fatto risalire il ruolo che il CNR di Pisa ha successivamente avuto nello sviluppo delle reti di università e ricerca in Italia. La stessa presenza del Registro.it all'interno dello IIT è una conseguenza indiretta di quelle antiche vicende.

La gestazione di Internet

Dunque, all'inizio degli anni Ottanta nel CNUCE si erano consolidati due gruppi: quello di chi studiava le reti (i ricercatori) e quello di chi cercava di farle funzionare (i gestori). I primi concentrarono i loro studi sulle due principali architetture di rete non proprietarie: l'OSI, promosso da ISO e ITU e il TCP/IP, promosso dalla Defence Advanced Projects Research Agency (DARPA).

Anche al CNUCE, come del resto in tutto il resto del mondo (compresi gli Stati Uniti), tutti erano convinti che le reti del futuro si sarebbero basate sull'OSI e che il TCP/IP fosse, al più, un simpatico esercizio. Grazie alla sua tradizione di pragmatismo, però, il CNUCE ebbe il buon senso di non unirsi al coro europeo dei demonizzatori del TCP/IP, ma di sfruttarlo laddove poteva essere utile.

Per esempio, il TCP/IP fu usato nel progetto Stella, che all'inizio degli anni Ottanta mise a punto una soluzione per trasferire grandi quantità di dati via satellite fra il CERN di Ginevra e il laboratorio INFN di San Piero a Grado (PI). Assai più importante, dal punto di vista delle ricadute a lungo termine, fu la decisione presa nel 1981 di inviare a DARPA, tramite il nostro Ministero della difesa, la richiesta di collegare il CNUCE e il Centro Applicazioni Militari dell'Energia Nucleare (allora CAMEN, oggi CISAM) alla rete allora denominata ARPANET e che ora conosciamo con il nome di Internet.

Dopo un lunghissimo iter fra i meandri dei ministeri e dei dipartimenti della difesa sui due lati dell'Atlantico e dopo lunghe trattative con SIP, ASST e Telespazio, la richiesta portò finalmente i suoi frutti il 30 aprile 1986 (Fig. 10) quando il CNUCE diventò la prima sede italiana (la quarta europea) collegata a Internet.

EARN/BITNET

Nel frattempo, il gruppo dei gestori non era rimasto con le mani in mano. Nel 1983, grazie a finanziamenti IBM, era arrivata in Europa, con il nome di European Academic and Research Network - EARN, la rete nordamericana BITNET.

Dal punto di vista tecnico EARN/BITNET era una soluzione assai primitiva: una sola applicazione, nota col nome di Network Job Entry, nativa sui sistemi IBM (VM e MVS).

Il Network Job Entry permetteva a un utente di un sistema collegato alla rete di inviare file agli utenti degli altri sistemi. La tecnica usata per trasferire i file dall'origine alla destinazione potrebbe essere definita a "commutazione di file": un sistema di transito situato sul cammino dall'origine alla destinazione riceveva per intero il file, salvandolo in memoria non volatile e poi lo inviava al sistema successivo.

Due sistemi adiacenti erano collegati da un circuito dedicato, generalmente a 9600 bps, sul quale veniva trasmesso un file alla volta. Il trasferimento di un file dall'origine alla destinazione richiedeva in genere tempi lunghi ma aveva alte probabilità di successo, nettamente superiori a quelle ottenibili con le reti a commutazione di pacchetto dell'epoca, più sofisticate ma penalizzate dalla scarsa affidabilità dei circuiti e dei sistemi.

Il collegamento del CNUCE con EARN/BITNET avvenne nel 1984 in seguito all'attivazione di un circuito dedicato fra il sistema VM del CNUCE e il principale nodo europeo della rete, situato presso il Centro Scientifico IBM di Roma.

Per un caso fortunato, l'applicazione Network Job Entry era una delle applicazioni disponibili su RPCNET, per cui, contemporaneamente al CNUCE, entrarono automaticamente in rete anche tutti gli altri nodi di RPCNET. Verso la fine degli anni Ottanta diventò possibile fare "Network Job Entry" attraverso la rete Internet, cosa che permise ad EARN/BITNET di sopravvivere fin verso la metà degli anni Novanta.

Anche fuori del CNR, EARN/BITNET ebbe una discreta diffusione in Italia, tant'è vero che in poco tempo il numero delle sedi collegate superò il centinaio. Con tutti i suoi limiti tecnici, EARN/BITNET ebbe il merito di far comprendere l'utilità delle comunicazioni via rete anche ai non specialisti. Anche gli studiosi di discipline umanistiche scoprirono che la loro produttività aumentava se usavano la rete per scambiare idee e documenti con altri studiosi. EARN/BITNET richiedeva un forte coordinamento – non solo di tipo tecnico – a livello internazionale.

Alcune persone del CNUCE entrarono così nei comitati di coordinamento: accanto ai ricercatori e ai gestori delle reti si inserirono anche i politici. Va precisato, comunque, che non ci fu mai una netta separazione fra le tre categorie, tant'è vero che la stessa persona molte volte partecipava alle attività di più di una categoria.

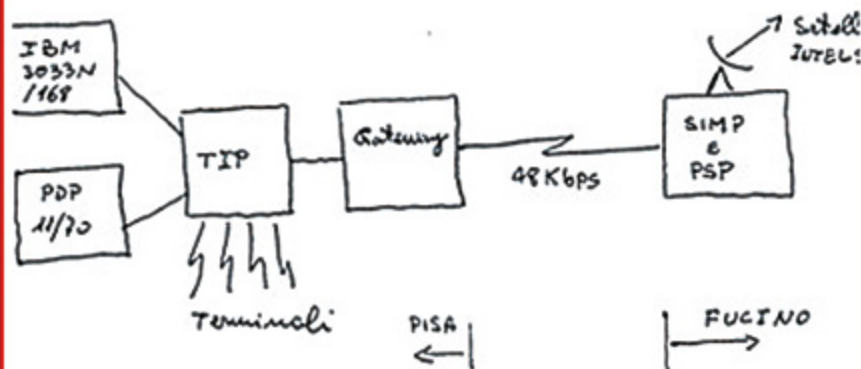
Per tutto il periodo di vita della rete il CNUCE ne curò il coordinamento nazionale e rappresentò l'Italia nei comitati internazionali. Questo impegno politico del CNR continua tuttora, per esempio, con la presenza di persone dello IIT in iniziative di organizzazioni dedicate alla governance di Internet quali ICANN, ISOC, IGF e CENTR.

HEPNET/SPAN

Più o meno nello stesso periodo in cui fu in auge EARN/BITNET, gli studiosi italiani potevano servirsi anche di un'altra rete internazionale, basata sull'architettura DECNET.

Riunione CNUCE - TELESPAZIO - ITALCABLE sulla rete ARPA (13/7/81)

Lo schema proposto è quello riportato in figura



- I costi dell'apparato sperimentale sono:

a) SIMP & PSP	350 ML		
b) GATEWAY & Port expander	180 ML		
c) TIP	100 ML		
d) Linea di terra satellite	20 ML per ogni anno		
e) Manutenzione SIMP	30 ML	"	"
" PSP	15 ML	"	"
" Gateway	30 ML	"	"
f) Personale di esercizio	30 ML	"	"

- Nel quadro della collaborazione CNR - TELESPAZIO - ITALCABLE il gnerà 1 100 ML (voce A) nell'acquisizione del TIP. Il relativo c può essere inoltrato ai competenti uffici del CNR entro il mese

- Per attivare l'apparato riportato in figura, il CNR dovrà impegn 1982 150 ML in voce B per far fronte alle spese di manutenzione delle altre apparecchiature.

Dr. Luciano Lenzi

Fig. 9 Schema del progetto di accesso del CNUCE alla rete ARPA (13 luglio 1981).

A livello internazionale questa rete era nota come HEPNET/SPAN e serviva NASA, ESA e i fisici delle alte energie. Sul piano architetturale era pienamente allineata con le soluzioni più evolute del tempo quali commutazione di pacchetto, una ricca gamma di applicazioni e, soprattutto, la possibilità di inserirsi perfettamente nelle LAN Ethernet.

Di difetti, a parte quello di essere una soluzione proprietaria (pecca condivisa da tutte le soluzioni veramente funzionanti dell'epoca) c'era il problema dello spazio di indirizzamento a 16 bit, già allora troppo piccolo per una rete globale. Da questo punto di vista EARN/BITNET aveva possibilità di sviluppo assai maggiori, perché identificava i nodi con stringhe alfanumeriche di otto caratteri.

L'INFN, che coordinava la parte italiana di HEPNET/SPAN, era tuttavia riuscito ad accaparrarsi un sedicesimo dell'intero spazio di indirizzamento: 4 096 dei 65 536 valori possibili. Ciò rese possibile, in Italia, ciò che fu impossibile negli altri paesi: la diffusione di HEPNET/SPAN anche fuori della comunità dei fisici.

Col tempo, furono connessi a HEPNET/SPAN quasi tutti gli elaboratori della Digital Equipment Corporation presenti nelle università e negli enti di ricerca italiani. Perfino il CNUCE, tradizionale roccaforte IBM, dal 1987 ebbe i suoi nodi HEPNET/SPAN.

In breve, nel 1987 nelle università e negli enti di ricerca italiani gli elaboratori IBM erano su EARN/BITNET e quelli DEC su HEPNET/SPAN. L'idea di usare altre reti internazionali era poco realistica; per motivi tecnici e politici, meglio spiegati nel seguito, un allargamento di Internet dal CNUCE al resto della comunità scientifica italiana era improponibile. Sui sistemi Unix l'unica soluzione percorribile era quella di installare emulatori (il più delle volte difettosi) che permettessero di usare, magari con funzionalità ridotte, una delle due reti. Era tuttavia già in funzione un sistema nazionale di gateway di posta elettronica, grazie al quale lo scambio di mail avveniva senza problemi anche fra reti diverse. Fu in questo contesto che nel 1987, fra CNR (rappresentato dal CNUCE), INFN, ENEA, CINECA, CILEA e CSATA iniziarono le trattative che portarono alla nascita del Gruppo Armonizzazione Reti della Ricerca (GARR) e della rete omonima, inaugurata ufficialmente nel 1991.

Il decollo di Internet

Nel 1986, con l'attivazione del collegamento Internet (Fig. 9) il compito di occuparsi di ciò che riguardava il TCP/IP passò dal gruppo dei ricercatori a quello dei gestori. Quasi tutti gli elaboratori del CNUCE e anche qualche PC ebbero il loro indirizzo IP e furono messi in rete. Fra questi, anche il sistema VM con il nome cnucevm. arpa e l'indirizzo 192.12.192.2.

L'Internet italiana si allargò anche fuori dal CNUCE, ma mai fuori dall'isolato.

Vi vennero inseriti alcuni elaboratori dello IEI e del Dipartimento di Fisica, ma poi l'espansione ebbe una pausa di circa un anno. C'erano difficoltà politiche, infatti il controllo di Internet era ancora delle mani del Dipartimento della difesa USA, che imponeva di tenere un registro di tutti gli individui a cui veniva permesso l'accesso a Internet.

Altre difficoltà erano di ordine economico perché i router avevano ancora costi proibitivi.

C'erano, infine, seri e numerosi problemi tecnici:

- I. i soli protocolli di routing disponibili erano l'EGP e il RIP, poco adatti a reti di grandi dimensioni;
- II. il DNS era già stato definito ma era ancora assai poco usato e si preferiva copiare a mano su ogni computer il file "hosts.txt" con la lista di tutti gli host di Internet;
- III. non erano rari i blocchi totali della rete, dovuti ad alcune ingenuità nella definizione iniziale del protocollo TCP;
- IV. la capacità dei circuiti dell'epoca (tipicamente 9 600 bps) penalizzava fortemente il TCP/IP, che utilizza i collegamenti non solo per lo scambio dei dati applicativi ma anche per molte funzioni di controllo;
- V. di tutte le applicazioni utilizzabili su una rete TCP/IP, le uniche veramente interessanti per gli utenti restavano il trasferimento dei file e la posta elettronica che erano disponibili, sia pure sotto altre forme, anche su EARN/ BITNET: c'era in più il login remoto, ma erano assai pochi quelli che avevano bisogno di fare login su un sistema di là dall'Atlantico;
- VI. in aggiunta a queste difficoltà, il problema più serio era rappresentato dalle scarse prestazioni del collegamento intercontinentale: una banda satellitare da 64 Kbps condivisa fra sette stazioni terrestri.

Fortunatamente, i cambiamenti successivi furono abbastanza rapidi. Già nel 1987 furono stabiliti chiari confini fra la porzione di rete di competenza del Dipartimento della difesa (la cosiddetta "Milnet") e il resto di Internet, e ciò liberò la rete dai condizionamenti dei militari.

Fu allora che cadde in disuso il nome ARPANET a vantaggio di quello, più corretto, di Internet.

Alla fine dell'anno la responsabilità del dominio ".it" fu assegnata al CNUCE.

Nello stesso tempo, comparvero sul mercato i primi router dai costi abbordabili. I primi tre router Cisco venduti in Italia furono acquistati da CNUCE, DIST di Genova e Politecnico di Torino.

Un vero passo in avanti avvenne nel 1989, quando l'IBM finanziò un collegamento a 1,5 Mbps fra il CERN e la Cornell University; a quella data erano già funzionanti i collegamenti GARR a 2 Mbps fra CERN e Bologna e fra Bologna e Pisa. Parte della banda su quei collegamenti fu dedicata al TCP/IP, che finalmente cessava di essere una semplice curiosità ma diventava un vero e proprio strumento di lavoro.

Da allora il gruppo dei gestori si dedicò intensamente alla diffusione della cultura IP ed all'evoluzione della rete nella comunità scientifica italiana. Questo compito è svolto tuttora dal gruppo Reti dell'IIT (che, in parte, si compone di ciò che resta del vecchio gruppo dei gestori del CNUCE) e che, tra le tante attività, ha anche contribuito attivamente alla promozione del protocollo IPv6. Infine, nel 1991, il CNR decise di usare il solo protocollo TCP/IP sulla sua rete.

La decisione fu resa operativa nel corso dell'anno successivo, proprio nel periodo

in cui il web cominciava a prendere piede anche fuori dal CERN. Per chiudere, una domanda: con i sistemi odierni di finanziamento e valutazione della ricerca, quali probabilità avrebbe di essere approvato un progetto come RPCNET?

Probabilmente nessuna, eppure le ricadute positive di quell'iniziativa degli anni Settanta sono ancora davanti ai nostri occhi.

Grafica computerizzata

a cura di Claudio Montani - IEI, ISTI, e Roberto Scopigno - CNUCE, ISTI

Le attività nel settore della grafica computerizzata (o computer graphics) tridimensionale iniziarono allo IEI verso la fine degli anni Settanta con lo sviluppo dei primi algoritmi per la generazione di mappe tematiche per la rappresentazione e modellazione di dati territoriali.

L'attività di ricerca si sviluppò nell'ambito del Progetto Finalizzato Conservazione del Suolo promosso e gestito dal CNR. I primi anni Ottanta videro il consolidarsi a livello internazionale della disciplina denominata Computer Graphics e il suo passare da pura tecnologia di servizio a una caratterizzazione scientifica autonoma.

In tale contesto di sviluppo, in cui il motore era sicuramente statunitense, il CNR si distinse con i primi nuclei di laboratori attivi sul tema in Italia, inizialmente insediatisi a Genova e Pisa. Il CNR assunse, quindi, un ruolo nettamente pionieristico in un contesto in cui la disciplina stentava a essere riconosciuta a livello universitario in Italia.

Nella seconda metà degli anni Ottanta – evento anticipatore della fusione che sarebbe avvenuta tra IEI e CNUCE solo molti anni dopo – si formò il gruppo di ricerca Visual Computing Lab che riuniva la componente Computer Graphics di IEI e quella dell'Istituto CNUCE.

Il Visual Computing Lab trovò un terreno di lavoro molto fertile in un settore, quello delle metodologie e tecnologie per la visualizzazione scientifica, che visse una vera e propria stagione d'oro verso la fine degli anni Ottanta.

Erano gli anni in cui da un lato venivano introdotti, sia nel settore medico che scientifico, strumenti di indagine che producevano risultati in forma di immagini (2D e 3D, questi ultimi detti dati volumetrici) mentre dall'altro iniziava a emergere con forza il settore della simulazione al computer, i cui risultati richiedevano nuovi strumenti di integrazione e di analisi dei risultati, molto spesso direttamente collegabili a concetti o strutture visualizzabili in 2D o in 3D. In tale vivace contesto, il Visual Computing Lab si guadagnò una buona visibilità internazionale mediante lo sviluppo di nuove metodologie di rappresentazione di dati volumetrici e di nuovi algoritmi per la loro visualizzazione efficiente e flessibile. Il campo di applicazione principale di questi primi risultati fu la gestione di dati da sistemi di tomografia (ad esempio, TAC o RMN medicali) o di dati da simulazioni (ad esempio, fluidodinamica).

Essendo la grafica computerizzata una disciplina nuova e priva di una scuola consolidata a livello nazionale, la fase di creazione di un gruppo che aspirava a divenire un punto di riferimento nazionale e internazionale fu un'azione complessa e rischiosa.

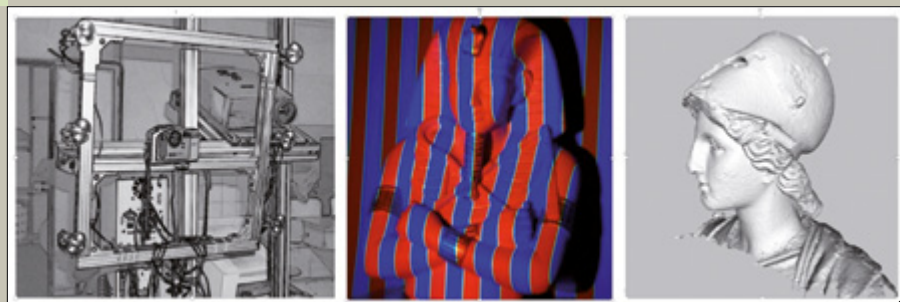


Fig. 10 Targa commemorativa dell'entrata dell'Italia in Internet (Pisa, via Santa Maria 36, sede storica del CNUCE. Foto Domenico Laforenza).

Fig. 11 Lo scanner low-cost CNR (a sinistra, proiettore, macchina fotografica digitale e set di illuminanti comandati da computer), un esempio del *pattern* di acquisizione (al centro) e un esempio di primo risultato 3D (a destra, scansione della Minerva di Arezzo, 1999).

I primi anni del laboratorio furono caratterizzati da una notevole difficoltà di reperimento di finanziamenti. Tale problematica era aggravata dal fatto che la Computer Graphics in quegli anni era una disciplina costosa in quanto le strumentazioni di calcolo specializzate alla gestione di dati grafici avevano prezzi proibitivi. Questa difficoltà diede, tuttavia, grossi stimoli anche di tipo scientifico, orientando la ricerca a percorrere strade che andassero verso l'ottimizzazione delle risorse da dedicare al processing grafico e lo studio di soluzioni innovative caratterizzate da bassa complessità computazionale e costo contenuto.

A metà degli anni Novanta una serie di lavori scientifici relativi alla tematica della semplificazione geometrica e alla gestione di tecniche multi-risoluzione assicurano al laboratorio Visual Computing un'ottima visibilità internazionale; tali soluzioni furono di fatto figlie di una tendenza orientata alla riduzione della complessità e allo sviluppo di possibili prestazioni interattive su dataset anche di grande dimensione, appoggiandosi nello stesso tempo a piattaforme di calcolo economiche.

Il laboratorio Visual Computing, dovendo fare di necessità virtù, fu tra i primi a livello internazionale a migrare dalle workstation UNIX dedicate alla grafica 3D alla piattaforma PC Windows.

Fu quindi tra i pionieri di una metodologia/un percorso che doveva dimostrarsi vincente grazie all'impressionante aumento di potenza di calcolo delle GPU (i motori dei videogames 3D) per piattaforma PC cui si è assistito nel corso dei primi anni Duemila, accompagnato da un'altrettanto significativa riduzione dei costi.

Le applicazioni grafiche, che a metà degli anni Novanta giravano su workstation del costo di circa 100mila euro, sono oggi alla portata di un qualsiasi PC o dispositivo mobile.

È ovvio l'impatto che ciò ha avuto sulla democratizzazione delle tecnologie e sull'impiego di dati 3D nelle applicazioni. È importante sottolineare come una scommessa vinta dal gruppo sia stata anche quella di privilegiare l'acquisizione di risorse umane piuttosto che di strumentazione tecnologica. Da sempre l'aggiornamento tecnologico – prima workstation e successivamente sistemi di scansione 3D – ha rappresentato una priorità più bassa rispetto alla possibilità di offrire borse o contratti a termine ai tanti giovani che hanno partecipato con entusiasmo e dedizione alle attività di ricerca del laboratorio.

La collaborazione con tanti di questi eccellenti giovani è stato il motore che ha portato ai risultati scientifici e alla visibilità odierna.

Tornando ai risultati scientifici, le attività del laboratorio sono state caratterizzate da una progressiva evoluzione delle tematiche di ricerca, che ha seguito sia le tendenze internazionali che gli specifici interessi personali.

Dopo un primo periodo orientato alla visualizzazione scientifica e alla gestione della complessità dei dati, gli ultimi vent'anni hanno visto emergere l'interesse sulle tecniche di digitalizzazione 3D (3D scanning).

In tale contesto il laboratorio ha sviluppato soluzioni algoritmiche innovative per la gestione ed elaborazione dei dati prodotti dai sistemi di scansione 3D, includendo in ciò tutte le fasi algoritmiche del processo di elaborazione geometrica, ma anche la gestione del processo di campionamento delle caratteristiche di riflessione delle superfici (in parole povere, il colore degli oggetti scannerizzati) e le tecniche necessarie

a garantire una buona mappatura del colore o decoro pittorico sui modelli digitali 3D prodotti (vedi alcuni risultati pionieristici presentati in figura).

Già dalla fine degli anni Novanta il settore delle applicazioni ai beni culturali fu individuato come settore prioritario di intervento per le tecnologie di scansione 3D.

Il Laboratorio Visual Computing ha quasi sempre lavorato su tecnologie orizzontali, adatte a più contesti applicativi; le applicazioni al patrimonio culturale, racchiudendo al loro interno una molteplicità di requisiti e un'alta complessità, hanno fornito un contesto ideale per la sperimentazione, validazione e disseminazione delle tecnologie sviluppate.

Inoltre, è sempre più evidente come il settore dei beni culturali stia mutuando metodologie e pratiche dallo spazio della scienza e della tecnologia. L'evoluzione è trainata dalle rivoluzioni del *remote sensing* in archeologia, delle tecniche non invasive nel restauro e nell'archeologia, delle tecnologie di scansione 3D, delle tecnologie di documentazione integrata multimediale per lo studio e la caratterizzazione dell'opera d'arte, delle tecnologie di presentazione virtuale sia nei musei che su web.

Queste evoluzioni stanno cambiando radicalmente le modalità di studio, di analisi e di presentazione al pubblico. Il Laboratorio Visual Computing ha dato un importante contributo a questo processo evolutivo, sviluppando tecnologie, mettendole a disposizione del pubblico e degli operatori – ad esempio, il sistema open source MeshLab che totalizza centinaia di migliaia di utenti – e, infine, collaborando con gli operatori del settore beni culturali in specifici progetti di ricerca e studio, come ad esempio il restauro assistito al computer.

In tale contesto da anni l'obiettivo del laboratorio è di consolidare il settore della grafica 3D non come mero produttore di belle immagini da usare come riempitivo allettante per documenti o monografie, bensì come fornitore di strumenti digitali che possano espandere le possibilità di analisi dell'operatore – storico dell'arte, archeologo, restauratore, curatore – e generare nuova conoscenza.

In tempi più recenti, il Visual Computing Lab ha contribuito alle tematiche della stampa 3D (riproduzione materica da modelli digitali 3D) e sulle tecnologie di modellazione 3D per l'architettura.

Calcolo vettoriale e parallelo

a cura di Ranieri Baraglia e Raffaele Perego - CNUCE, ISTI

Il Gruppo Calcolo Parallelo, primo embrione dell'attuale High Performance Computing Laboratory, si costituisce per merito di Domenico Laforenza a metà degli anni Ottanta con la partecipazione dell'Istituto CNUCE al Progetto Strategico Calcolo Parallelo del CNR.

In quegli anni, la ricerca internazionale nel settore del calcolo parallelo vive una stagione di entusiasmo e cambiamento. I progressi della tecnologia Very Large Scale Integration (VLSI) le iniziative americane quali il Caltech Concurrent Computation Program diretto da Geoffrey Fox per la realizzazione di architetture parallele distribuite per la cromodinamica quantistica, e il ParaScope della Rice University per gli strumenti assistiti per la programmazione parallela di codici scientifici, stimolano il progresso della ricerca e gli investimenti nella tecnologia.

È in questo periodo che vengono alla luce i più importanti sistemi altamente paralleli quali Intel iPSC, nCUBE, Meiko CS, Connection Machine, e successivamente Cray T3D/T3E. In questa realtà internazionale il Gruppo calcolo parallelo conduce le prime esperienze di progettazione di software parallelo con i sistemi di calcolo installati al CNUCE: un mainframe vettoriale e parallelo IBM 390/VF e una manciata di processori di tipo Transputer della INMOS.

Contemporaneamente consolida la sua presenza a livello nazionale con la partecipazione al progetto finalizzato del CNR Sistemi Informatici e Calcolo Parallelo.

La ricerca ha inizialmente una connotazione applicativa in collaborazione con gruppi di ricerca quali il Dipartimento di Chimica dell'Università di Perugia e la Scuola Normale Superiore di Pisa. La cooperazione tra esperti di modelli e algoritmi paralleli da una parte, e di metodi numerici e computazionali dall'altra, permette lo sviluppo di codici di simulazione scalabili e veloci.

Le esperienze svolte permettono di definire approcci metodologici e modellistici innovativi che vengono pubblicati a livello internazionale anche in collaborazione con il gruppo di Marco Vanneschi del Dipartimento di Informatica dell'Università di Pisa. L'attività di supporto svolta dal Gruppo calcolo parallelo nel progetto finalizzato incrementa la sensibilità e la conoscenza della comunità tecnico-scientifica nazionale sul calcolo scientifico ad alte prestazioni. Risultati significativi a questo riguardo sono l'organizzazione a Pisa del primo corso italiano sul calcolo vettoriale e parallelo in collaborazione con la società americana Pacific-Sierra Research Corporation, e, nel 1990, il convegno internazionale *Supercomputing Tools for Science and Engineering* che vede la partecipazione di oltre 350 iscritti. Il know how acquisito nel settore fa sì che nel 1991 il CNR doti il CNUCE del multicomputer nCUBE/2 6400 con 128 processori (Fig. 12), prodotto dall'americana nCube Corporation.

Questo multicomputer a ipercubo – oltre a varie workstation e ad alcuni dei più avanzati strumenti software per lo sviluppo di applicazioni parallele – costituiscono la principale strumentazione in dotazione al Laboratorio per il calcolo parallelo del CNUCE che viene messa a disposizione di molti gruppi di ricerca della comunità scientifica nazionale e internazionale.

Nascono e si consolidano le collaborazioni con i ricercatori italiani del settore, ma, allo stesso tempo, iniziano le collaborazioni con gruppi internazionali quali il centro di calcolo CNUSC di Montpellier, il Paderborn Center for Parallel Computing dell'omonima Università tedesca, l'inglese Meiko Scientific Corporation, alcuni partner di HPF e MPI Forum, il FORTH greco, ecc.

La disponibilità di pacchetti software che permettono la programmazione di applicazioni portabili sia su supercomputer che su reti eterogenee di computer stimola la ricerca di nuovi strumenti che semplifichino la progettazione di soluzioni efficienti e scalabili.

Risultati significativi ottenuti in questi anni sono il sistema per la gestione di reti di computer MOL (Metacomputer OnLine), proposto in collaborazione con l'Università di Paderborn, e taskHPF, un'estensione verso il *task parallelism* del linguaggio data-parallel HPF.

Il nuovo secolo porta la rivoluzione di Internet, nasce l'Area della ricerca di Pisa, il CNUCE e l'IEI confluiscono nell'ISTI. Nel mondo il Data Deluge conseguente alla



Fig. 12 Elaboratore parallelo nCUBE conservato presso il Museo degli Strumenti di Calcolo a Pisa.

crescita del Web 2.0 e della e-economy propone nuove sfide per il calcolo ad alte prestazioni. Il Gruppo calcolo parallelo cambia il proprio nome in High Performance Computing Laboratory (HPC Lab) e contribuisce in maniera significativa alla ricerca in Grid Computing, Data Mining e Web Search. La partecipazione a numerosi progetti italiani (ad esempio Grid.it, Griglie Computazionali, Enhanced Content Delivery, Escogitare, ecc) ed europei (CoreGrid, NextGrid GridComp, XtreamOs, Sapir, ecc.) permette a HPC Lab di crescere in competenze e numerosità. L'attività di ricerca si focalizza su algoritmi e sistemi di informazione *data-intensive* per la soluzione di problemi di rilevanza scientifica, economica o sociale, in applicazioni basate sulla conoscenza. Efficienza computazionale, tecniche scalabili di ricerca di informazioni e di apprendimento automatico sono sfruttate per far fronte alla crescita esponenziale di utenti e dati. Anche oggi i problemi e le sfide che motivano gli interessi di ricerca del laboratorio HPC sono legati ai progressi delle tecnologie informatiche che permettono la raccolta di enormi volumi di dati di natura eterogenea, acceduti e gestiti indipendentemente dai confini geografici e amministrativi in infrastrutture scalabili ed elastiche quali il Cloud.

La domanda di soluzioni per sintesi, analisi, comprensione e monitoraggio di tali dati è in continua crescita e la missione del gruppo di ricerca è lo sviluppo di modelli, strutture dati e algoritmi efficienti per le infrastrutture e i servizi dei nuovi e moderni sistemi informativi di grandi dimensioni.

Ringraziamenti

Per il loro prezioso contributo si ringraziano: Patrizia Andronico, Ranieri Baraglia, Antonia Bertolino, Andrea Bozzi, Emilio Campana, Marco Conti, Felicita Di Giandomenico, Fabrizio Falchi, Mario Fusani, Silvia Giannini, Stefania Gnesi, Piero Maestrini, Riccardo Medves, Carlo Meghini, Claudio Montani, Andrea Passarella, Raffaele Perego, Roberto Scopigno, Luca Simoncini, Marco Sommani, Leonello Tarabella, Costantino Thanos, Anna Vaccarelli.

BIBLIOGRAFIA

- Andronico, Alfio. 2011. "CNR e Informatica: leggenda, storia, fatti, e uno sguardo verso il futuro." In *Nuovi Ponti tra Scienza e Società: il CNR, crocevia della cultura italiana*. Torino: Bollati Boringhieri, pp. 73-103.
- Baldacci, Maria Bruna, Mauro Lazzeri, Renzo Sprugnoli, e Paola Venerosi. 1977. "Esperienze di automazione in una biblioteca specializzata." *L'automazione nelle biblioteche*. Congresso annuale AICA, Pisa, pp. 27-30.
- Bertini, Graziano, Massimo Chimenti, e Franco Denoth. 1976. "TAU2 - An Audio Terminal for Computer Music Experiments." *IEEE Computer Society*, New York, NY, pp. 143-149.
- De Marco, Giuseppe. 1998. "La CEP nella storia dell'informatica in Italia." *Rivista di Informatica*, Vol. XXVIII, n. 3, pp. 163-181.



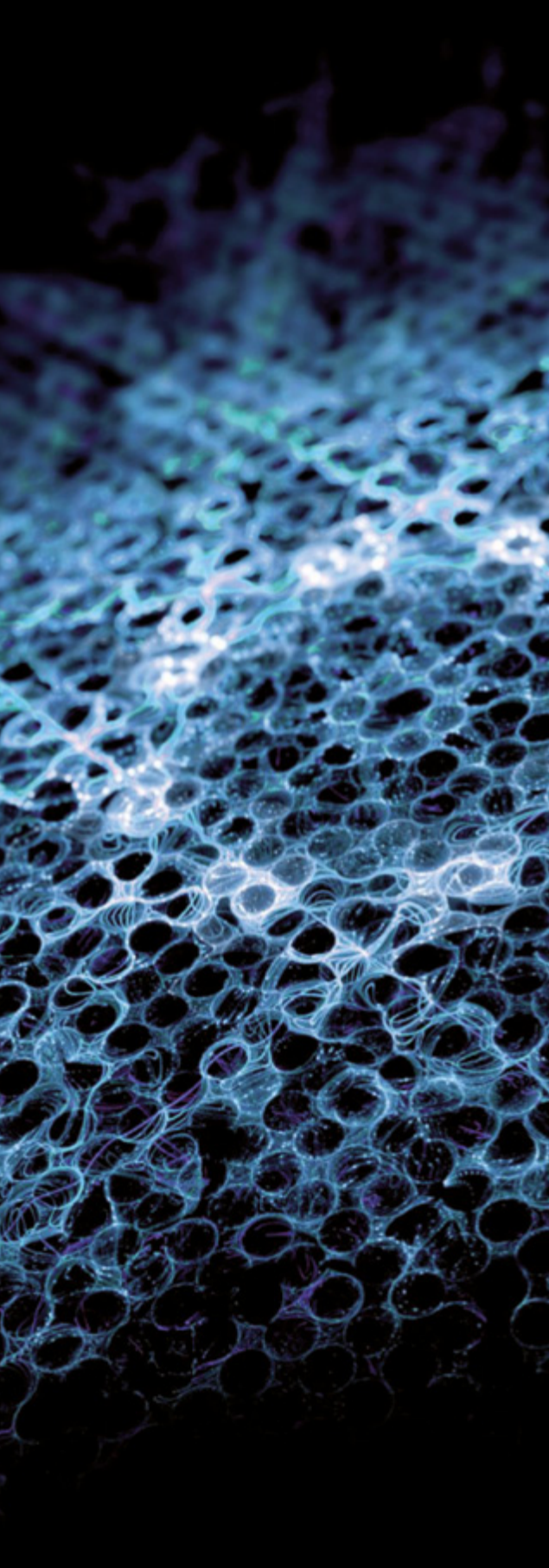
Fig. 13 Postazione per la grafica computerizzata, 1984.

- De Marco, Giuseppe, Giovanni Mainetto, e Riccardo Medves. 2000. "Il CNUCE tra i primi Centri di Calcolo in Italia." *Rivista di Informatica*, Vol. XXX, n. 3, settembre-dicembre 2000.
- De Marco, Giuseppe, Giovanni Mainetto, Serena Pisani, e Pasquale Savino. 1999. "The Early Computers of Italy." *IEEE Annals of the History of Computing*, Vol. 21, n. 4, pp. 28-36.
- Faedo, Alessandro. 1991. "L'ambiente Pisano e il primo Corso di Laurea in Scienza dell'Informazione." *Atti del Convegno Internazionale sulla Storia e Preistoria del Calcolo Automatico e dell'Informatica*. Siena, 10-12 settembre 1991. Milano: AICA.
- Maestrini, Piero. 2006. "La Calcolatrice Elettronica Pisana (CEP), una storia che sembra una leggenda." In *La nascita dell'informatica in Italia*, a cura di Luigi Dadda, pp. 83-96. Milano: Polipress.
- Meghini, Carlo, Fabrizio Sebastiani, e Umberto Straccia. 2001. "A model of multimedia information retrieval." *Journal of the ACM*, 48 (5): 909-970.
- Meghini, Carlo, Fabrizio Sebastiani, e Umberto Straccia. 2009. "Model of multimedia information retrieval". In *Encyclopedia of Database Systems*, a cura di M. Tamer Özsu e Ling Liu, pp. 1820-1824. Springer Verlag. ISBN: 978-0-387-35544-3.
- Tarabella, Leonello et alii. 2019. *L'Informatica Musicale a Pisa, l'esperienza di Pietro Grossi*. Pisa: Pisa University Press. ISBN 978-883339-2820.

SITOGRAFIA

- Autori vari. 2011. "Il CNR dopo la CEP." *Atti del convegno La CEP prima della CEP: storia dell'informatica*. Pisa, 11-12 novembre 2011, pp. 41-66, 2013. http://story.isti.cnr.it/archivio/2013_CNR%20dopo%20la%20CEPi.pdf
- Capriz, Gianfranco. 2019. *Le origini dell'Informatica e del Networking al CNR*. Area della Ricerca CNR di Pisa. 31/10/2019. <https://www.youtube.com/watch?v=MIoIEc1IXz4>
- CNUCE - Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico. <https://www.aicanet.it/storia-informatica/calcolo-scientifico-in-italia/cnuce>
- Maestrini, Piero. 2013. "Università di Pisa, La Calcolatrice Elettronica Pisana (CEP)." http://story.isti.cnr.it/archivio/2006_Universita%20di%20Pisa%20-%20CEP_Maestrini.pdf
- Progetto "Le origini di Internet in Italia." <https://www.originiinternetitalia.it/>
- RPCNET - La prima rete di computer italiana (1970-1985). Luciano Lenzi racconta. https://originiinternetitalia.it/wp-content/uploads/2019/04/scheda_rpcnet.pdf
- Sito dell'Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo." CNR. <https://www.isti.cnr.it/it/chi-siamo>
- Sito dell'Istituto Informatica e Telematica, CNR. <https://www.iit.cnr.it>
- Sito dell'Istituto di Linguistica Computazionale "Antonio Zampolli", CNR. <https://www.ilc.cnr.it>
- Storia del CNUCE*. 2016. Museo AICA. http://story.isti.cnr.it/archivio/2016-IS-001_Storia%20CNUCE%20per%20AICA.pdf

<https://doi.org/10.36173/SII-parteprima-vol1-10>



**Ricerca
informatica
nelle
università
e nei centri
di ricerca**

11

Guglielmo Tamburrini
Settimo Termini

**La tripla vita
dell'Istituto di Cibernetica
"Eduardo Caianiello" del CNR**



Introduzione

Questo capitolo ripercorre la storia dell'Istituto di Cibernetica "Eduardo Caianiello" del Consiglio Nazionale delle Ricerche concentrandosi sul ruolo che l'informatica svolse nelle ricerche interdisciplinari di matrice cibernetica, sul successivo consolidamento dell'informatica come settore autonomo di ricerca all'interno dell'Istituto e, infine, sul lavoro scientifico multidisciplinare e sul dialogo tra settori scientifici che coinvolsero la componente informatica e furono favoriti dall'originaria impronta cibernetica dell'Istituto.

Il matematico statunitense Norbert Wiener (1894-1964) introdusse il termine Cibernetica nel 1948, per indicare un nuovo programma di ricerca che avrebbe messo al centro le indagini scientifiche sul controllo e sulla comunicazione nell'animale e nella macchina¹. Le ricerche cibernetiche avrebbero utilizzato una metodologia innovativa da applicare sia alle macchine sia ai sistemi biologici.

Come elementi cardine di tale metodologia, Wiener indicò sia la teoria dell'informazione sia la teoria dei controlli, facendo particolare riferimento, nel caso di quest'ultima, ai sistemi di controllo basati su anelli di retroazione. Il nome stesso di cibernetica contiene un riferimento implicito all'idea di sistema di controllo, poiché deriva dal greco κυβερνήτης, che significa timoniere, e cioè colui che controlla la navigazione di una nave.

Le ricerche di ispirazione cibernetica furono avviate a partire dal 1958 presso l'Università degli Studi di Napoli sotto l'impulso di Eduardo Renato Caianiello (1921-1993). Lo sviluppo che tali ricerche ebbero nel corso del decennio successivo portò, nel 1968, alla fondazione prima del Laboratorio di Cibernetica del CNR, successivamente denominato Istituto². Diretto da Caianiello fino al 1976, fu a lui intitolato nel 2002, prendendo il nome di Istituto di Cibernetica "Eduardo Caianiello". Questa denominazione fu utilizzata fino al 2015, quando si introdusse il nuovo nome, Istituto di Scienze Applicate e Sistemi Intelligenti "Eduardo Caianiello" (ISASI).

Il capitolo è organizzato in tre parti principali.

La prima parte, intitolata "Preistoria: il gruppo di Cibernetica presso l'Istituto di Fisica Teorica dell'Università di Napoli", fornisce una rassegna delle attività cibernetiche svolte dal 1958 al 1968. In quell'anno, la riorganizzazione del CNR portò alla creazione di un numero notevole di strutture proprie, al di fuori dell'Università, chiamate laboratori e in particolare, alla creazione del Laboratorio di Cibernetica³.

Le due parti successive – intitolate rispettivamente "L'Istituto di Cibernetica: dalle ricerche interdisciplinari alla multidisciplinarietà" e "Attività informatiche dopo il consolidamento della multidisciplinarietà" – descrivono le attività svolte nel laboratorio (poi istituto) dal 1968 fino al primo decennio di questo secolo. Nel testo verranno usati in modo equivalente (perché la struttura è rimasta assolutamente la stessa) i sostantivi

1. Wiener, Norbert. 1948. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Cambridge, MA: The MIT Press. Trad. it. 1951. *La Cibernetica*. Milano: Bompiani.

2. La modifica della denominazione da laboratorio a istituto avvenne con disposizione del Presidente del CNR del 20 dicembre 1979 (D. P. CNR n. 6.300) e il nuovo statuto che ne stabilì le attività fu emanato l'11 maggio 1981.

laboratorio o istituto, a seconda del periodo di cui si parla. Infine, nelle conclusioni si accenna brevemente ai cambiamenti successivi, che porteranno anche a una nuova denominazione della struttura del CNR, nel 2015.

È utile evidenziare da subito che in questo capitolo si parla spesso dei progetti scientifici di una singola persona, Eduardo Caianiello, e anche, più in generale, della sua visione della scienza. Ciò è funzionale alla descrizione delle attività di ricerca dell'istituto stesso che attorno a queste idee è nato.

Le specificità del progetto cibernetico di Caianiello hanno infatti condizionato, sia all'interno dell'istituto che nel più ampio contesto italiano, la nascita e lo sviluppo di attività di ricerca che nell'ambito dell'informatica sono oggi considerate gli standard per il settore e che hanno una loro fisionomia ben definita.³

Tali attività si sono enucleate, costruendo un loro profilo autonomo, proprio a partire dalla cibernetica che è diventata, col tempo, un'impalcatura sempre più remota e solo di vago riferimento.

Descriverne la genesi nell'incubatore cibernetico non solo è necessario per un'attenta ricostruzione, ma aiuta sia a comprendere particolari declinazioni delle stesse sia a cogliere connessioni interdisciplinari che possono rivelarsi utili per futuri, ulteriori sviluppi dei settori disciplinari coinvolti. È infine opportuno evidenziare che la bibliografia posta alla fine del capitolo raccoglie testi di carattere generale sull'istituto e sul suo fondatore, che offrono spunti per ulteriori approfondimenti, mentre i lavori citati nelle note a piè di pagina non sono da intendere come bibliografia ma come elementi che suffragano quanto è stato affermato nel corso del capitolo a proposito delle attività scientifiche dell'istituto.

Preistoria: il gruppo di Cibernetica presso l'Istituto di Fisica Teorica dell'Università di Napoli

Caianiello era un fisico teorico. Nel 1950 aveva conseguito presso l'Università di Rochester, nello stato di New York, il PhD in Fisica sotto la supervisione di Robert Marshak, fisico teorico di spicco che aveva partecipato al progetto Manhattan nel corso della Seconda guerra mondiale.

Tornato in Italia nel 1952, Caianiello fu assistente all'Università di Torino e successivamente, in seguito a contatti con Edoardo Amaldi, all'Università di Roma. Rimase presso questa sede universitaria dal 1952 al 1955, come assistente presso la cattedra di Fisica Teorica. Per la maturazione dell'interesse scientifico di Caianiello

3. Prima del 1968, il CNR aveva pochissimi istituti suoi. L'IAC (nuovo nome dell'INAC) a Roma, e l'Istituto Motori a Napoli. A questi due bisogna aggiungere l'Istituto per l'Elaborazione dell'Informazione (IEI) di Pisa, trasformazione del CSCE – nato nel 1955 come centro dell'Università di Pisa per la costruzione della CEP – che già nel 1962 (su scelta del comitato Fisica) divenne centro CNR e che proprio nel 1968 venne così denominato: chiamato già istituto e non laboratorio, come tutte le nuove strutture autonome esterne all'Università che furono create nel 1968. (Vedi capitolo "L'INAC di Roma e la Ferranti Mk1*" di Andrea Celli con Giovanni A. Cignoni e il capitolo "Storia della nascita degli istituti informatici CNR a Pisa" di Domenico Laforenza).

verso la cibernetica, è significativo ricordare la sua partecipazione a un ciclo di seminari sul calcolo automatico e sulla cibernetica promosso da Enrico Fermi che si tenne presso l'Università di Roma nel 1954.

In quell'occasione, Caianiello seguì i seminari tenuti da Wiener e incontrò per la prima volta Valentino Braitenberg (1926-2011) allora assistente volontario presso la Clinica per le malattie nervose e mentali dell'Università di Roma. Di lì nacque un duraturo sodalizio scientifico tra i due che fu di primaria importanza per le ricerche cibernetiche a Napoli.

Le politiche scientifiche perseguite dalla comunità dei fisici sono un elemento significativo per comprendere la genesi di attività interdisciplinari in ambito cibernetico nel quadro della fisica italiana. Negli anni Cinquanta, i fisici esercitarono un forte impulso per realizzare dei sistemi di calcolo automatico a servizio della ricerca scientifica nazionale e per sviluppare le attinenti competenze scientifiche e tecnologiche (vedi il contributo "Storia della nascita degli istituti informatici CNR a Pisa" di Domenico Laforenza). L'attenzione della comunità dei fisici per il calcolo automatico – in un momento storico nel quale i confini concettuali tra la cibernetica e la nascente informatica erano ancora piuttosto sfumati – si sposò con gli interessi scientifici di coloro, fra essi, che divennero poi pionieri della cibernetica in Italia.

Tra questi possiamo menzionare, oltre a Caianiello a Napoli, Antonio Borsellino (1915-1992) e Augusto Gamba (1923-1996) a Genova, insieme a Carlo Franzinetti (1923-1980) e Adriano Gozzini (1917-1994) a Pisa.

All'avventura della cibernetica italiana presero parte, in forme diverse, anche i fondatori della Scuola operativa italiana – i filosofi Silvio Ceccato (1914-1997), Vittorio Somenzi (1918-2003) e Giuseppe Vaccarino (1919-2016) – come pure Padre Roberto Busa (1913-2011), per le applicazioni dell'informatica alla linguistica e alla traduzione automatica (vedi capitolo "Natural Language Processing in Italia: gli inizi" di Oliviero Stock). Per sottolineare ulteriormente l'interesse scientifico e culturale suscitato dalla cibernetica, è utile ricordare che lo stesso Alan Turing aveva frequentato qualche anno prima, a Londra, le riunioni del Ratio Club, un gruppo interdisciplinare di studio che raccoglieva biologi, medici, psicologi, matematici e ingegneri allo scopo di discutere delle prospettive di ricerca aperte dalla cibernetica.

In una lettera indirizzata al cibernetico britannico Ross Ashby, scritta mentre era ancora impegnato nella progettazione e nello sviluppo dell'ACE – il primo calcolatore britannico – Turing si dichiarò maggiormente interessato alla possibilità di produrre con l'ACE dei modelli del cervello in azione piuttosto che allo sviluppo del calcolo automatico⁴.

Nella stessa cornice scientifica e culturale si colloca lo sviluppo delle ricerche cibernetiche a Napoli.

Caianiello arrivò all'Università di Napoli come titolare della cattedra di Fisica teorica all'inizio dell'anno accademico 1956-57. Nel 1957 vi fondò l'Istituto di Fisica Teorica, di cui fu il primo direttore.

4. Hodges, Andrew. 1983. *Alan Turing: the Enigma*. New York: Simon and Schuster. Si vedano in particolare le pp. 411-12 e la p. 363.

Nell'anno seguente, presso l'Istituto, ebbero ufficialmente inizio le attività di ricerca, seminari e didattiche nel campo della cibernetica e fu costituito il gruppo di Cibernetica i cui affiliati (tra i quali Braitenberg, Francesco Lauria e Nello Onesto) avviarono ricerche cibernetiche teoriche e sperimentali.

In ambito didattico, Wiener fu invitato a tenere un ciclo di lezioni come *visiting professor* nel trimestre autunnale dello stesso anno. E sotto la presidenza onoraria di Wiener, Caianiello diresse nel luglio del 1958 la Settima Scuola Internazionale Estiva di Fisica della Società Italiana di Fisica (SIF) presso villa Monastero a Varenna⁵ (vedi Fig. 1). La scuola fu interamente dedicata alla teoria dell'informazione.

Il primo lavoro scientifico del gruppo di Cibernetica apparve nel 1959 su *Il Nuovo Cimento*, la principale rivista della fisica italiana. Pubblicato a firma congiunta di Caianiello e dei tre membri del gruppo che avevano partecipato alla Scuola estiva di Varenna, l'articolo verteva su un modello funzionale delle reti neurali⁶. In seguito, le ricerche del gruppo continuarono a concentrarsi sui modelli di reti neurali artificiali (o neuroniche, come anche si diceva allora per indicare le reti artificiali e distinguerle da quelle biologiche) ed ebbero come punto di riferimento un successivo lavoro di Caianiello, che fu pubblicato nel 1961 sul *Journal of Theoretical Biology*⁷.

In quell'articolo fu introdotto un modello teorico innovativo di reti neurali, basato sulla distinzione tra dinamica veloce e dinamica lenta di una rete. In conformità con questa distinzione, nel modello figurano un'equazione neuronica e un'equazione mnemonica. L'equazione neuronica governa il cambiamento di stato di ogni neurone in funzione dei segnali provenienti dai neuroni presinaptici a esso accoppiati, sotto l'ipotesi che i cambiamenti di stato siano tanto veloci da poter assegnare un valore costante ai pesi (detti anche coefficienti di accoppiamento) tra neuroni. L'equazione mnemonica governa le variazioni dei pesi tra neuroni, in funzione delle loro storie congiunte di attivazione e sotto l'ipotesi che tali variazioni siano più lente dei cambiamenti di stato dei neuroni (ipotesi adiabatica dell'apprendimento).

Lo sviluppo di modelli teorici trattabili con gli strumenti della matematica e della fisica giocava un ruolo centrale nell'impostazione metodologica abbozzata da Caianiello per la conduzione delle ricerche cibernetiche.

Da un lato, le indagini neurobiologiche sarebbero servite a controllare sperimentalmente le ipotesi funzionali sul sistema nervoso espresse dai modelli teorici e a migliorare questi ultimi. Da un altro lato, la costruzione di macchine che riflettono in modo approssimato le caratteristiche funzionali dei modelli teorici avrebbe consentito di valutare se i modelli teorici fornivano una base sufficiente per dotare dei sistemi fisici non biologici di capacità percettive e cognitive di vario genere.

5. La foto è tratta dagli archivi fotografici della Società Italiana di Fisica - Foto di Gruppo del VII Corso della Scuola Internazionale di Fisica "Enrico Fermi", Varenna, Lago di Como, 1958, copyright Società Italiana di Fisica, 1958, riprodotto per gentile concessione.

6. Cfr. Braitenberg, Valentino, Eduardo Renato Caianiello, Francesco Lauria, e Nello Onesto. 1959. "A system of coupled oscillators as a functional model of neuronal assemblies." *Il Nuovo Cimento* 11: 278-82.

7. Cfr. Caianiello Eduardo Renato. 1961. "Outline of a theory of thought-processes and thinking machines." *Journal of Theoretical Biology* 1: 204-35.



Fig. 1 I partecipanti alla Settima Scuola Internazionale Estiva di Fisica della Società Italiana di Fisica. Al centro Norbert Wiener, alla sua sinistra Dennis Gabor, in ginocchio tra loro Nello Onesto. Alla sua destra Eduardo Caianiello, Anna Cuzzer, Antonio Ruberti, Robert Mario Fano, Annamaria Mazzarella Hilliard e Adriana Fiorentini. In ginocchio, sotto Cuzzer, Antonio Lepschy e alla sua destra Francesco Lauria. Nella fila più alta svetta penultimo a destra Valentino Braitenberg, alla sua destra Benoît Mandelbrot. A destra, Corrado Böhm. Immagine tratta dal Supplemento al vol. XIII, serie X de Il Nuovo Cimento, n. 2, 3° trimestre 1959. Copyright Società Italiana di Fisica 1959; per gentile concessione della Società Italiana di Fisica.

Nell'articolo del 1961, Caianiello sottolinea il ruolo centrale che egli assegna allo sviluppo dei modelli teorici rispetto alla costruzione dei modelli materiali sotto forma di macchine, senza tuttavia occultare la difficoltà di stabilire un legame scientificamente significativo tra i due momenti. Caianiello rileva infatti come un tale legame presupponga che siano state incorporate nella macchina le proprietà salienti del modello teorico, utilizzando come ponte tra modello e macchina uno schema costruttivo che dovrà necessariamente fare ricorso a semplificazioni e approssimazioni.

Così Caianiello:

By “model” or “machine” we mean exclusively a device that can actually be built, and which operates according to mathematical equations that are exactly known and numerically solvable to any wanted accuracy. Although this necessarily implies drastic schematizations and simplifications, it is hoped that the features essential to thought production are retained by the model; successive approximations to reality will require improvements in the structure of the machine and its operational laws, but at each step one must know exactly what is being done⁸.

Nel 1964 fu pubblicato un fascicolo dei Quaderni de La ricerca scientifica del CNR, che offre ampia testimonianza del rapido sviluppo e della varietà delle indagini cibernetiche, anche di carattere neurobiologico e ingegneristico, condotte presso l'Istituto di Fisica Teorica a partire dal nucleo scientifico aggregante costituito dai modelli teorici di reti neurali.

Il fascicolo presenta, come recita il titolo, un “Rendiconto delle ricerche teoriche e sperimentali di cibernetica svolte nell'anno accademico 1961-62 nel Laboratorio di Cibernetica presso l'Istituto di Fisica Teorica dell'Università di Napoli per conto del Consiglio Nazionale delle Ricerche”. È da notare che nel fascicolo si identifica già l'originario Gruppo (e poi Centro) di Cibernetica con un Laboratorio del CNR, prima che questa denominazione fosse ufficialmente assunta nel 1968 dalla nuova struttura.

Il laboratorio era formato da tre reparti: Gruppo teorico, Laboratorio di neuroanatomia e fisiologia, Laboratorio di elettronica.

Nella premessa ai rapporti contenuti nel Quaderno del CNR, Caianiello illustra sinteticamente la sua concezione della Cibernetica come “studio del comportamento di sistemi dinamici complessi, funzionanti mediante scambio di informazione tra le parti componenti, a prescindere dalla loro natura specifica (cervelli, organismi sociali, reti logiche [...])”¹⁰. In questa cornice molto generale si collocano le ricerche descritte nei singoli rapporti. Furono sviluppate indagini neuroanatomiche e neurofisiologiche

8. Caianiello, E.R. 1961. Cit., p. 206. Si veda anche la discussione a p. 44 in Cordeschi, R. 2006. “Simulation models of organism behavior: some lessons from pre-cybernetic and cybernetic approaches.” In *Imagination and Rigor*, a cura di Settimo Termini, 39-46. Milan-Heidelberg: Springer-Verlag.

9. Braitenberg, Valentino, Eduardo Renato Caianiello, C. Crocchiolo, G. Gambardella, Francesco Lauria, M. Saffioti, C. Taddei, G. Trautteur e U. Vota, cur. 1964. “Ricerche teoriche e sperimentali di cibernetica.” Vol. 10 dei *Quaderni de “La ricerca scientifica”*. Roma: CNR.

10. *Ivi*, p. 9.

su reti di neuroni biologici¹¹ e sul cervelletto come organo di controllo di movimenti volontari¹². I dati delle ricerche neurobiologiche furono utilizzati anche allo scopo di controllare e raffinare alcuni modelli matematici di reti neurali¹³. Furono descritti modelli di macchine in grado di simulare il funzionamento di reti di neuroni biologici e, su questa base, di manifestare delle capacità elementari di apprendimento per quanto riguarda il riconoscimento di forme¹⁴.

Il disegno metodologico complessivo di Caianiello rimase nella maggior parte dei casi solo un ideale regolativo al quale aspirare. Spesso, non fu possibile fondere in modo efficace e unitario le ricerche condotte dai tre reparti o perfino all'interno dei singoli reparti. Come si vedrà nelle sezioni successive, questo limite giocherà un ruolo importante nel ridimensionamento delle ambizioni interdisciplinari iniziali e nella trasformazione degli obiettivi di ricerca dell'Istituto di Cibernetica. Ma anche indipendentemente dal destino di tali ambizioni, l'ampio respiro e il carattere innovativo delle indagini teoriche, neurobiologiche e di costruzione di macchine che furono condotte in quella fase pionieristica emergono ulteriormente da una ricognizione di altre attività che non sono menzionate nel Quaderno del CNR.

Indagini teoriche

Aldo de Luca e Luigi Maria Ricciardi lavorarono allo sviluppo di modelli matematici di reti neurali anche di tipo probabilistico¹⁵ e scrissero congiuntamente il volume *Introduzione alla cibernetica*, che fu pubblicato in tre edizioni successive¹⁶. Scorrendone l'indice, si coglie subito l'intento di fornire una vasta panoramica dei temi caratteristici della cibernetica e delle sue ambizioni interdisciplinari: elementi di neurofisiologia, logica booleana, reti neuroniche, automi finiti, macchine di Turing e teoria della calcolabilità, probabilità e statistica, informazione e catene di Markov, trasmissione dell'informazione, modellistica neurofisiologica, intelligenza artificiale.

Ricciardi studiò, inoltre, sulla base di modelli fisici, le correlazioni tra aree distinte del sistema nervoso centrale¹⁷. Giorgio Ghigo, Antonino Drago e, successivamente, Stefano Levioldi affrontarono problemi di riconoscimento automatico di forme. Giacomo Della Riccia elaborò modelli matematici di transistor nell'ambito dell'elettronica analogica e digitale.

11. Cfr. il rapporto di Valentino Braitenberg e Uja Vota Pinardi, in *Ivi*, pp. 43-49.

12. Cfr. il rapporto di Cloe Taddei, in *Ivi*, pp. 51-56.

13. Cfr. i due rapporti di Francesco Lauria, in *Ivi*, pp. 23-39.

14. Cfr. i due rapporti di Caianiello e di Calogero Crocchiolo, in *Ivi*, pp. 15-22.

15. Cfr. de Luca, Aldo, e Luigi Maria Ricciardi. 1967. "Formalized neuron: Probabilistic description and asymptotic theorems." *Journal of Theoretical Biology* 14: 206-17.

16. de Luca, Aldo, e Luigi Maria Ricciardi. 1971. *Introduzione alla Cibernetica*. Milano: Franco Angeli.

17. Cfr. Ricciardi, Luigi Maria, e Hirooomi Umezawa. 1967. "Brain and physics of many body problems." *Kybernetik* 4: 44-8.

Indagini neurobiologiche

Le ricerche sulla rana, con particolare attenzione alla struttura e alla funzione delle asimmetrie cerebrali, furono portate avanti da Braitenberg insieme con Milena Kemali e Uja Vota Pinardi, con la collaborazione tecnica di Errico Sada e di Vittorio Guglielmotti. Successivamente Guglielmotti, divenuto ricercatore, diresse il Laboratorio di Neuroanatomia dopo la scomparsa di Milena Kemali, nel 1993. Luigia Cristino, unitasi più tardi al gruppo, mette in evidenza l'importanza del contesto culturale interdisciplinare – che Guglielmotti continuò a promuovere – per l'impostazione e lo studio dei problemi affrontati¹⁸. Un'ampia panoramica del lavoro svolto sul sistema nervoso della rana è offerta dallo *Atlas of the Frog's Brain*.¹⁹ Braitenberg e Cloe Taddei-Ferretti condussero studi sul sistema visivo della mosca, sulle reazioni di questo insetto a stimoli luminosi e, in particolare, sulla reazione di atterraggio indotta dallo stimolo visivo²⁰.

Modelli elettronici

I progetti Educanda e Procuste, ai quali contribuirono vari ricercatori del laboratorio, con la collaborazione tecnica di Mario Saffiotti e di Antonino Pirri, erano specificamente dedicati allo sviluppo di macchine in grado di simulare il comportamento di reti di neuroni biologici. La macchina sviluppata nel quadro del progetto Educanda consisteva di una rete di circa cento neuroni artificiali realizzati con valvole e relè elettromeccanici.

I collegamenti tra neuroni erano realizzati tramite potenziometri che definivano l'architettura della rete. Partendo da vari ingressi esterni e configurazioni delle resistenze, si studiarono sperimentalmente i comportamenti ciclici della rete, detti anche riverberi²¹. Da segnalare anche le indagini implementative sull'apprendimento neurale.

Gambardella e Trautteur – in collaborazione con V.A. Rapisarda dell'Università di Catania e con il supporto dell'ingegnere Saffiotti – utilizzarono delle sinapsi d'argento per sviluppare una realizzazione elettrochimica di connessioni sinaptiche variabili, a imitazione di processi conformi alla legge di apprendimento neurale proposta dallo

18. Cristino, Luigia. 2010. "Riflessioni sulla ricerca biologica in cibernetica. Eredità scientifica e prospettive del Laboratorio di Neuroanatomia." In *Memoria e progetto. Un modello per il Mezzogiorno che serve a tutto il Paese*, a cura di Pietro Greco e Settimo Termini. Monte San Pietro (Bologna): GEM, p. 155.

19. Cfr. Kemali, Milena, e Valentino Braitenberg. 1969. *Atlas of the Frog's Brain*. Berlin-Heidelberg: Springer.

20. Braitenberg, Valentino, e Cloe Taddei Ferretti. 1966. "Landing reaction of *Musca domestica* induced by visual stimuli." *Naturwissenschaften* 53: 155-6. <https://doi.org/10.1007/BF00591892>

21. Cfr. il rapporto di Caianiello, Giuseppe Gambardella, e Giuseppe Trautteur, in "Ricerche teoriche e sperimentali di cibernetica." Cit., pp. 59-61. Si veda a questo proposito anche Gambardella, Giuseppe, e Giuseppe Trautteur. 1966. "Experimental observations of an active small network." *Kybernetik* 3: 8-13.

psicologo Donald Hebb nel 1949²². Da segnalare, inoltre, che lo schema progettuale di Educanda fornì la base per la successiva progettazione di DIANA, una macchina Digiale-ANalogica nella quale le valvole erano state sostituite da transistor (Fig. 2).

Il Laboratorio di Cibernetica presso l'Istituto di Fisica Teorica acquisì tempo-macchina per gli scopi del progetto Educanda dagli impianti IBM – che quest'ultima noleggiava presso l'Italsider di Bagnoli – poiché l'Università di Napoli non aveva ancora un sistema di calcolo adeguato alle necessità del progetto. L'ateneo iniziò ad acquisire rilevanti risorse proprietarie di calcolo digitale proprio in quel periodo: nel 1962 un calcolatore Bendix G-20 fu collocato presso la Facoltà di Ingegneria, seguito poco dopo da un IBM 1620 presso la Facoltà di Scienze matematiche fisiche e naturali²³. La fase sperimentale del progetto Procuste – che riguardava lo sviluppo di una macchina in grado di imparare a riconoscere forme geometriche e linguistiche²⁴ – fu invece avviata in collaborazione con il Centro Studi Calcolatrici Elettroniche (CSCE) dell'Università di Pisa, successivamente trasformato in Istituto di Elaborazione dell'Informazione (IEI)²⁵. (Si veda il contributo “Storia della nascita degli istituti informatici CNR a Pisa” di Domenico Laforenza).

Le attività seminariali e didattiche su tematiche d'ispirazione cibernetica ebbero inizio nel 1958 con le già ricordate lezioni di Wiener, il quale tenne un altro ciclo di lezioni nel 1960²⁶.

La riorganizzazione delle attività didattiche nell'ambito dei corsi di laurea in Fisica favorì l'ulteriore sviluppo della didattica cibernetica a Napoli. Dal 1961 fu possibile introdurre vari indirizzi (generale, didattico e applicativo) all'interno di uno stesso corso di laurea in Fisica. Caianiello colse tempestivamente questa opportunità per accendere l'orientamento cibernetico all'interno dell'indirizzo applicativo del corso di laurea in Fisica dell'Università di Napoli.

Nel 1962 si tenne il corso *Cybernetics of neural processes*, al quale parteciparono come docenti Donald M. MacKay, Gordon Pask e altri cibernetici di primo piano nel panorama internazionale. Gli atti che furono pubblicati nella serie dei Quaderni de

22. Cfr. Gambardella, Giuseppe, V.A. Rapisarda, e Giuseppe Trautteur. 1965. “Electrochemical variable resistors.” *Alta frequenza* 34: 556-9.

23. Cfr. Fadini, Bruno. 2005. *50 anni di informatica nell'Università degli Studi di Napoli*, relazione al Convegno *50 anni di informatica nell'Ateneo Federico II*, svoltosi il 21 dicembre 2005 presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Napoli Federico II, Aula Scipione Bobbio.

24. Cfr. il rapporto di Caianiello e Crocchiolo, in “Ricerche teoriche e sperimentali di cibernetica,” cit., pp. 15-18; Caianiello, Eduardo Renato, e Calogero Crocchiolo, 1966. “Programma ‘procuste’ per l'analisi di linguaggi naturali.” *Calcolo* 3: 83-101, <https://doi.org/10.1007/BF02576744>; Caianiello, Eduardo Renato 1962. “Letto di Procuste.” *Unpublished Lecture Notes*, Naples: University of Naples; Caianiello, Eduardo Renato. 1965. “On the analysis of natural languages.” *Proceedings of the 3rd All Union SSR Congress on Cybernetics*, Odessa.

25. Cfr. Cordeschi Roberto, e Teresa Numerico. 2013. “La cibernetica.” In *Il contributo italiano alla storia del pensiero – Le scienze*. Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana. [https://www.treccani.it/enciclopedia/la-cibernetica_\(Il-Contributo-italiano-alla-storia-del-Pensiero:-Scienze\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/la-cibernetica_(Il-Contributo-italiano-alla-storia-del-Pensiero:-Scienze)/)

26. Cfr. Masani, Pesi Rustom. 1990. *Norbert Wiener 1894-1964*. Basel: Birkhäuser Verlag, p. 373.

La ricerca scientifica del CNR²⁷ contengono anche il testo della prolusione al corso che Wiener tenne con il titolo *The history and prehistory of Cybernetics*. Ancora nel 1962, Wiener tenne un ciclo di lezioni nell'ambito del corso universitario di Cibernetica affidato a Braitenberg²⁸. Gli appunti ciclostilati del corso di Cibernetica per l'anno accademico 1962-1963²⁹ attestano l'ampio spettro di temi trattati nelle lezioni e gli obiettivi formativi di carattere interdisciplinare che le animavano: reti neurali artificiali, cenni di elettrofisiologia delle cellule neurali, cenni di logica e di teoria degli automi, modelli analogici dei neuroni, morfologia dei neuroni, cenni di acustica fisiologica e problemi di percezione della forma nei sistemi biologici e nelle macchine.

Un ulteriore capitolo delle dispense raccoglie gli appunti delle lezioni tenute da Antonino Drago sul problema del riconoscimento automatico di forme.

Insieme al corso di Cibernetica, tenuto da Braitenberg dal 1961 al 1968, e da de Luca fino al 1973, altri insegnamenti di schietta matrice cibernetica furono inseriti nel corso di laurea in Fisica della Facoltà di Scienze matematiche fisiche e naturali.

Tra questi, il corso di Teoria dell'informazione tenuto inizialmente da Della Riccia – al quale subentrò Trautteur – e il corso di Calcolo operativo inizialmente tenuto da Lauria. Drago tenne il corso di Teoria degli automi dal 1964 al 1967. Indice di un forte interesse per le soggiacenti problematiche metodologiche ed epistemologiche è l'attivazione di un insegnamento di Epistemologia nell'ambito del corso di perfezionamento in fisica, che lo stesso Drago tenne negli anni 1968-1973.

Pantaleo Aloisio, successivamente incaricato del corso di Logica matematica, tenne inizialmente vari seminari sulla teoria della calcolabilità, sulla logica matematica e sui teoremi limitativi di indecidibilità e incompletezza.

Le relazioni tra reti neurali, automi finiti, sistemi logici e macchine di Turing furono al centro delle problematiche scientifiche trattate nel corso sulla teoria degli automi *First Course on Automata Theory* che – organizzato e diretto da Caianiello nel quadro istituzionale della *International School of Physics* – si tenne a Ravello dal 14 al 30 giugno del 1964.

Nella prefazione al volume che raccoglie i contributi dei numerosi relatori, Caianiello evidenziò la crescente importanza delle ricerche sugli automi per vari settori scientifici: logica, linguistica, elettronica, programmazione di sistemi informatici e robotici, ma anche neurofisiologia e studi più propriamente cibernetici, in quanto rivolti allo sviluppo di modelli teorici del sistema nervoso sotto forma di automi astratti³⁰.

La lista dei docenti e degli argomenti trattati offre una vivida testimonianza della grande qualità scientifica della scuola di Ravello, del suo carattere innovativo sul piano

27. Cfr. *Cybernetics of neural processes. Course held at the Int. School of Physics*, a cura di Eduardo Renato Caianiello, *Quaderni de “La ricerca scientifica”* 31, 1965. Sponsorizzato dalla NATO all'Istituto di Fisica Teorica dell'Università di Napoli (26 aprile-13 maggio 1962).

28. Cfr. Cordeschi Roberto, e Teresa Numerico. 2013. cit.; Montagnini, Leone. 2017. *Harmonies of disorder, Norbert Wiener philosopher-scientist*. Cham: Springer.

29. Cfr. Braitenberg, Valentino. 1962. *Appunti del corso di Cibernetica per l'anno accademico 1962-63*, ciclostilato. Napoli: Università di Napoli.

30. Caianiello, Eduardo Renato, cur. 1966. *Automata Studies*. New York: Academic Press, pp. VII-VIII.

della ricerca internazionale e del suo ruolo di stimolo creativo per i giovani studiosi che la frequentarono. (Si veda il contributo “Informatica teorica in Italia: origini e primi approcci” di Giorgio Ausiello). Martin Davis presentò alcuni dei suoi risultati sulle relazioni tra equazioni diofantee e insiemi ricorsivamente enumerabili che sono stati decisivi per arrivare alla soluzione negativa del decimo problema di Hilbert fornita da Yuri Matiyasevich nel 1970; Michael Rabin illustrò risultati recenti e problemi aperti della nascente teoria degli automi probabilistici; Claude Berge, Marcel-Paul – più familiarmente noto a molti come Marco – Schützenberger e Maurice Nivat presentarono risultati e problemi aperti della teoria dei codici e dei linguaggi formali; John Holland descrisse una cornice formale per lo studio dei sistemi adattativi che pose le basi per la sua teoria degli algoritmi genetici; Julius Richard Büchi sviluppò un approccio algebrico allo studio matematico del feedback nei sistemi discreti deterministici; Michael Arbib affrontò problemi di complessità delle dimostrazioni formali legati alla nascente teoria della complessità di Manuel Blum; Corrado Böhm e Wolf Gross presentarono un linguaggio funzionale di programmazione – battezzato CUCH, da Curry e Church – che essi avevano sviluppato l’anno precedente sulla base dei combinatori di Haskell Curry e del lambda calcolo di Alonzo Church (si veda il capitolo “Informatica teorica” di Giorgio Ausiello); Jack Cowan analizzò il problema – di cruciale importanza per l’elettronica e le architetture dei calcolatori – di sintetizzare sistemi computazionali affidabili partendo da componenti che possono incorrere in vari tipi di malfunzionamenti e guasti.

Molti anni più tardi, nel 2006, Martin Davis sottolineò il carattere innovativo di una delle idee portanti della scuola di Ravello:

Eduardo Caianiello recognized, earlier than most, the rich interconnections between the study of theoretical models of computation and their physical implementation. In 1964 he organized a now famous conference in Ravello bringing together a number of researchers from varied disciplines to facilitate this interaction. I feel honored to have been a participant³¹.

Ma all’idea evidenziata da Martin Davis – di promuovere le interazioni tra gli studi di informatica teorica e l’implementazione fisica dei modelli di computazione – si affiancava l’idea portante del collegamento tra informatica teorica e modelli biologici.

A Ravello il neurofisiologo Warren McCulloch – che circa venti anni prima aveva introdotto insieme a Walter Pitts il primo modello matematico di neurone – presentò un modello *in nuce* della porzione del tronco encefalico, nota come formazione reticolare, utilizzando il formalismo degli automi finiti.

Se la scuola di Ravello del 1964 è ancora ricordata per l’alto livello dei contributi e per il suo carattere fortemente innovativo, ciò è dovuto anche alla straordinaria capacità del suo direttore di promuovere gli scambi scientifici internazionali nei vari settori di ricerca collegati al progetto cibernetico.

31. Davis, Martin. 2006. “Computability, Computation and the Real World.” In *Imagination and Rigor*, cit., pp. 63-70. Per il brano citato, vedi p. 63.

Per gli impegnativi aspetti organizzativi a sostegno degli scambi scientifici, nonché delle scuole e dei corsi di argomento cibernetico, Caianiello si avvale soprattutto della valida collaborazione di Annamaria Mazzarella Hilliard. Con il suo supporto organizzativo, nel 1967, a Ravello fu organizzata un’altra notevole scuola internazionale sulle reti neurali nei cui atti³² figurano contributi di vari membri del gruppo di Cibernetica (Braitenberg, Caianiello, de Luca, Ricciardi).

Nello stesso tempo, fu compiuto un notevole sforzo per arricchire e tenere costantemente aggiornata la biblioteca dell’Istituto di Fisica Teorica con le principali pubblicazioni internazionali nel campo della cibernetica e in settori affini. Contatti interdisciplinari furono stabiliti anche localmente, arrivando a coinvolgere studiosi di area umanistica, come nel caso del Laboratorio di Glottologia, gestito da Guglielmo Felsani e diretto da Nullo Minissi, docente presso l’Istituto Universitario Orientale di Napoli. Quest’ultimo collaborò con Trautteur e altri ricercatori del Laboratorio di Cibernetica su alcuni problemi di elaborazione del linguaggio naturale.

Le attività di ricerca e d’insegnamento che si svilupparono nella cornice interdisciplinare della cibernetica favorirono un clima di collaborazione e di intenso scambio tra studiosi diversi per formazione, ma animati da obiettivi convergenti. Aldo de Luca così ricorda il clima di confronto aperto e appassionato di quegli anni:

L’atmosfera era bellissima ed estremamente stimolante; ricordo gli incontri che avvenivano quasi tutti i mercoledì alla Villa Virgiliana, una villa di Cuma prossima all’Antro della Sibilla, dove si andava verso le tre del pomeriggio: non c’era nessuno, solo la lavagna e una stufa perché d’inverno faceva molto freddo; verso le 5 si sentiva suonare un gong e trovavamo su un tavolo del salotto il tè servito da un fantomatico cameriere. Il dibattito era libero e aperto, su problemi che andavano da modelli neurologici a problemi di matematica molto sottili e impegnativi³³.

L’Istituto di Cibernetica: dalle ricerche interdisciplinari alla multidisciplinarietà

Nel 1968 fu fondato il Laboratorio di Cibernetica, una struttura del CNR separata e autonoma rispetto all’Università che fu in seguito denominata Istituto. La nuova struttura fu ospitata in una sede provvisoria ad Arco Felice (una frazione del comune di Pozzuoli in provincia di Napoli).

Fu trasferita nel nuovo laboratorio anche la maggior parte delle persone che precedentemente svolgevano attività di ricerca cibernetica presso l’Istituto di Fisica Teorica dell’Università di Napoli.

32. Cfr. Caianiello, Eduardo Renato, cur. 1968. *Neural networks. Proceedings of the School on Neural Networks*. New York: Springer.

33. de Luca, Aldo. 2010. “Eduardo Caianiello e la nascita a Napoli di una ricerca interdisciplinare.” In *Memoria e progetto. Un modello per il Mezzogiorno che serve a tutto il Paese*, a cura di Pietro Greco, e Settimo Termini, Monte S. Pietro (Bologna): GEM, p. 34.

All'Istituto di Fisica Teorica rimase Trautteur al quale si affiancò Lauria, tornato all'Università dopo alcuni anni di lavoro presso la nuova struttura di Arco Felice.

Trautteur e Lauria formarono il nucleo di un gruppo che man mano spostò i propri temi di ricerca prevalentemente verso l'IA simbolica: dalle logiche per la rappresentazione e l'elaborazione della conoscenza ai linguaggi di programmazione per l'IA, fino alla replicazione algoritmica di capacità riflessive e di altre caratteristiche della coscienza umana nei sistemi dell'IA³⁴. (Si veda il contributo "Intelligenza artificiale, rappresentazione della conoscenza" di Luigia Carlucci Aiello).

Caianiello diresse il laboratorio dalla sua fondazione e fino al 1976. Una novità da lui introdotta fin dalla nascita del laboratorio fu la costituzione di un *Advisory Board*, prevalentemente formato da personalità scientifiche che erano state in contatto con il gruppo di Cibernetica presso l'Istituto di Fisica Teorica dell'Università di Napoli, come Donald McKay, Gordon Pask, Marco Schützenberger, Giuliano Toraldo di Francia, Bela Julesz. L'*Advisory Board* aveva lo scopo di suggerire nuove direzioni per le ricerche condotte localmente e avrebbe dovuto riunirsi solo un paio di volte all'anno.

Le sue funzioni non coincidevano con quelle del consiglio scientifico del laboratorio, il quale era organo ufficiale del CNR, con il compito di valutare i risultati delle ricerche svolte, di esprimersi sulle nuove linee di ricerca proposte e di riferire al Comitato Fisica cui il laboratorio faceva riferimento. L'*Advisory Board* aveva invece il compito di stimolare un *brainstorming* collettivo, mettendo in relazione le ricerche locali con le tendenze che andavano affermandosi nel contesto scientifico internazionale. Nonostante il loro carattere informale e sporadico, le riunioni dell'*Advisory Board* ebbero un impatto fecondo: i ricercatori più giovani del laboratorio entrarono in contatto con tematiche di frontiera in un contesto di *brainstorming* dinamico e produttivo con protagonisti di alto livello della ricerca internazionale.

Il programma di ricerca di Caianiello e la sua visione epistemologica (fisicocentrica, seppure nel quadro marcatamente interdisciplinare richiesto dalla cibernetica) indirizzarono, inizialmente, le scelte e le attività della nuova struttura. Fu così riproposta l'articolazione in tre reparti: teorico, di neuroscienze ed elettronico³⁵.

Il reparto teorico si ramificava su diverse tematiche di ricerca e nella visione di Caianiello costituiva il centro di elaborazione di idee teoriche, mentre gli altri reparti avrebbero dovuto avere prevalentemente ruoli di stimolo euristico all'attività teorica, di supporto sperimentale o di realizzazione ingegneristica. Il reparto di neuroanatomia fu affidato a Francesco Lauria, dopo la partenza di Valentino Braitenberg, il quale fu chiamato nel 1968 a dirigere il Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik di

34. Trautteur, Giuseppe, cur. 1999. *Consciousness. Distinction and reflection*. Napoli: Bibliopolis; Cordeschi, Roberto, Guglielmo Tamburrini, e Giuseppe Trautteur. 1999. "The notion of loop in the study of consciousness". In: *Neuronal Bases and Psychological Aspects of Consciousness*, a cura di Cloe Taddei-Ferretti e Carlo Musio. Singapore, London: World Scientific: 524-540.

35. È, purtroppo, impossibile fornire una documentazione dettagliata di questi sviluppi, poiché l'Archivio dell'Istituto è andato disperso in occasione del trasferimento di sede da Arco Felice a Pozzuoli, nei locali della fabbrica modello, con vista su Capri, Capo Miseno e tutto il golfo di Pozzuoli, voluta negli anni Cinquanta da Adriano Olivetti e progettata da Luigi Cosenza per inserirsi in modo armonioso nel paesaggio dei Campi Flegrei.

Tubinga. Come vedremo, le attività del reparto rimarranno particolarmente sensibili agli aspetti informativi, se non proprio informatici, della biologia. Il reparto elettronico, la cui direzione venne affidata a Stefano Levialdi, fu inizialmente caratterizzato, anche nel nuovo contesto del CNR, dalla progettazione di macchine per simulare le proprietà funzionali dei modelli teorici.

Il reparto elettronico subì le trasformazioni più rapide rispetto alla configurazione iniziale impressa da Caianiello anche a causa degli sviluppi impetuosi delle tecnologie hardware che si avvicendarono fin dagli anni Settanta del secolo scorso. Si partì dai progetti implementativi ricordati nella sezione precedente. Lo schema progettuale di Educanda fornì la base per realizzare DIANA. La macchina DIANA fu costruita nel 1969-1970, da un gruppo di cui facevano parte, oltre a Levialdi, Ernesto Burattini e Fortunato Marciano, con la collaborazione tecnica di Antonino Pirri. Di DIANA rimane purtroppo soltanto una foto, come ricorda Burattini descrivendo il lavoro svolto nei primissimi anni del laboratorio:

[...] l'aspetto più interessante di quegli anni era l'essere indotti a discutere, confrontarsi, tentare di collaborare tra ricercatori di estrazione culturale tanto diversa. In quello stesso periodo ebbi modo di collaborare, con altri colleghi, alla progettazione e realizzazione di una rete neurale hardware chiamata DIANA (di cui in Fig. 2, in alto, è riportata l'unica testimonianza rimasta: una sola foto! Questa rete era costituita da 80 neuroni, in basso, è riportato un esemplare, rispondenti al modello di Caianiello)³⁶.

L'attività di costruzione in proprio di dispositivi hardware non continuò a lungo a fronte dei costi da affrontare per dotarli di un numero crescente di neuroni e alla luce delle nuove alternative offerte dalle simulazioni software da far girare su sistemi hardware commerciali. E nemmeno furono sviluppate le idee interessanti che emersero in quel periodo – e che sono state perseguite in tempi più recenti – di sviluppare sistemi ibridi di calcolo basati su dei *biochip*.

Con il declino dei compiti costruttivi originariamente assegnati al reparto elettronico, cambiarono anche le attività svolte dai ricercatori a esso afferenti.

Ernesto Burattini iniziò a occuparsi, insieme ad Aldo Aiello, dell'analisi teorica dei comportamenti ciclici (riverberi) delle reti neurali³⁷, per poi passare a problemi di complessità computazionale e infine, nel corso degli anni Ottanta, di Intelligenza Artificiale (IA) simbolica e di sistemi esperti.

Con l'approdo di Burattini all'IA simbolica acquisirono nuovo vigore gli studi sulla logica e sulle sue applicazioni alla rappresentazione e all'elaborazione della conoscenza.

È opportuno ricordare, a questo proposito, che la logica rivestiva sì un ruolo significativo per il programma di ricerca cibernetico di Caianiello, ma in definitiva

36. Burattini, Ernesto. 2010. "Memoria e progetto." In *Memoria e Progetto*, cit., p. 70.

37. Si veda, a titolo di esempio, Aiello, Aldo, Ernesto Burattini, e Eduardo Renato Caianiello. 1970. "Synthesis of reverberating neural networks." *Kybernetik* 7: 191-5.

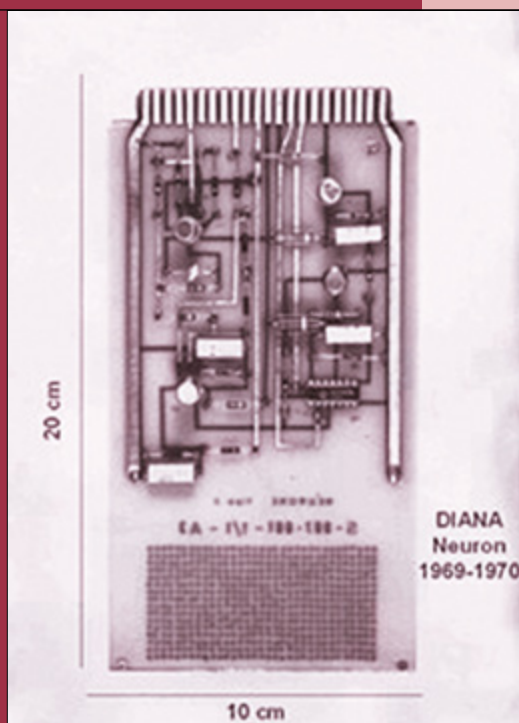
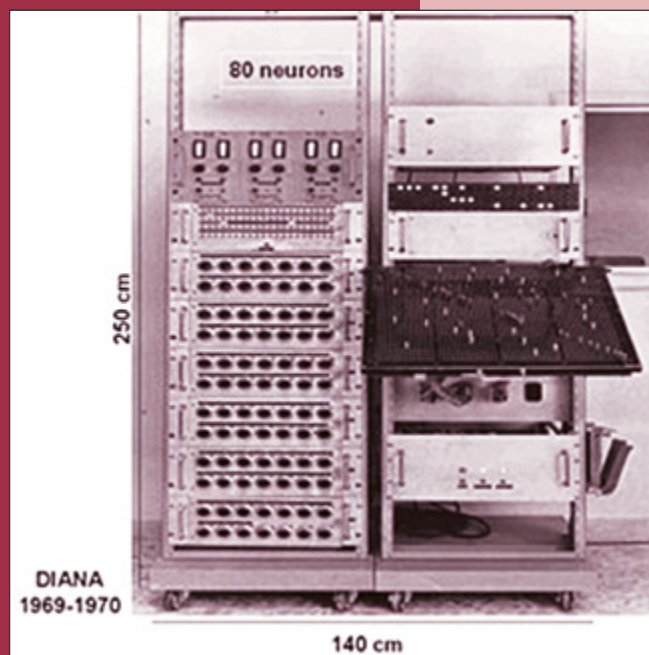


Fig. 2 Foto della macchina DIANA e dell'implementazione di uno dei suoi neuroni artificiali. (1972, archivio personale degli autori).

si trattava di un ruolo periferico e poco articolato. Il modello logico di neurone sviluppato da Warren McCulloch e Walter Pitts era stato un antecedente storicamente e concettualmente importante per l'equazione neuronica di Caianiello.

Testimoniano il perdurante interesse di Caianiello per la logica sia l'invito rivolto a Ettore Casari – che tenne agli inizi degli anni Sessanta un ciclo di lezioni sulle funzioni ricorsive e sulla teoria della calcolabilità presso l'Istituto di Fisica Teorica – sia l'arrivo nel laboratorio del logico Giorgio Germano, con il quale Caianiello entrò in contatto per il tramite dello stesso Casari.

Germano rimase, per Caianiello, un punto di riferimento importante, libero di svolgere attività di ricerca anche non strettamente collegate con quanto si faceva nel resto del laboratorio.

Analogamente, Andrea Maggiolo Schettini era stato voluto da Caianiello per la sua esperienza di programmazione. Entrambi iniziarono a collaborare sui modelli di calcolo con il reparto teorico, svolgendo un ruolo significativo anche per la nascita del nuovo corso di laurea di Scienze dell'informazione all'Università di Salerno (il secondo sorto in Italia dopo quello di Pisa) prima di trasferirsi entrambi all'Università di Pisa.

In maniera ancora più naturale e graduale si svilupparono dall'interno del Reparto di Elettronica nuove attività nel campo dell'analisi di immagini. La loro identità autonoma fu acquisita man mano, coagulandosi intorno al gruppo di ricerca Analisi di immagini, ma partendo da attività interdisciplinari svolte in precedenza e in continuità con esse.

Per questo motivo, le ricerche del gruppo Analisi di immagini si inseriscono a buon diritto tra le attività storiche dell'Istituto di Cibernetica. A questo proposito, Levaldi ha ricordato che alle origini del nuovo settore di ricerca vi furono i tentativi di costruire, in base alle equazioni neurali di Caianiello, dei dispositivi elettronici in grado di simulare le attività umane di riconoscimento di forme, di apprendimento e di memoria associativa³⁸.

Agli inizi degli anni Settanta, il gruppo Analisi di immagini – del quale facevano parte, in ordine alfabetico, Carlo Arcelli, Luigi P. Cordella, Stefano Levaldi e Gabriella Sanniti di Baja – si rivolse allo sviluppo pionieristico di hardware per l'elaborazione parallela di immagini³⁹.

Tramite Levaldi, il gruppo era in contatto con Michael Duff dell'University College di Londra e contribuì a progettare in collaborazione i primi elaboratori in parallelo CLIP (Cellular Logic Image Processors) di tipo SIMD (Single Instruction, Multiple Data) costituiti da vari processori che eseguono la stessa istruzione contemporaneamente su dati diversi.

Furono sviluppati, allo stesso tempo, algoritmi di elaborazione di immagini adatti a essere implementati su quell'architettura⁴⁰.

38. Levaldi, Stefano. 2010. "Ricordi del Laboratorio di Cibernetica di Napoli." In *Memoria e Progetto*, cit., p. 41.

39. Queste notizie sono tratte dal contributo, a cui si rinvia per maggiori dettagli, Frucci, Maria, Giuliana Ramella, Gabriella Sanniti di Baja, e Luca Serino. 2010. "Visione artificiale." In *Memoria e Progetto*, cit., 93102.

40. Cordella, Luigi P., Michael J.B. Duff e Stefano Levaldi. 1977. "Thresholding: a Challenge for Parallel Processing." *Computer Graphics and Image Processing* 6: 207-20; Cordella, Luigi P., Michael J.B. Duff and Stefano Levaldi. 1978. "An Analysis of Computational Cost in Image Processing." *IEEE Trans. on Computers*, C-27 (10): 904-10.

Inoltre, furono realizzati alcuni tra i primi algoritmi di *shrinking* parallelo per immagini bidimensionali e il primo algoritmo di *shrinking* parallelo in tre dimensioni, utili nel contesto del conteggio del numero di oggetti presenti in una scena⁴¹.

Un altro contributo significativo in questo stesso ambito ha riguardato lo sviluppo di metodiche per l'estrazione di caratteristiche geometriche quali area, perimetro e concavità in immagini bidimensionali. Nei primi anni Settanta del secolo scorso, inoltre, fu realizzato uno tra i primi sistemi di acquisizione di immagini (Video Image Processor, VIP) basato su telecamera analogica e un opportuno sistema per il campionamento del segnale.

Una scelta metodologica significativa del gruppo Analisi di immagini fu quella di non ricorrere a strumenti matematici che prevedevano una trasformazione dell'immagine originale – necessariamente digitale – in forma analogica e la successiva trasformazione del risultato dell'elaborazione continua in digitale, al fine di poter visualizzare il risultato sotto forma di immagine.

Tutte le elaborazioni furono portate avanti direttamente sull'immagine digitale, utilizzando operatori che coinvolgevano un numero limitato di elementi dell'immagine. Questa scelta comportò il dover lavorare con una matematica e degli algoritmi esclusivamente di tipo discreto, con le difficoltà che ne conseguivano. Infatti, molti concetti elementari o problemi di facile soluzione nel continuo non sono immediatamente estendibili in un contesto discreto. Per questo motivo una parte dell'attività di ricerca fu rivolta allo studio della geometria e della topologia nel discreto.

Nell'ambito del reparto teorico continuò lo studio delle reti neurali, segnato però da uno spostamento di interesse verso modelli più aderenti alla realtà biologica. Luigi Maria Ricciardi iniziò a interessarsi ad aspetti probabilistici della modellistica neurale, instaurando intense collaborazioni con gruppi di ricerca dell'University of Chicago (Illinois, USA) e acquisendo visibilità internazionale nel campo dei metodi matematici applicati alla biologia. Nel 1976 lasciò il Laboratorio di Cibernetica dopo aver vinto una cattedra universitaria che lo portò prima a Torino, poi a Salerno e infine all'Università Federico II di Napoli come titolare dell'insegnamento di Teoria della probabilità.

Nello sviluppo di modelli più realistici delle reti di neuroni biologici, Ricciardi fu affiancato fin dal 1969 da Francesco Ventriglia, il quale si interessò di modelli che riflettono aspetti statistici del comportamento individuale e collettivo dei neuroni biologici. Ventriglia arrivò a elaborare alcuni modelli cinetici di attività cerebrali su larga scala, utilizzando simulazioni computazionali per prevedere il comportamento di popolazioni di neuroni e per formulare ipotesi sul collegamento tra il comportamento simulato e fenomeni cognitivi come l'attenzione e i suoi effetti sulla memoria⁴².

41. Arcelli, Carlo, e Stefano Levialdi. 1972. "Parallel shrinking in three dimensions." *Comput. Graph. Image Process.* 1 (1): 21-30.

42. Ventriglia, Francesco. 1974. "Kinetic approach to neural systems." *Bull Math Biol* 36: 534-44. Per sviluppi successivi, si veda anche Ventriglia, Francesco. 1990. "Activity in cortical-like neural systems: short-range effects and attention phenomena." *Bull Math Biol* 52: 397-429.

Nel reparto di neuroscienze⁴³, Taddei-Ferretti continuò gli studi sui meccanismi neurali della reazione di atterraggio della mosca e avviò lo studio dei meccanismi neurali coinvolti nella risposta agli stimoli luminosi dell'*hydra*, il più semplice (animale) metazoo in cui compaia un sistema nervoso organizzato a forma di rete senza presentare un cervello anatomicamente riconoscibile. Le ricerche sull'*hydra* proseguirono in collaborazione con Santi Chillemi e il supporto tecnico di Antonio Cotugno; successivamente con Carlo Musio⁴⁴, Silvia Santillo e altri.

Paola Pierobon condusse attività sperimentali sull'*hydra* interessandosi allo studio di caratteristiche e modalità della neurotrasmissione in questo organismo modello. Inoltre, Pierobon era stata incaricata da Caianiello di studiare la fattibilità di un progetto visionario per lo sviluppo di un sistema di calcolo interamente costituito da una rete di neuroni biologici. I neuroni della rete avrebbero dovuto apprendere a eseguire varie funzioni logiche e aritmetiche. Scherzosamente indicato come il "calcolatore con i neuroni di pollo", il progetto si scontrò subito con i limiti delle tecnologie all'epoca disponibili⁴⁵.

Nel contesto di un contributo alla storia dell'informatica in Italia, è anche opportuno menzionare che Cordella⁴⁶, membro del gruppo Analisi di immagini, partecipò alle prime fasi di questa attività di ricerca neurobiologica.

Vi furono altri esempi di dialogo interdisciplinare e collaborazione occasionale che interessarono gli informatici del laboratorio senza tuttavia comportare un cambiamento permanente negli interessi di ricerca delle persone coinvolte⁴⁷.

Il clima culturale della cibernetica continuò a lungo a favorire, nel laboratorio, la collaborazione su problemi scientifici che si collocavano ai confini e al di fuori dei problemi caratterizzanti dei singoli settori di indagine allora attestati nella tradizione scientifica. Ma non sempre ciò avvenne nella direzione auspicata da Caianiello di un circolo virtuoso e unificante tra le varie anime del suo progetto cibernetico.

43. Che dopo poco tempo si articolò in più gruppi e dal quale, poi, gemmò il nuovo reparto di Sistemi cellulari.

44. Musio fu poi eletto, nel 2012, Presidente della SIBPA – Società Italiana di Biofisica Pura e Applicata.

45. "The problem was not at all easy to solve for at least two reasons: (1) these nerve cells not only had to be viable, but should also be prone to learn performing logical (mathematical) tasks in response to nonbiological instructions, and therefore had to be trained to the purpose and (2) studies and methods for keeping cells alive outside their native organs/tissues had been developed with success but only for dividing cells. Neurons are adult cells that differentiate from embryonic precursors, the neuroblasts, and stop dividing upon attainment of the differentiated state (the discovery of tissue-specific stem cells, including nerve cells, is present knowledge). The first successful reports of cultured neuroblasts appeared in the early sixties. The protocol required: collagen extracted from rat tails, fetal calf serum (alternatively, serum from human umbilical cords), chicken homogenates and, for good measure, NGF extracted from snake salivary gland venom. All these ingredients were not yet commercially available and had to be collected, prepared and sterilized in the lab, as well as the salt and nutrient solutions. Needless to say, chick embryos also had to be collected in the form of fertilized eggs from astonished local farmers and scrupulously nursed in the lab till ready for use [...]" Paola Pierobon, personal communication, In *Imagination and Rigor*, cit., p. 166.

46. Si veda, per esempio, Taddei-Ferretti, Cloe, e Luigi P. Cordella. 1975. "Modulation of Hydra attenuated rhythmic activity. I Photic stimulation." *Archives Italiennes de Biologie* 113: 107-121.

47. Arcelli Carlo, e Antonio Massarotti. 1973. "A geometric synthesis method to realize a switching function." *Kybernetik* 13: 155-163.

A partire da riflessioni critiche sulla reale portata del ruolo unificante del paradigma cibernetico e da un bilancio *in itinere* del lavoro svolto, cominciò a delinearsi – già dall’inizio degli anni Settanta – la trama di nuove attività di ricerca su temi emergenti a livello internazionale e inglobati nel settore scientifico che in quegli stessi anni venne denominato informatica teorica. Accelerò questo processo il soggiorno di Marco Schützenberger, fortemente voluto dallo stesso Caianiello, come *visiting scholar* nel periodo 1972-73⁴⁸.

Con la sua attiva, assidua e stimolante presenza, Schützenberger promosse l’autonomia scientifica di molti giovani ricercatori e la loro interazione con gruppi di ricerca a livello internazionale – senza più ricorrere alla mediazione di un programma cibernetico e, in molti casi, alla mediazione personale dello stesso Caianiello.

Le nuove linee di ricerca più direttamente influenzate da Schützenberger si collocano nel campo della teoria degli automi e dei linguaggi formali, della teoria algebrica dei codici e della combinatoria delle parole. Un protagonista di primo piano di questo nuovo sviluppo fu Aldo de Luca, fisico di formazione, che aveva lavorato sulle proprietà delle reti neurali prima di occuparsi di problemi teorici dell’informatica. Nel 1981 de Luca si trasferì, come professore ordinario di Algebra Superiore, all’Università di Napoli dove alcuni dei suoi risultati, ottenuti alla fine degli anni Settanta, apparvero di interesse per le ricerche del gruppo di algebristi guidato da Mario Curzio al Dipartimento di Matematica “Renato Caccioppoli”⁴⁹.

Questo ulteriore percorso di dialogo e collaborazione con i matematici aveva preso le mosse da un convegno internazionale su problemi di natura squisitamente matematica organizzato dallo stesso de Luca.

Il convegno si tenne dal 24 al 27 luglio 1978 e raccolse matematici con interessi scientifici diversificati ma convergenti sul tema delle strutture non commutative.

Schützenberger (con Alain Lascoux) introdusse in quell’occasione una nuova struttura algebrica che generalizza l’algebra dei tableaux di Donald Knuth. Chiamata monoide a placche, la nuova struttura fu suggestivamente indicata da Schützenberger come una delle due “mammelle”, insieme al monoide sintattico, dell’informatica teorica.

Per tutta la vita, de Luca mantenne una strettissima collaborazione con quello che già intorno alla metà degli anni Settanta aveva cambiato il suo nome da Laboratorio di Cibernetica in Istituto di Cibernetica, ed era diventato una struttura stabile del CNR.

Tra i numerosi risultati ottenuti da de Luca⁵⁰, ci limitiamo qui a ricordare l’articolo del 1992 *On noncounting regular classes* con Stefano Varricchio, nel quale viene risolta una congettura formulata nel 1969 da Janusz Brzozowski; l’articolo del 1997 *Sturmian words: structure, combinatorics, and their arithmetics*⁵¹, che fornisce la base per originali sviluppi ed

48. Come già ricordato, Schützenberger era stato uno dei protagonisti della scuola di Ravello ed era membro dell’Advisory Board del Laboratorio di Cibernetica.

49. Nei successivi passaggi di sede universitaria, fu prima alla Sapienza come professore di Informatica teorica e poi ancora all’Università di Napoli, che nel frattempo era stata rinominata Università di Napoli Federico II.

50. Wikipedia.fr alla voce Aldo de Luca: https://fr.wikipedia.org/wiki/Aldo_de_Luca

51. *Theoretical Computer Science* 183(1):45-82 DOI 10.1016/S0304-3975(96)00310-6

estensioni della teoria delle parole chiamate “sturmiane”⁵²; e infine l’articolo del 2001 *Words and special factors*⁵³, che introduce un nuovo approccio allo studio della combinatoria delle parole mediante parametri che tengono conto della loro struttura ripetitiva. Quest’ultimo lavoro è a firma congiunta con Arturo Carpi, suo allievo e ricercatore dell’Istituto di Cibernetica dal 1989 fino al 2001, poi all’Università di Perugia, prima come professore associato e poi come ordinario dal 2007.

L’Istituto di Cibernetica dette un impulso particolarmente significativo allo sviluppo delle ricerche sulla combinatoria delle parole e della teoria dei codici, in Italia. Questi temi caratterizzavano una delle sette aree di ricerca inserite nel Progetto Nazionale Algoritmi, Modelli di Calcolo e Strutture Informative, che si svolse nel triennio 1991-93 con il coordinamento di Giorgio Ausiello (si veda il capitolo “Teoria della computazione e algoritmi” di Fabrizio Luccio).

Tra i protagonisti delle ricerche in quest’area ricordiamo Antonio Restivo, laureatosi in fisica a Palermo e presente nel laboratorio dal 1970. Restivo fu inizialmente coinvolto nel progetto Procuste per lo sviluppo di algoritmi di riconoscimento di strutture linguistiche. Il dialogo con Schützenberger lo aiutò a risolvere una questione di teoria degli automi posta da Robert McNaughton e Seymour Papert⁵⁴ iniziando così una feconda attività di ricerca in questo campo. Di ritorno all’Università di Palermo già nel 1976 – e come professore ordinario dal 1981 – Restivo vi creò un gruppo di ricerca di Informatica teorica in stretto collegamento con la scuola francese.

Al progetto Procuste⁵⁵, dopo la creazione del laboratorio, oltre allo stesso Caianiello, aveva lavorato principalmente Renato Capocelli, il quale seguì Ricciardi all’University of Chicago (IL, USA), ritornando poi in Italia come professore ordinario di Informatica all’Università di Salerno, dove dette impulso alla costituzione del Dipartimento di Informatica, passando infine all’Università di Roma, La Sapienza.

Procuste era un progetto di ampio respiro che comportava, nella visione di Caianiello, lo studio dell’organizzazione gerarchica dei linguaggi naturali, in un quadro concettuale riferibile alla teoria generale dei sistemi, come caso specifico dell’organizzazione gerarchica di sistemi complessi di natura biologica o sociale⁵⁶. Nei primi anni Settanta, Caianiello studiò l’organizzazione gerarchica dei sistemi introducendo anche – come un

52. Anche a lui si deve l’importante panoramica sull’argomento: Berthé, Valérie, Aldo de Luca, and Christophe Reutenauer. 2008. “On an involution of Christoffel words and Sturmian morphisms.” *European Journal of Combinatorics* 29 (2): 535-53, DOI 10.1016/j.ejc.2007.03.001

53. *Theoretical Computer Science* 259(1-2): 145-182 DOI 10.1016/S0304-3975(99)00334-5

54. Restivo, Antonio. 1973. “On a question of McNaughton and Papert.” *Information and Control* 25 (1): 93-101. Si veda, anche, il suo “Dal progetto Procuste alle ricerche sui linguaggi formali.” In *Memoria e Progetto*, cit., 37-40.

55. Caianiello, Eduardo Renato. 1969. “The ‘Procrustes program’ for the analysis of natural languages.” In *Automatic interpretation and classification of images*, a cura di Antonio Grasselli. New York: Academic Press.

56. Caianiello, Eduardo Renato, e Renato Capocelli. 1971. “On form and language: The Procrustes algorithm for feature extraction.” *Kybernetik* 8: 223-33.

“gioco matematico” – *a calculus for hierarchical systems*⁵⁷ successivamente indicato come *C-calculus*.

Questa linea di ricerca, iniziata in assenza di collaborazioni con altri ricercatori del laboratorio, fu ulteriormente sviluppata da Caianiello dopo averne lasciato la direzione.

Furono elaborati, nel corso degli anni Ottanta e in collaborazione con vari ricercatori esterni al laboratorio, modelli di sistemi complessi gerarchici, auto organizzati e modulari⁵⁸ con possibili applicazioni che spaziavano dai sistemi monetari alle architetture per l'elaborazione parallela delle immagini a diversi livelli di risoluzione⁵⁹ (si veda il contributo “Elaborazione di immagini, riconoscimento di forme e Computer Vision” di Virginio Cantoni e Gian Luca Foresti).

Già nel 1969 cominciarono ricerche pionieristiche nel settore dei *fuzzy sets*⁶⁰, a soli quattro anni di distanza dalla pubblicazione dell'articolo di Lotfi Zadeh che ha introdotto quest'idea. Anche queste ricerche furono stimulate direttamente da Caianiello il quale, di ritorno da un viaggio, riferì di avere ascoltato da Zadeh una nuova interessante idea, fornendo anche molti dettagli a voce ma affermando, nel suo caratteristico stile, di non aver letto l'articolo, e limitandosi ad accennare che doveva essere apparso «qualche anno prima» nella rivista *Information and Control*. Una ricerca nella fornitissima biblioteca del laboratorio fornì senza troppe difficoltà il risultato cercato.

Utilizzando anche concetti della teoria dell'informazione, Aldo de Luca e Settimo Termini svilupparono una teoria delle misure di entropia dei *fuzzy sets* o “misure di fuzziness”. Il loro primo lavoro⁶¹ in questo campo ha avuto più di tremila citazioni, alcune anche in anni recenti a distanza di cinquant'anni e più dalla sua pubblicazione.

57. Caianiello, Eduardo Renato. 1973. “A calculus of hierarchical systems.” In *Proc. 1st Int. Congress on Pattern Recognition*, Washington D.C.

58. Caianiello, Eduardo Renato. 1977. “Some remarks on organization and structures.” *Biol. Cybernetics* 26: 151-8; Apostolico, Alberto, Eduardo Renato Caianiello, Enrico Fischetti, e Sergio Vitulano. 1978. “C-calculus: an elementary approach to some problems in pattern recognition.” *Pattern Recognition* 10: 375-387; Caianiello, Eduardo Renato, A. Gisolfi e Sergio Vitulano. 1979. “A technique for texture analysis using C-Calculus.” *Signal Processing* 1-14; Caianiello, Eduardo Renato, e Aldo Ventre. 1985. “A Model for C-Calculus.” *International Journal of General Systems* 11 (2): 153-161; Caianiello, Eduardo Renato, e Lu Huimin. 1984. “A new approach to some problems of cell motion analysis based on C-Calculus.” In *Proceedings of the Amalfi Meeting on General Theory of Structure*, Caianiello, Eduardo Renato, M. Marinaro, G. Scarpetta and G. Simoncelli. 1987. “Structure and Modularity in self-organizing complex systems.” In *Topics in the general theory of structures*, a cura di Eduardo Renato Caianiello e M. A. Aizerman. Dordrecht: Reidel, 5-57.

59. Si veda Cantoni Virginio, e Marco Ferretti. 1994. “Hierarchical architectures.” In *Pyramidal Architectures for Computer Vision, Advances in Computer Vision and Machine Intelligence*, a cura di Virginio Cantoni et al. New York: Plenum Press, 1-12.

60. Per una riflessione sui collegamenti tra cibernetica e teoria dei *fuzzy sets*, si veda: Tamburrini, Guglielmo, e Settimo Termini. 1982. “Do cybernetics, system science and fuzzy sets share some epistemological problems? I. An analysis of cybernetics.” In *Proceedings of the 26th Annual Meeting of the Society for General Systems Research*, Washington, D.C., January 5-9, 460-464. Questa linea di ricerca ha conservato una persistente impronta cibernetica.

61. de Luca, Aldo, and Settimo Termini. 1972. “A Definition of a Non-Probabilistic Entropy in the Setting of Fuzzy Sets Theory.” *Information and Control* 4: 301-312.

Con le ricerche sui *fuzzy sets* si avviarono altre collaborazioni internazionali. Di particolare rilievo le interazioni con il gruppo del matematico Enric Trillas⁶² che successivamente sarà anche presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), l'ente pubblico spagnolo corrispondente al CNR italiano. Trillas sottolineò il valore fondazionale della nozione di “misura di fuzziness”, al di là del suo contenuto tecnico e di possibili applicazioni nel settore del *pattern recognition* o in altri ambiti⁶³. Poiché la misurabilità è un canone centrale per tutta la tradizione scientifica, rendere la *fuzziness* una grandezza misurabile conferiva, per Trillas, un fondamento scientifico solido all'idea iniziale di Zadeh che da sola poteva essere riduttivamente interpretata come una proposta elementare da un punto di vista matematico (una semplice generalizzazione del concetto di funzione caratteristica di un insieme).

Su invito di Trillas, Termini contribuì a progettare e organizzare con lui la *Second World Conference on Mathematics at the Service of Man* alle Isole Canarie⁶⁴. Episodio significativo, in questo contesto, per due ragioni. Innanzitutto, varie sezioni del congresso vennero dirette da ricercatori dell'Istituto di Cibernetica e modellate su temi che caratterizzavano la loro attività di ricerca. Inoltre, si riuscì a coinvolgere (impresa non semplice per la situazione politica dell'epoca) i logici cecoslovacchi Jiří Bečvář e Antonín Sochor, avviando così – grazie all'istituto – il primo confronto tra impostazioni scientifiche diverse volte a costruire modelli matematici di *fuzziness* e vaghezza⁶⁵.

Le analisi sui fondamenti concettuali e sulle esplicazioni formali delle nozioni di vaghezza e imprecisione, sviluppati anche in collaborazione con Trillas, si inserirono in una più ampia attività di riflessione e di analisi sui nodi concettuali delle scienze dell'informazione, che costituì un ulteriore filone di ricerca dell'istituto e che venne sviluppato da Settimo Termini⁶⁶ e da Guglielmo Tamburrini⁶⁷.

I temi affrontati spaziavano dal ruolo dell'imprecisione e dell'errore nei processi di elaborazione dell'informazione, alle basi matematiche e fisiche della tesi di Church-Turing, al ruolo di quest'ultima per la generalizzazione e la valutazione delle implicazioni epistemologiche dei teoremi di indecidibilità e di incompletezza, alla questione della

62. Si veda Trillas, Enric. 2010. “Il Laboratorio/Istituto di Cibernetica nella mia vita.” In *Memoria e Progetto*, cit., 23-32.

63. Vedi, ad esempio, Cardaci, Maurizio, Vito Di Gesù, Maria Petrou, e Marco Elio Tabacchi. 2009. “A fuzzy approach to the evaluation of image complexity.” *Fuzzy Sets and Systems* 160 (10): 1474-84; Bhandari, Dinabandhu, e Nikhil R. Pal. 1993. “Some new information measures for fuzzy sets.” *Information Sciences* 67 (3): 209-28.

64. Second World Conference of Mathematics at the Service of Man, che si tenne in Spagna, presso l'Universidad Politécnica de Las Palmas, Isole Canarie, dal 23 giugno al 3 luglio 1982. Gli Atti furono stampati dalla stessa Università.

65. Vedi Skala, Heinz J., Enric Trillas, and Settimo Termini, cur. 1984. *Aspects of Vagueness*. Dordrecht: Reidel/Springer.

66. Si trasferì nel 1987 all'Università di Perugia, come professore ordinario di Cibernetica e, successivamente, a quella di Palermo nel 1990, per ritornare infine in veste di direttore all'Istituto di Cibernetica dal 2002 al 2009.

67. Si trasferì nel 1998 all'Università di Pisa come professore associato e, poi, nel 2004 all'Università Federico II di Napoli come professore ordinario di Logica e filosofia della scienza.

computabilità delle leggi fisiche, e infine, alla rilevanza epistemologica dei modelli computazionali nelle scienze cognitive⁶⁸.

Si svilupparono inoltre altre attività di ricerca sulla complessità computazionale animate da Aiello, Burattini, Massarotti e Ventriglia a partire dall'esperienza da loro condivisa sullo studio teorico delle reti neurali. Si studiarono funzioni di valutazione di algoritmi approssimati per problemi NPcompleti⁶⁹ con applicazioni al problema del *bin packing*⁷⁰ e al controllo dei flussi di traffico nelle reti di trasporto.

Oltre a una notevole espansione numerica dei ricercatori, l'elemento di maggiore discontinuità del laboratorio rispetto al gruppo di Cibernetica dell'Istituto di Fisica Teorica riguarda l'attivazione di nuove linee di ricerca di tipo applicativo.

Ricordiamo la creazione *ex-novo* di due gruppi sperimentali nel settore della fisica⁷¹: il gruppo di Stato solido (come allora venivano usualmente chiamate le attività di fisica della materia) e il gruppo di Ottica.

Il gruppo di ricerca di Stato solido, diretto da Antonio Barone, si dedicò alla superconduttività e all'effetto Josephson. Barone, diventato professore ordinario di struttura della materia presso l'Università Federico II di Napoli nel 1987, diresse l'Istituto dal 1977 al 1991.

Anche la genesi di questo gruppo è intimamente legata al progetto cibernetico. Caianiello era a conoscenza dell'idea avanzata negli anni Sessanta da Hewitt Crane di sviluppare un "neuristor", l'analogo elettronico del neurone biologico⁷² capace di trasmettere un impulso al superamento di una certa soglia.

Ed era a conoscenza di successivi (e all'epoca recentissimi) sviluppi che avevano mostrato la possibilità di realizzare neuristor superconduttivi⁷³. Da qui, come ricorda lo stesso Antonio Barone, i contatti che Caianiello prese con i pionieri delle ricerche sui neuristor superconduttivi:

68. Quest'ultimo tema fu oggetto di una relazione su invito di Tamburrini al *10th Int. Congress of Logic, Methodology and Philosophy of Science*. Si veda Tamburrini, Guglielmo. 1997. "Mechanistic theories in cognitive science: the import of Turing's thesis." In *Logic and Scientific Methods*, a cura di Maria Luisa Dalla Chiara et al., *Synthese Library* 259. Dordrecht: Kluwer, 239-257.

69. Aiello, Aldo, Ernesto Burattini, Antonio Massarotti, e Francesco Ventriglia. 1979. "Towards a general principle of evaluation for approximate algorithms." *RAIRO Informatique Theorique* 13 (3): 227-39.

70. Aiello, Aldo, Ernesto Burattini, Antonio Massarotti, e Francesco Ventriglia. 1980. "A posteriori evaluation of Bin Packing Approximation Algorithms." *Discrete Applied Mathematics* 2: 159-161.

71. Una novità questa, rispetto all'Istituto di Fisica teorica che – in coerenza col nome – non aveva, inizialmente, attività di ricerca sperimentali in fisica ma, paradossalmente, solo in neuroanatomia. Nel nuovo Laboratorio CNR, invece sorgono, sia pure con scopi specifici, come brevemente indicheremo, attività che avranno un ruolo importante nel rimodellare – nel corso dei decenni successivi – la fisionomia dell'Istituto.

72. Crane, Hewitt D. 1962. "Neuristor – A novel device and system concept." In *Proc. IRE* 50: 2048-60; Crane, Hewitt D. 1964. "Possibilities for signal processing in axon systems." In *Neural Theory and Modeling*, a cura di Richard F. Reiss. Stanford University Press.

73. Per una spiegazione tecnica (ma espressa in modo piano) si veda Barone, Antonio. 2006. "Close Encounters with Far Ideas." In *Imagination and Rigor*, cit, p. 17.

In the spring of 1968, Eduardo Caianiello became aware of the research on superconductive neuristors at the University of Wisconsin (Madison) which was guided by Alwyn Scott, and he visited Madison both to describe the newly formed Laboratorio di Cibernetica and to evaluate the character of the UW research. As a result of this visit, a Naples-Madison collaboration was begun that would last for years, involving visits by many researchers, carrying much technical and scientific knowledge across the Atlantic in both directions and providing cultural enrichment to all who participated⁷⁴.

Barone fa notare nello stesso articolo il doppio significato del termine "squid" e i rimandi tra i due significati nel contesto del Laboratorio di Cibernetica. Da un lato è il nome inglese del nostro calamaro, noto ai biologi per avere un assone gigante che ben si presta a indagini neurofisiologiche. Da un altro lato è anche l'acronimo di Superconducting Quantum Interference Device (SQUID) che indica magnetometri formati da un anello superconduttore che contiene giunzioni Josephson.

Alwyn Scott, venuto a Napoli, collaborò con Uja Vota-Pinardi nel Reparto biologico sugli squid, in ricerche condotte presso la Stazione Zoologica "Anton Dohrn" mostrando, ancora una volta, l'intricata trama di collaborazioni e contatti scientifici facilitati dal contesto cibernetico. Più significativamente, il gruppo pionieristico nato all'interno dell'istituto con motivazioni interdisciplinari e genuinamente cibernetiche diventò un incubatore nazionale sulla superconduttività e l'effetto Josephson con fortissimi legami internazionali. Non solo quelli, più scontati, con gli Stati Uniti, ma anche quelli con l'allora Unione Sovietica⁷⁵. Antonio Barone fu, con Gianfranco Paternò, autore della prima monografia in lingua inglese sull'Effetto Josephson, tradotta in russo e apparsa due anni dopo presso la casa editrice sovietica MIR⁷⁶.

Slegata dal progetto di Caianiello fu la creazione del gruppo di Ottica, orientato allo sviluppo e alla messa a punto di tecniche non invasive (laser) per l'analisi di reperti archeologici e di altri beni culturali. Il gruppo era formato da Sandro Aurisicchio e Giovanni Pierattini, che si avvalevano del supporto tecnico di Sergio Piscitelli. Pierattini stabilì contatti con l'Istituto Nazionale di Ottica di Firenze (a quei tempi ente di ricerca autonomo e separato dal CNR) che ebbero significativi sviluppi in una successiva fase della vita dell'istituto.

Una caratteristica ulteriore dell'istituto, che si collega anche all'impegno civile del suo fondatore, riguarda lo scambio di idee al di là di confini disciplinari e culturali, con particolare attenzione alle questioni sociali ed etiche sollevate dallo sviluppo scientifico e tecnologico.

74. Ivi, pp. 16-17.

75. A documentazione di questi stretti rapporti con l'allora Unione Sovietica e a testimonianza di come venisse valutata da un osservatorio distante la persistenza di una denominazione ormai posta in discussione, si veda Mikhail P. Lisitskiy. "L'Istituto di Cibernetica visto dall'Unione Sovietica negli anni Ottanta." In *Memoria e Progetto*, cit., pagine 111-114.

76. Barone, Antonio, e Gianfranco Paternò. 1982. *Physics and Applications of Josephson Effect*. New York: Wiley. Per ulteriori informazioni sulle attività svolte si rinvia al già citato articolo di Barone e allo scritto di Roberto Cristiano, "Rivelatori superconduttivi", in *Memoria e Progetto*, cit., pp. 103-110.

Caianiello svolse un ruolo significativo come animatore e organizzatore dei *Discoveries International Symposia* della Honda Foundation, sviluppò uno stretto contatto e partecipò come membro del comitato organizzatore sviluppò uno stretto rapporto di collaborazione con Soichirō Honda⁷⁷ e partecipò come membro del comitato organizzatore al primo simposio *Discoveries* che si tenne a Tokio. Organizzò e presiedette, poi, il secondo simposio che si tenne a Roma dal 7 all'11 novembre del 1977.

Un'impronta cibernetica è evidente nel sottotitolo *The human use of human ideas* del simposio romano, che richiama il titolo del libro di Norbert Wiener *The human use of human beings* e l'impegno che il fondatore della cibernetica profuse dalla fine della Seconda guerra mondiale in poi per uno sviluppo dell'automazione a servizio dell'umanità.

All'apertura del simposio romano, Caianiello ne ricordò lo scopo principale: ossia, l'analisi di problemi su scala mondiale attraverso il dialogo scientifico e interculturale, accompagnata dalla formulazione di proposte pragmatiche per la loro soluzione. Successivamente partecipò alla fondazione di *Discoveries Italia*, nel 1980.

L'apertura dell'istituto allo scambio di idee oltre i confini disciplinari e culturali fu ricordata, alcuni anni dopo, da Al Scott nella pagina di ringraziamenti di un suo libro⁷⁸:

The ideas expressed in this book have developed slowly from interactions with many people. First of all, I must thank Eduardo Caianiello, whose vision led to the founding of the Laboratorio di Cibernetica in Arco Felice near Naples with the aim of bringing together scientists from a wide variety of professional disciplines for collaborative study of the brain. Alberto Monroy provided a similar stimulating environment at the venerable Stazione Zoologica, also in Naples. Throughout the 1970s, the Laboratorio and the Stazione gave me the opportunity to participate in discussions of the nature of the brain and the mind with many friends, including especially Antonio Barone, Renato Capocelli, Stefano Levioldi, Aldo de Luca, Luigi Maria Ricciardi, Settimo Termini, and Uja Vota-Pinardi. Visitors from around the world enlivened these discussions, and I have had the opportunity to meet and talk with Shu-pei Aida, Michael Arbib, Jack Cowan, Stephen Grossberg, Eric Hart, and Charles Legédy in many a trattoria on many sunny afternoons.

Qui Scott coglie, da osservatore esterno, alcune caratteristiche significative del modo di fare ricerca all'Istituto di Cibernetica in quegli anni: l'internazionalità delle presenze, l'ampio spettro di conoscenze coinvolte, l'informalità delle discussioni e della loro cornice, scrivendo significativamente nel testo il termine "trattoria" in italiano.

A facilitare gli scambi informali può aver contribuito anche il carattere limitatamente gerarchico e compartimentato del CNR di allora: poco gerarchico poiché era prevista una figura unica di ricercatore, poco compartimentato poiché ai ricercatori non era formalmente

77. Vedi il contributo di Carla Persico Caianiello. "Eduardo." In *Imagination and Rigor*, cit., pp. 184-185.

78. Scott, Alwyn, 1995. *Stairway to the Mind. The Controversial New Science of Consciousness*. New York: Springer-Verlag.

associata l'etichetta di un settore scientifico disciplinare. Tali dialoghi avvenivano normalmente in occasione di interruzioni del lavoro per un caffè, potevano poi proseguire nello studio di qualcuno o, più spesso, durante il pranzo in una minuscola trattoria.

Quest'abitudine diventò per alcuni una tradizione a cui era impossibile sottrarsi: Gianfranco Paternò soggiornava periodicamente presso il laboratorio per la stesura del ricordato libro sull'Effetto Josephson con Antonio Barone, – del cui contenuto molti dei partecipanti vennero a conoscenza senza leggerlo, grazie a questi dialoghi – e Schützenberger vi trascorse un intero anno durante il quale, pur mangiando poco, dimostrò di tenere moltissimo a questi incontri conviviali, come momento di scambi scientifici tanto più profondi quanto più informali.

Vi era ancora continuità con il clima che aveva caratterizzato i primi anni delle ricerche cibernetiche a Napoli e che Aldo de Luca ha ricordato a proposito degli incontri cumani nel brano riportato alla fine della sezione precedente. Un modo notevolmente diverso di immergersi nei problemi della ricerca rispetto a modalità oggi prevalenti.

Attività informatiche dopo il consolidamento della multidisciplinarietà

Passiamo ora a delineare un quadro sommario delle attività informatiche svolte all'interno dell'istituto dopo il consolidamento di un'impostazione che fece strettamente riferimento a settori disciplinari maggiormente riconosciuti e attestati nella tradizione scientifica⁷⁹.

Quest'impostazione si fece strada con l'abbandono progressivo delle ambizioni interdisciplinari e unificanti del progetto cibernetico iniziale.

Solo un cenno finale è qui dedicato ad altre attività non prettamente informatiche svolte in Istituto, all'interno del quale si distinsero tre anime (Biologia, Fisica e Informatica) che ebbero tra loro sempre minori interazioni scientifiche.

Analisi di immagini

Come ricordato nella sezione precedente, il Gruppo Analisi di immagini era costituito nelle sue prime fasi da Arcelli, Cordella, Levioldi e Sanniti di Baja. Tutti i membri del gruppo sono stati *fellow* della International Association for Pattern Recognition (IAPR). Sanniti di Baja ne è stata anche presidente per il biennio 2000-2002. È stata la prima donna, e finora unica tra i ricercatori italiani, a rivestire questo ruolo. Nel corso degli anni Ottanta – con il passaggio di Cordella e Levioldi all'università e l'arrivo nel gruppo

79. Un'autonomia più marcatamente disciplinare era stata acquisita già a metà degli anni Settanta. Lo testimoniano, per esempio, un incontro organizzato nel 1975 su "Codici, complessità di calcolo e linguaggi formali" e un volume che, nel 1986, faceva già il punto su rapporti scientifici nell'Information Technology che si erano da tempo consolidati con altri gruppi francesi e spagnoli: Furnari, Mario, Antonio Massarotti, Guglielmo Tamburrini, e Settimo Termini, cur. 1992. *Aspects of the scientific cooperation among France, Italy, and Spain on Information Technology*. Napoli: Bibliopolis.

di Maria Frucci, seguita poi da Giuliana Ramella e Luca Serino – le attività di ricerca si concentrarono sulla rappresentazione di forma di tipo mediale, che associa a un oggetto caratterizzato da una dimensionalità data una struttura a dimensionalità più ridotta.

I metodi di rappresentazione mediale (chiamata anche scheletro) sono prevalentemente ispirati al lavoro di Harry Blum alla fine degli anni Sessanta, con l'introduzione della nozione di "punto di simmetria" e di un processo di crescita per individuare il luogo dei centri di dischi bitangenti a due sezioni distinte del contorno di un oggetto bidimensionale.

Il gruppo sviluppò vari metodi per estrarre lo scheletro di oggetti in immagini bidimensionali e tridimensionali⁸⁰, implementando i relativi algoritmi con applicazioni sia all'analisi di immagini biomediche sia al riconoscimento automatico di caratteri.

Il Gruppo Analisi di immagini lavorò, inoltre, sulle tecniche di segmentazione basate sulla trasformazione di *watershed* e sull'identificazione – richiesta da questa trasformazione – di un insieme di "semi" nell'immagine dai quali arrivare, con un processo di crescita, a una partizione dell'immagine in tante regioni quanti sono i semi.

Per ridurre una frammentazione eccessiva dell'immagine è opportuno selezionare i semi più significativi e aggregare tra loro le regioni corrispondenti ai semi rimossi. A questo scopo furono utilizzate tecniche di multirisoluzione per identificare come semi più significativi quelli che permangono al diminuire della risoluzione⁸¹ e, successivamente, tecniche basate sul Case-Based-Reasoning (CBR) per automatizzare il processo di identificazione dei valori dei parametri che portano ad una corretta selezione dei semi significativi.

Le piramidi costituiscono uno dei sistemi più noti di rappresentazione in multirisoluzione e consentono di fornire, per una stessa immagine, rappresentazioni multiple con diversi gradi di dettaglio. In alternativa ai metodi classici, basati sull'uso di operatori gaussiani o laplaciani, il gruppo Analisi di immagini introdusse metodi discreti per la costruzione della piramide di immagini a livelli di grigio e a colori, ottenendo risultati soddisfacenti per il problema della non invarianza per traslazione che affligge piramidi costruite utilizzando operatori logici AND/OR⁸².

Le piramidi possono essere un valido mezzo per le tecniche di compressione e decompressione delle immagini. Un problema rilevante, specialmente per immagini a colori, è legato all'ampio numero di colori e all'elevata occupazione di memoria che ciò comporta. Vari metodi di *color quantization* furono proposti per ridurre il numero di

colori senza compromettere la buona resa visiva dell'immagine risultante. Un metodo proposto dal gruppo Analisi di immagini è basato sull'analisi dell'istogramma a diversi livelli della rappresentazione piramidale di una immagine: si utilizza la persistenza e la dominanza dei picchi degli istogrammi ai vari livelli di risoluzione per identificare quelli più significativi e definire così una mappa ridotta di colori.

IA e sistemi esperti

Gli stretti contatti che nascono col gruppo di Schützenberger a Parigi – dopo il suo anno di soggiorno presso l'istituto – hanno riguardato aspetti di carattere prevalentemente algebrico e combinatorio dell'informatica teorica. Ma gli stessi contatti aprirono la strada a proficue interazioni scientifiche in altri settori dell'informatica. Tra la fine degli anni Settanta e l'inizio degli anni Ottanta, presero avvio le collaborazioni scientifiche tra Jean François Perrot, allievo di Schützenberger, ed Ernesto Burattini sullo studio dei linguaggi funzionali di programmazione e sulle loro applicazioni nell'ambito dell'IA, per scopi di rappresentazione ed elaborazione della conoscenza.

Questo lavoro sui linguaggi funzionali fu motivato anche da attività di ricerca nell'ambito dell'IA, inizialmente svolte in collaborazione con Massimo De Gregorio, che riguardavano lo sviluppo di *shell* per sistemi esperti diagnostici a regole e comprendevano la formalizzazione e l'implementazione di processi inferenziali abduuttivi per la selezione e la giustificazione di ipotesi diagnostiche⁸³.

Agli inizi degli anni Novanta, le ricerche di Burattini sui sistemi esperti si indirizzarono, anche in collaborazione con Aldo Aiello e Tamburrini, sullo sviluppo di architetture neurali e ibride neurosimboliche per sistemi esperti⁸⁴.

Su questa base furono sviluppati numerosi sistemi esperti, soprattutto in medicina, architettura e ingegneria edile – in collaborazione con esperti dei settori interessati – per l'estrazione e la formalizzazione di conoscenze e procedimenti inferenziali specifici per ciascuno dei domini studiati. Nel 2002 Burattini si trasferì come professore ordinario di informatica presso l'Università di Napoli Federico II. Successivamente, De Gregorio sviluppò ulteriormente, all'interno dell'istituto, l'attività di ricerca sulle architetture neurosimboliche e sulle loro applicazioni in vari settori dell'IA e della robotica.

Sistemi per la programmazione simbolica

Lo studio dei linguaggi funzionali di programmazione si sviluppò anche in altre direzioni a partire dalla metà degli anni Ottanta.

80. Arcelli, Carlo, Luigi P. Cordella, e Stefano Levialdi. 1975. "Parallel Thinning of Binary Pictures." *Electronics Letters* 11 (7); Arcelli, Carlo, e Gabriella Sanniti di Baja. 1989. "A one-pass two-operations process to detect the skeletal pixels on the 4-distance transform." *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 11: 411-414; Arcelli, Carlo, Gabriella Sanniti di Baja, e Luca Serino. 2011. "Distance Driven Skeletonization in Voxel Images." *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 33 (4): 709-720.

81. Frucci, Maria. 2006. "Oversegmentation reduction by flooding regions and digging watershed lines." *Int. J. Pattern Recognition and Artificial Intelligence* 20 (1): 15-38.

82. Borgefors, Gunilla, Giuliana Ramella, e Gabriella Sanniti di Baja. 2001. "Shape and topology preserving greyscale pyramids for multiresolution skeletonization." *Pattern Recognition Letters* 22: 741-51.

83. Burattini Ernesto, e Massimo De Gregorio. 1994. "Qualitative Abduction and Prediction; Regularities over Various Expert Domains." *Information and Technologies* 19: 471-81.

84. Aiello Aldo, Ernesto Burattini, e Guglielmo Tamburrini. 1995. "Purely neural, rule-based diagnostic systems. I. Production rules. II. Uncertain reasoning." *Int. J. of Intelligent Systems* 10: 735-69.

Mario Mango Furnari e i suoi collaboratori avviarono lo studio di tecniche di compilazione dei linguaggi funzionali e di implementazione dei sistemi LISP, in collaborazione con varie istituzioni scientifiche nazionali e internazionali. Si svilupparono modelli computazionali per l'esecuzione di linguaggi LISP-like su architetture a parallelismo a grana fine, nell'ambito sia del Progetto Strategico Tecnologie dell'Informazione del CNR, sia del Progetto Finalizzato Sistemi Informatici e Calcolo Parallelo.

Furono, inoltre, introdotte e studiate varie nozioni di parallelismo strutturato, per fornire una cornice teorica a forme di parallelismo non facilmente classificabili come parallelismo sul controllo oppure sui dati. Allo scopo di costruire ambienti di verifica dell'idea di parallelismo strutturato e di altri strumenti software furono individuate aree applicative, come la simulazione degli automi cellulari e di reti opportunamente definite di automi cellulari.

Applicazioni di tecnologie informatiche ai beni culturali

Mango Furnari dette inoltre un notevole impulso alla realizzazione di sistemi, tra loro eterogenei e distribuiti, di archiviazione di documenti strutturati, che richiedevano l'aggregazione, arricchita con metadati, di testi e immagini, suoni e video. Nell'ambito del progetto Virtual Hypermedia Factory finanziato dalla Commissione Europea, fu realizzato e sperimentato un sistema per la produzione, archiviazione e distribuzione di documenti multimediali, con ulteriori sviluppi nel Progetto Finalizzato Beni Culturali del CNR. Una ricaduta applicativa dei risultati di queste indagini è stato il Sistema Informativo Documentale Distribuito (SIDDD) del Museo Virtuale di Napoli, sviluppato a partire dall'anno 2000 con il progetto ReMuNa - Rete dei Musei Napoletani. L'istituto è stato un polo attrattore di significativi finanziamenti per la ricerca su nuove tecnologie informatiche da applicare al settore dei beni culturali⁸⁵.

Nell'ambito del progetto ReMuNa, infatti, l'istituto ha attratto finanziamenti per quasi cinque milioni di euro, e ulteriori finanziamenti per oltre tre milioni di euro in altri progetti tematicamente collegati. Il SIDDD ha consentito ai gestori del Sistema Informativo Multimediale Museale (SIMM) di ciascun museo di organizzare in autonomia il flusso di navigazione dello spazio informativo mediante la visualizzazione di testi, immagini e video e l'attivazione di stampe personalizzate.

Ulteriori risultati applicativi dello stesso genere sono stati ottenuti utilizzando metodologie e tecnologie del web semantico per la produzione, archiviazione e diffusione dell'informazione multimediale sui beni culturali, nel quadro del Centro di Competenza per lo sviluppo e il trasferimento dell'innovazione nei beni culturali e ambientali (CRdC INNOVA). Di questo centro, promosso dalla Regione Campania, è stato responsabile Antonio Massarotti.

85. Aiello, A., M.M. Furnari, A. Massarotti, et al. An Experimental Ontology Server for an Information Grid Environment. *Int J Parallel Prog* 34, 489–508 (2006): <https://doi.org/10.1007/s10766-006-0022-1>

Al termine di questo breve *excursus* sulle attività a carattere prettamente informatico, è opportuno ricordare che nell'istituto continuarono, negli anni Novanta e oltre, attività di ricerca che conservarono un collegamento con l'originaria matrice cibernetica e quindi – sia pure attraverso percorsi articolati – con aspetti scientificamente rilevanti per il tema di questo volume, per quanto non direttamente connessi a risvolti tecnologici.

Un esempio significativo è l'indagine su funzioni mentali di alto livello, riconducibili all'ambito multidisciplinare della Scienza cognitiva, che furono condotte da Taddei-Ferretti e collaboratori⁸⁶ nel contesto di quella che è stata chiamata l'anima biologica dell'istituto. Ispirate alle indagini neuropsicologiche di Benjamin Libet sul libero arbitrio, e più specificamente indirizzate a indagare il ruolo causale e di controllo top-down esercitato dalla volontà cosciente sulla percezione visiva, tali indagini sfruttarono nel loro impianto sperimentale l'alternanza percettiva di pattern ambigui – un fenomeno mentale studiato funzionalmente anche da Caianiello⁸⁷ nel corso degli anni Settanta.

Considerazioni conclusive e qualche lezione per il futuro

Nel percorso fin qui delineato, la nascita del Laboratorio, poi Istituto, di Cibernetica si innesta sul progetto scientifico impostato da Caianiello e portato avanti fin dal 1958 presso l'Istituto di Fisica Teorica dell'Università di Napoli. Ma nella nuova struttura del CNR comincia da subito a emergere l'esigenza di improntare varie attività di ricerca a impostazioni, obiettivi e valutazioni dei risultati che rispondono a criteri più marcatamente settoriali.

Il progetto interdisciplinare degli inizi si pone perciò sempre più sullo sfondo della vita dell'istituto. Nondimeno, l'originaria ispirazione cibernetica rimane a lungo un motore per la promozione di nuove attività scientifiche e gruppi di ricerca.

Si è visto come le origini del gruppo di Stato solido dell'istituto si collegano all'idea di sviluppare un "neuristor", mentre il gruppo di Analisi di immagini nasce dai tentativi iniziali di costruire, in base alle equazioni neurali di Caianiello, dispositivi elettronici in grado di simulare le attività umane di riconoscimento di forme.

In alcuni casi, permangono fino a tempi recenti alcuni elementi significativi dell'impostazione e delle ambizioni cibernetiche di fornire modelli di attività cognitive di alto livello, come è accaduto per le indagini riconducibili all'ambito multidisciplinare della Scienza cognitiva sul libero arbitrio e sul ruolo delle volizioni nel controllo della percezione e del comportamento manifesto.

Dal cambiamento di impostazione metodologica e di contenuto delle ricerche emerge la fisionomia multidisciplinare che l'istituto acquisisce più decisamente a partire dalla metà degli anni Settanta. Il passaggio alla multidisciplinarietà si compie nello stesso

86. Si veda, per esempio, Taddei-Ferretti Cloe et al. 2008. "The effects of pattern shape, subliminal stimulation, and voluntary control on multistable visual perception." *Brain Research*, 1225: 163170.

87. Caglioti, Giuseppe, e Eduardo Renato Caianiello. 1978. "A model for non-resolvable ambiguities." *Biological Cybernetics* 31: 205-208.

periodo che vede Caianiello impegnato a creare *ex novo* la Facoltà di Scienze all'Università di Salerno, dove si trasferisce, dall'Università di Napoli, nel 1972, lasciando successivamente la direzione dell'Istituto di Cibernetica nel 1976.

Ma non sono solo il desiderio e la necessità di maggiore specializzazione a determinare il cambiamento in senso multidisciplinare dell'Istituto di Cibernetica.

In primo luogo, si registra una forte richiesta di autonomia. I gruppi e i singoli ricercatori non vedono più la propria attività come ancillare al progetto generale, come semplice prestazione di un supporto per lo sviluppo del programma cibernetico originario. Si fa strada l'idea che la propria attività settoriale condivida pari dignità scientifica col progetto generale, senza però escludere la possibilità di continuare a contribuire allo sviluppo di esso. In questa fase, le attività seminariali promosse da ciascun settore di ricerca vedono ancora la partecipazione di gruppi nutriti di ricercatori che afferiscono ad altri settori. Permane così, e per vari anni ancora, l'attitudine al dialogo scientifico promossa dall'originale impronta cibernetica. Più in generale, nonostante vengano meno l'interdisciplinarietà e i suoi obiettivi condivisi, permangono sia un nucleo formativo comune sia la capacità di guardare al di là dei cosiddetti confini disciplinari. Su questa base si intrecciano dialoghi culturalmente significativi e, in alcuni casi, scientificamente produttivi. Favorisce ulteriormente questa forma di dialogo la collocazione dell'istituto all'interno del CNR che, a differenza dell'università aveva, all'epoca, un'organizzazione meno strettamente dominata dai settori disciplinari. È stata, questa, una caratteristica del CNR che dovrebbe essere attentamente riconsiderata, esaminando i risultati positivi che, in passato, ha consentito di conseguire.

In secondo luogo, il passaggio dall'interdisciplinarietà alla multidisciplinarietà riflette un percorso di cambiamento che si manifesta sul piano internazionale. Dopo un quindicennio in cui la cibernetica era stata quadro di riferimento unitario e simbolo di un processo creativo che stimolava l'emergere di nuovi settori di indagine, le aspettative riposte nell'unificazione cibernetica non sono state sufficientemente corroborate nella loro generalità dai risultati ottenuti, anche di grande rilievo, che possono essere invece riconosciuti e valutati come risultati significativi all'interno di specifiche discipline.

L'utilità del programma di ricerca unificante viene, quindi, messa in discussione e si dirada l'uso stesso del termine cibernetica che perde attrattività scientifica. Si manifesta, inoltre, in modo prepotente, una competizione interna tra impostazioni e programmi di ricerca che erano accomunati nel disegno cibernetico. Esempio, in questo senso, è stata l'utilizzazione dei limiti del *Perceptron* nell'apprendimento di funzioni booleane non linearmente separabili per criticare più in generale i programmi di ricerca basati sullo studio delle reti neurali artificiali e per promuovere al loro posto i programmi di ricerca basati sull'IA simbolica.

Le attività di carattere informatico, incubate e svolte nell'Istituto, successivamente disseminate in altre istituzioni scientifiche attraverso la diaspora di molti ricercatori passati in diverse Università, erano state fortemente plasmate dalle caratteristiche scientifiche e metodologiche del progetto originario ideato dal fondatore dell'Istituto. Ma è importante riconoscere che questi sviluppi erano stati anche favoriti da un atteggiamento di apertura verso le novità scientifiche da parte degli organi centrali del CNR, e in particolare del suo Comitato Fisica. A riprova di ciò, è utile ricordare che in alcuni anni nel decennio Sessanta,

il Comitato Fisica ha allocato alle attività in questi nuovi settori fino al 6% del suo budget. Questo impulso innovativo emerge anche da ricostruzioni fornite in altri capitoli di questo volume (si veda il capitolo "Informatica teorica in Italia: origini e primi approcci" di Giorgio Ausiello e il capitolo "Storia della nascita degli istituti informatici CNR a Pisa" di Domenico Laforenza). Presumibilmente, è stato fortemente propulsivo il ruolo svolto da Enrico Fermi, dagli autorevoli consigli a lui richiesti, e almeno in parte, seguiti. Ma è stato ugualmente importante, in quegli anni, un atteggiamento diffuso di apertura da parte di varie componenti della comunità scientifica e il desiderio di affrontare con spirito nuovo i problemi della ricerca⁸⁸. Un atteggiamento lungimirante e messo troppo spesso da parte negli anni a seguire, sostituito da visioni di breve periodo e solo strumentali della ricerca scientifica, sovente ridotta – nelle enunciazioni programmatiche della politica – a svolgere soltanto una mera funzione di sostegno di esigenze di carattere economico-produttivo puramente contingenti e non strategiche.

Dimenticando così una lezione fondamentale offerta dalla storia della scienza: che la ricerca di base, da qualche tempo indicata anche come ricerca "guidata dalla curiosità", svolge una funzione cruciale non solo per l'accrescimento della conoscenza, ma anche come fonte decisiva di grandi balzi in avanti della crescita economica grazie all'innescio di innovazioni tecnologiche profondamente originali.

Le considerazioni qui riportate furono già evidenziate in una lucida analisi effettuata negli anni Quaranta del secolo scorso, da Vannevar Bush, consigliere scientifico di Franklin Delano Roosevelt, nelle sue riflessioni su come non disperdere l'esperienza organizzativa del Progetto Manhattan rivolgendola a obiettivi di pace.

Il suo saggio del 1945⁸⁹ è apparso solo nel 2013 in una traduzione italiana con un corposo saggio introduttivo di Pietro Greco che, oltre a ricostruirne l'origine, argomenta a favore dell'attualità di queste tesi per affrontare i problemi odierni della situazione economica dell'Italia.⁹⁰

Questi aspetti rappresentano condizioni al contorno decisive per uno sviluppo significativo di attività di frontiera, anche nell'informatica. Contribuiscono a comprendere il contesto scientifico ed economico che ha accompagnato la nascita e lo sviluppo dell'Istituto di Cibernetica come una iniziativa scientifica di innovazione.

88. Per ritrovare un analogo spirito di apertura – almeno nelle intenzioni – bisogna attendere la riforma del CNR voluta da Luigi Berlinguer, che avrebbe dovuto essere attuata durante la presidenza di Lucio Bianco all'inizio di questo millennio. Questa prevedeva sia l'abolizione dei Comitati di Consulenza (che, nel corso degli anni, avevano sempre di più assunto un ruolo decisionale-gestionale) sia la completa autonomia dei singoli Istituti (ridotti da circa 300 a un centinaio). Gli Istituti (in base a una "direttiva Guerzoni", dal nome dell'allora sottosegretario alla ricerca) avrebbero avuto anche la facoltà di organizzare dei dottorati di ricerca. In un contesto istituzionale di questo tipo, il dialogo interdisciplinare coltivato dall'Istituto poteva ancora giocare un ruolo significativo – in forma aggiornata e alla luce dell'esperienza passata – su alcuni temi al confine tra l'informatica e altri settori scientifici. Basti pensare, a questo proposito, agli sviluppi coevi dei modelli di computazione quantistica, dell'apprendimento automatico basato sulle reti neurali, del DNA computing e di altri modelli di natural computing. E di possibili percorsi in questa direzione si era anche discusso con Lucio Bianco. Ma l'attuazione di questa riforma è stata bloccata sul nascere dalla successiva riforma Moratti.

89. Si veda il saggio di Vannevar Bush del 1945, *Science: The Endless Frontier. A Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research*; traduzione italiana *Manifesto per la rinascita di una nazione, Scienza, la frontiera infinita*. Torino: Bollati Boringhieri, 2013.

Ci aiutano, infine, a comprendere la visione delle connessioni tra ricerca scientifica e società di coloro che sono stati protagonisti della nascita dell'istituto e di altre iniziative analoghe.⁹⁰ Elementi di questa visione sono rintracciabili in quanto ricordato nella sezione precedente a proposito dell'impegno di Caianiello nel Progetto Discoveries; e, su un livello decisamente più generale, sono rintracciabili altresì nel progetto – elaborato da Caianiello con Adriano Buzzati-Traverso e Alfonso Maria Liquori – che mirava a fare della città di Napoli un *hub* scientifico rivolto a innescare anche un incisivo processo di sviluppo produttivo attraverso una trasformazione economica basata su innovazioni tecnologiche di frontiera – nella linea di quanto proposto da Vannevar Bush⁹¹.

Osserviamo infine che – con la riforma Moratti⁹² del 2003 – il CNR assume un carattere più marcatamente gerarchico e disciplinare. I Dipartimenti non sono solo strutture organizzative che aggregano gli Istituti, ma introducono delle rigidità che ostacolano il dialogo scientifico tra settori diversi. In questo contesto, la configurazione multidisciplinare dell'Istituto di Cibernetica, che si era sviluppata e mantenuta anche dopo la crisi del programma cibernetico, stenta a trovare una sua nuova collocazione.

Per la prima volta nella sua storia, l'istituto perde dei pezzi significativi che portano a un impoverimento tematico e numerico.

Nel 2010 quasi tutto il settore della ricerca di base sulla superconduttività lascia l'istituto che ridottosi significativamente acquisisce altri gruppi di ricerca nel 2015.

Questi introducono importanti elementi di discontinuità rispetto alle trasformazioni graduali che sono state qui documentate, nel passaggio verso una configurazione multidisciplinare che conservò le tre anime convergenti all'inizio nel progetto cibernetico: fisica, biologica e informatica. Nello stesso anno, l'istituto cambia denominazione, diventando Istituto di Scienze Applicate e Sistemi Intelligenti “Eduardo Caianiello” (ISASI). Infine, con l'inclusione nel 2020 dell'unità napoletana dell'Istituto di Microelettronica e Microsistemi, l'ISASI assume una nuova fisionomia che segna un'ulteriore cesura con la storia dell'Istituto di Cibernetica. Quella che parte dal 2010 e, attraverso le trasformazioni significative impresse nel 2015 e 2020, arriva fino ad oggi è realmente un'altra storia.

90. Tesi che sono in sintonia con le analisi svolte, nel corso di vari anni, con grande accuratezza da Sergio Ferrari, ideatore dell'Osservatorio ENEA “L'Italia nella competizione tecnologica internazionale”. Si veda Ferrari, Sergio et al., cur. 2007. *L'Italia nella competizione tecnologica internazionale: quinto Rapporto*. Milano: Franco Angeli. Dopo il 2007 non sono stati pubblicati altri rapporti a causa del mancato finanziamento dell'Osservatorio. Solo nel 2017 è apparso un aggiornamento di questi dati a cura di Daniela Palma. Si veda la sua *Relazione sulla ricerca e l'innovazione in Italia. Analisi e dati di politica della scienza e della tecnologia* (Capitolo 5, pagine 157-178), Edizioni CNR, ISBN 978 88 8080 269 3. Su questo tema è molto significativo anche quanto scritto da Pivato, Marco. 2010. *Il miracolo scappato*. Roma: Donzelli e Gallino, Luciano. 2003. *La scomparsa dell'Italia industriale*. Torino: Einaudi.

91. Greco, Pietro, Lelio Mazzarella, e Guido Barone. 2013. *Alfonso Maria Liquori. Il risveglio scientifico negli anni Sessanta a Napoli*. Napoli: Bibliopolis.

92. A questo riguardo si vedano: Natalini, Roberto. 2006. “Da Vito Volterra a Fabio Pistella.” *Lettera matematica Pristem* 59; Natalini, Roberto. 2006. “CNR: novità non ce ne sono.” *Lettera matematica Pristem* 60; e Termini, Settimo. “Alcune osservazioni sugli Enti (pubblici) di ricerca: il loro ruolo e brevi cronache di una devastazione annunciata.” In *La Minerva ferita*, a cura di Stefano Boffo ed Enrico Rebergiani. Napoli: Liguori, pp. 37-51.

Ringraziamenti

Siamo grati a Lucio Bianco, Luigi Cordella, Mario Mango Furnari, Antonio Massarotti, Carlo Musio e Gabriella Sanniti di Baja, i quali ci hanno fornito indicazioni preziose per la stesura di alcune parti del testo. Ringraziamo Maristella Agosti e Virginio Cantoni, curatori dell'opera, per gli utili suggerimenti e la disponibilità con cui hanno guidato e accompagnato il nostro lavoro. Ringraziamo, infine, la Società italiana di fisica (SIF) che ha gentilmente permesso di riprodurre la foto in Fig. 1.

BIBLIOGRAFIA

-
- Ausiello, Giorgio. 2018. *The Making of a New Science. A Personal Journey Through the Early Years of Theoretical Computer Science*. New York: Springer.
- Bianco, Lucio. 2014. *La ricerca e il Belpaese. La storia del Cnr raccontata da un protagonista*. Conversazione con Pietro Greco. Roma: Donzelli.
- Cordeschi, Roberto. 2002. *The discovery of the artificial. Behavior, mind and machines before and beyond cybernetics*. Dordrech: Kluwer.
- Greco, Pietro, e Settimo Termini, cur. 2010. *Memoria e progetto. Un modello per il Mezzogiorno che serva a tutto il Paese*. Monte S. Pietro (Bo): Edizioni GEM.
- Mathematica Japonica* 41(1), numero della rivista uscito nel 1995 e dedicato a Eduardo Renato Caianiello. <https://www.jams.jp/notice/mj/41-1.html>
- Montagnini, Leone. 2017. *Harmonies of disorder, Norbert Wiener philosopher-scientist*. Cham: Springer.
- Tamburrini, Guglielmo. 2021. *Dal Gruppo di Cibernetica al Corso di Laurea in Informatica*. In *La Rete dei Saperi nelle università napoletane da Federico II al Duemila*, a cura di Cesare De Seta, vol. 4, pp. 449-57, Napoli: Artem.
- Termini, Settimo, cur. 2006. *Imagination and Rigor*. Milan-Heidelberg: Springer.
- Termini, Settimo. 2017. “Eduardo Renato Caianiello.” In *Dizionario Biografico degli Italiani*. Roma: Treccani. [https://www.treccani.it/enciclopedia/eduardo-renato-caianiello_\(Dizionario-Biografico\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/eduardo-renato-caianiello_(Dizionario-Biografico)/)

<https://doi.org/10.36173/SII-parteprima-vol1-11>

```
2.8
<standard input>:18641: wa
: can't break line
-fivar-visibility
d|private|package]
-freplace-object
-fzero-link -ge
-Wassign-interc
-Wselector
-Wstrict-select
-Wundeclared-se

Language Independen
-fmessage-lengt

B/s 0 B/s 1 B/s
/s
B/s 0 B/s 4 B/s

11:43:00.633276860 -0700
ces/platform/serial8250/tty
Blocks: 0 IO
rectory
ode: 23823 Links: 3
r-xr-x) Uid: ( 0/ ro
/ root)
11:42:40.121117019 -0700
11:42:39.745114275 -0700
11:42:39.745114275 -0700

er_fs_error
ng_ratelimit_burst
ng_ratelimit_interval_ms

port
ongestion_threshold
ax_background
itting

927 files

-att-at) Delta-echo-romeo-pa
go-tango-alfa-tango
s-gau) whiskey-echo-bravo-Br
golf-alfa-uniform
-ghom-by) Alfa-tango-nike-ec
ar-mike-bravo-yankee
loym-PERIOD) juliett-india-U
-oscar-yankee-mike-PERIOD
th-Ic) November-echo-novembe
o-hotel-India-charlie

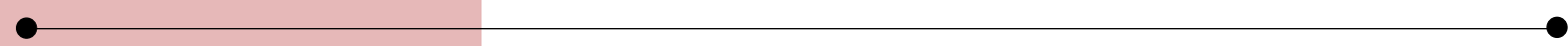
9iv+U netcon1@ubuntu
The key's randomart image
+---[DSA 1024]-----
|+==0...
|+0..0.
|+0..0..
|+0+..0
|*+00+ . 5
|oBo* . .
|oBo...
```

12

**Ricerca
informatica
nelle
università
e nei centri
di ricerca**

Antonio De Giorgio

**CSATA
Tecnopolis e
i Consorzi di Ricerca
nel Sud: motori di sviluppo**



Premessa

Il 19 settembre del 1969, presso il Palazzo Ateneo della Università di Bari, si riunivano, alla presenza di un notaio, i legali rappresentanti di: Università degli Studi di Bari, Banca d'Italia, Pignone Sud spa¹ e Formez², per costituire il Centro Studi e Applicazioni in Tecnologie Avanzate (CSATA), nella forma di Associazione di Fatto senza fini di lucro. Ne veniva nominato presidente il direttore dell'Istituto di Fisica dell'Università di Bari.

Questa data è da considerarsi quale “giorno zero” di un'avventura umana, professionale e sociale che ha prodotto numerose ricadute; infatti, ha sempre più coinvolto la società locale e meridionale, con interessanti fenomeni analoghi in altre regioni; ha interessato il Paese, che ha adottato approcci analoghi in aree anche potenzialmente più predisposte e ha attratto l'attenzione dell'Europa. Non si tratta di un centro di ricerche accademico e neanche di un laboratorio di ricerca e sviluppo industriale: CSATA prima, e Tecnopolis poi, hanno lavorato per facilitare e accelerare il cambiamento culturale, sociale ed economico della società civile pugliese e meridionale adottando e sperimentando ogni nuova tecnologia che poteva contribuire al cambiamento, *in primis*, naturalmente, le tecnologie dell'informazione e della comunicazione (Information and Communication Technologies - ICT). Una missione pubblica, perseguita con efficienza privata, di generare un “motore di sviluppo” per il Sud.

L'avventura viene brevemente sintetizzata come nascita e sviluppo del CSATA e poi di Tecnopolis Novus Ortus, di cui si parlerà più avanti; una missione che è tutt'ora in corso sotto i nomi di Innovapuglia spa e Tecnopolis PST srl. Vengono anche illustrate iniziative analoghe nel comparto ICT sorte, in anni successivi, in altre regioni del Sud: Calabria, Campania, Sicilia e Sardegna.

Prequel – La nascita

Nel 1958 arrivò a Bari, dall'Università di Padova, per ricoprire la cattedra di Fisica Sperimentale, Michelangelo Merlin³. Partì con un biglietto di sola andata, non era certo un docente-Fokker⁴ e neanche una persona comune!

Preso atto della pochezza – sotto tutti i punti di vista – dell'Istituto di Fisica di Bari Merlin maturò l'idea che produrre un vero cambiamento della situazione richiedesse

1. Una grande industria nazionale dell'IRI - Istituto per la Ricostruzione Industriale.

2. Agenzia della Cassa per il Mezzogiorno, specializzata nella formazione.

3. Michelangelo Merlin nel 1958 era già relativamente anziano; aveva, infatti, iniziato tardi la carriera accademica, come assistente alla cattedra di Fisica, dopo aver interrotto una brillante carriera da ufficiale dell'esercito per seguire questa sua passione.

4. Alcuni docenti vincitori di cattedra, si limitavano a soddisfare l'obbligo contrattuale, trattenendosi in sede solo il numero di giorni minimo necessario. Venivano chiamati dagli studenti “Docenti-Fokker”, dal nome della turbo-elica che collegava quotidianamente Bari con altre città italiane.

un'azione congiunta su più obiettivi: personale, logistica e strumentazione, allo scopo di inserire rapidamente l'Istituto di Fisica di Bari nella ricerca sperimentale internazionale e, conseguentemente, meglio qualificarne anche la didattica. Per far questo erano necessarie grandi risorse finanziarie. L'interlocutore naturale era il Ministero della pubblica istruzione (MPI) che si dimostrò pronto a sostenere il programma di Merlin a condizione che rimanesse a Bari sino al suo completamento, stimato in tre anni. Merlin rimase a Bari quarant'anni.

Nel 1963, dopo solo quattro anni dall'ideazione, il nuovo Istituto di Fisica diretto da Merlin veniva inaugurato e cominciò subito a operare con un organico che nel 1965 contava circa 60 persone⁵.

Era una realizzazione di pubblica utilità incredibile.

Ma non è incredibile per chi ha conosciuto Merlin!

In anni successivi, per sostenere le crescenti esigenze di calcolo automatico poste dalle attività di ricerca dell'università e da enti e imprese del territorio, Merlin cercò il sostegno della Cassa per il Mezzogiorno (CASMEZ). Grazie a ciò, l'Istituto ottenne, col finanziamento della CASMEZ, un nuovo elaboratore specializzato per il grande calcolo scientifico, un IBM 360/65. Ora bisognava trovare il modo per farlo lavorare bene e senza soluzione di continuità per 365 giorni all'anno⁶.

Le ragioni della Nascita del CSATA

Merlin, con il supporto di Aldo Romano⁷, condivise con la CASMEZ un più ampio progetto inerente alla fornitura del nuovo sistema di calcolo scientifico: la creazione di un centro specializzato, promosso dall'Università di Bari, presieduto da Merlin: il CSATA. Istituito come associazione di fatto, senza fini di lucro, tra soggetti di natura giuridica sia pubblica che privata, avrebbe avuto una gestione autonoma di tipo privatistico e un organico separato, formalmente e contrattualmente, da quello universitario⁸.

Il CSATA avrebbe avuto un patrimonio proprio, costituito dalle quote associative sottoscritte dai partecipanti, ma non avrebbe avuto alcuna dotazione finanziaria

5. Merlin anticipava la “dimensione dipartimento”, recepita molti anni dopo nella riforma delle università. Questa nuova e più ampia visione dell'organizzazione dell'insegnamento e della ricerca in fisica è stata ulteriormente ampliata, in tempi successivi, con la costituzione del Dipartimento di Fisica Inter-Università, tra Università di Bari e Politecnico di Bari, unica realtà del genere in Italia.

6. Tenere il calcolatore attivo 24 ore su 24 sarebbe stato necessario per soddisfare la crescente domanda di calcolo e ammortizzarne il costo prima della obsolescenza che, per queste macchine, è sempre molto rapida. Sarebbe stato indispensabile il lavoro per turni, così potendo “coprire” le notti e anche le festività.

7. Aldo Romano pugliese, brillante laureato in Fisica-Matematica, professore ordinario di Fisica Generale, si occupava di ricerca nel campo delle particelle elementari con frequenti missioni al CERN. Così era entrato in contatto con l'informatica.

8. Le modalità di lavoro H24 non erano affatto compatibili con il contratto di lavoro del personale tecnico universitario.

annuale. Avrebbe quindi operato per progetti e, come un'impresa, avrebbe dovuto trovare, di volta in volta, i clienti, sia tra i soci, sia all'esterno, interessati ad acquistare i suoi prodotti e servizi. La CASMEZ, oltre a sostenere l'investimento per il calcolo, avrebbe anche finanziato alcuni dei primi progetti di applicazione sperimentale nei settori previsti dallo statuto del centro e la formazione complementare e specialistica di giovani in queste nuove tecnologie, ancora sostanzialmente assenti nel sistema formativo meridionale⁹.

La rapida consultazione effettuata da parte di Merlin con i soggetti potenzialmente interessati – Banca d'Italia, Pignone Sud spa e Formez – e la definizione dei necessari accordi, portarono alla costituzione dell'Associazione CSATA.

Il nuovo Istituto di Fisica aveva messo a disposizione del CSATA alcuni uffici, aule per la formazione e un seminterrato per il centro di calcolo che richiedeva requisiti impiantistici particolari. Gran parte del personale sarebbe stato invece ospitato in prefabbricati in acciaio, climatizzati, dislocati nell'ampio cortile interno dell'istituto. L'operatività del CSATA avrebbe così potuto essere immediata per il calcolo, e in soli pochi mesi, per le altre funzioni.

Merlin, dopo la direzione dell'Istituto di Fisica e la presidenza del CSATA, completò il suo impegno a Bari assumendo la presidenza della Facoltà di Scienze¹⁰. Lo sostituì alla presidenza del CSATA, su designazione dell'Università di Bari, Aldo Romano.

Portatore di nuove idee e strategie, Romano diede alla struttura un orizzonte d'azione più vasto e incisivo, spostandone il focus verso la società meridionale, per favorire lo sviluppo di una nuova cultura e una nuova economia basata sulle scienze e le nuove tecnologie, particolarmente ICT¹¹, considerate, come anticipato, il motore di sviluppo appropriato per il Sud¹², ben più efficace degli approcci convenzionali.

9. Nell'Università di Bari la laurea quadriennale in Scienze dell'informazione, unica al Sud – pur attivata già con l'a.a. 1970-71 (insieme a Torino e un anno dopo Pisa) – avrebbe ovviamente prodotto laureati solo dal 1974.

10. Il Comune di Bari, per gratitudine, gli aveva conferito la cittadinanza onoraria. Poco prima del pensionamento si trasferì a Venezia, sua città d'origine.

11. Romano, nel 1989 si trasferì all'Università degli studi Roma Tre e, poi ancora, nel 1998, all'Università di Lecce. A Lecce, quasi come in una seconda giovinezza, Romano si dedicò full time a realizzare un nuovo centro scientifico di alta formazione, l'ISUFI. Poi, tra il 2001 e il 2007, presiedette la Commissione Nazionale Tecnico-Scientifica del FIRB (Fondo Investimenti in Ricerca di Base) presso il MIUR. Il Presidente Carlo Azeglio Ciampi gli conferì la Medaglia d'Oro dei Benemeriti della Scuola, della Cultura, dell'Arte e l'Onorificenza di Grande Ufficiale al Merito della Repubblica Italiana. L'Università di Lecce ha voluto ricordarlo dedicandogli l'edificio del Laboratorio di Ingegneria economico-gestionale da lui fondato.

12. Le ragioni della appropriatezza saranno illustrate diffusamente più avanti.

Sequel - La nuova frontiera

Il CSATA dalla fondazione al 1972

Alla fine del 1969 una nuova potente macchina di calcolo scientifico gestita da un primo gruppo di operatori, programmatori e sistemisti inquadrati nei ruoli del CSATA era operativa e a disposizione della ricerca universitaria.

La concreta attivazione del CSATA ebbe un ulteriore rinforzo, a luglio del 1970, con l'assunzione di una decina di giovani laureati scientifici, con la qualifica di docenti-ricercatori, per assicurare un primo livello di piena operatività su tutti gli obiettivi dell'associazione ossia, formazione e applicazioni sperimentali nelle aree statutarie di specializzazione: informatica, elettronica, fisica dei materiali. Le aree sulle quali Merlin riteneva essenziale potenziare, anche quantitativamente, le risorse umane e strumentali già presenti nell'Istituto di Fisica.

Diverse missioni furono attivate dal CSATA in pochi mesi, rivolte sia verso i soci, sia verso la società civile. Oltre quelle volte al calcolo scientifico ad alte prestazioni, se ne ricordano, qui di seguito, altre.

La formazione post-diploma e post-laurea in Informatica, con corsi biennali e annuali (con funzione di supplenza più che di integrazione dell'offerta ordinaria) per giovani provenienti sia da discipline tecnico-scientifiche, sia da discipline umanistiche. I corsi CSATA avevano funzioni di avanzamento delle competenze a vari livelli – una sorta di dottorati di specializzazione e master extrauniversitari – che per i giovani provenienti da discipline scientifiche erano bienni di vera e propria specializzazione e per i giovani provenienti da discipline umanistiche consistevano in un anno di formazione in informatica, complementare ai loro studi.

Tra i primi temi di ricerca applicata attivati nel CSATA già nel secondo semestre del 1970 è da ricordare lo sviluppo di competenze specialistiche e capacità di ricerca nel campo del Calcolo Numerico. Ciò avvenne grazie all'attrazione a Bari, come docente nella Laurea in Scienze dell'informazione e come dirigente-collaboratore del CSATA, di Ilio Galligani¹³. Caratterizzato da un approccio affatto teorico, ma sempre improntato a risolvere problematiche tanto complesse quanto concrete – spesso di derivazione industriale – Galligani era perfettamente aderente allo spirito del CSATA, cui apportò competenze esemplari, metodiche di lavoro innovative, grande vivacità intellettuale. La presenza del grande calcolatore scientifico era stato uno dei fattori di attrazione, costituiva un *unicum* nel Sud, prezioso per passare rapidamente dall'ideazione di nuovi algoritmi numerici e modelli virtuali – rappresentativi di oggetti o fenomeni reali – allo sviluppo di programmi sperimentali per la loro simulazione, verifica e validazione.

13. Tenne, a Scienze dell'Informazione, il corso di Teoria e Applicazioni delle Macchine Calcolatrici. Veniva dal Centro Euratom di Ispra dove era stato responsabile delle attività di Analisi Numerica. Nel 1972 lasciò Bari per assumere, a Roma, la Direzione dell'Istituto per le Applicazioni del Calcolo "Mauro Picone" del CNR. Come professore ordinario di Analisi Numerica, ha quindi insegnato in molte università italiane, ultima Bologna, e assunto varie responsabilità nel coordinamento del settore a livello nazionale.

Pur nella brevità della sua permanenza a Bari, Galligani fece scuola, formando e avviando alla specializzazione su questa disciplina un piccolo gruppo di giovani ricercatori sia nel CSATA, sia nell'Università di Bari i quali, in seguito, popolarono diverse istituzioni scientifiche in Italia e acquisirono prestigio internazionale nel settore.

Ancora è da ricordare la ricerca e la sperimentazione di attività di "Formazione con l'Ausilio del Computer" sotto la guida di Aldo Romano.

La Computer Assisted Instruction (CAI) era una disciplina che aveva già compiuto primi passi negli Stati Uniti e in Europa. Presto i tempi furono maturi per un momento di confronto globale, che si concretizzò nel luglio del 1972 a Pugnochiuso, in Puglia, con una International School on Computer in Education, promossa e realizzata dal CSATA.

Durante la scuola si confrontarono le esperienze maturate nelle principali università e centri di ricerca specializzati, americani ed europei. Ai seminari del mattino, seguivano, nel pomeriggio, le sessioni pratiche realizzate con terminali industriali, o prototipali, grazie all'impegno dei tecnici CSATA nell'organizzare collegamenti-dati con tutte le sedi di provenienza dei relatori, negli USA e in Europa, affinché potessero dimostrare praticamente funzionalità e performance dei loro sistemi CAI¹⁴. La maggior parte dei risultati proposti erano costituiti da applicazioni software che giravano su terminali industriali, all'epoca costituiti solo da telescriventi. Da un gruppo di ricercatori americani fu presentato e messo in uso un terminale-prototipo a schermo piatto, pieghevole e portatile, simile ai moderni schermi a cristalli liquidi (LCD), ma realizzato con una tecnologia insolita¹⁵. Sembrava una soluzione ideale, compatta, grafica e mobile, ma presto sarebbero apparsi analoghi prodotti industriali ben più performanti: non ebbe seguito.

Ancora, nel 1972, a conferma dell'impegno del CSATA verso la diffusione della formazione in informatica, tre dei suoi docenti ricercatori parteciparono alla redazione dei primi due libri a tiratura industriale per l'insegnamento dell'informatica, pubblicati in Italia nel 1973 da Zanichelli¹⁶. Nel CSATA la sperimentazione CAI proseguì per molti anni, soddisfacendo la domanda interna di strumenti per la formazione in informatica, area in continua crescita, strutturando corsi modulari, dotati di tutto il materiale didattico necessario, con esercitazioni pratiche e schemi di verifica dell'apprendimento.

Solo queste due ultime attività si poterono giovare dello sviluppo di apposito software applicativo; all'epoca, con i terminali telescriventi, non aveva senso fare di più.

14. Allora ogni produttore di computer aveva una tecnologia proprietaria di connessione a distanza, incompatibile con la concorrenza. Nel CSATA furono sviluppati degli "emulatori" per collegare i terminali disponibili anche a computer di altre case.

15. Una sorta di pannello tipo camera a scintille funzionante al contrario: dando un impulso di corrente a due fili di una fittissima matrice x-y, si accendeva il punto di intersezione. Si otteneva così una rappresentazione di testo e grafica per punti, naturalmente monocolori e di luminosità costante.

16. Coordinati da Antonio Siciliano, fisico, docente dell'Università di Bari, vi collaborarono studiosi di tutta Italia. In bibliografia i riferimenti.

Poi continuarono gli sviluppi resi possibili dalle nuove tecnologie: i terminali video-grafici, i linguaggi di programmazione e gli elaboratori specializzati¹⁷, i personal computer grafici e le video riprese digitali dal vivo. In questo modo si arrivò alla proposizione del Modulo Informatica di Base (MIB)¹⁸, un corso multimediale interattivo progettato e realizzato in CSATA.

A seguito dell'acquisizione di uno dei primissimi terminali grafici disponibili, – un IBM 2250 interfacciato al computer scientifico IBM 360/65 di cui si è detto – si sviluppò rapidamente un'altra area di Ricerca e Sviluppo, con immediato impegno di un gruppo di giovani ricercatori e borsisti per lo sviluppo di componenti hardware e software con cui, progressivamente, automatizzare la lettura e soprattutto l'interpretazione di immagini¹⁹ ai fini della conoscenza e del monitoraggio del territorio, delle ricoperture vegetali e, più in generale, dell'ambiente, attraverso complesse elaborazioni di foto aeree e, soprattutto, di foto da satellite²⁰. Ricadute di queste esperienze andavano anche a irrobustire la qualificazione del personale CSATA e le attività esercitative dei corsi che si tenevano²¹.

In anni successivi, allorché si rese disponibile una qualche tecnologia idonea e una prima base di competenze, furono attivate ulteriori aree di ricerca applicata, aventi rilevanti ricadute sull'ammodernamento della Pubblica Amministrazione. Di queste si parlerà più avanti.

Accanto a queste attività, si sviluppò anche la produzione di componenti software di sistema operativo, per realizzare funzioni aggiuntive, non comprese allora nei sistemi operativi standard²², necessarie per servizi che potevano trarre grande vantaggio dall'*online*.

17. Un linguaggio specializzato, allora sulla cresta dell'onda, era l'APL. Fu sperimentato un sistema hardware/software prototipale, sviluppato all'Università di Stanford, consistente di un computer specializzato e di otto terminali grafici. Il docente poteva monitorare l'attività dei singoli allievi sui terminali, interloquire con loro collettivamente o individualmente attraverso non solo tastiera e video, ma anche a voce, in quanto il sistema ne elaborava una modulazione "simil-pacchetto".

18. L'attività di Ricerca e Sviluppo in questo campo fu mantenuta sino a quando queste soluzioni non entrarono nell'offerta industriale. Alcune delle competenze sviluppate intorno al CAI si orientarono anche verso la carriera accademica, partecipando allo sviluppo dell'Informatica nell'Università di Bari e nel Politecnico di Bari.

19. Approfondimenti sull'argomento si trovano nel capitolo "Elaborazione di immagini, riconoscimento di forme e Computer Vision".

20. Il costo delle foto aeree era estremamente elevato e richiedeva molto tempo, sia per i costi e l'organizzazione del volo, sia per le complesse procedure di autorizzazione da parte della Difesa Aerea. Il confronto tra diversi periodi richiedeva l'organizzazione di più voli e quindi moltiplicava tempi e costi. Le foto da satellite semplificarono fortemente l'accesso a queste informazioni: le foto si ottenevano per abbonamento, si disponeva facilmente di grandi serie storiche in quanto i satelliti ripassavano sui medesimi luoghi con perfetta periodicità. La risoluzione delle immagini, all'epoca, era il punto debole. Buona parte dello sviluppo algoritmico era dedicato al loro miglioramento, prima ancora che all'interpretazione del contenuto.

21. Alcuni docenti-ricercatori del CSATA insegnavano anche al corso di Laurea in Scienze dell'informazione.

22. I sistemisti CSATA svilupparono un monitor per il *teleprocessing* (MTP) chiamato TNT (per ovvia allusione alla potenza della dinamite), molto prima che fosse incluso dall'IBM un analogo componente nel Sistema Operativo del computer 360/65, che nasceva come macchina *batch*.

Le attività sperimentali, precedute e accompagnate da specifiche azioni di studio e prototipazione furono condotte, in questo primo periodo, sotto la guida di Romano, che assunse la direzione del CSATA dal 1970 al 1972²³ e poi la presidenza, sino al 1986.

Il CSATA di Merlin e dei suoi collaboratori aveva ricevuto un *imprinting* – come accade, se vogliamo, alle papere – che non scomparirà più, semmai, nel tempo, sarà arricchito da altri modelli e riferimenti. Nella natura del CSATA, quindi, c'era tutto l'approccio proprio di un centro scientifico di buon livello, volto ad attività di ricerca e sperimentazione sul campo e all'alta formazione, oltre che all'erogazione di servizi di calcolo scientifico.

Il ruolo del CSATA²⁴ disegnato da Merlin: nato da una costola dell'Istituto di Fisica, doveva divenirne spalla per fornire servizi e competenze a potenziamento delle capacità dell'Istituto stesso, frenate dalla dimensione del suo organico, ormai intorno alle 75 unità; considerata da Merlin ancora insufficiente rispetto a quella internazionale, che intendeva dare all'Istituto. Vi erano poi i limiti statutari dell'Università e i limiti contrattuali del suo personale²⁵.

Il CSATA tra il 1972 e il 1984

Con la Presidenza Romano si affievolì progressivamente il “modello merliniano” di un CSATA con organici e attrezzature sostenute dalla CASMEZ, che andavano a complementare e integrare organici e attrezzature che il Ministero della pubblica istruzione forniva all'Università di Bari e all'Istituto di Fisica, sempre più col contagocce²⁶.

Il progressivo prevalere dell'istanza sociale rispetto alla funzione di servizio ai soci e le conseguenti profonde e sostanziali riflessioni sul modello organizzativo, operativo e istituzionale più appropriato – più volte ristudiato e modificato osservando avvenimenti e sviluppi a livello internazionale – consentì di adeguare dinamicamente la missione societaria agli effettivi bisogni, anche non ancora espressi, della comunità culturale ed economica circostante, in Puglia e nel Mezzogiorno.

Questo fu un sostanziale apporto di Aldo Romano. Il CSATA ampliava l'orizzonte d'azione sulla base di un'elaborazione concettuale più vasta e strategica: sostenere concretamente una politica di sviluppo socioeconomico-culturale del Sud basata sulla valorizzazione della scienza e delle competenze, con particolare enfasi dell'ICT.

23. Alla Direzione del CSATA subentrò, sino al 1976, Luciano Guerriero, professore ordinario di Fisica Sperimentale dell'Università di Bari e, poi, primo presidente dell'Agenzia Spaziale Italiana.

24. In questa prima fase, la motivante prospettiva per un giovane assunto nel CSATA era di inserirsi in un progetto di modernità culturale, scientifica e sociale mai visto al Sud.

25. Se il CSATA avesse continuato ad operare secondo il “modello merliniano”, molto probabilmente avrebbe concluso la sua esistenza alla fine degli anni Ottanta, per effetto della chiusura della CASMEZ.

26. In quegli anni, Pisa, Bologna e Milano, furono dotate di grandi calcolatori scientifici a cura e spese del CNR e del MPI. Vedasi capitolo “Consorzi e Centri di servizio”. Nessuna università del Sud fu coinvolta in questo programma. Il CSATA, grazie alla CASMEZ, ebbe, negli stessi tempi, analoghe attrezzature di calcolo, indispensabili per sostenerne la competizione scientifica, e la qualità formativa dell'Università di Bari. Al Sud l'Intervento Straordinario non era integrativo, come prevedeva la legge istitutiva, ma suppletivo delle *dimenticanze* dell'Intervento Ordinario.

Romano era un grande didatta. Nel CSATA generava sfide continue affidando compiti superiori alle capacità acquisite dai suoi giovanissimi collaboratori. Potremmo dire: “li buttava a mare senza salvagente, pur consapevole che non sapevano nuotare”. I più motivati a vivere, annaspando tornavano a terra: cioè, svolgevano i compiti affidati al meglio delle loro capacità. Erano, inevitabilmente, risultati oggettivamente scadenti; ma a questo punto, Romano si sedeva al loro fianco e, percorrendo insieme quanto elaborato, insegnava come correggerlo, migliorarlo, sino alla perfezione, impiegando tutto il tempo necessario. Non era un presidente, era un “maestro” che aiutava i suoi allievi a crescere e responsabilizzarsi rapidamente.

Romano aveva una capacità di confrontarsi e trasfondere la sua visione in chi, incautamente si intratteneva con lui²⁷. I primi incauti pronti a buttarsi in mare furono i giovani dipendenti del CSATA, in cui contribuì a generare un grande spirito identitario, una forte motivazione a operare per obiettivi di crescita sociale, una consuetudine al lavoro di squadra e al perseverare sino al raggiungimento degli ambiziosi risultati attesi, sempre attenti a operare per scienza e conoscenza.

Così si cominciò a configurare un progetto di trasformazione del quadro socioeconomico-culturale del Sud, attraverso la valorizzazione del fattore umano nelle nuove tecnologie, avendo come base il potenziale costituito dai giovani acculturati del Sud, più numerosi rispetto a quelli del Nord²⁸.

Il modello di sviluppo proposto da Romano richiedeva investimenti per la creazione di nuovi posti di lavoro, molto inferiori a quelli necessari per creare un numero equivalente di posti di lavoro nella siderurgia, nella chimica, o nella petrolchimica²⁹ aveva un'eccezionale potenzialità di sviluppo³⁰; anche questo, col senno di poi, è facile constatarlo.³¹

27. Un prestigioso collega toscano di Aldo Romano, che, come molti toscani aveva la battuta ficcante, diceva di Romano “è una sirena: il suo pensiero e la sua voce incantano e chi lo ascolta è pronto a buttarsi in mare”.

28. In quegli anni l'ampia disponibilità di lavoro al Nord faceva rapidamente interrompere gli studi, in favore di un immediato impiego retribuito. Al Sud il completamento degli studi secondari superiori e poi la prosecuzione verso una laurea, derivavano dalla combinazione di due fattori: da un lato, la mancanza di immediate opportunità lavorative; dall'altro, il forte desiderio di recupero sociale e culturale dei ceti meno abbienti.

29. La politica industriale per il Sud era imperniata sulla collocazione di enormi impianti produttivi nella siderurgia e nella petrolchimica, da parte delle Partecipazioni Statali. Si puntava molto sulle economie di scala, ad esempio il Siderurgico di Taranto era, ed è tuttora, il più grande impianto del genere in Europa. In sostanza si offriva al Sud occupazione in cambio di suoli, con condizioni lavorative che al Nord erano ormai sempre meno gradite.

30. Solo un grossolano esempio: gli oltre ventimila addetti del siderurgico di Taranto nel 1970, si sono ridotti, nel 2024, a circa diecimila, di cui il 40% in cassa integrazione; i circa trecento addetti del comparto ICT in Puglia nel 1970, erano aumentati, nel 2012, fino a oltre 15 000, distribuiti in circa 5 000 PMI e producevano un fatturato di oltre 50 milioni di euro. Oggi questi numeri sono più che triplicati: si registra la presenza di un'ancora più vasta moltitudine di PMI, di grandi imprese autoctone, oltre che l'arrivo di interessanti insediamenti di importanti filiali di grandi gruppi internazionali nel campo della consulenza informatico/gestionale che occupano migliaia di giovani del comparto ICT e non solo, generando un valore aggiunto estremamente interessante. La Puglia è oggi considerata molto fertile per questa tipologia di investimenti; il primario fattore attrattivo è la quantità e qualità dei giovani diplomati e laureati e la disponibilità di tante imprese possibili co-partner, o sub-fornitrici. Una stima prudente valuta in circa 50 000 gli attuali addetti del comparto ICT nella regione.

Romano era un visionario con i piedi per terra. La sua spiccata cultura e intelligenza, l'attitudine interdisciplinare e strategica, sempre guidata da un rigoroso metodo scientifico, la capacità di mettere rapidamente in atto ogni pensiero, erano, inevitabilmente, qualità sinceramente ammirate da alcuni e intimamente invidiate da molti³².

Il CSATA era, quindi, una sorta di laboratorio in cui verificare, nella sua piccola scala d'azione, nuovi approcci allo sviluppo socioeconomico-culturale del Sud. Da subito, quindi, CSATA e "csatini" (in gergo i dipendenti), si trovarono a operare in un ambiente controverso dove si incontravano entusiasti, favorevoli, indifferenti, contrari e pervicacemente ostativi.

Il clima interno al CSATA ricordava (*absit iniuria verbis*) la nuova frontiera del più famoso discorso di John Fitzgerald Kennedy. Questo era fortemente motivante per i giovani di quegli anni, in quanto avevano, i più, un'attiva partecipazione alla vita sociale, insieme a una voglia di agire collettivamente per lo sviluppo di una società nuova.

La crescente domanda esterna di servizi portò a un progressivo allargamento dell'organico che, in un quinquennio raggiunse circa le sessanta unità. La logistica era divenuta insufficiente, il calcolatore ormai tecnologicamente superato, l'assetto societario da rivedere. I soci avrebbero successivamente trasformato l'associazione di fatto in un consorzio, dando così una precisa veste giuridica a quest'organizzazione³³ e ottenendo anche l'adesione di nuovi soggetti pubblici e privati.

Nel 1974 il CSATA propose alla CASMEZ un nuovo progetto basato sulla messa a regime, su più ampia scala, dei servizi tecnologici sino ad allora attivati. Per questo erano necessari: una nuova logistica, un nuovo programma di formazione specialistica con borse di studio finalizzato alla qualificazione e reclutamento di ulteriori giovani specialisti, un nuovo computer scientifico a stato dell'arte, una nuova strumentazione ICT, particolarmente, per le tematiche su cui già stava lavorando da tempo il settore di Ricerca e Sviluppo dello CSATA, tra cui, come detto, l'elaborazione di immagini satellitari e/o da telerilevamento terrestre per il monitoraggio del territorio in relazione a problematiche ambientali, agricole, ecc. con lo sviluppo di carte tematiche indispensabili alla Pubblica Amministrazione Locale (PAL) per il controllo delle fonti di inquinamento,

31. A tarpare le ali a ogni prospettiva futura di questi grandi investimenti sarebbe stata la successiva mancanza, per sessant'anni, di sostanziali ammodernamenti, indispensabili per sostenerne la competitività e renderne ambientalmente compatibile la presenza. Il tema è tuttora di grande attualità e non solo nella siderurgia tarantina e nella petrolchimica salentina.

32. Terra di avventurosi mercanti imprenditori che, già nell'XI secolo, avevano costruito le basi della loro futura ricchezza andando a comprare imbarcazioni da trasporto nel Nord-Adriatico, con cui traghettare, con grande rischio, i Crociati in Terra Santa e, poi, imbastire con queste navi grandi traffici commerciali, non solo tra le due sponde dell'Adriatico, ma nell'intero Mediterraneo. Le grandi cattedrali romaniche di Puglia del XI-XIII secolo sono la testimonianza della ricchezza allora accumulata. Tuttavia, non fu solo accumulo di denaro, ma anche studio e riflessione sulla regolazione normativa dei traffici commerciali: il primo documento scritto, che sanciva i diritti e i doveri del comandante di un vascello commerciale nel Mediterraneo, i cosiddetti Statuti Marittimi, fu elaborato e promulgato a Trani nell'anno 1063.

33. Le Associazioni di Fatto rimettono tutti gli impegni, le responsabilità e le garanzie alle persone fisiche degli amministratori, ciò le limita fortemente nell'agire.

dell'abusivismo edilizio, dell'utilizzo del territorio, dello stato di maturazione delle produzioni agricole, delle infestazioni, ma anche dei volumi di produzione ai fini di formare inventari, o sventare possibili frodi agricole, ecc. Si cominciavano anche a seguire e studiare i nuovi protocolli di comunicazione open che progressivamente venivano delineati da gruppi e comitati internazionali. In anni successivi, maturati ed emanati gli standard, ci si sarebbe occupati dello sviluppo di componenti software conformi al protocollo Open Systems Interconnection (OSI)³⁴ per le applicazioni della Pubblica Amministrazione e il governo di reti di telecomunicazione (TLC) non proprietarie.

Anche lo sviluppo di interfacce vocali per la facilitazione del rapporto uomo-macchina fu oggetto di studio e prototipazione³⁵. Era il momento dell'apparire sul mercato delle prime work-station specializzate. Nuovi produttori si affacciavano con prodotti fortemente innovativi per tecnologia hardware e software utilizzata per domini di applicazione tecnica, ponendosi al di fuori dei canoni monopolizzati dalla grande industria informatica, europea e americana. Il CSATA, rapidamente si aprì a questo nuovo scenario.

La CASMEZ approvò il programma di potenziamento del CSATA che fu subito "cantierizzato". La nuova logistica venne realizzata come un'estensione indistinguibile dell'Istituto di Fisica³⁶.

Nelle nuove strutture del CSATA furono realizzati studi, laboratori di informatica e aule attrezzate, superando l'impiego dei prefabbricati, ormai giunti a fine vita. Sempre in questa nuova ala fu realizzata una più ampia sala macchine avendo, il previsto nuovo calcolatore, esigenze tecnico-funzionali incompatibili con la vecchia sede.

Si trattava di un IBM 370/158, ancora una macchina specializzata per il calcolo scientifico, ma pronta a funzionare con terminali in rete per l'utenza accademica e per enti e imprese, ovunque fossero dislocati³⁷. Tra questi, tra i primi, la Regione Puglia per la quale il CSATA, proseguendo su una linea di proposizione di moderne soluzioni ICT, realizzò delle applicazioni prototipali on-line per la gestione della ragioneria e del bilancio; prima regione in Italia a disporre di soluzioni così avanzate³⁸.

34. Allora le reti operavano secondo protocolli proprietari, così come anche i sistemi operativi erano proprietari. L'Europa sosteneva l'utilizzo di protocolli per reti TLC e SO di tipo Open. Il CSATA prese presto in carico questo indirizzo e lo portò a concretezza nelle sue attività di ricerca e sviluppo nazionali ed europee.

35. D'interesse particolarmente per l'Unione Italiana Cechi con cui fu attivata una proficua collaborazione. Maggiori informazioni su questa tematica si trovano nel capitolo "Interazione uomo-macchina" di Flavio Bonfatti.

36. Una nuova ala, conforme alla costruzione preesistente, funzionalmente e fisicamente connessa a essa. In tal modo si sarebbero ottenute le migliori economie di scala e la maggiore rapidità di realizzazione. Successivamente, nel 1984, con la realizzazione di Tecnopolis, l'ala fu ceduta al nuovo Dipartimento di Informatica dell'Università e poi, al Dipartimento di Fisica.

37. Ancora una volta, con questo investimento sostenuto dalla CASMEZ, si allineava la tecnologia di calcolo scientifico del CSATA per l'Università di Bari, con quella che MPI aveva fornito ai Centro Scientifici del Centro-Nord: permaneva la funzione di sussidiarietà.

38. Niente più viaggi presso gli uffici regionali da parte dei clienti e fornitori per avere notizie di incassi, o pagamenti attesi; niente più tempi indefiniti perché un mandato di pagamento della ragioneria giungesse presso la banca tesoriere: documenti e informazioni erano prontamente disponibili online.

Nel 1976 il nuovo investimento era completato. La nuova sede era pronta e finita, corredata di nuove strumentazioni, arredi e, soprattutto, di giovani borsisti carichi di entusiasmo. Così fu pensato e così avvenne.

Era un'opera pubblica incredibile. Romano, degno erede di Merlin!

Nel 1976, il Centro aveva la piena titolarità e responsabilità dei nuovi investimenti in quanto il suo organico interno ricopriva tutte le responsabilità operative. Fu, in quell'anno, nominato direttore una persona interna, Umberto Bozzo³⁹, studioso, tenace, persona di grande valore culturale e rigore morale, rimase alla direzione generale del CSATA (e poi di Tecnopolis, di cui parleremo più avanti) sino al 1996. Il CSATA continuava ad agire sotto la guida di un Consiglio di Amministrazione espressione dei soci. Socio largamente maggioritario era sempre l'Università di Bari che deteneva la maggioranza in Consiglio e ne riconfermava presidente Aldo Romano.

Si puntò progressivamente, oltre che all'ampliamento della missione all'allargamento delle fonti di finanziamento delle attività scientifiche e formative, spingendo il CSATA a inserirsi, intorno alla fine degli anni Settanta, nei Progetti Finalizzati del CNR, *in primis* il Progetto Finalizzato Informatica (PFI)⁴⁰. Negli anni successivi, si propose il co-finanziamento dell'Istituto Mobiliare Italiano (IMI)⁴¹ insieme con alcune industrie italiane del Centro e del Nord a progetti di ricerca industriale⁴² *follow-up* della comune partecipazione al PFI. Infine, si costituirono nuove alleanze accademico-industriali internazionali per partecipare ai principali programmi di sviluppo dell'ICT finanziati dall'Unione Europea⁴³.

Questi avvenimenti indussero un ulteriore risultato molto positivo, ossia, si concretizzò pienamente il modello di impresa pubblico-privata previsto nello statuto: le finalità delle azioni dovevano rispondere a un interesse pubblico, ma le modalità di realizzazione dovevano attenersi alle regole di un'impresa privata⁴⁴.

Nel 1979, la struttura organizzativa e operativa era ormai divenuta completamente autonoma attraverso la crescita di esperienze e la maturazione del personale interno che andò a ricoprire tutti i ruoli direttivi.

39. Umberto Bozzo, ingegnere elettrotecnico laureato a Bari, faceva parte del primo gruppo di assunti nel 1970 ed era uno dei "Ragazzi di via Amendola", di cui si dirà più avanti; successivamente, assunse la direzione di Confindustria-Bari. Bozzo, primo dirigente di provenienza interna, seguiva alla direzione tenuta, tra il 1972 e il 1976, da Luciano Guerriero.

40. Particolarmente, nel sotto-progetto P2, orientato alla modernizzazione della Pubblica Amministrazione, guidato da Paolo Bronzoni del CNR. Maggiori informazioni sul PFI sono contenute nel capitolo a esso dedicato.

41. La principale banca italiana di investimenti in R&S.

42. Per lo sviluppo di componenti software per la PA, adatti a operare secondo lo standard internazionale O.S.I. fortemente promosso dalla UE.

43. Tra questi, tra i primi da ricordare, Esprit e Telematics poi tanti altri che è difficile qui enumerare. Particolare attenzione, allora come ora, ai progetti europei transfrontalieri verso l'altra sponda dell'Adriatico.

44. Ogni investimento co-finanziato doveva necessariamente trovare un interlocutore interessato ad acquistare il risultato, almeno per pareggiare i conti. Quindi si procedeva coi piedi per terra, niente fughe in avanti, verifica attenta dei contenuti e della qualità dei risultati.

In quel periodo si aggiunsero ai compiti consolidati altre funzioni focalizzate. Ad esempio corsi residenziali di specializzazione in informatica annuali, in lingua inglese, per laureati provenienti da Africa e Medio-Oriente; corsi brevi e seminari tenuti nei Paesi del Centro e Nord Africa (in lingua inglese o francese) su tematiche ICT di loro specifico interesse; missioni di assistenza tecnico-scientifica in relazione all'impianto di nuovi servizi informatici nella PA e anche per la definizione di appropriati piani di studio per la costituzione, in quei Paesi, di Lauree in Informatica⁴⁵. Tutto ciò in attuazione di una Convenzione tra CSATA e *Intergovernmental Bureau for Informatics (IBI)*⁴⁶.

Si avviarono e strutturarono attività di trasferimento tecnologico dei risultati della ricerca applicata emergente dai protagonisti nazionali: le Università, il CNR e l'ENEA verso la PAL e le PMI.

L'approccio, ancora una volta, fu basato su un adeguato studio preliminare e specifiche indagini sul campo, a livello europeo, nei Paesi dove già erano operativi qualificati centri per il trasferimento tecnologico⁴⁷.

Un *Simposio Internazionale IEAC sul Trasferimento delle Tecnologie* organizzato dal CSATA a Bari, nel maggio del 1979⁴⁸ concluse questa fase di studio e approfondimento delle metodiche possibili.

Si avviava, quindi, la messa in operatività di alcuni nuovi servizi tecnologici specificatamente rivolti all'ammodernamento delle PMI e della PAL. I risultati delle nuove iniziative di trasferimento tecnologico non furono completamente all'altezza delle aspettative: l'offerta di innovazione espressa dalle strutture scientifiche era ancora lontana, comprensibilmente, dalla pronta praticabilità sul campo, mentre la domanda era disponibile ad accogliere solo un'innovazione pronta all'uso, quale quella che tradizionalmente si adottava attraverso l'acquisto di nuovi macchinari. Colmare il divario richiedeva tempo e denaro che non erano facili da reperire, essendo entrambe le parti quasi sempre indisponibili a entrambe le cose e mancando una finanza specializzata, a livello nazionale. Era, ed è tuttora, una distanza difficilmente colmabile.

45. In quegli anni l'industria mondiale ICT aveva già raggiunto ogni Paese anche dell'Africa e del Medio-Oriente, curando direttamente la preparazione professionale del personale, ma mancavano totalmente corsi universitari in loco. La formazione scientifica e poi la carriera accademica erano affidate a università inglesi e francesi cui (per questioni chiaramente economiche) solo giovani dell'alta società potevano avere accesso. I titoli conseguiti all'estero venivano riconosciuti nei Paesi di provenienza dei discenti: si formavano organici accademici fortemente eterodiretti.

46. L'IBI è un'Agenzia Specializzata dell'Unesco che operava nell'ambito dell'assistenza in informatica ai Paesi in via di Sviluppo. Nata nel secondo dopoguerra, ebbe grandi meriti per le azioni realizzate, ma nel tempo assunse, inevitabilmente, una posizione più vicina ai Paesi destinatari della sua azione (in gran parte appartenenti al cosiddetto Terzo Mondo) che non ai suoi finanziatori. Gli Stati Uniti, primo contributore, nel 1984 annullarono il loro contributo e così fecero, a seguire, altri Paesi. Nel 1987, ormai priva di fondi, la struttura IBI fu liquidata.

47. Tra i tanti visitati, in Germania, il Fraunhofer Institute for Gesellschaft. In bibliografia il report di questa ricerca, *Ricerca e Trasferimenti delle Tecnologie in Europa* pubblicato da De Donato Editore.

48. In bibliografia il riferimento degli atti pubblicati da Pergamon Press.

Un recente tentativo importante in tal senso è stato il Programma Industria 4.0, sostenuto da Confindustria⁴⁹; ma ha avuto vita troppo breve.

I Consorzi di Ricerca nel Sud

Prima di proseguire nell'illustrare come, verso la fine degli anni Settanta, si svilupparono nel Sud altre iniziative di ricerca in forma consortile nel comparto ICT, è utile un breve *excursus* sulle Leggi per il Mezzogiorno degli anni Settanta/Novanta e sui loro strumenti di attuazione: la Cassa per il Mezzogiorno (CASMEZ) e l'Agenzia per il Mezzogiorno (AGENSUD).

Le leggi per il Mezzogiorno tra il 1971 e il 1993

Nel 1971 il Parlamento italiano varò una nuova Legge per il Mezzogiorno, la Legge 853, prima legge “organica” in quanto riassumeva tutte le forme di intervento nel Mezzogiorno, precedentemente regolate da più norme e regolamenti. Come organo di attuazione veniva confermata la Cassa per il Mezzogiorno, guidata da Gabriele Pescatore⁵⁰, costituita sin dal 1950 per accelerare la ripresa del Sud, essendo le amministrazioni locali largamente prive di autonome capacità di progettazione e gestione per realizzare importanti interventi infrastrutturali (la ricostruzione nel dopoguerra).

La Legge 853 introdusse il concetto di Progetti Speciali, ossia, progetti in grado di affrontare e risolvere una specifica problematica; poteva trattarsi di un ponte per consentire un accesso più agevole a un paese o altro, non aveva alcuna enfasi verso attività scientifiche, ma non le escludeva.

Nel 1976 la nuova Legge per il Mezzogiorno, la 183, sostituì la precedente recependone quasi ogni aspetto e introducendo esplicitamente, tra i Progetti Speciali, possibili iniziative di carattere scientifico e tecnologico.

Veniva confermata la delega alla CASMEZ per l'attuazione della legge. Per questo, nell'organizzazione della CASMEZ, venne potenziata un'apposita Divisione Ricerca Applicata.

Divergenze politiche nel susseguirsi delle maggioranze di governo di quegli anni portarono nel 1984, prima della scadenza della Legge 183, alla chiusura della Cassa per il Mezzogiorno, che restò attiva solo per il completamento delle opere in corso di esecuzione.

49. Ancora una volta, i cambi di governo hanno reso instabile il quadro di riferimento tecnico-giuridico delle agevolazioni all'innovazione destinate alle imprese.

50. Professore di Diritto della Navigazione e Consigliere di Stato, assunse la presidenza della CASMEZ nel 1955. Persona di notevolissime capacità manageriali fece della CASMEZ, che era una pubblica amministrazione, uno strumento molto efficiente, popolato da competenze tecniche e giuridiche di alto livello, fortemente motivate all'obiettivo: lo sviluppo del Sud.

Nel 1986, la nuova Legge 64 sostituiva la precedente, assicurando continuità alle opere in esecuzione e introducendo alcuni nuovi criteri e strumenti di intervento così dando ancora maggior enfasi ai progetti di ricerca e sviluppo.

La Legge 64 aveva un orizzonte temporale definito al 1993. Ne diveniva attuatore di un nuovo soggetto, l'AGENSUD agenzia costituita con personale della CASMEZ. Anche in questo caso, divergenze politiche nel susseguirsi di maggioranze di governo portarono alla chiusura dell'AGENSUD, nel 1992, prima della decadenza della Legge 64.⁵¹

Da quel momento, cessava ogni specificità normativa legata al Sud. Evidentemente, non si riteneva esistesse più una “questione meridionale”. Non erano quindi più necessarie leggi e strutture dedicate al riallineamento socioeconomico del Sud al resto del Paese; niente più prioritari investimenti industriali al Sud delle Partecipazioni Statali⁵².

Il governo degli investimenti in corso gestiti da CASMEZ/AGENSUD fu delegato ai ministeri competenti per materia.

I progetti di ricerca e sviluppo in corso di attuazione furono delegati al Ministero per l'università e la ricerca scientifica e tecnologica (MURST) sino al loro completamento, trasferendovi, a tale scopo, anche il personale CASMEZ/AGENSUD che se ne era sino ad allora occupato.

Tutte queste leggi avevano dato la possibilità alla CASMEZ e poi alla AGENSUD, di realizzare i progetti – preventivamente valutati positivamente e approvati dal Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE) – non solo direttamente, ma anche delegandone l'attuazione (quando il numero degli interventi aumentò) a specifiche stazioni appaltanti. Restava affidato alla CASMEZ/AGENSUD il compito di approvare ogni singolo atto (progetti, capitolati, commissioni, gare, aggiudicazioni, realizzazioni, collaudi ecc.) della stazione appaltante che, quindi, operava in un regime provvisorio sino a formale approvazione dei singoli atti compiuti.

Gli uffici della Divisione Ricerca Applicata della CASMEZ erano composti da personale molto competente e molto attivo, ma anche estremamente rigoroso sotto ogni aspetto nelle verifiche formali e sostanziali di ogni singolo atto, sul fronte sia tecnico, che amministrativo.

Rispettare tempi e programmi da parte della stazione appaltante non era facile, richiedeva altrettanta competenza, rigore e precisione altrimenti i tempi si dilatavano, le approvazioni non arrivavano, le azioni svolte venivano annullate e dovevano essere ripetute, sino a impantanarsi definitivamente tra procedure annullate e ricorsi dei fornitori.

51. Elemento costante della normativa era che l'agevolazione del 100% era destinata ai soli soggetti pubblici. Pertanto, essendo tutti i consorzi di ricerca (di cui si parlerà più avanti) costituiti da un mix di proprietà pubblica e privata, la proprietà degli investimenti finanziati dall'Intervento Straordinario veniva intestata totalmente a un'Amministrazione Pubblica, tipicamente l'università di riferimento, con il vincolo del comodato d'uso gratuito in favore del consorzio di ricerca, sino al termine della sua esistenza.

52. Al Sud i redditi pro-capite erano ancora meno della metà che al Nord, mentre la disoccupazione era più del doppio e molte infrastrutture essenziali erano ancora carenti, fatiscenti o totalmente mancanti. Il tema resta ancora attuale.

Purtroppo, tale è la storia di tante opere pubbliche avviate al Sud (e non solo) e rimaste incompiute a causa di stazioni appaltanti tanto necessarie quanto inadeguate professionalmente ed enti locali spesso privi dei necessari quadri tecnici e amministrativi, ma non per questo rinunciarci al ruolo. Ecco giustificati i toni di gioiosa meraviglia usati in più punti di questo capitolo per onorare il preciso rispetto di tempi e obiettivi nella storia che stiamo raccontando.

Tornando al nostro tema, in quegli anni, prevalentemente nella prospettiva di usufruire della legge n.183, molte università del Sud e anche alcuni enti locali, diedero vita a consorzi di ricerca e sviluppo con base societaria pubblico-privata adattandoli, ovviamente, al loro contesto e alle loro esigenze.

Qui ci occuperemo esclusivamente di quelli inerenti l'ICT.

Consorzio di Ricerche e Applicazioni Informatiche (CRAI)

Per iniziativa dell'Università della Calabria (UCAL) fondata nel 1972 a Rende (Cosenza)⁵³ fu costituito, nel 1979, il CRAI, con sede sempre a Rende.

Sergio De Julio⁵⁴ ne fu ideatore, promotore, animatore, nonché presidente. Il CRAI prese in carico la gestione del Centro di Calcolo dell'Università della Calabria – che il CSATA aveva attivato sin dal 1975⁵⁵ – e il primo nucleo dell'organico tecnico e scientifico locale che, nel frattempo, il CSATA aveva costituito attraverso assunzioni e borse di studio. Il finanziamento accordato a un proprio progetto con i fondi CASMEZ destinati al Progetto Speciale Ricerca Applicata, consentì al CRAI di disporre delle necessarie risorse finanziarie, oltre che per la logistica e la strumentazione scientifica, anche per la formazione specialistica di nuovo personale, arrivando ad assumere circa trenta unità. Furono così sviluppate interessanti attività di ricerca in informatica che raggiunsero una visibilità internazionale. Mancò sempre, comprensibilmente, un *commitment* locale nelle attività scientifiche. Le vicende CASMEZ, di cui si è detto, si tradussero in continue fibrillazioni sulla sopravvivenza della struttura, totalmente dipendente dai finanziamenti pubblici per il Sud. Nel 1998, il tribunale di Cosenza ne dichiarò il fallimento. Alcuni tra i giovani ricercatori intrapresero la carriera accademica registrando, nel tempo, importanti risultati, altri si adoperarono per costituire piccole

53. L'Università nasceva sulla base di un completo, moderno, progetto guidato dal suo primo Magnifico Rettore, Beniamino Andreatta, ordinario di Economia Politica all'Università di Bologna.

54. Sergio De Julio, Ingegnere elettronico, professore ordinario di Ricerca Operativa nell'Università della Calabria. Dopo l'esperienza CRAI assunse la presidenza dell'Agenzia Spaziale Italiana. Oggi è un imprenditore del settore ICT attivo in Calabria.

55. Il progetto UCAL comprendeva, tra le attrezzature scientifiche, un moderno sistema di calcolo, un IBM 370/145 che pur installato, rimaneva inerte mancando il personale idoneo al funzionamento. L'UCAL chiese nel 1975 al CSATA di attivarlo rapidamente e, allo stesso tempo, costituire localmente tutte le competenze necessarie per una successiva autonoma gestione locale. Il CSATA aderì subito alla richiesta creando una sede distaccata a Rende e lì replicando il processo di crescita attivato a Bari nel 1970.

imprese locali di informatica. Grazie anche a queste competenze scientifiche rimaste disponibili sul territorio, l'Università della Calabria ha potuto dare sistematicità e continuità alla formazione di competenze specialistiche in ICT. Innegabilmente il CRAI è stato un motore di sviluppo perché ha svolto un ruolo propulsivo fondamentale per la diffusione dell'ICT a livello regionale; senza i suoi circa 20 anni di attività la stessa Università e il territorio calabro oggi sarebbero diversi. Purtroppo, dopo la chiusura del Centro – e già durante la fase liquidatoria – mancando una doverosa sorveglianza, il patrimonio strumentale è stato saccheggiato e quello immobiliare vandalizzato.

Consorzio Ricerche in Informatica e Automazione Industriale (CRAI)

In Campania, l'Università Federico II promosse, nel 1980, la costituzione di un Centro Scientifico sull'informatica e l'automazione: il CRAI.

Promotore e primo presidente fu Antonio Langella⁵⁶. Al consorzio aderirono anche importanti società del comparto ICT tra cui Olivetti, in coerenza con la vocazione e la consistente presenza industriale nel territorio circostante. Sulla base di un progetto di sviluppo del CRAI, approvato e finanziato dalla CASMEZ nell'ambito del Progetto Speciale Ricerca Applicata, il consorzio venne a disporre delle risorse finanziarie per la logistica, la strumentazione, la formazione e le prime ricerche di avviamento, secondo lo schema consolidato di questa tipologia di interventi. La sede fu costruita in località Portici, un comune vicino a Napoli. L'organico, reclutato attraverso borse di studio, crebbe rapidamente, arrivando a circa cento unità. Per il CRAI, la crisi dell'Intervento Straordinario fu determinante, nonostante l'acquisizione di prime commesse industriali già mentre si formava il personale scientifico. La chiusura arrivò nel 1998 ed ebbe un impatto sociale importante per la perdita di ulteriori posti di lavoro in un territorio che già soffriva di pesanti crisi non solo nella siderurgia, ma anche nell'ICT⁵⁷. Nel 2002 il nome CRAI fu rilanciato con una compagine societaria in parte diversa, riprendendo e riutilizzando la logistica e le attrezzature del precedente CRAI, per fortuna intatte. L'Università vi partecipò inizialmente al 30%, riducendosi progressivamente sino al 4%. Successivamente, anche questa nuova operazione è entrata in difficoltà continuando a barcamenarsi tra prospettive di rilancio e di chiusura, mentre nel 2016 l'Università dichiarava il perduto interesse, mettendo in vendita le proprie quote.

56. Ingegnere elettrotecnico, professore ordinario di Misure Eletttroniche presso la Facoltà di Ingegneria della Università Federico II di Napoli. Ricoprì poi numerosi incarichi in organismi di coordinamento del settore della metrologia.

57. Sono fatti noti la chiusura del siderurgico di Bagnoli intorno agli anni Novanta, come il progressivo indebolimento, sino alla chiusura, della grande fabbrica Olivetti di Marcianise intorno al Duemila e poi di altre importanti manifatture del settore telefonico/telecomunicazioni, in cui non si era provveduto per tempo a rinnovarne l'attività con prodotti più attuali.

Centro per la Ricerca Elettronica in Sicilia (CRES)

Per iniziativa dell'Università di Palermo, nel 1974 fu costituito il CRES: un'associazione di fatto senza scopo di lucro; vi partecipavano la Regione Sicilia, il Comune di Monreale e altri Enti Pubblici locali. Era una piccola appendice dell'Istituto di Elettronica della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Palermo. Nei primi anni Ottanta, nominato presidente del CRES dall'Università di Palermo, Stefano Riva Sanseverino⁵⁸ colse l'opportunità della Legge 183 e rilanciò fortemente il CRES presentando alla CASMEZ un progetto che comprendeva una nuova logistica da realizzare a Monreale con attrezzature scientifiche, formazione e primi finanziamenti di ricerca. Nel 1982, il CRES acquisì personalità giuridica in sede regionale. Ai finanziamenti CASMEZ, andati poi in crisi per quanto già detto, seguirono successivamente diversi finanziamenti regionali e alcuni finanziamenti da progetti nazionali ed europei. Ciò consentì alla struttura di procedere oltre la chiusura della CASMEZ, con un organico che raggiunse le quaranta unità. Negati, dal 2008, ulteriori finanziamenti regionali, nel 2010 il CRES fu posto in liquidazione. Purtroppo, dopo la chiusura del Centro e prima di una qualsivoglia soluzione da parte della Regione Sicilia per il riutilizzo del patrimonio logistico e strumentale (questione ancora oggi irrisolta) mancando una doverosa sorveglianza, il patrimonio strumentale è stato saccheggiato e quello immobiliare vandalizzato.

Consorzio Ricerche in Sardegna (CORISA)

Nel 1983, l'Università di Sassari⁵⁹ promosse il progetto di un nuovo Centro di Ricerca Applicata sotto forma di consorzio: il CORISA. Ideatore e animatore dell'iniziativa fu Antonio Milella⁶⁰. Il CORISA nasceva per sviluppare e sostenere più tematiche di ricerca applicata, alcune fortemente fondate sull'ICT (come, ad esempio, l'Agrometeorologia) altre necessitanti di un consistente apporto ICT per operare in modo moderno nella gestione di dati, simulazioni e previsioni quali, ad esempio, la Maricoltura. Tra le iniziative qui citate, il CORISA fu l'ultima a partire, ma aveva in Milella un eccezionale promotore.

58. Brillante ingegnere elettronico, professore ordinario nel Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica della Università di Palermo, acquisì grande prestigio internazionale per i suoi studi nel settore elettro-ottico. Fu a lungo Preside di Facoltà e successivamente assunse importanti ruoli nel coordinamento della ricerca nazionale del settore.

59. Che aveva chiesto al CSATA, nel 1982, di attivare una propria unità, a Sassari, per la gestione del Centro di Calcolo Scientifico, delle cui attrezzature si era appena dotata.

60. Professore ordinario di Colture Arboree nella Facoltà di Agraria, Preside della Facoltà e poi Magnifico Rettore dell'Università di Sassari continuativamente dal 1973 al 1991, ne curò particolarmente la modernizzazione, la crescita e soprattutto la visibilità scientifica, sostenendo l'inserimento della stessa, fondata nel 1600, in importanti progetti di ricerca internazionali. Uomo tenace sin all'inverosimile, di grande affabilità, costantemente disponibile al dialogo, sempre giovane nelle idee e semplice nel tratto.

Il progetto CORISA prevedeva la realizzazione del Centro Ricerche in un'area caratterizzata da potenzialità ambientali altissime e molteplici, ma che allora versava in totale abbandono: l'area della ex-Colonia Penale del Tramariglio⁶¹, affacciata sul mare nel Golfo di Porto Conte, tra Alghero e Capo Caccia, in provincia di Sassari.

Un'area vastissima, in quanto comprendeva ampi terreni agricoli intorno alle strutture della colonia penale. L'area era anche servita da un piccolo molo⁶², nato per facilitare l'arrivo e la partenza via mare dei reclusi: sarebbe stato, insieme al mare cristallino, di grande utilità per le attività scientifiche di Maricoltura. Il progetto CORISA prevedeva sia la costruzione di nuovi padiglioni, sia il recupero di alcuni dei padiglioni dell'ex-colonia penale (quelli meno degradati dopo la chiusura della colonia) nonché le necessarie dotazioni strumentali, borse di studio, corsi di formazione e prime ricerche per la qualificazione dei giovani ricercatori. Alla chiusura della CASMEZ, il supporto finanziario fu assunto dalla Regione Sardegna sino a circa il 2008. Successivamente, le attività di Agrometeorologia si sono evolute e stabilizzate nel Servizio Agrometeorologico Regionale (SAR). L'attività nella Maricoltura è stata localizzata in uno specifico centro denominato "Porto Conte Ricerche". Anche l'Università di Sassari ha mantenuto una presenza attiva nell'area e il CNR vi ha localizzato proprie strutture di ricerca. Infine, anche la Regione Sardegna vi ha localizzato proprie strutture tecniche e così tutti hanno contribuito a mantenere e consolidare il Polo Scientifico del Tramariglio, ideato dal CORISA e tuttora attivo. Negli anni successivi le vaste aree inutilizzate dell'ex-colonia penale e tutta la zona circostante sono state oggetto di un'opera di riqualificazione e valorizzazione turistico-ambientale coordinata dalla Regione Sardegna che ha dato vita al "Parco Naturale Regionale di Porto Conte". All'interno sono sorti villaggi turistici, aree naturalistiche, alberghi, ristoranti e un porto turistico. Il Parco Naturale include il Polo Scientifico, al suo interno.

Porto Conte è forse quella che meglio riflette il modello californiano di Parco Scientifico: un'infrastruttura tecnologica di alta qualità immersa in un ambiente naturale, bello e attrattivo.

Qualche considerazione finale

Tutte queste esperienze mettono in evidenza come impiantare una qualificata attività scientifica in un luogo e in una comunità privi di tradizioni specifiche, sia possibile, sebbene richieda molto tempo. Per quanto sia difficile, si rivela produttivo nel medio-lungo periodo generando positivi cambiamenti e importanti lasciti i cui effetti restano percepibili anche a grande distanza di tempo.

61. La Colonia Penale agricola del Tramariglio, nata nel 1938, aveva lo scopo di rieducare, orientando al lavoro agricolo, detenuti che dovevano scontare piccole pene; per questo prevedeva un regime di semi libertà con controlli blandi. La chiusura, nel 1961, fu conseguenza di nuove disposizioni carcerarie e della sempre minore valenza occupazionale delle professioni bracciantili agricole.

62. Allora in abbandono, guardato con cupidigia da velisti in transito. Oggi integrato in un ampio e bel porto turistico.

Per questo è corretto associare a ciascuna di queste iniziative, attive o concluse, il termine “motore di sviluppo”.

Ma è altrettanto evidente che portare a regime e stabilizzare le iniziative suddette richiedesse un orizzonte temporale ben più lungo di quello che è stato loro accordato⁶³, peraltro, ulteriormente ridotto rispetto alle previsioni programmatiche dai frequenti rivolgimenti politici del periodo che rendevano tutto instabile, generando continue fibrillazioni in un clima di perenne incertezza.

Tutto ciò è ben compreso e condiviso sia da coloro che per queste iniziative hanno speso parte della loro vita, che da tutti gli uomini e le donne di scienza che si sono cimentati in vari contesti scientifico-culturali nel fare scuola, dedicando decenni del loro impegno e delle loro capacità per arrivare a lasciare una scia permanente del loro lavoro.

Il Parco Scientifico Tecnopolis Novus Ortus

Nel periodo 1980-82, per superare i limiti riscontrati dalla strategia del trasferimento tecnologico già illustrati, Aldo Romano, ormai affiancato dai responsabili del CSATA⁶⁴ ricercava un approccio più globale alla problematica della realizzazione di un’innovazione tecnologica diffusa e capace, nel tempo, di auto-alimentarsi e auto-sostenersi. Ovviamente l’ICT rimaneva il cardine anche del nuovo progetto.

La risposta fu l’ideazione e realizzazione del Parco Scientifico Tecnopolis Novus Ortus⁶⁵, finanziato dalla CASMEZ sulla base di uno specifico progetto presentato dal CSATA. Tecnopolis Novus Ortus fu inaugurato e attivato durante la *Conferenza Internazionale sui Parchi Scientifici* il 9 dicembre 1984, con la presenza, tra gli altri, dei ministri della Ricerca e del Mezzogiorno, del presidente della Regione Puglia, del governatore della California, di responsabili di altri parchi scientifici europei e di rappresentanti della ricerca e dell’industria nazionale in ICT.

Tecnopolis Novus Ortus (d’ora in poi, Tecnopolis) fu il primo parco scientifico realizzato in Italia. Sin da quel giorno, il personale già animava la struttura e aveva preso confidenza con le nuove attrezzature. Nei giardini c’erano prati, fiori e una fontana zampillante; alcune opere di arte moderna si facevano ammirare in biblioteca e nei laboratori⁶⁶.

63. Il tempo di affiancamento, cioè la durata del finanziamento per la realizzazione di questi interventi era di tre (massimo quattro) anni. Poi l’investimento doveva “camminare con le sue gambe”. Notoriamente, in Italia, questo tempo non è neanche bastevole per realizzare un’infrastruttura come un tratto di strada, un ponte o una galleria, figuriamoci per la maturazione di un centro di ricerca.

64. Romano chiamava affettuosamente i responsabili dello CSATA (*absit iniuria verbis*) “i ragazzi di via Amendola” dall’indirizzo del suo nuovo Istituto di Fisica. Questo appellativo aveva lo scopo di rinforzare il senso dell’impegno di tutti per la comune avventura ed era proprio dello stile ispiratore del CSATA. Romano replicava con i suoi allievi/collaboratori un *modus dicendi* di Merlin, il suo maestro, in quanto Romano stesso era uno dei ragazzi di via Amendola di Merlin.

65. *Novus Ortus* (Rinascimento, in latino). Nome “partorito” nel 1984 da me, per esprimere l’originalità di questo Parco Scientifico che si proponeva in continuità con la tradizione Rinascimentale dell’eccellenza italiana, nota in tutto il mondo. Anche l’uso del latino nel nome sottolineava la continuità della cultura italiana. Temi ben ripresi da un recente libro di Aldo Cazzullo.

Era un’Opera Pubblica, resa completamente operativa dal primo giorno, senza alcuna cerimonia con taglio del nastro.

Il CSATA aveva ormai circa 180 dipendenti stabili e la popolazione complessiva, presente giornalmente nel parco scientifico, a fine 1985, era intorno alle 500 unità.

Tecnopolis proponeva un modello organizzativo e funzionale di sostegno allo sviluppo basato su scienza e tecnologia che appariva il più appropriato alla nostra realtà nazionale (non solo meridionale, quindi) costruito studiando e osservando sul campo diverse realizzazioni del genere esistenti all’estero⁶⁷.

I modelli osservati non furono pedissequamente copiati, ma se ne valutò l’adattabilità al territorio e ai bisogni del Sud e del Paese. Ne scaturì un modello proprio, originale, avente ancora alcuni dei precedenti contenuti di attività, in parte già da tempo rivisti in relazione ai risultati raggiunti e ai cambiamenti esterni intercorsi. La gamma dei servizi necessari per conseguire la funzionalità di Parco Scientifico e Tecnologico (PST) risultò fortemente ampliata rispetto alla precedente.

Alla metà degli anni Ottanta entrò nel Comitato Tecnico Scientifico⁶⁸ del CSATA Alessandro Alberigi Quaranta⁶⁹, prima come componente e poi come presidente.

Il confronto con lui risultò doppiamente prezioso, potendosi avvalere il CSATA-Tecnopolis, anche della sua visione internazionale, non solo sulle più avanzate attività tecnico-scientifiche nel settore ICT, ma anche sulle strategie industriali delle imprese multinazionali e delle grandi imprese italiane del settore.

Alberigi Quaranta contribuiva efficacemente ad ampliare quella visione spazio-temporale, sempre alla base delle decisioni strategiche del Centro.

Il Progetto Tecnopolis, approvato dalla CASMEZ nel 1982, prevedeva la realizzazione di una nuova logistica, appropriata a sostenerne le funzionalità.

L’Università di Bari concesse l’uso di un suolo di circa cinque ettari in un’area propria, molto più ampia, a circa 7 km da Bari, destinata a laboratori scientifici, ma, sino ad allora, utilizzata per “attività di campo” della Facoltà di Agraria.

La CASMEZ finanziò il progetto al 100% assegnando l’investimento all’Università di Bari, con il vincolo della destinazione d’uso gratuito a CSATA-Tecnopolis, sino alla sua cessazione. La logistica del nuovo Parco Scientifico prevedeva diversi edifici

66. Allora, le norme di legge prevedevano che una quota inferiore o pari al 2% di un investimento pubblico fosse destinata all’acquisizione di opere d’arte. Tecnopolis colse l’opportunità per arricchire la struttura con opere di artisti Pop e Concettuali, tra cui Andy Warhol e Sol LeWitt.

67. Tra gli altri, gli Science Park degli Stati Uniti; in Europa, la *Technopole* francese di Sophie-Antipolis; *Tsukuba* in Giappone, apparso subito troppo diverso.

68. Il CSATA disponeva, sin dall’origine, di un Comitato Tecnico-Scientifico (CTS) composto da esperti di livello internazionale, italiani e non. Era un organo consultivo sulle strategie e i programmi scientifici che aveva anche compiti di validazione delle attività svolte verso il consiglio di amministrazione.

69. Professore ordinario di Elettronica dell’Università di Modena, presidente di Italsiel spa, allora la più grande azienda italiana del comparto ICT, quindi vicepresidente e amministratore delegato della Finsiel spa, la finanziaria che deteneva il controllo delle aziende ICT espressione dello Stato.

specializzati⁷⁰: Centro di Calcolo e di Rete; Laboratori di Ricerca e Sviluppo; Centro Documentazione; Centro di Formazione; Centro Conferenze; Centro Uffici; Foresteria e Area Sportiva; tutti interconnessi tra loro da un portico pedonale e da una sottostante, potente, infrastruttura tecnologica, una rete locale a larga banda.

Il Centro di Calcolo e di Rete

Con il Progetto Tecnopolis veniva potenziata l'offerta di servizi ICT per la ricerca: il Calcolo scientifico avanzato sarebbe stato fornito da un nuovo grande elaboratore con tecnologia di calcolo a stato dell'arte, un IBM 3081, previsto nei nuovi investimenti del Parco; venivano potenziate le reti di connessione dati specializzate ad alta efficienza, che sarebbero successivamente evolute nella rete GARR⁷¹, di cui Tecnopolis acquisì il ruolo di nodo territoriale rendendo accessibili altre grandi risorse di calcolo disponibili nel Paese, ad esempio, il "supercalcolatore" di cui si stava per dotare il CINECA di Bologna⁷². Inoltre, peculiare del Parco era la sua rete locale a larga banda, un'infrastruttura in cavo coassiale che consentiva la circolazione di video, immagini, voce e dati tra ogni modulo del parco: laboratori, aule, sala conferenze, uffici⁷³.

Tutti i sistemi di calcolo, le work-station e i computer personali si "affacciavano" sulla rete per servizi generali, come la posta elettronica, o per l'accesso/l'offerta di risorse di calcolo specializzate. Così mutavano tradizionali forme organizzative e i contenuti delle diverse figure professionali⁷⁴.

I Laboratori di Ricerca e Sviluppo

Un vasto edificio destinato a ospitare le attrezzature di diversi laboratori di ricerca specializzati e attrezzati per diverse discipline e attività:

- L'Elaborazione di dati da satellite, che trovava sempre maggiore interesse nelle attività della PA (particolarmente della Regione Puglia) mettendo a valore anche l'esperienza

70. Successivamente si aggiunsero due ulteriori grandi edifici: nel 1990 un incubatore di imprese e nel 2005 un ulteriore edificio attrezzato a Laboratori Tecnologici. I nuovi edifici non furono connessi al preesistente con un portico, ma con viali e giardini.

71. Della GARR e delle altre reti accademiche si trovano maggiori informazioni nel capitolo: "Storia della nascita degli istituti informatici CNR a Pisa".

72. Nel 1985 il CINECA avrebbe installato un CRAY-X, probabilmente il più potente supercalcolatore dell'epoca.

73. Non era necessario portare un gruppo numeroso, interessato ad una attività di laboratorio, nel laboratorio stesso, creando una confusione poco efficace; il gruppo poteva stare in un'aula, o nella sala conferenze, o in qualsiasi altro ambiente e interagire dinamicamente con personale attivo nel laboratorio attraverso un grande schermo, microfoni, computer e quant'altro necessario, attraverso la rete locale.

74. Era il 1984, una rete locale a larga banda, multifunzionale ed estesa per qualche chilometro, in Tecnopolis era operativa dal primo giorno.

acquisita cooperando in progetti di ricerca europei sull'elaborazione di immagini dello spazio profondo fornite dai grandi telescopi terrestri e, successivamente, spaziali.

- Il Servizio accreditato di qualificazione e certificazione di componenti elettronici utilizzato, particolarmente, per le attività spaziali europee⁷⁵. Realizzato, inizialmente, con alcune unità di personale esperto assunto *ad hoc*, nel tempo fu potenziato formando un gruppo di fisici, ingegneri e periti elettronici con stage in affermati laboratori. Il Servizio fu dotato di tutta la strumentazione necessaria dai forni, al microscopio elettronico, alle sorgenti di irraggiamento controllato per operare in loco l'intero ciclo di certificazione.
- Il Laboratorio certificato pesi e misure, istituito valorizzando competenze pregresse disponibili in CSATA e messe a disposizione delle imprese locali che così potevano evitare tempi e costi per portare al Nord i loro prodotti per le necessarie certificazioni.
- Il Laboratorio di robotica, dotato di un moderno robot industriale guidato da software molto avanzati. L'obiettivo era eminentemente didattico: non solo riferito all'apprendimento degli specifici linguaggi di programmazione, ma anche a instillare nei giovani il rispetto rigoroso delle norme di sicurezza, essenziale in quel contesto, in vista della crescente diffusione della robotica nel manifatturiero.
- Per attrarre l'attenzione sui laboratori di Ricerca e Sviluppo da parte di grandi imprese nazionali e multinazionali, si operò mettendo a disposizione diversi laboratori scientifici *ad hoc* – con attrezzature a stato dell'arte e personale qualificato – per formare giovani leve e collaborare alle ricerche di interesse.
- L'elemento attrattivo era costituito dal superare le diffuse diffidenze stereotipe a effettuare investimenti in ricerca e sviluppo al Sud, offrendo la possibilità di avviare operativamente una propria unità di ricerca con i soli costi di funzionamento senza dover fare investimenti in logistica, tecnologie, formazione ecc.⁷⁶.
- Per il Supporto alla creazione di nuove imprese nel settore ICT si puntò all'offerta di logistica, laboratori, personale qualificato, formazione tecnica, organizzativa e manageriale, per minimizzare i costi delle start-up nelle fasi dalla ideazione alla prototipizzazione⁷⁷.
- Le Nuove Scuole Specialistiche di Alta Formazione, specificatamente nel campo del Management d'Impresa e nel Calcolo Numerico Avanzato, completavano l'offerta formativa di alto livello. Per queste scuole furono reclutati direttori e docenti di livello internazionale, in grado di far fare ai partecipanti un salto in avanti, più vicino ai livelli sorprendenti di avanzamento raggiunti da queste discipline.

75. Nelle attività spaziali la componentistica dev'essere provata pezzo per pezzo e non a campione, come si fa abitualmente nell'industria. A campione viene invece sottoposta a prove distruttive per verificarne il comportamento fuori dalle specifiche.

76. Il Centro Ricerche Fiat di Orbassano (TO), spostò in Tecnopolis il gruppo specializzato sullo sviluppo del *Common Rail*, guidato dall'ideatore di questa tecnologia.

77. Con specifica attenzione ai giovani imprenditori emergenti dalle lauree scientifiche. Il successo di quest'attività portò dopo pochi anni alla costruzione di un edificio *ad hoc*, l'Incubatore di Imprese, per ospitare le tante start-up nascenti da questo programma.

In ultimo:

- Con il nome di Tecnopolis-Cultura venne avviato un ricco programma di eventi culturali⁷⁸ e mostre tecnologiche⁷⁹. Tecnopolis-Cultura organizzava anche convegni, work-shop, serate di intrattenimento per promuovere in contesti sereni e piacevoli, la diffusione di conoscenze ancora poco note. L'iniziativa si rivolgeva a una platea molto vasta, costituita principalmente, ma non esclusivamente, da studenti delle scuole medie e delle scuole superiori, al fine di farli avvicinare all'ICT; i giovani di allora non erano ancora "nativi digitali".

Centro Documentazione^{78, 79}

Del centro documentazione di Tecnopolis era parte integrante una vastissima biblioteca fondata dal CSATA nel 1970, che si era focalizzata particolarmente su libri e riviste scientifiche specializzate nell'ICT ed era dotata di nuovissime tecnologie elettroottiche per l'acquisizione e gestione di documenti in formato elettronico.

La biblioteca, gestita dal Parco, veniva ora organizzata come servizio al pubblico, con procedure di prestito esterno, sale di lettura e una saletta per presentazioni di libri, riviste o seminari.

Centro di Formazione

Il centro di formazione disponeva di quattro aule di diversa dimensione, tutte attrezzate con videoproiettori e pc interconnessi alla rete locale.

78. Tra i tanti se ne ricorda qui uno in particolare: *I 100 VASI*, una mostra che arrivava in Tecnopolis direttamente dal MoMA di New York. La mostra nasceva nell'azienda italiana Alessi, nota nel mondo per la produzione di oggettistica in acciaio di alto design. Volendo inserirsi nel mercato della oggettistica in ceramica, l'azienda aveva deciso di rivoluzionare totalmente il modo con cui si operava in questo settore. In breve, attraverso un processo innovativo sui fronti del design, delle tecnologie, dell'organizzazione e del marketing, si puntava a un paradosso rispetto al senso comune: l'oggetto più riprodotto, diffuso e venduto, avrebbe avuto il prezzo più alto. A un tempo, ciò produceva l'aver sempre il miglior margine e il maggior contributo economico dal prodotto più venduto: il sogno di ogni direttore marketing!

79. *SIMULA*, ad esempio, fu una mostra tecnologica che diventò anche un documentario realizzato da RAI-Cultura, diffuso via etere e nelle scuole. *SIMULA* aveva lo scopo di esemplificare, con riferimenti tratti dalla scienza, dalla letteratura, dalla pubblicità e dal cinema, la differenza di significato di questa parola: portatrice di tanti valori positivi nelle scienze e di altrettanti valori negativi nella cultura umanistica. La presenza, tra i tanti reperti, di pregevoli ricostruzioni di macchine leonardesche e di altri originali macchinari d'epoca, così come di brani scelti dalla letteratura, dalla pubblicità e anche da film di Totò, un grande maestro della simulazione, rendevano la mostra, a un tempo, interessante e divertente.

Centro Conferenze

Il centro conferenze era dimensionato per 150 persone, con salette per la traduzione simultanea in quattro lingue, un banco regia per la gestione della sala e dei conferenzieri e per la produzione/riproduzione di ogni formato audio/video; un grande schermo, telecamere, videoproiettori, monitor e pc, tutti interfacciati alla rete locale, completavano le attrezzature.

Centro Uffici

Il centro uffici, articolato in moduli di varia dimensione e alcune sale riunioni, ospitava (in ambienti con stile sobrio, come insegnato da Merlin) le funzioni di presidenza, direzione, amministrazione e segreteria del CSATA, del Parco e delle Scuole Specialistiche.

Foresteria e Area Sportiva

Questo spazio comprendeva una foresteria di dodici camere, singole o doppie, per visiting professor, stagisti e partecipanti a corsi residenziali; un bar con sala soggiorno, operativo sino a sera; un ristorante self-service in grado di produrre, oltre ai pasti diurni e serali, anche buffet e servizi di ristorazione necessari per manifestazioni, congressi ecc; un campo da tennis con illuminazione serale, oltre a percorsi di jogging nei giardini del parco che completavano l'offerta di servizi accessori per una vivibilità più completa del parco scientifico.

La "missione Parco Scientifico" diventava, col passare del tempo, sempre più assorbente e inclusiva anche rispetto alle precedenti missioni del CSATA. Progressivamente, il CSATA si "fondeva" con Tecnopolis e successivamente questo venne giuridicamente formalizzato anche nella ragione sociale.

Il modello Parco Scientifico e Tecnologico (PST) proposto da Tecnopolis, primo in Italia, generò molto interesse e stimolò numerose iniziative analoghe, più o meno simili – in funzione dei diversi contesti – in tutto il Paese, tanto al Sud, quanto al Nord.

Tecnopolis si aprì subito alla collaborazione nazionale e internazionale promuovendo, già nel 1986, la costituzione di un'Associazione tra i Parchi Scientifici e Tecnologici Italiani (APSTI) al fine di realizzare una piattaforma organica per accelerare lo scambio e la messa in comune delle diverse esperienze con chi intendeva porsi, o già era in cammino, sulla medesima strada e, così, costituire una più ampia massa critica che attraesse l'attenzione della politica nazionale affinché desse il giusto peso a questo nuovo fenomeno e al suo potenziale per lo sviluppo tecnico-scientifico-economico della Nazione.

L'APSTI, aderì presto allo IASP (*International Association Science Park*) per favorire una visione e uno scambio internazionale delle problematiche, delle esperienze e delle soluzioni. Il direttore Bozzo fu l'artefice di queste iniziative verso altri soggetti nazionali e internazionali.

Ogni iniziativa italiana di PST ha avuto una propria storia di successi più o meno consistenti, in parte, in relazione alle esperienze e capacità messe in campo, e molto, in conseguenza delle suscettibilità dell'ambiente socioeconomico-culturale circostante. Qualcuna è cresciuta ed è oggi solida e robusta; qualcun'altra si è semplicemente fermata alla messa a valore di suoli industriali, limitandosi ai servizi clericali tipici di un Consorzio di Sviluppo Industriale; molte altre non hanno visto la luce o si sono concluse dopo pochi anni.

Per rinforzare la strategia comune con l'Università di Bari, Romano assunse la carica di Pro-Rettore e il Magnifico Rettore entrò nel Consiglio di Amministrazione del CSATA. Una prassi comune tra imprese controllanti e partecipate che, tuttavia, generò, nell'ambiente, invidie, gelosie e qualche duro "sgambetto" ai danni di Romano che, amareggiato, lasciò la presidenza di Tecnopolis e il pro-rettorato, trasferendosi nel 1989 all'Università di Roma Tre.

Non rientrerà mai più a Bari.

I successori di Romano alla presidenza di Tecnopolis, provenienti da altre facoltà, portarono altre culture ed altre esperienze.

L'Università nominò presidente Gianfranco Dioguardi⁸⁰, che stimolò nuova attenzione sugli effetti sociali ed economico-finanziari delle attività, spingendo tutti verso una visione più completa, che andasse oltre i valori culturali, scientifici e tecnologici delle attività. Diede continuità e nuovo impulso ai programmi di visita di autorità politiche, industriali e accademiche⁸¹ con il fine di far conoscere questo nuovo modello di sviluppo. Nel corso del mandato di Dioguardi, la Facoltà di Ingegneria dell'Università diede corpo alla costituzione del Politecnico di Bari, ovviamente autonomo e separato dall'Università.

A fine mandato Dioguardi, che aveva, ovviamente, seguito il percorso della sua Facoltà, non era più riconosciuto come un rappresentante dell'Università di Bari.

Nel 1995, quindi, fu nominato presidente Luciano Galeone⁸², la cui azione si distinse per l'ulteriore attenzione al contesto locale, realizzando modifiche all'assetto societario – che mutò in Scrl⁸³ – favorendo e promuovendo l'ingresso, come soci, anche di piccolissime realtà locali. Nel 1997 assunse la direzione di Tecnopolis Giovanni Ingravallo⁸⁴, persona di talento proveniente da studi umanistici che aveva, sapientemente, adottato l'informatica.

Nel 2003, una valutazione aggiornata dei punti di forza e debolezza della struttura ne evidenziò un avvizzimento progressivo, una perdita di slancio, che non influiva tanto sulla qualità del prodotto quanto sull'efficienza realizzativa, generando progressive perdite economiche e un quadro finanziario dall'orizzonte critico.

80. Professore ordinario di Organizzazione Aziendale della Facoltà di Ingegneria.

81. Tecnopolis fu visitata anche dal Presidente della Repubblica Carlo Azeglio Ciampi.

82. Professore ordinario del Dipartimento di Matematica della Università di Bari.

83. Società consortile a responsabilità limitata.

84. Giovanni Ingravallo, faceva parte dei "Ragazzi di via Amendola". Lasciò Tecnopolis nel 2002.

Per iniziativa del socio di controllo, l'Università di Bari⁸⁵, e della Regione Puglia⁸⁶, unica tra i soci minoritari che si dimostrò interessata al futuro della struttura, si decise di avviare, ancora una volta, una riprogettazione della missione, della struttura e anche dell'assetto societario, per attuare una nuova operatività più rispondente al contesto del nuovo millennio.

Università e Regione erano convinte della necessità di preservare il patrimonio di competenze e capacità accumulato faticosamente in 35 anni e ritennero, quindi, di dover agire per scongiurare la perdita.

L'Università non aveva capacità finanziarie per intervenire e la Regione Puglia, minoritaria in assemblea, non aveva titolo per farlo. Convennero però sulla necessità immediata di un nuovo Consiglio di Amministrazione, più snello e paritario tra i due soci, con il compito primario di individuare, definire e avviare/gettare le basi di una nuova missione, una nuova organizzazione operativa e un nuovo assetto societario in grado di perseguire gli obiettivi di salvaguardia e di valorizzazione della funzione di Tecnopolis.

L'Assemblea dei Soci rinnovò quindi il Consiglio di Amministrazione e mi nominò Presidente di Tecnopolis⁸⁷ per scelta condivisa da entrambi i soci.

Fu individuata la nuova missione, che si aggiungeva alle precedenti e assorbiva progressivamente le capacità e le risorse della struttura: sostenere la modernizzazione della funzionalità dell'Amministrazione Regionale e degli Enti Locali della Puglia in direzione di un più marcato ed efficace utilizzo dell'ICT, divenendone, permanentemente, la stazione appaltante. La finalità era chiaramente non competitiva verso le imprese dell'ICT, anzi, si intendeva migliorare i servizi ai cittadini e alle imprese attraverso un ampliamento e una maggiore qualità della domanda pubblica di ICT; veniva così, a un tempo, favorita la qualità di vita sul territorio, stimolata la crescita e la qualificazione dell'offerta ICT locale e nazionale e attratta quella europea.

Attraverso un'opportuna, conseguente, operazione di ricapitalizzazione, la Regione Puglia assumeva la quota di maggioranza e l'Università diveniva socio minoritario. Tutti gli altri soci, non partecipando alla ricapitalizzazione, uscirono di scena.

Il nuovo quadro operativo fu quindi concretizzato entro il 2004 con la messa in atto della nuova missione, un sostanziale rinnovamento dell'organizzazione e un riassetto della compagine societaria e dell'impianto statutario.

Era indispensabile agire in fretta e con determinazione per scongiurare rischi che potevano far fallire l'obiettivo⁸⁸. Gli adempimenti che avrebbero dovuto svolgere i due

85. Allora era Magnifico Rettore Giovanni Girone, ordinario di Statistica.

86. Allora il Presidente della Regione Puglia era Raffaele Fitto, oggi Vice presidente UE.

87. Scelta motivata dalla mia esperienza pregressa nella realtà di Tecnopolis (che avevo lasciato 10 anni prima nella posizione di vicedirettore generale) e nell'Università di Bari (dove avevo insegnato per 12 anni); nonché (e maggiormente) dalle peculiari esperienze maturate nell'ultimo decennio, ricoprendo ruoli di top management e cariche volitive in diverse società industriali a carattere tecnologico, di proprietà di gruppi bancari e industriali italiani. Ero, anche io, uno dei "Ragazzi di via Amendola" di Aldo Romano.

88. C'era, comprensibilmente, anche chi puntava al "tanto peggio, tanto meglio": in caso di scioglimento del CSATA i beni sarebbe tornati all'Università.



Fig. 1 Il grande albero di Carrubo, si intravede la stampella.



Fig. 2 L'insegna di Tecnopolis con accanto il carrubo.

soci erano politicamente gravosi: la Regione doveva approvare una specifica legge per intervenire sul capitale⁸⁹ e assumerne la maggioranza, l'Università doveva rinunciare al suo ruolo egemonico⁹⁰.

Tutti i passi da parte dei vertici dei due soci furono portati a conclusione nei tempi minimi necessari, a riprova della volontà reale dei due soci.

Ancora una volta, chiarezza della missione, eccellenza della struttura, nuova motivazione e serietà nel rispettare gli impegni assunti, produssero un formidabile scatto in avanti, riportando, nell'ambito del mandato triennale del nuovo CdA, dal 2004 al 2006, il risultato economico-finanziario in attivo, pareggiando l'indebitamento pregresso, raddoppiando il volume annuale della produzione, incrementando del 120% la produttività, generando un nuovo portafoglio ordini pluriennale.

Agendo nel nuovo ruolo di stazione appaltante, rapidamente furono progettati e messi a gara nuovi servizi ICT di interesse della Regione Puglia e della PAL, con una pronta ricaduta sul mercato di oltre cinquanta milioni di euro di lavoro.

Infine, oltre a confermare tutte le attività peculiari del PST, furono anche riviste le modalità di organizzazione dei servizi di trasferimento tecnologico, che, a ragione, dovevano ancora far parte del *bouquet* del Parco. Per questo, tra l'altro, si costituì, nel 2005, IMPAT, un consorzio *ad hoc* tra Università di Ferrara⁹¹, ENEA⁹² e Tecnopolis, per agire meglio e più ampiamente sull'intera costiera adriatica.

A seguire, in Tecnopolis fu inserita l'Agenzia Regionale per la Tecnologia e l'Innovazione (ARTI) costituita dalla Regione Puglia che ne nominò direttore Luigi Nicolais⁹³. Tecnopolis ne assicurò l'immediato avvio, fornendo le proprie competenze per i primari servizi tecnici e amministrativi, oltre che la logistica e le attrezzature tecnologiche.

Nel 2006, completato il risanamento, confermato il raggiungimento di tutti i risultati attesi e rimessa *in bonis* la struttura, conclusi il mio mandato di presidente. Tecnopolis era nuovamente vitale e con nuove importanti prospettive per il futuro.

Ormai, era maturata pienamente la consapevolezza, a livello locale, della necessità di avvalersi concretamente e con continuità organica di questa preziosa struttura.

I giovani ricercatori di una volta erano ora degli esperti e qualificati professionisti, più idonei ai nuovi compiti che a reiterare i vecchi. Non avevano più, innanzitutto per età, quell'indispensabile improntitudine e creatività, fortemente necessarie al ruolo

89. La legge di variazione del bilancio regionale per la sottoscrizione della maggioranza del capitale di Tecnopolis fu approvata all'unanimità dal Consiglio Regionale, fatto non comune; una riprova del generale sentimento positivo che ormai aleggiava intorno a Tecnopolis.

90. La rinuncia al controllo di Tecnopolis fu approvata dal Senato Accademico e dal CdA dell'Università, insieme all'accollo delle perdite maturate sotto la gestione universitaria, avendo proposto una forma finanziariamente indolore.

91. Magnifico Rettore Patrizio Bianchi, in seguito Ministro dell'Istruzione.

92. Commissario Straordinario e poi presidente Luigi Paganetto, ordinario di Economia Politica dell'Università degli studi di Roma Tre.

93. Professore ordinario della Facoltà di Ingegneria dell'Università Federico II di Napoli.

di ricercatori innovativi sino alla rivoluzione. Avevano però continuato a coltivare competenze tecnologiche e applicative; avevano sviluppato esperienze sulla complessità non solo tecnica, ma soprattutto, organizzativa e sociologica, dell'introduzione nelle organizzazioni pubbliche di tecnologie e processi informatici e sulle trasformazioni, anche implicitamente indotte. Erano in grado di formare nuove leve insegnando a valutare, progettare e controllare adeguatamente costi e benefici di possibili processi di modernizzazione basati sull'ICT.

Questo ciclo di gestione concluse il modello storico di governo della struttura, che vedeva nella presidenza la guida operativa, portatrice di idee, competenze e autorevolezza tecnico-scientifica.

Le foto presenti in questo contributo si riferiscono all'insediamento Tecnopolis e sono state riprese nel gennaio 2024. Gli edifici originari hanno più di cinquant'anni e godono ancora di buona salute. L'albero di carrubo⁹⁴, dinnanzi all'ingresso del Parco, da allora sempre curato, è ancora vivo e rigoglioso, anzi è ulteriormente cresciuto, in quanto ultracentenerio gli è stata data una "stampella".

Tecnopolis oggi

Da quel momento in poi sarà il management a tracciare il percorso, mentre agli organi volitivi resterà il compito di presidio del dettato statutario e di sorveglianza sull'attuazione delle direttive impartite dalla controllante.

Quindi, schemi, ruoli e rapporti tra organi volitivi e management più tipici delle imprese a controllo pubblico.

Nuove presidenze e nuovi consigli d'amministrazione portavano, nel 2008, a compimento formale dell'evoluzione realizzata tra il 2004 e il 2006, tenendo conto delle nuove normative comunitarie recepite dall'Italia in materia di affidamenti diretti da parte delle PA a società controllate⁹⁵.

Tecnopolis, dal 2008, è divenuta una società per azioni in house della Regione Puglia, controllata da questa al 100%, per fornire un organico supporto all'amministrazione regionale nella definizione, progettazione e controllo dell'attuazione dell'innovazione tecnologica necessaria per la modernizzazione dell'amministrazione regionale e della funzione pubblica locale. In questa fase ne è stata cambiata la ragione sociale in Innovapuglia spa.

94. Il carrubo è una essenza tipica del territorio meridionale. Emblema di robustezza e umiltà, tradizionalmente cibo per cavalli, oggi è utilizzato nella moderna farmacopea e nell'industria dolciaria. L'albero fu trovato, al momento della costruzione di Tecnopolis, molto malandato, perché in abbandono e spaccato da un fulmine. Nel progetto era destinato a essere abbattuto. Si preferì, piuttosto, tentare di salvarlo, arretrando di qualche metro l'ingresso del Parco. Ne valse la pena!

95. L'attuale normativa europea prevede che la PA possa affidare compiti e servizi senza esecuzione di gare, soltanto a società di cui detiene totalmente ed esclusivamente il capitale, ossia, di cui ha il completo controllo operativo e gestionale.

Tuttora, Innovapuglia spa è pienamente attiva e svolge i compiti definiti con l'ultima revisione statutaria, societaria e organizzativa su accennata. Più precisamente: Centro di Competenza per il governo dell'ICT regionale; Centro di Competenza per la gestione integrata degli acquisti; Soggetto Aggregatore della Regione Puglia; Centro di Assistenza Tecnica sull'ICT per la PAL pugliese.

Contestualmente alla creazione di Innovapuglia spa, le missioni più specificatamente proprie del Parco Scientifico, vennero assunte indirettamente, sempre nel 2008 dall'Università di Bari. A tale scopo, sempre in attuazione delle nuove normative per le attività in house, fu costituita la Tecnopolis PST srl, una società consortile a responsabilità limitata senza fini di lucro, con socio unico, detentore del 100% delle quote, l'Università di Bari. Oggetto sociale, il governo del Parco Scientifico Tecnologico Tecnopolis Novus Ortus. I suoi precipui compiti: la gestione dei servizi tecnologici, logistici e reali; l'attrazione di laboratori e centri di ricerca e sviluppo; la creazione di nuove imprese innovative e spin-off universitari; la valorizzazione e il trasferimento tecnologico dei risultati della ricerca a favore delle imprese; il sostegno agli enti locali e alle pubbliche amministrazioni nella promozione dello sviluppo locale; l'attività di formazione avanzata a carattere tecnologico.

Qualche anno fa, nel 2019, è stato festeggiato il cinquantennale della costituzione del CSATA, presenti autorità locali, organi sociali e personale di Innovapuglia e Tecnopolis PST. Erano anche stati invitati coloro che, in qualche modo, vi avevano contribuito in passato. Fui invitato ad intervenire:

In passate ere geologiche sono scomparsi i dinosauri e poi anche i mammut, ma forse altri animali ne portano tracce tutt'oggi. Nell'ICT, 50 anni sono più di un'era geologica. Come spiegare la strana sopravvivenza di una piccola realtà come CSATA-Tecnopolis dopo 50 anni dalla fondazione? Probabilmente perché al momento della crisi dell'Intervento Straordinario, il CSATA aveva già 15 anni di vita e aveva già forgiato e consolidato una propria specifica identità e un saper fare autonomo, grazie a un DNA recondito, trasmessogli dai primi maestri.

Come spiegare la vitalità e la permanente attualità delle funzioni ideate da CSATA-Tecnopolis? Quel DNA recondito forse ancora continua a pervadere anche i più giovani, incoraggiandoli a osservare, riflettere, progettare, provare, cambiare, seguendo il metodo scientifico, senza irrigidirsi in burocrazia leguleia. Innovapuglia spa è la naturale evoluzione dell'azione avviata dal CSATA nel 1969. Tecnopolis PST, è la naturale evoluzione dell'azione avviata da Tecnopolis nel 1984.

Oggi il CSATA e i suoi derivati non sono più considerati, nell'opinione comune, una cattedrale nel deserto o solo un fiore all'occhiello della Puglia... finalmente!



Fig. 3 La struttura originaria del 1984 del Parco Scientifico Tecnopolis, comprende: Centro Formazione; Centro Documentazione; Centro Conferenze; Foresteria; Centro Uffici; Centro Calcolo; Centro Laboratori Tecnologici; Area Sportiva.

Fig. 4 In primo piano, il settimo e ultimo corpo di fabbrica realizzato nel 2005, oggi sede dei Laboratori tecnologici di ARPA -Puglia, insediati in Tecnopolis. Alle spalle l'insediamento originario. Sul margine destro della foto si intravede lo spigolo dell'Incubatore di Imprese (sesto edificio multipiano).

Conclusioni - ICT in Puglia oggi

Oggi la Puglia è, probabilmente, la regione del Mezzogiorno in cui, più facilmente, i giovani trovano opportunità per mettere a frutto le loro capacità e la loro iniziativa. Questo non solo con riferimento al comparto ICT. Nello specifico di questo comparto, si può osservare da molti anni un pullulare di iniziative imprenditoriali, di cui alcune già ben consolidate. L'imprenditorialità nell'ICT in Puglia non è un fenomeno iniziato ieri, da cinquant'anni si registra una crescita continua di nuove imprese: famigliari, piccole, medie, grandi, internazionali.

Alla fine degli anni Sessanta e nei primi anni Settanta, grandi aziende italiane e multinazionali localizzarono in Bari e dintorni, centri e laboratori di ricerca e sviluppo cogliendo per prime le opportunità offerte da questo territorio, fra queste, IBM e Olivetti. Quasi insieme sorsero investimenti produttivi in ICT di imprenditori privati locali che colsero e condivisero questa peculiare suscettività⁹⁶.

Non è un caso, quindi, se quella che è oggi, probabilmente, una delle più grandi imprese italiane nel settore ICT, Exprivia spa, abbia sede in Puglia e non sia uno stabilimento eterodiretto, ma abbia "testa e braccia" sostanzialmente pugliesi. Così come, probabilmente, non è un caso che grandi multinazionali del comparto ICT e Consulenza si siano insediate e altre se ne stiano ancora insediando in questo territorio.

Premesso e dato per scontato che questi risultati sono merito esclusivo delle persone che vi si sono impegnate con i loro capitali e con la loro intelligenza, competenza e lavoro, non si può non rilevare come questo scenario sarebbe stato probabilmente diverso senza le iniziative avviate a partire da cinquant'anni fa.

Probabilmente, è ragionevolmente lecito pensare che a costruire questo scenario abbiano contribuito il clima, le idee e le azioni di cui si è parlato in questo capitolo, introdotte, testardamente e tenacemente, a fronte di un contesto sociopolitico sostanzialmente insensibile, indifferente, anche contrario, almeno sino a poco tempo fa.

Va quindi reso merito ai tanti che hanno contribuito, a tutti i livelli, a far avanzare idee e realizzare progetti. Oltre a tanti scienziati e imprenditori illuminati, anche il CSATA, la Laurea in Scienze dell'Informazione, Tecnopolis Novus Ortus, le Lauree in Informatica (triennali e magistrali), i Dottorati ICT dell'Università di Bari, Innovapuglia, Tecnopolis PST, la Laurea in Ingegneria Informatica del Politecnico di Bari.

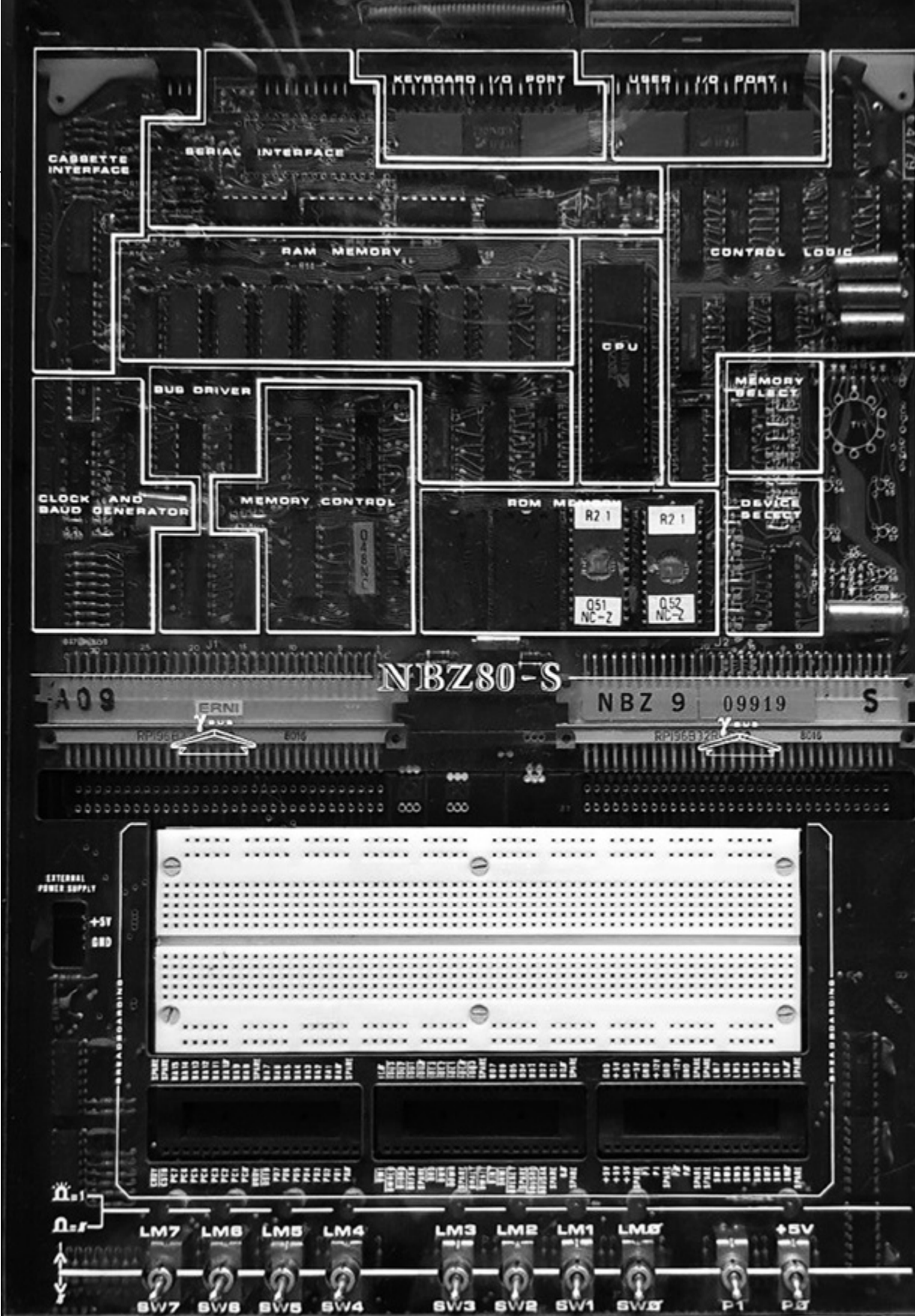
Nelle altre regioni del Sud, CRAI, CRIAI, CRES, CORISA pur nella loro non lunga vita, hanno innescato la costituzione di nuove competenze, di nuovi corsi specialistici, di nuovi processi tecnologici e percorsi scientifici e imprenditoriali di cui quei territori si sono giovati e si stanno giovando, portando tuttora nelle attuali presenze, significative tracce di quel passato. Ecco perché in questo capitolo si attribuisce, a CSATA-Tecnopolis e a tutti questi Centri di Ricerca l'appellativo di Motori di Sviluppo.

⁹⁶. Ancora emerge lo spirito già evidenziato in precedenza.

BIBLIOGRAFIA

- Andronico, Alfio, Umberto Bozzo, Antonio De Giorgio, Ilio Galligani, Renzo Marconi, Elio Nervegna, Giorgio Provenzano, e Mario Refice. 1973. *Principi di Informatica*. Bologna: Zanichelli.
- Andronico, Alfio, Vittorio Belsky, Umberto Bozzo, Antonio De Giorgio, Roberto De Prà, Ilio Galligani, Renzo Marconi, Elio Nervegna, Giorgio Provenzano, e Mario Refice. 1973. *Scienza degli Elaboratori*. Bologna: Zanichelli.
- Annicchiarico, Annamaria. 2010. *Breve storia di Tecnopolis: dal CSATA al PST*. AICA-Net /calcolo scientifico in Italia.
- Baldo Ceolin, Massimilla (Milla). 2003. *Misko Merlin, Maestro e Amico*. Venezia: Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti.
- Campanile, Benedetta. 2020. "Aldo Romano e i cinquant'anni del Centro Studi e Applicazioni in Tecnologie Avanzate (CSATA) (1969-2019)." In *SISEA Atti del XXXIX Convegno Annuale*, a cura di Adele La Rana e Paolo Rossi, pp. 195-202. Pisa: Pisa University Press.
- Cazzullo, Aldo. 2023. *Quando eravamo i padroni del mondo. Roma: l'Impero infinito*. Milano: HarperCollins.
- De Giorgio, Antonio, Giovanni Ingravallo, Umberto Pellegrini, Aldo Romano, e Claudio Roveda. 1979. *Ricerca e Trasferimenti delle Tecnologie in Europa: dall'analisi delle esperienze internazionali ad una proposta per il Mezzogiorno d'Italia*. Bari: De Donato.
- De Giorgio, Antonio, e Claudio Roveda, cur. 1980. "Criteria for Selecting Appropriate Technologies under Different Cultural Technical and Social Condition." In *Proceedings of the IFAC Symposium Bari, Italy, 21-23 May 1979*. Oxford: Pergamon Press.
- Passiante, Giuseppina, e Aldo Romano. 2016. *Creating Technology-driven Entrepreneurship: foundations, processes and environments*. London: Palgrave Macmillan.
- Petrocelli, Carla, e Stefano Ferilli. 2023. *L'Informatica all'Università di Bari*. Portale AICA, sezione Storia dell'Informatica, Università e altri centri di ricerca in Italia.
- Romano, Aldo. 1988. *Mezzogiorno 1992: le nuove economie esterne per lo sviluppo competitivo*. Milano: Franco Angeli.
- Romano, Aldo, e Mario Marinazzo. 2009. *Per un'iniezione di futuro nel dibattito politico sulla questione meridionale*. Roma: Rirea.
- Romano, Aldo. 2013. *Mezzogiorno 2025: i cantieri immateriali per la crescita e l'occupazione*. Bari: Cacucci.
- Semerari, Giuseppe, Giuseppe Barletta, Ferruccio De Natale, Maria De Rose, Giuseppe Patella, Maria Solimini, Renzo Marini, Gianfranco Boari, Lorenzo Liberti, Giuseppe Mossa, Aldo Romano, Giovanni Ingravallo, e Antonio De Giorgio. 1980. *La Scienza come Problema. Dai modelli teorici alla produzione di tecnologie: una ricerca interdisciplinare*. Bari: De Donato.

<https://doi.org/10.36173/SII-parteprima-vol1-12>



13

**Ricerca
informatica
nelle
università
e nei centri
di ricerca**

Paola Bertolazzi
Giovanni Felici

**Lo IASI:
i modelli
e l'informatica**



Introduzione al contributo

In questa sezione¹ raccontiamo brevemente la storia di un istituto del Consiglio Nazionale delle Ricerche che, a partire dai primi anni Settanta, ha portato un contributo originale allo sviluppo dell'Informatica coniugando, inizialmente, i controlli automatici con il calcolo e successivamente l'analisi dei sistemi con l'informatica.

L'Istituto di Analisi dei Sistemi ed Informatica (IASI) nasce nel 1980 come evoluzione di un precedente organo di ricerca, il Centro di Studio dei Sistemi di Controllo e Calcolo Automatici (CSSCCA) fondato nel 1969 presso l'Istituto di Automatica dell'Università degli Studi di Roma, La Sapienza² diretto da Antonio Ruberti.

Per Ruberti tutto era “un sistema” e il calcolo serviva per trattare meglio le equazioni differenziali che governavano il sistema la cui soluzione in forma chiusa poteva non esistere.

L'Istituto, primo a Roma ad avere Informatica come parola chiave della sua missione, attraversa diverse fasi: la nascita nella sede di Viale Manzoni, l'acquisizione del centro di ricerca sulla Fisiopatologia dello Shock del Policlinico Gemelli e infine il trasferimento nello stabile del CNR di Via dei Taurini 19. È sempre stato un istituto romano, di dimensioni contenute (ad oggi conta poco meno di cinquanta ricercatori di ruolo e un numero di associati e collaboratori della stessa entità) in forte osmosi con le principali accademie di Roma, prima fra tutte la Sapienza.

La storia dello IASI è organizzata in quattro periodi principali che si connotano per la presenza di modifiche in termini di struttura amministrativa e di dinamica dei temi di ricerca:

1. La nascita del Centro di Studio dei Sistemi di Controllo e Calcolo Automatici, nel 1969;
2. La trasformazione in Istituto di Analisi dei Sistemi ed Informatica, nel 1969;
3. La fusione con il Centro di Fisiopatologia dello Shock del Policlinico Gemelli e il nuovo IASI “Antonio Ruberti”, nel 2002;
4. L'acquisizione di ricercatori afferenti a istituti del Dipartimento di Biomedicina e le nuove direzioni di ricerca, dal 2015.

Seguono le sezioni tematiche che raccontano lo sviluppo delle diverse aree di ricerca dello IASI.

1. Alla stesura di questa sezione hanno fornito il loro prezioso contributo Giorgio Ausiello, Lucio Bianco e Giovanni Rinaldi.

2. Il nuovo statuto dell'Università di Roma, entrato in vigore nel 2010, chiarisce che il nome ufficiale “Università degli Studi di Roma” coincide con “Sapienza Università di Roma” e con la denominazione breve “Sapienza”.

1970-1980: Il Centro di Studio sui Sistemi di Controllo e Calcolo Automatici (CSSCCA)

Per meglio collocare nel contesto italiano la nascita dello IASI, si riportano brevemente le date e il contesto che hanno caratterizzato la storia della ricerca in Informatica in Italia – illustrati più approfonditamente nei contributi della sezione “Esordi” e in quelli relativi alla nascita degli Istituti del CNR di Pisa³ e Napoli⁴.

Nel 1932 viene creato a Roma l'Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo (INAC) che diviene la prima struttura scientifica del Consiglio Nazionale delle Ricerche; nel 1954 si avviano il Centro di Calcoli Numerici del Politecnico di Milano e il Centro Studi sulle Calcolatrici Elettroniche, presso l'Istituto di Fisica dell'Università di Pisa.

L'obiettivo comune è quello di dotarsi di moderni elaboratori e sperimentarne le prestazioni e l'impiego. Mentre Milano e Roma acquistano i primi all'estero, Pisa sceglie di progettare e realizzare il primo elaboratore scientifico italiano. Di poco successiva è l'esperienza di Napoli, dove la ricerca di ispirazione cibernetica avviata nel 1958 porta, nel 1968, alla creazione del Laboratorio di Cibernetica presso l'Istituto di Fisica Teorica dell'Università di Napoli poi trasformato, nel 1979, in Istituto di Cibernetica.

L'esperienza romana nasce nell'ambiente dell'ingegneria quando, nel 1969, Antonio Ruberti apre il Centro di Studio sui Sistemi di Controllo e Calcolo Automatici (CSSCCA) presso l'Istituto di Automatica della Facoltà di Ingegneria de La Sapienza, da poco creato da Ruberti stesso a partire dallo smembramento dell'Istituto di Elettrotecnica (si veda il contributo di Marco Ferretti sullo sviluppo della didattica in informatica a livello universitario).

Questi centri sono incubatori preziosi delle nuove competenze che il Paese ha bisogno di acquisire celermente e successivamente contribuiscono a popolare i dipartimenti universitari nelle discipline emergenti, fra cui l'Informatica.

Il nome del CSSCCA riflette un'idea ambiziosa: gli studi sui sistemi di controllo e di calcolo sono discipline appartenenti alla famiglia della Scienza dei Sistemi, scienza che affronta lo studio e la modellazione, sulla base di variabili osservabili e misurabili, di sistemi composti da parti che interagiscono fra loro (vedere le principali pubblicazioni di Ludwig von Bertalanffy).

Questo punto di vista era molto popolare all'epoca; era ad esempio, nel principale istituto di ricerca francese nel campo informatico, l'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA) – nato nel 1967 con il nome di IRIA (Institut de Recherche en Informatique et en Automatique) – il quale si proponeva proprio lo sviluppo complementare di automatica e informatica e nel Centrum Wiskunde & Informatica (CWI), l'istituto nazionale per la matematica e l'informatica di Amsterdam.

3. Domenico Laforenza, Storia della nascita degli istituti informatici CNR a Pisa.

4. Guglielmo Tamburrini e Settimo Termini, *La tripla vita dell'Istituto di Cibernetica “Eduardo Caianiello” del CNR*.

Varie riviste scientifiche del tempo riflettevano lo stesso obiettivo culturale, come, ad esempio, il *Journal of Computers and System Sciences*, *Information and Control* (ora *Information and Computation*), *Mathematical System Theory* (ora *Theory of Computing Systems*).

Il CSSCCA si proponeva di svolgere insieme all'Istituto di Automatica studi, ricerche e collaborazioni sperimentali nel campo dei sistemi automatici e in particolare:

- i) modelli e metodi per l'analisi, l'identificazione, l'ottimizzazione e la computerizzazione di sistemi di controllo tecnico ed economico di impianti e servizi;
- ii) modelli e metodi per l'analisi ed il progetto di sistemi nel campo dell'ingegneria del software tenendo conto anche dei problemi hardware collegati;
- iii) applicazioni a problemi di bioingegneria.

Il centro si connotava chiaramente nel campo ingegneristico e al suo esordio i programmi di ricerca comprendevano la bioingegneria, l'informatica, i servomeccanismi, la teoria del controllo e la teoria dei sistemi.

Il primo nucleo di informatici che afferrisce al CSSCCA – sotto la guida di Paolo Ercoli – è costituito da alcuni tecnici provenienti dal centro di calcolo dell'Istituto Nazionale delle Applicazioni del Calcolo (INAC). Negli anni successivi il centro si arricchisce della presenza di altri ricercatori informatici, fra cui Giorgio Ausiello, uno dei primi ricercatori in informatica teorica in Italia, maestro di numerosi ricercatori e docenti italiani molto apprezzati a livello internazionale che hanno collaborato con prestigiose università europee e americane.

Ausiello guida le fasi di organizzazione del gruppo in temi di ricerca pionieristici: programmazione strutturata, complessità di calcolo, basi di dati, logica e proprietà di programmi, valutazione delle prestazioni dei sistemi di calcolo. A queste si affianca, pochi anni dopo, il tema dell'informatica medica (in seguito denominata più appropriatamente, informatica sanitaria), confermando l'obiettivo iniziale di fondere tematiche di grande impatto applicativo con aspetti di natura più fondazionale.

All'inizio degli anni Settanta nel centro viene anche introdotto il tema della ricerca operativa inserita, per volontà di Ruberti, tra gli insegnamenti della Facoltà di Ingegneria di Roma.

La ricerca operativa conteneva le basi teoriche per la soluzione di problemi di ottimizzazione lineare e ottimizzazione a numeri interi, nonché problemi su grafi e problemi di flusso.

La decisione di Ruberti è strategica per il suo progetto perché inserisce nell'ambito socioeconomico la tematica incentrata su sistemi artificiali modellati con nuovi strumenti metodologici, quali l'ottimizzazione continua e discreta e la teoria dei grafi.

L'area si arricchisce di risorse umane grazie a numerose borse di studio per giovani laureati e al reclutamento di nuovi ricercatori, fra i quali Lucio Bianco, poi direttore dello IASI dal 1980 al 1997 e presidente del CNR dal 1997 al 2003.

In questi anni, lo IASI acquisisce uno dei primi finanziamenti per ricerca applicata dal Progetto Finalizzato Aiuti alla Navigazione e Controllo del Traffico Aereo che portò a concentrare molte delle risorse del gruppo di ricerca operativa su problemi relativi a questo tema.

Il centro lavora in forte sinergia con l'Istituto di Automatica e al compimento del

suo decimo anno di vita, sono cresciuti considerevolmente sia il numero dei ricercatori di ruolo, sia il livello scientifico complessivo, come testimoniato dalle circa 350 pubblicazioni quasi esclusivamente su riviste internazionali.

In quegli anni, il CNR, principale ente italiano di ricerca che con la creazione dei centri aveva lanciato gli studi sull'informatica presso le più prestigiose sedi universitarie, si impegna anche nella costituzione di reti di coordinamento e collaborazione tra i suoi organi e le strutture universitarie: nascono così il Gruppo Nazionale di Informatica e Sistemistica e il Gruppo Nazionale di Informatica Matematica.

1980-2002: La trasformazione del CSSCCA nell'Istituto di Analisi dei Sistemi ed Informatica (IASI)

Nel 1978 iniziò una riflessione, in seno al personale, riguardo alla crescita dimensionale e scientifica del CSSCCA e all'opportunità di consolidare l'esperienza del centro trasformandolo in un istituto autonomo del CNR. La discussione investì la natura che avrebbe dovuto avere l'istituto in termini culturali e la sua specificità nel panorama della ricerca pubblica nazionale; la questione maggiormente dibattuta fu il rapporto fra l'informatica e le altre aree del centro. L'idea originaria di Ruberti di inserire la ricerca in informatica nel CSSCCA era determinante per l'esistenza del centro stesso, ma andava meglio motivata con argomenti nuovi per proporre un definitivo consolidamento di questa visione.

Lucio Bianco ricorda una delle principali motivazioni:

In primo luogo, non esisteva un organo pubblico di ricerca che operasse congiuntamente nelle aree della sistemistica e dell'informatica. Tale organizzazione appariva di notevole utilità sia sul piano scientifico sia applicativo. La compresenza di competenze di entrambe le aree veniva considerata indispensabile per rafforzare le tematiche di confine e per far nascere nuove tematiche.

Vennero organizzate giornate di studio e confronti con organismi affini, che, dopo circa due anni, portarono all'elaborazione di un progetto da sottoporre agli organismi direttivi del CNR. L'iniziativa, promossa da Lucio Bianco, membro interno del Comitato di Ingegneria, venne sostenuta sin dall'inizio da Antonio Ruberti. Il nuovo istituto si sarebbe chiamato Istituto di Analisi dei Sistemi ed Informatica a confermare la visione iniziale di un luogo dove studiare sistemi modellabili matematicamente e sviluppare e utilizzare teorie e tecnologie della nuova scienza, l'informatica, per risolvere problemi relativi a tali sistemi.

Un forte supporto a questa visione venne dai ricercatori delle aree di informatica e di ricerca operativa del CSSCCA, i quali presentarono un documento che illustrava la necessità di un nucleo disciplinare costituito dai temi di analisi e progetto di algoritmi, complessità computazionale e ricerca operativa, in vista di un futuro in cui la progettazione di soluzioni informatiche in vari campi avrebbe assunto un ruolo sempre maggiore.

A conclusione di questo periodo di incubazione, fu elaborato un progetto che organismi direttivi del CNR approvarono. Nel 1980 l'Istituto di Analisi dei Sistemi e Informatica iniziò la sua vita amministrativa.

Nel 1981 Lucio Bianco assunse la dirigenza del Progetto Finalizzato Trasporti, che portò un forte aumento dei finanziamenti anche nell'area della ricerca operativa italiana.

Nel 1984 venne inaugurata la nuova sede dell'istituto e in quell'occasione, Antonio Ruberti riassunse nel proprio intervento le motivazioni delle scelte iniziali:

Noi eravamo convinti che fosse necessario, nell'Ingegneria, staccare l'Informatica dall'Elettronica. Una cosa che abbiamo sostenuto come fatto culturale importante: crediamo sia superato il collegamento dell'Informatica con l'Elettronica, che dà il supporto materiale essenziale importantissimo, ovviamente, all'Informatica. Ma noi crediamo che lo sviluppo dell'Informatica debba essere autonomo. Crediamo che ci sia tra l'Informatica e la Sistemistica un'area di interazione culturale crescente. Questo è un organismo del CNR in cui si sperimenta quell'ipotesi culturale. E credo che questa sia la ragione vera che alimenta l'entusiasmo e la capacità di iniziativa dei ricercatori per verificare, in concreto, se l'ipotesi culturale vincerà o meno. Ovviamente vi sono quelli convinti che quest'ipotesi culturale sia destinata a vincere. Oggi questo organismo si misura su questa ipotesi.

Il dibattito sulle interazioni tra informatica e sistemistica continua negli anni successivi alla fondazione dello IASI, coinvolgendo anche personalità scientifiche esterne all'istituto. Agli inizi degli anni Ottanta si stabiliscono dei rapporti con Pisa, sede nazionale primaria per l'informatica – in particolare con Fabrizio Luccio – e viene organizzato un evento di due giorni incentrato su discussioni in cui vengono identificate come unificanti le aree di informatica, ricerca operativa, sistemistica e intelligenza artificiale.

Era il momento in cui la PIA risorgeva sotto la spinta dei sistemi esperti.

In seguito, le interazioni tra informatica (in particolare l'analisi e il progetto di algoritmi e la complessità computazionale) e ottimizzazione discreta divengono oggetto di approfondimenti. A questo proposito, ricordiamo due eventi, entrambi organizzati con professori de La Sapienza: il primo workshop di novembre 1999, *Le due metà*, e il secondo del 2011, *Algorithms and Optimization in Action*, tenuti con l'intento di rinforzare l'integrazione tra le due aree. Il risultato di questi sforzi di integrazione è quello di consolidare nello IASI un gruppo numeroso e scientificamente eccellente di ricercatori afferente all'Informatica.

Successivamente alla trasformazione del CSSCCA in IASI, si sviluppa una dinamica di assunzioni e dimissioni che porterà a una variazione delle dimensioni dei vari gruppi di ricerca.

Questa è dovuta in gran parte alla spinta imposta dai concorsi universitari negli anni Ottanta. Tutti gli organi del CNR che avevano coltivato le ricerche in informatica contribuiscono all'urgente necessità delle università di coprire la sempre maggiore richiesta di formazione in queste materie. Anche a Roma un discreto numero di ricercatori dello IASI (14 unità di personale, di cui 9 di ruolo) grazie alle competenze acquisite viene assunto in varie sedi universitarie e contribuisce alla formazione dei dipartimenti di informatica delle tre università romane.

Nel caso di Roma Tre, il nucleo iniziale del Dipartimento di Informatica e Automazione (DIA) è stato costituito quasi interamente da ricercatori provenienti dallo IASI. Allo stesso tempo vengono assunti nell'istituto numerosi ricercatori, tecnici e amministrativi, di ruolo o a tempo determinato, anche grazie ai progetti finalizzati del CNR e ai progetti europei.

2002-2015:

La fusione con il Centro di Fisiopatologia dello Shock del Policlinico Gemelli e il nuovo IASI "Antonio Ruberti"

Gli anni Duemila si aprono su un panorama molto dinamico per la ricerca italiana, riprodotto anche all'interno della galassia CNR, nella quale si rivalutano gli obiettivi degli istituti e si dà avvio a un processo di accorpamento tra gli stessi, finalizzato a creare strutture con massa critica maggiore e più ampia distribuzione sul territorio.

Lo IASI prosegue il suo cammino sulla strada già tracciata, ma trova una direzione di ampliamento stimolante nella fusione con il Centro di Fisiopatologia dello Shock del CNR, istituito nel 1969 presso il Policlinico Agostino Gemelli dell'Università Cattolica del Sacro Cuore.

Vi erano diverse affinità coi ricercatori di questo "centro" molti dei quali si erano formati presso gli istituti di varie università statunitensi (New York, Maryland, New Jersey) diretti da John Siegel, pioniere nelle applicazioni dell'informatica e dei modelli quantitativi in chirurgia e terapia intensiva.

Uno dei primi risultati conseguenti alla fusione è stata la realizzazione di un sistema di riconoscimento dei battiti cardiaci ischemici mediante tecniche di apprendimento automatico, le cui prestazioni ampiamente miglioravano lo stato dell'arte precursore degli attuali sistemi di diagnosi automatica⁵.

In questo periodo l'informatica mantiene i temi di ricerca originari: logica e proprietà di programmi; basi di dati e di conoscenza; complessità degli algoritmi e informatica sanitaria; la ricerca operativa viene rinominata ottimizzazione e si divide in ottimizzazione discreta e ottimizzazione continua.

Inoltre, nell'istituto prendono forma due nuove aree di ricerca che si integrano con le competenze già presenti e generano una linea di produzione scientifica originale e caratterizzante per l'istituto: il *machine learning* e la bioinformatica, entrambe spinte da una forte apertura verso i temi di analisi dei dati e la statistica.

Per la prima, si intuisce il ruolo centrale dell'ottimizzazione matematica continua e intera, mentre per la seconda si mettono a fattore le competenze di ottimizzazione discreta e algoritmica, e si acquisiscono nuove risorse a tempo indeterminato. Sempre in questi anni (2015) lo IASI accoglie al suo interno il Laboratorio di Cartografia ed

5. De Gaetano, Andrea, Simona Panunzi, Francesco Rinaldi, Arnaldo Risi, e Marco Sciandrone. 2009. "A patient adaptable ECG beat classifier based on neural networks." *Applied Mathematics and Computation* 213 (1): 243-249.



Fig. 1 Inaugurazione dello IASI nella sede di Viale Manzoni 30 a Roma. (13 settembre 1984, archivio fotografico IASI). Nella foto in alto: da sinistra il direttore generale del CNR Mario Moretti, il presidente del comitato di ingegneria Giuseppe Biorci, Antonio Ruberti, il presidente del CNR Ernesto Quagliariello e il direttore dello IASI Lucio Bianco. In basso sono ritratti i ricercatori dello IASI e numerosi protagonisti dell'informatica italiana.

Informatica per i Beni Culturali del Consiglio Nazionale delle Ricerche, acquisendo un nuovo gruppo di ricerca e la responsabilità della gestione del database dei siti archeologici italiani. Questi argomenti vanno ad aggiungersi ai temi storici dello IASI e verranno approfonditi in successive sezioni.

Dal 2015 ai giorni nostri

Nel periodo recente l'istituto vive una fase fortemente dinamica durante la quale crescono tutte le principali discipline presenti, anche con un certo grado di ricambio dovuto all'arrivo e alla partenza di uno numero nutrito di ricercatori. Da questo punto di vista l'evento più degno di nota è l'ingresso nello IASI, nel 2019, di un gruppo di ricercatori che lascia l'Istituto di Biologia Cellulare e Neurobiologia (all'epoca in via di soppressione).

I ricercatori di questo gruppo lavorano presso il Policlinico Gemelli e la Fondazione Santa Lucia, strutture dotate di laboratori e strumentazione adatti alle più avanzate ricerche in biologia cellulare e molecolare. L'immissione rafforza significativamente l'area della biomatematica e continua a fornire nuovi stimoli di ricerca ai bioinformatici dell'istituto.

Attualmente, lo IASI continua a perseguire le sue linee di ricerca principali e si trova ben posizionato sul fronte dei progetti finanziati nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). Partecipa, infatti, al Partenariato Esteso sull'Intelligenza artificiale (FAIR), al Centro Nazionale per la MObilità SosTenibile (CNMOST), al Centro Nazionale per lo sviluppo di terapia genica e farmaci con tecnologia a RNA e, infine, al Programma Complementare del Ministero della salute Digital Driven Diagnostic for Health (D34H), nel quale svolge anche il ruolo di gestione della componente CNR del partenariato.

In questo quadro complessivo si inserisce una direzione di sviluppo strategica per l'istituto che scaturisce da due progetti voluti dal dipartimento CNR di afferenza (DIITET), per lo sviluppo di gemelli digitali urbani. Tale linea beneficia di diverse competenze interne all'istituto, dalla progettazione dei sistemi informatici, all'ottimizzazione, e all'intelligenza artificiale; viene svolto in collaborazione con altri istituti afferenti a diversi dipartimenti. La forte domanda per tali sistemi da parte di organismi finanziatori e di amministrazioni locali ha portato all'attivazione di diversi nuovi progetti e alla creazione di un Centro Interdipartimentale del CNR sulla Scienza della Città, finalizzato a supportare le città contemporanee nella gestione efficiente della complessità insita nella dimensione urbana.

È particolarmente emblematico come ciò si intersechi così bene con una larga parte della storia dell'istituto, dai primi contributi sviluppati in seno ai Progetti Finalizzati Trasporti fino ai nuovi metodi di estrazione di conoscenza dai dati, di intelligenza artificiale e di studio, modellazione e controllo di sistemi complessi.

Guardare indietro, guardare avanti

La storia della metamorfosi del CSSCCA in IASI e il successo di quest'ultimo nelle molte sfide poste dalle tecnologie e dalle applicazioni possono anche essere considerati un risultato della scelta dell'interdisciplinarietà scientifica che ha caratterizzato l'istituto. Nel tempo, lo IASI ha mantenuto il timone della ricerca puntato verso lo studio delle proprietà formali, logiche e matematiche che, sole, garantiscono ai ricercatori la correttezza e la longevità dei loro risultati; allo stesso tempo, ha usato queste competenze per modellare molti aspetti della realtà, interagire con altre discipline e risolvere problemi complessi per il funzionamento della società e il benessere dei cittadini. L'istituto è, quindi, pronto ad affrontare nuove inclusioni e nuovi temi di ricerca, coerentemente con il modello CNR che indica come compito dei suoi ricercatori quello di svolgere ricerca di base, integrandola con una valida e utile ricerca applicata valorizzando gli aspetti interdisciplinari.

Logica e Linguaggi di Programmazione

a cura di Maurizio Proietti e Alberto Pettorossi

La ricerca in informatica teorica è presente nel CSSCCA fin dalla prima metà degli anni Settanta con gli studi di Giorgio Ausiello nel campo della complessità computazionale, della semantica dei programmi e del lambda calcolo⁶. Negli anni immediatamente successivi si sviluppano le aree riguardanti la teoria delle basi di dati, la computer algebra, la programmazione funzionale (Ad esempio, LISP e ML, diretti discendenti del lambda calcolo), la terminazione dei sistemi di riscrittura e la trasformazione dei programmi.

Quest'ultima area riveste un ruolo essenziale nell'evoluzione storica del CSSCCA e, successivamente, dello IASI. L'idea di base della trasformazione dei programmi consiste nella separazione dei problemi della correttezza e dell'efficienza durante lo sviluppo del software.

Seguendo l'approccio per i programmi funzionali proposto da Rod Burstall e John Darlington alla metà degli anni Settanta, si parte da una versione del programma la cui correttezza rispetto a date specifiche formali sia facilmente dimostrabile e, quindi, attraverso l'applicazione di regole di trasformazione, come l'*unfold* e il *fold*, che preservano la correttezza, si derivano, in modo interattivo o completamente automatico, programmi computazionalmente efficienti. Nell'ambito di fruttuose collaborazioni con i gruppi di Rod Burstall (Università di Edimburgo, UK) e di Andrzej Skowron (Università di Varsavia, Polonia), vengono messe a punto diverse strategie di applicazione delle regole di trasformazione, come le strategie di *tupling*⁷

6. Per una panoramica più ampia sugli inizi dell'informatica teorica in Italia e, in particolare, a Roma, si veda il contributo a questo volume di Giorgio Ausiello "Informatica teorica in Italia: origini e primi approcci."

7. Pettorossi, Alberto, e Rod Burstall. 1982. "Deriving Very Efficient Algorithms for Evaluating Linear Recurrence Relations Using the Program Transformation Technique." *Acta Informatica* 18: 181-206.

e di *lambda abstraction*⁸, provandone l'efficacia per programmi funzionali *higher-order*, che possono avere funzioni come parametri e risultati.

Nel periodo immediatamente seguente la fondazione dello IASI (1980) si cominciano ad affrontare vari temi nel settore della teoria della programmazione. Nel mondo, in quel periodo, si stavano sviluppando calcolatori con più processori che lavorano in parallelo, comunicando tra loro. In tale contesto vengono studiati modelli di calcolo che utilizzano comunicazioni *higher-order* (cioè, di funzioni e non solo di valori interi o booleani) per la cui semantica si elaborano, in collaborazione con la Sapienza, approcci basati sulla teoria delle categorie⁹.

Nella seconda metà degli anni Ottanta il focus si sposta gradualmente verso l'estensione dell'approccio di trasformazione al caso dei programmi logici (come il PROLOG). La programmazione logica (si veda il contributo di Giorgio Levi sui Linguaggi di Programmazione, per un inquadramento generale) nasce negli anni Settanta dai lavori di Robert Kowalski ed è basata su un frammento della logica dei predicati del prim'ordine, chiamato "clausole di Horn" al quale si può associare una semantica operativa. In quel periodo la programmazione logica riscuoteva notevole successo e veniva proposta come paradigma centrale nell'intelligenza artificiale (per esempio nei sistemi esperti basati su regole) e nelle basi di dati deduttive (DATALOG).

Nel campo della programmazione logica i contributi più rilevanti da parte dei ricercatori dello IASI riguardano sia lo studio di regole di trasformazione del tipo *unfold/fold* (derivate dalle analoghe regole proposte da Burstall e Darlington nel caso dei linguaggi funzionali) e le loro proprietà di preservazione della semantica, sia lo studio di strategie automatiche di applicazione delle regole con l'obiettivo di derivare programmi efficienti¹⁰. Tra le strategie di trasformazione proposte, l'eliminazione delle cosiddette "variabili non necessarie"¹¹ si rivela particolarmente utile sia come metodo per l'ottimizzazione di programmi logici (in particolare, PROLOG) che utilizzano strutture di dati intermedie durante il calcolo, sia come metodo di manipolazione di formule logiche nella dimostrazione automatica dei teoremi.

A partire dai primi anni Novanta, lo IASI sviluppa relazioni nazionali e internazionali importanti, contribuendo a rilevanti iniziative per la comunità scientifica nel settore della programmazione logica come, ad esempio, il progetto europeo Compulog II in collaborazione con alcuni tra i principali attori europei impegnati nell'area¹², l'associazione italiana di programmazione logica GULP¹³ e la serie di conferenze LOPSTR¹⁴.

8. Pettorossi, Alberto, e Andrzej Skowron. 1989. "The Lambda Abstraction Strategy for Program Derivation." *Fundamenta Informaticae* XII (4): 541-61.

9. Labella, Anna, e Alberto Pettorossi. 1985. "Categorical Models for Handshaking Communications." *Fundamenta Informaticae* Series IV. VIII (3-4): 322-57.

10. Pettorossi, Alberto, e Maurizio Proietti. 1994. "Transformation of Logic Programs: Foundations and Techniques." *Journal of Logic Programming* 19,20: 261-320.

11. Proietti, Maurizio, e Alberto Pettorossi. 1995. "Unfolding-Definition-Folding, in This Order, for Avoiding Unnecessary Variables in Logic Programs." *Theoretical Computer Science* 142 (1): 89-124.

Nel periodo compreso tra i primi anni Novanta e i primi anni Duemila, la ricerca nell'area della trasformazione dei programmi logici trova applicazioni in vari ambiti correlati. Vale la pena menzionare due tecniche significative basate su trasformazione:

1. la “specializzazione” dei programmi che, dato un programma e una precondizione sui valori di input, ha l'obiettivo generare un nuovo programma adattato agli input che soddisfano la precondizione e, pertanto, ottimizzato per l'uso nel contesto dato¹⁵;
2. la “sintesi” dei programmi che permette di derivare programmi da specifiche scritte nella logica dei predicati del prim'ordine attraverso passi di trasformazione che possono essere visti come applicazione di regole di deduzione¹⁶.

A cavallo del nuovo millennio l'interesse si sposta verso temi di ragionamento automatico, proponendo la metodologia di trasformazione come base per un nuovo approccio alla dimostrazione automatica di teoremi e di proprietà di programmi. Viene mostrato che molte logiche, come la logica dei predicati del prim'ordine, le logiche temporali e modali, nonché varie logiche per la verifica di correttezza del software, possono essere trasformate in Constrained Logic Programs (CLP). Questo formalismo estende le clausole di Horn permettendo vincoli nelle premesse delle clausole. I vincoli possono essere formule definite in teorie specifiche (per esempio formule booleane, disequazioni lineari sugli interi o sui reali, equazioni tra alberi finiti o ciclici, per fare solo alcuni esempi) dotate di solutori *ad-hoc* per il problema della soddisfacibilità. Tecniche di trasformazione di programmi CLP vengono utilizzate per la verifica automatica di proprietà di sistemi a stati infiniti come, ad esempio, la *safety* e la *liveness* di sistemi concorrenti che manipolano dati in domini infiniti (e.g., numeri interi o reali, *array*, liste, alberi)¹⁷.

Altre applicazioni di questa metodologia sono esplorate nell'ambito della modellazione e della verifica dei *business process* utilizzati per l'orchestrazione delle attività di un'organizzazione, estesi con rappresentazioni formali dell'ontologia del dominio dove il processo viene eseguito, dei dati che vengono manipolati e della temporizzazione delle attività¹⁸.

12. CWI (Paesi Bassi), Università Cattolica di Leuven (Belgio), Università di Aix-Marseille II (Francia), European Computer IRC, DFKI e RWTH (Germania), Università di Pisa, Università di Roma La Sapienza e Università di Roma Tor Vergata (Italia), Università Nova di Lisbona (Portogallo), Imperial College, Università di Bristol e Università di Edimburgo (Regno Unito), Università di Uppsala (Svezia).

13. Gruppo Utenti e Ricercatori in Logic Programming: <https://www.programmazioneologica.it>

14. Logic-based Program Synthesis and Transformation, arrivata nel 2024 alla sua trentaquattresima edizione.

15. Pettorossi, Alberto, Maurizio Proietti, e Sophie Renault. 1997. “Reducing Nondeterminism while Specializing Logic Programs.” In *Proceedings 24-th ACM Symposium on Principles of Programming Languages, Paris, France*, 414-27. ACM Press.

16. Pettorossi, Alberto, e Maurizio Proietti. 1999. “Synthesis and Transformation of Logic Programs Using Unfold/Fold Proofs.” *Journal of Logic Programming* 41 (2&3): 197-230.

17. Fioravanti, Fabio, Alberto Pettorossi, Maurizio Proietti, e Valerio Senni. 2013. “Generalization Strategies for the Verification of Infinite State Systems.” *Theory and Practice of Logic Programming* 13 (2): 175-99.

18. Smith, Fabrizio, e Maurizio Proietti. 2013. “Rule-based Behavioral Reasoning On Semantic Business Processes.” In *Proceedings 5th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, ICAART 2013, Volume II*, 130-43. SciTePress.

A partire dall'inizio degli anni duemiladieci, le attività di ricerca si concentrano su diversi temi correlati all'ingegneria del software. In particolare, le ricerche condotte nei decenni precedenti consentono di sviluppare metodi di verifica formale del software. Il punto di partenza consiste in una rappresentazione logica dei programmi (imperativi, funzionali o di altro tipo) e della loro semantica operativa per mezzo di clausole di Horn con vincoli (analoghe ai già citati programmi CLP). Tale rappresentazione viene poi trasformata in una forma che può essere processata da solutori specializzati per provarne la soddisfacibilità¹⁹. Altri argomenti nell'ambito dell'ingegneria del software riguardano approcci di software testing²⁰ applicati a sistemi software che utilizzano architetture innovative, ad esempio basate su microservizi²¹.

Lo sviluppo impetuoso dell'intelligenza artificiale attualmente in corso sta stimolando nuovi temi di ricerca sia per la verifica e la validazione di sistemi software comprendenti moduli che implementano tecniche di *machine learning*, sia per metodologie che combinano l'apprendimento dai dati con il ragionamento di tipo simbolico basato sulla logica²².

Basi di dati e di conoscenza

a cura di Anna Formica e Francesco Taglino

L'attività di ricerca sulle basi di dati inizia alla fine degli anni Settanta con lo studio degli schemi concettuali di basi di dati²³. Attraverso la modellazione di uno schema tramite un grafo si può affrontare in maniera rigorosa il problema di verificare l'equivalenza di schemi²⁴ e approfondire le proprietà di ipergrafi aciclici e schemi di basi di dati aciclici²⁵. Numerosi risultati teorici sono pubblicati su questi argomenti, anche in relazione a caratteristiche particolari di queste strutture²⁶.

19. De Angelis, Emanuele, Fabio Fioravanti, Alberto Pettorossi, e Maurizio Proietti. 2017. “Semantics-based Generation of Verification Conditions via Program Specialization.” *Science of Computer Programming* 147: 78-108.

20. Bertolino, Antonia, Pietro Braione, Guglielmo De Angelis, Luca Gazzola, Fitsum M. Kifetew, Leonardo Mariani, Matteo Orrù, Mauro Pezzè, Roberto Pietrantuono, Stefano Russo, e Paolo Tonella. 2022. “A Survey of Field-Based Testing Techniques.” *ACM Computing Surveys* 54 (5): 92:192:39.

21. De Angelis, Emanuele, Guglielmo De Angelis, Alessandro Pellegrini, e Maurizio Proietti. 2023. “What Makes Test Programs Similar in Microservices Applications?” *Journal of Systems and Software* 201: 111674.

22. Proietti, Maurizio, e Francesca Toni. 2024. “Learning Assumption-Based Argumentation Frameworks.” In *Proceedings 31st International Conference on Inductive Logic Programming, ILP 2024*. A cura di Stephen H. Muggleton, e Alireza Tamaddoni-Nezhad, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, vol. 13779, 100-16. Springer.

23. Maggiori approfondimenti su questo tema sono discussi nel contributo di questo volume dedicato alle basi di dati.

24. Ausiello Giorgio, Carlo Batini, e Marina Moscarini. 1980. “Conceptual Relations between Databases Transformed Under Join and Projection.” In *Int. Symp. on Mathematical Foundations of Computer Science*, Rydzyna, Poland, September 1-5: 123-136.

25. Ausiello, Giorgio, Alessandro D'Atri, e Marina Moscarini. 1982. “Minimal Coverings of Acyclic Database Schemata.” *Advances in Data Base Theory* 2: 27-51.

26. D'Atri, Alessandro, e Marina Moscarini. 1988. “Distance-Hereditary Graphs, Steiner Trees, and Connected Domination.” *SIAM Journal on Computing* 17 (3): 521-538.

Le basi di dati statistiche sono anch'esse presenti come tema di ricerca già nei primi anni; lo IASI organizza due congressi mondiali, uno a Roma nel 1988 e l'altro a Capri nel 1998. Oltre a diverse pubblicazioni su congresso e riviste internazionali, viene avviata una collaborazione con il Lawrence Berkeley Laboratory in California²⁷, proseguita fino al 2015²⁸.

Negli studi su aspetti teorici e sperimentali delle basi di dati e di conoscenza viene utilizzata la teoria dei tipi per studiare i metodi per la verifica della correttezza del processo di ereditarietà e l'assenza di contraddizioni (soddisfacibilità) negli schemi per le basi di dati orientate a oggetti (OO). Le gerarchie di ereditarietà, potente strumento di modellazione concettuale, hanno suscitato da sempre un notevole interesse nella comunità scientifica del settore. Su questo tema lo IASI collabora con Catriel Beerli della Hebrew University di Gerusalemme, uno dei maggiori esperti a livello internazionale che nel 1990 aveva formalizzato il "modello delle basi di dati OO". Tale collaborazione porta alla definizione di un metodo innovativo ed efficiente per la progettazione di gerarchie di ereditarietà nelle basi di dati OO²⁹. Nel 2004, a completamento di questo filone di ricerca, lo IASI contribuisce con un lavoro di rassegna ad analizzare e confrontare il processo di ereditarietà in diversi settori dell'informatica, in particolare nell'ambito dell'intelligenza artificiale, dei linguaggi di programmazione e delle basi di dati³⁰. Sempre nell'ambito delle basi di dati OO, nel 2002 vengono identificate le condizioni necessarie e sufficienti per stabilire la soddisfacibilità finita di una classe di schemi arricchiti da vincoli di integrità semantica³¹, altro tema fondamentale in questo filone di ricerca.

Questo problema veniva generalmente affrontato utilizzando dimostratori automatici di teoremi che, essendo sviluppati per formule della logica del primo ordine, si basano su procedure semidecidibili.

Un altro tema di punta per la ricerca nello IASI è l'informatica sanitaria³², per la quale vanno ricordate:

- I. la realizzazione di una banca dati per una ricerca epidemiologica sulle malattie mentali, svolta con il Centro di Igiene Mentale della Provincia di Roma;
- II. la progettazione e realizzazione di un Osservatorio Epidemiologico Regionale del Lazio (primo in Italia);

27. Rafanelli, Maurizio, e Arie Shoshani. 1980. "STORM: A Statistical Object Representation Model." *IEEE Data Engineering Bull.* 13 (3): 12-18.

28. Pourabbas, Elaheh, e Arie Shoshani. 2015. "The Composite Data Model: A Unified Approach for Combining and Querying Multiple Data Models." *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.* 27 (5): 1424-1437.

29. Beerli, Catriel, Anna Formica, e Michele Missikoff. 1999. "Inheritance Hierarchy Design in Object-Oriented Databases." *Data Knowl. Eng.* 30 (3): 191-216.

30. Formica, Anna, e Michele Missikoff. 2004. "Inheritance Processing and Conflicts in Structural Generalization Hierarchies." *ACM Comput. Surv.* 36 (3): 263-290.

31. Formica, Anna. 2002. "Finite Satisfiability of Integrity Constraints in Object-Oriented Database Schemas." *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.* 14 (1): 123-139.

32. Ortenzi, Bruno, Maurizio Rafanelli, e Fabrizio Ricci. 1980. "Problems and Suggestions Concerning a Regional Epidemiological Observatory." In *Proc. of III World Conf. on Medical Informatics*, MEDINFO 80, IFIP, Tokyo, 29 Sept - 4 Oct 1980, North Holland: 961-968.

- III. la proposta dei CUP (Centri Unificati di Prenotazione di prestazioni ambulatoriali), che furono realizzati a Bologna, prima volta in Italia, soltanto nove anni dopo;
- IV. un Sistema Esperto per la diagnosi differenziale del cancro del pancreas (*SPEES, Surgical Pancreatic Expert System*);
- V. la realizzazione di un sistema di ausilio per la comunicazione di disabili tetraplegici, nell'ambito del Progetto Nazionale di Telemedicina, in collaborazione con IBM e CSELT. Questo sistema ottiene nel 1999 il premio *European Telework Award* con la menzione "the most innovative use of technology", consegnato durante la *5th European telework week*, organizzata dalla DG XIII della Commissione europea in cooperazione con la DG V.

Nei primi anni Duemila, l'attività di ricerca dello IASI si indirizza anche su tematiche riconducibili al *semantic web* e sulla gestione della conoscenza d'impresa che ha portato alla nascita del Laboratory for Enterprise Knowledge and Systems (LEKS). I risultati più significativi sono stati raggiunti nel contesto delle metodologie per la rappresentazione di ontologie computazionali e l'applicazione di queste per la progettazione, l'implementazione e la sperimentazione di servizi semantici.

Sono state sviluppate le seguenti metodologie e sistemi:

- I. OPAL (*Object, Process, Actor Language*)³³, una metodologia per la modellazione e l'ingegnerizzazione di ontologie nel dominio di impresa che ha avuto il merito di introdurre primitive di modellazione vicine al linguaggio degli esperti di impresa, quali ad esempio attore e processo;
- II. UPON (*Unified Process for ONtology building*)³⁴, una metodologia che codifica una serie di passi per la costruzione di ontologie di dominio ispirata allo *Unified Software Development Process*, uno standard usato nell'ingegneria del software;
- III. il sistema *Symontos*, e la sua evoluzione *Symontax* basata su xml, un'applicazione web per l'editing di ontologie definita in accordo con OPAL.

Con il nuovo millennio e il diffondersi di Internet e quindi della possibilità di far comunicare applicazioni remote, un tema di ricerca molto sentito diviene quello dell'interoperabilità semantica, che propone soluzioni per consentire la cooperazione di sistemi informativi d'impresa non progettati per scambiare dati e condividere operazioni. In quest'ambito, vengono concepite soluzioni basate sulla creazione di ontologie di dominio, usate per l'annotazione semantica di documenti strutturati e sulla conseguente generazione automatica di regole di riconciliazione, per l'effettiva traduzione di dati tra i sistemi interoperanti³⁵. Successivamente, si intensifica a livello

33. D'Antonio, Fulvio, Michele Missikoff, e Francesco Taglino. 2007. "Formalizing the OPAL eBusiness Ontology Design Patterns with OWL." *IESA 2007*: 345-356.

34. De Nicola, Antonio, Michele Missikoff, e Roberto Navigli. 2009. "A Software Engineering Approach to Ontology Building." *Inf. Syst.* 34 (2): 258-275.

35. Missikoff, Michele, e Francesco Taglino. 2004. "An Ontology-based Platform for Semantic Interoperability." In *Handbook on Ontologies*, a cura di Steffen Staab e Rudi Studer. Springer Verlag: 617-634.

europeo l'attività sulla tematica della trasformazione digitale delle imprese, sia con collaborazioni scientifiche sia con attività progettuali. In particolare, lo IASI, oltre alla ricerca scientifica, realizza alcuni studi prospettici, coordinando il gruppo europeo FInES (Future Internet Enterprise Systems), che include una dozzina tra le principali realtà tecnico-scientifiche europee.

Alla conclusione dei lavori, il gruppo produce un rapporto, la FInES *research roadmap*, recepito dalla Commissione europea e da questa utilizzato nella definizione delle linee guida poi adottate nei bandi del Programma Quadro di finanziamento alla ricerca e all'innovazione della CE, Horizon Europe.

Va ricordato che lo IASI ha collaborato anche con l'Agenzia Romana per la preparazione del Giubileo del 2000 per uno studio sulla gestione dei flussi informativi tra gli attori coinvolti nell'organizzazione dell'evento.

Nell'ambito del *semantic web* applicato in contesti di business troviamo anche il *similarity reasoning*, cioè l'identificazione di concetti diversi, semanticamente vicini. In un primo lavoro³⁶, viene definito un metodo per stabilire la somiglianza semantica (*semantic similarity*) tra concetti, che viene poi raffinato dal metodo *SemSim*³⁷. In quest'ambito, viene studiata anche la somiglianza semantica di concetti della *formal concept analysis*, framework introdotto da Rudolf Wille nei primi anni Ottanta per supportare l'analisi e l'organizzazione dei dati di un dominio di interesse, che si è rivelato molto utile anche per attività complesse nello sviluppo del semantic web.

Lo studio della somiglianza tra concetti viene poi esteso alla Fuzzy Formal Concept Analysis (FFCA) e viene definito un metodo per il web search basato su una combinazione della *Rough Set Theory* e la FFCA, idea particolarmente originale e innovativa nel panorama internazionale³⁸. La somiglianza semantica di concetti rimane tra i principali argomenti di studio anche negli anni più recenti, con applicazioni nei linguaggi pittorici per Sistemi Informativi Geografici che utilizzano la gerarchia degli attributi *OpenStreetMap*³⁹.

Più recentemente è stato avviato lo studio della *semantic relatedness* tra entità, nozione più generale della *semantic similarity*; un tema che rappresenta ancora una sfida aperta non solo per l'informatica, ma anche per altre discipline quali le scienze sociali, la biologia e l'economia. In particolare, in⁴⁰ viene presentata una ampia sperimentazione

36. Formica, Anna. 2009. "Concept Similarity by Evaluating Information Contents and Feature Vectors: a Combined Approach." *Commun. ACM* 52 (3): 145-149.

37. Formica, Anna, Michele Missikoff, Elaheh Pourabbas, e Francesco Taglino. 2013. "Semantic Search for Matching User Requests with Profiled Enterprises." *Comput. Ind.* 64 (3): 191-202.

38. Formica, Anna. 2012. "Semantic Web Search Based on Rough Sets and Fuzzy Formal Concept Analysis." *Knowl. Based Syst.* 26: 40-47.

39. Formica, Anna, Mauro Mazzei, Elaheh Pourabbas, e Maurizio Rafanelli. 2020. "Approximate Query Answering Based on Topological Neighborhood and Semantic Similarity in OpenStreetMap." *IEEE Access* 8: 87011-87030.

40. Formica, Anna, e Francesco Taglino. 2023. "Semantic Relatedness in Dbpedia: a Comparative and Experimental Assessment." *Inf. Sci.* 621: 474-505.

dei metodi knowledge-based per verificare la *semantic relatedness* tra nodi in un grafo di conoscenza (*knowledge graph*), che offre parecchi spunti per l'avanzamento delle conoscenze nell'immediato futuro. I risultati ottenuti permettono attualmente di concentrare le attività in due direzioni prevalenti: i metodi ibridi per valutare la *semantic relatedness* integrati con tecniche di *machine learning* e gli approcci innovativi per l'analisi di processi di business mediante *natural language processing* e *large language model*. Infine, è stato definito un metodo di *question/answering* per rispondere a domande in linguaggio naturale sui grafi di conoscenza⁴¹.

Tra i risultati associati all'attività strettamente scientifica, lo IASI ha contribuito alla costituzione della Fondazione "EDBT - International Foundation for Extending Database Technology", di cui lo IASI ha assunto la direzione scientifica e alla Network of Excellence Interop-VLab finanziata dalla Commissione europea.

Algoritmi, complessità e ottimizzazione

a cura di Claudio Gentile

Il gruppo di teoria della complessità computazionale e il gruppo di ottimizzazione – il primo spinto dalle energie di Giorgio Ausiello, il secondo da quelle di Luigi Grippo e Gianni di Pillo – si sviluppano in parallelo all'interno dello IASI, con forti interazioni tra loro.

Algoritmi e complessità

La ricerca in questo tema trova motivazioni, basi metodologiche e pubblicazioni fondamentali nel contributo di questo libro dal titolo "Teoria della computazione e algoritmi" di Fabrizio Luccio.

I concetti di complessità computazionale e NP-completezza trovano il naturale complemento nella realizzazione di algoritmi esatti, algoritmi approssimati ed euristici, basati su strutture dati complesse nonché sulla caratterizzazione sempre più sofisticata di proprietà matematiche dei modelli adottati.

In un primo periodo l'interesse per algoritmi e calcolo parallelo portò ai contatti con gli Stati Uniti, dove era stato realizzato uno dei primi calcolatori paralleli, il CM* (Carnegie Mellon 1975) e due proposte di architetture parallele a ipercubo: la Connection Machine (MIT Artificial Intelligence Lab.) e la Cube Connected Cycles Topology (Franco Preparata e Jean Vuillemin, rispettivamente Brown University e Université de Paris-Sud, Orsay), entrambe nel 1981⁴².

41. Formica, Anna, Ida Mele, e Francesco Taglino. 2024. "A Template-Based Approach for Question Answering over Knowledge Bases." *Knowledge and Information Systems* 66 (1): 453-79.

42. https://paralle.ru/history/wilson_history.html#year1979

Queste ultime avevano ispirato l'architettura di APE (Array Processor Experiment) realizzata dai fisici dell'INFN delle sedi di Roma e Pisa, basata anch'essa su una architettura a ipercubo. In quell'epoca si sviluppò il rapporto con Franco Preparata che fu invitato, successivamente, allo IASI per tenere un corso sul calcolo e le architetture parallele.

Alcune ricerche su progettazione di dispositivi VLSI furono ispirate dal contatto con Hsiang-Tsung Kung di Carnegie Mellon, che visitò lo IASI nel 1981. L'interesse per questa area stimolò, tra l'altro, l'organizzazione di un convegno sulle tecnologie VLSI, citato nel contributo di Fabrizio Luccio.

Nel seguito, la ricerca in quest'ambito si concentra su problemi di caratterizzazione e soluzione di problemi emergenti dall'area della teoria dei grafi.

I primi significativi risultati su questo tema emergono dall'area delle basi di dati, dove gli schemi concettuali vengono rappresentati con grafi e ipergrafi, argomento già affrontato nella precedente sezione su Basi di dati e di conoscenza.

Il problema del *graph drawing* viene ispirato dall'esigenza di rappresentare su uno schermo schemi relazionali di una base di dati. Questo diviene oggetto di una collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria informatica, automatica e gestionale della Sapienza e il Dipartimento di Computer Science della Brown University (Providence) e porta a diversi risultati, fra cui la caratterizzazione di alcuni casi particolari di rappresentazione di grafi triconnessi⁴³ e test di planarità di grafi con sorgente singola⁴⁴. Grazie a questa collaborazione, lo IASI contribuisce all'organizzazione, a Roma, della quinta edizione del *Symposium on Graph Drawing* (1997)⁴⁵, evento che nel 2024 è alla sua trentaduesima edizione.

L'attività di ricerca nell'ambito della teoria dei grafi è intensa; problemi difficili quali quelli della partizione e della colorazione vengono risolti per particolari classi di grafi, dando luogo a numerose pubblicazioni su rivista. Per la partizione si veda il lavoro in nota⁴⁶, per la colorazione i lavori nelle note⁴⁷ e⁴⁸. Infine, risultati interessanti vengono illustrati in⁴⁹ e⁵⁰ per il problema dello *scheduling* di processi a criticità mista in sistemi di

elaborazione, applicazioni fra le più significative tra quelle dell'ottimizzazione discreta a problemi di gestione di risorse.

Ottimizzazione

Sin dalla fondazione del CSSCCA il tema dell'ottimizzazione è presente tra gli argomenti di ricerca sia per quanto attiene alla programmazione non-lineare, sia a quella lineare e intera, quest'ultima sempre più collegata allo studio e alla realizzazione di algoritmi – tema in condivisione con l'area di informatica.

Nel 1983, poco dopo la fondazione dell'istituto, il gruppo di ricerca dedicato all'ottimizzazione si evolve con una forte dinamica caratterizzata dall'acquisizione di molti nuovi ricercatori e dal trasferimento di colleghi verso diverse sedi universitarie dove le competenze sviluppate all'interno dell'istituto trovano la naturale collocazione nella definizione di nuovi percorsi di studio in Ingegneria e Informatica.

Gli argomenti oggetto di studio e di produzione scientifica originale si espandono a partire dall'ottimizzazione lineare, intera, mista e non lineare, verso la teoria dei grafi, gli algoritmi di approssimazione, l'ottimizzazione combinatoria, i problemi di *scheduling* e le applicazioni nel campo della logistica e dei trasporti. Va infine ricordato che il periodo che va dal 1977 alla fine degli anni Ottanta vede coinvolti molti dei ricercatori del gruppo di ottimizzazione in due progetti finalizzati: il Progetto Aiuti alla Navigazione e Controllo del Traffico Aereo e il Progetto Trasporti, con diverse applicazioni originali a problemi di logistica e trasporti.

In questo periodo la produzione scientifica dei ricercatori del gruppo in settori collegati all'informatica è molto corposa. Per l'ottimizzazione non-lineare, tra i più significativi, troviamo gli algoritmi di ottimizzazione di tipo non monotono⁵¹, che influenzeranno molti dei risultati nei decenni successivi e che, in particolare, hanno trovato applicazione nelle tecniche di apprendimento automatico.

Alcuni risultati fondamentali degli inizi degli anni Ottanta fanno nascere e rapidamente sviluppare il settore della combinatorica poliedrale come strumento per la soluzione di problemi di ottimizzazione discreta classificati come difficili. Tra questi citiamo il metodo dell'ellissoide e le sue derivazioni che inseriscono in un contesto nuovo la teoria della complessità computazionale e la soluzione, di Manfred Padberg, di istanze di problemi di programmazione intera e del commesso viaggiatore considerati irrisolvibili, che danno evidenza sperimentale dell'utilità dei metodi poliedrali per la soluzione di problemi difficili⁵².

I ricercatori dell'istituto si inseriscono in questo contesto con risultati fortemente innovativi. Ricordiamo, in particolare, la definizione del nuovo paradigma del

43. Bertolazzi, Paola, Giuseppe Di Battista, Gianni Liotta, e Carlo Mannino. 1994. "Upward Drawings of Triconnected Digraphs." *Algorithmica* 12. 476-497.

44. Bertolazzi, Paola, Giuseppe Di Battista, e Carlo Mannino. 1998. "Optimal Upward Planarity Testing of Single-Source Digraphs." *SIAM Journal on Computing*. Vol. 27.

45. <https://mozart.diei.unipg.it/gd/gd97/sgi.htm>

46. De Simone, Caterina, Mario Lucertini, Stefano Pallottino, e Bruno Simeone. 1990. "Fair Dissections of Spiders, Worms, And Caterpillars." *Networks*, 20 (3): 323-344.

47. Nicoloso, Sara, Majid Sarrafzadeh, e Xiaoyu Song. 1999. "On the Sum Coloring Problem on Interval Graphs." *Algorithmica* (New York), 23 (2): 109-126.

48. Galluccio, Anna, Pavol Hell, e Jiřoslav Neřetřil. 2000. "The Complexity of H-colouring of Bounded Degree Graphs." *Discrete Mathematics*, 222 (1-3): 101-109.

49. Baruah, Sanjoy, Vincenzo Bonifaci, Gianlorenzo D'Angelo, Haohan Li, Alberto Marchetti-Spaccamela, Nicole Megow, e Leen Stougie. 2012. "Scheduling Real-Time Mixed-Criticality Jobs." *IEEE Transactions on Computers* 61 (8): 1140-1152.

50. Baruah, Sanjoy, Vincenzo Bonifaci, Gianlorenzo D'Angelo, Haohan Li, Alberto Marchetti-Spaccamela, e Suzanne Van Der Ster. 2015. "Preemptive Uniprocessor Scheduling of Mixed-Criticality Sporadic Task Systems." *Journal of the ACM (JACM)* 62 (2): 1-33.

51. Grippo, Luigi, Francesco Lampariello, e Stefano Lucidi (1986). "Nonmonotone Line Search Technique for Newton's Method." *SIAM Journal on Numerical Analysis*, 23(4): 707-716.

52. Junger, Michael, Thomas Liebling, Denis Naddef, George Nemhauser, William Pulleyblank, Gerhard Reinelt, Giovanni Rinaldi, e Laurence Wolsey. 2010. "50 Years of Integer Programming." 1958-2008. Springer.



Fig. 2 Olivetti P6060 -1975 - Personal computer a target scientifico.

*Branch&Cut*⁵³, che ha portato a un salto sostanziale nella solvibilità di problemi di ottimizzazione intera e combinatorica risultando, ancora dopo un trentennio, alla base dei principali solutori di programmazione lineare intera commerciali. Gli approcci poliedrali, fortemente connessi con il metodo del *Branch&Cut*, hanno inoltre prodotto risultati fondamentali per molti problemi di ottimizzazione combinatorica oggetto di studio anche dell'informatica teorica e applicata, come ad esempio:

- a) la risoluzione di una congettura sul politopo dei grafi *claw free* rimasta aperta per più di 40 anni⁵⁴;
- b) la soluzione della più grande istanza di TSP risolta all'ottimo; il record, che migliora di un ordine di grandezza quello precedente, è rimasto imbattuto per sette anni e ha ricevuto attenzione anche da alcuni organi di stampa (Fig. 2);
- c) la definizione di un algoritmo polinomiale per *max-cut* su grafi a genus e pesi limitati (chiudendo una problematica rimasta aperta per venti anni)⁵⁵;
- d) l'introduzione dei perspective cuts, che ha avviato un nuovo filone di ricerca nella programmazione mista non-lineare⁵⁶.

Le attività di questo periodo si collocano anche nell'ambito della ricerca operativa, area che si era affermata in Italia come disciplina ponte tra la matematica applicata, l'ingegneria, e l'informatica sin dai primi anni Sessanta. L'Associazione Italiana di Ricerca Operativa (AIRO) nata nel 1961 trova nello IASI un importante partner scientifico e logistico: in concomitanza con la sua fondazione, l'istituto diventa sede dell'AIRO e il principale crocevia nazionale per studiosi ed esperti del settore, ospitando anche numerosi ricercatori stranieri. In quest'ambito si inseriscono i contributi nei sistemi di programmazione logica basati su sistemi di soddisfacibilità sviluppati in collaborazione con Klaus Truemper della *University of Texas at Dallas*. Proseguono, infine, le attività di applicazione dell'ottimizzazione alla produzione di strumenti software per la soluzione di problemi nel settore dei trasporti come, ad esempio, lo *scheduling* delle petroliere Agip Petroli e del traffico aereo⁵⁷ e la turnazione del personale di terra di Alitalia⁵⁸.

53. Padberg, Manfred, e Giovanni Rinaldi. 1991. "A Branch-and-Cut Algorithm for the Resolution of Large-Scale Symmetric Traveling Salesman Problems." *SIAM Review*, 33 (1): 60-100.

54. Galluccio, Anna, Claudio Gentile, e Paolo Ventura. 2014. "The Stable Set Polytope of Claw-Free Graphs with Stability Number At Least Four I-II." *Journal of Combinatorial Theory Series B* 107 / 108, 92-122.

55. Galluccio, Anna, Martin Loeb, e Jan Vondrák. 2001. "Optimization through Enumeration: a New Algorithm for the Max-Cut Problem." *Mathematical Programming* 90, 273-290.

56. Frangioni, Antonio, e Claudio Gentile. 2006. "Perspective Cuts for a Class of 0-1 Mixed Integer Programs." *Mathematical Programming* 106 (2): 225-236.

57. Bianco, Lucio, Paolo Dell'Olmo, e Stefano Giordani. 2006. "Scheduling Models for Air Traffic Control in Terminal Areas." *Journal of Scheduling* 9 (3): 223-253.

58. Felici, Giovanni, e Claudio Gentile. 2004. "A Polyhedral Approach for the Staff Rostering Problem." *Management Science* 50 (3): 381-393.

Nell'ultimo decennio del secolo, i ricercatori del gruppo cominciano inoltre a interessarsi ai problemi di *machine learning*, disciplina che va progressivamente integrandosi nell'intelligenza artificiale.

L'approccio *data driven* tipico del *machine learning* interpreta l'apprendimento proprio come un problema di ottimizzazione (minimizzazione dell'errore di previsione/classificazione sui dati di training) avvalendosi perciò delle competenze presenti nello IASI che contribuiscono alla messa a punto di algoritmi per l'addestramento di reti neurali (in nota⁵⁹ e nota⁶⁰) e Support Vector Machines (SVMs)⁶¹. Questo settore della ricerca continua a espandersi fino ai giorni nostri, come descritto approfonditamente nei contributi dedicati all'"Intelligenza artificiale, rappresentazione della conoscenza" e all'"Apprendimento automatico".

La dinamica dell'area di ottimizzazione rimane importante fino a oggi, con molte acquisizioni di nuovi ricercatori, trasferimenti verso le principali accademie e con vari contributi nell'intersezione tra l'ottimizzazione e l'informatica. Tra questi ricordiamo gli algoritmi ispirati dai sistemi biologici quali la muffa *Physarum*⁶² (i risultati di questi lavori hanno riscosso interesse anche nella letteratura divulgativa).

In questo periodo si registra una significativa produzione nella progettazione di reti⁶³, nella teoria algoritmica dei giochi e nella teoria dei grafi, dove vengono prodotti avanzamenti nello studio teorico di alcune proprietà centrali di queste strutture matematiche (connettività, colorazione, stabilità, taglio massimo). Di rilievo sia teorico sia applicativo sono poi i risultati legati all'ottimizzazione della programmazione delle unità di produzione elettrica, anche tramite la programmazione dinamica⁶⁴ e l'ottimizzazione robusta⁶⁵. Il gruppo partecipa a diverse reti di coordinamento insieme ai principali istituti di ricerca in Europa (Programma Science (1991) e al Programma *Marie Curie* (con i 4 progetti (DONET, ADONET, MINO e MINOA) e organizza, fra gli altri, i workshop di Aussois (dal 1998) e di Cargese (dal 2010), due importanti appuntamenti internazionali sull'ottimizzazione combinatoria.

59. Lampariello, Francesco, e Marco Sciandrone. 2001. "Efficient Training of RBF Neural Networks for Pattern Recognition." *IEEE Transactions on Neural Networks* 12 (5): 1235-1242.

60. Buzzi, Celina, Luigi Grippo, e Marco Sciandrone. 2001. "Convergent Decomposition Techniques for Training Rbf Neural Networks." *Neural Computation* 13 (8): 1891-1920.

61. Palagi, Laura, e Marco Sciandrone. 2005. "On the Convergence of a Modified Version of Svm Light Algorithm." *Optimization methods and Software* 20 (2-3): 317-334.

62. Bonifaci, Vincenzo, Kurt Mehlhorn, e Girish Varma. 2012. "Physarum Can Compute Shortest Paths." In *Proceedings of the 23rd ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms*, 233-240.

63. Mattia, Sara. 2012. "Separating Tight Metric Inequalities by Bilevel Programming." *Operations Research Letters*, 2012, 40 (6): 568-572.

64. Frangioni, Antonio, e Claudio Gentile. 2006. "Perspective Cuts for a Class of 0-1 Mixed Integer Programs." *Mathematical Programming* 106 (2): 225-236.

65. Mattia, Sara. 2013. "The Robust Network Loading Problem with Dynamic Routing." *Computational Optimization and Applications*. 54 (3): 619-643.

L'interesse dei ricercatori dello IASI per il *machine learning* e l'intelligenza artificiale percorre una strada particolare. Sin dagli inizi delle attività dell'istituto lo studio della IA ha interessato le attività dei gruppi di ricerca in informatica, con le applicazioni di programmazione logica, lo studio dei linguaggi e dei relativi formalismi impiegati per la rappresentazione della conoscenza. Risultati ascrivibili alle diverse metodologie che compongono l'IA in senso classico si possono quindi ritrovare tra quelli dei gruppi di ricerca in informatica e in ottimizzazione descritti nelle sezioni precedenti.

È però verso gli inizi degli anni Novanta, con la crescente attenzione verso i metodi di apprendimento automatico che ricadono nello *Statistical Machine Learning*, che i diversi aspetti di ottimizzazione insiti nei problemi di addestramento diventano oggetto di studio più sistematico all'interno dell'istituto, sviluppandosi in diverse direzioni: da un lato contributi importanti negli algoritmi di ottimizzazione di tipo *Back-Propagation* per diverse tipologie di reti neurali e per le SVMs, già citati nella sezione precedente; dall'altro lo sviluppo di metodi di apprendimento in forma logica basati sulla risoluzione di problemi di soddisfacibilità di costo minimo⁶⁶.

Per dare spazio a queste attività nel 2002 viene costituito l'Optimization Laboratory per il Data Mining (OLDAM) che ospita l'attività di diversi studenti di laurea, master e dottorato affinché svolgano lavori in questo settore sotto la guida di ricercatori dello IASI e dell'allora Dipartimento di Informatica e Sistemistica de La Sapienza.

Una descrizione dei lavori del laboratorio compare per la prima volta nel rendiconto annuale del 2002, ma molti di questi hanno avuto origine negli anni precedenti. Per esempio, un sistema di controllo del traffico urbano con tecniche di programmazione logica compare nei rendiconti del 1997 e una sua sperimentazione in un contesto reale è riportata nei rendiconti dell'istituto del 1999⁶⁷.

L'attività prosegue fino agli anni più recenti con diversi contributi, tra i quali vanno citati i metodi per la selezione delle *feature* basati su programmazione intera e metaeuristiche⁶⁸, il controllo dell'*hacking*⁶⁹, i metodi per la selezione simultanea di *feature* e *outlier* in norma-zero^{70,71} rispettivamente.

66. Felici, Giovanni, e Klaus Truemper. 2002. "A Minsat Approach for Learning in Logic Domains." *INFORMS Journal on computing*, 14 (1): 20-36.

67. Felici, Giovanni, Giovanni Rinaldi, Antonio Sforza, e Klaus Truemper. 2006. "A Logic Programming-Based Approach for On-Line Traffic Control." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 14(3): 175-189.

68. Bertolazzi, Paola, Giovanni Felici, Paola Festa, Giulia Ficon, e Emanuel Weitschek. 2016. "Integer Programming Models for Feature Selection: New Extensions and a Randomized Solution Algorithm." *European Journal of Operational Research* 250 (2), 389-399.

69. Ateniese, Giuseppe, Giovanni Felici, Luigi V. Mancini, Angelo Spognardi, Antonio Villani, e Domenico Vitali. 2015. "Hacking Smart Machines with Smarter Ones: how to Extract Meaningful Data from Machine Learning Classifiers." *International Journal of Security and Networks* 10 (3): 137-150.

Diverse efficaci applicazioni dei metodi sviluppati nel settore della bioinformatica sono menzionate anche nella sezione a essa dedicata e hanno contribuito allo sviluppo e alla caratterizzazione di quella stessa disciplina all'interno dell'istituto.

Ha collaborato alla stesura di questa sezione Giovanni Rinaldi, cui vanno i nostri ringraziamenti.

Bioinformatica

a cura di Paola Bertolazzi e Daniele Santoni

Per un inquadramento a livello nazionale e internazionale si veda il contributo "Bioinformatica" di Paola Bonizzoni presente nel volume 2.

La vocazione verso la modellazione matematica di problemi di biomedicina è presente sin dalla nascita del CSSCCA nella bioingegneria, successivamente rinominata biomatematica. I metodi della teoria del controllo – tipicamente modelli a equazioni differenziali di sistemi dinamici – sono applicati a diversi problemi nell'area delle scienze della vita, modellando i comportamenti degli organismi viventi alle diverse scale di organo, tessuto, cellula e molecola.

Nei primi anni Ottanta viene pubblicato un lavoro su un modello del meccanismo glucosio insulina, applicato sia al ciclo cellulare sia alla crescita e al trattamento tumorale⁷². Questa ricerca è proseguita negli anni e si è arricchita delle competenze del gruppo del centro del Gemelli, producendo un grande numero di pubblicazioni, fra cui ci piace citare un lavoro del gruppo che confronta con successo il modello glucosio insulina (ovvero, un modello digitale del pancreas) con un modello analogo, allora molto famoso, sviluppato dall'Università di Padova⁷³.

Nei primi anni Duemila lo IASI si affaccia allo studio di problemi di biologia molecolare emergenti dalla sempre maggiore disponibilità di dati genomici, trascrittomici e proteomici.

Questo tipo di ricerca era diventata possibile anche per gli istituti di informatica che potevano valutare modelli e algoritmi senza dover ricorrere a costose ricerche in laboratorio. In pochi anni si aprono due nuovi filoni di ricerca, la bioinformatica e la "Systems Biology" o biologia sistemica.

Mentre la biologia sistemica può essere vista come uno sviluppo ulteriore della biomatematica e si appoggia sulle competenze del gruppo dei ricercatori in teoria del

controllo, la bioinformatica diviene un nuovo dominio di applicazione delle competenze dei ricercatori dell'area di algoritmi e ottimizzazione.

L'idea di avviare in istituto un filone di ricerca in questo settore nasce alla fine degli anni Novanta col tentativo di studiare la struttura 3D (*protein folding*) delle proteine utilizzando le metodologie usate con successo nel calcolo dell'energia minima dei vetri di spin⁷⁴.

L'interesse si sposta presto verso una strategia più a lungo termine che comprende l'acquisizione di fondi e iniziative di formazione per il reclutamento di giovani post-doc e ricercatori per la creazione di un nuovo gruppo di ricerca.

È del 2005 la partecipazione alla stesura del documento di definizione della proposta di Progetto Interdipartimentale di Bioinformatica, fra il Dipartimento di Tecnologie dell'Informazione e delle Comunicazioni e il Dipartimento di Scienze Biomediche, che viene approvato nel 2006.

Questo progetto diviene la base per la definizione del progetto bandiera Interomics, il quale insieme all'altro progetto bandiera, Epigen, finanzia la ricerca dello IASI fino al 2018, permettendo di sostenere con borse di studio, borse di dottorato e assegni di ricerca, una compagine di giovani ricercatori.

La formazione avviene anche attraverso la partecipazione a scuole estive sul tema, fra le quali la scuola annuale organizzata a Lipari da Alfredo Ferro dell'Università di Catania (si veda il contributo Bioinformatica). Durante queste scuole si approfondisce il rapporto con Alberto Apostolico e Concettina Guerra, professori dell'Università di Padova e del Dipartimento di Computer Science del Georgia Tech (Atlanta USA) con i quali prende corpo una collaborazione.

Un progetto bilaterale Italia-Polonia porta a un intenso scambio con un gruppo di ricercatori dell'Università di Poznan (Polonia), contribuendo alla crescita delle competenze interne e alla produzione di risultati scientifici originali⁷⁵. Il nuovo gruppo di giovani che si sono formati in tutto o in parte allo IASI diviene il serbatoio da cui attingono università e CNR per coprire posti di ruolo creati nelle aree biomediche e nell'informatica dallo sviluppo della bioinformatica.

Il numero dei ricercatori dello IASI subisce una contrazione, per poi stabilizzarsi e ricominciare con una strategia di crescita a partire dal periodo post-pandemico.

Per quanto riguarda la ricerca in quest'area lo IASI si indirizza verso l'analisi di dati che si ottengono dalle tecnologie innovative per rilevare sia la sequenza del DNA sia la quantità di RNA, detta espressione genica. Tali analisi permettono di individuare legami esistenti fra anomalie delle sequenze di DNA (mutazioni, metilazioni e *copy number variation*) e/o dell'espressione di tutti i geni del DNA (trascrittoma) con particolari condizioni di gruppi di individui.

70. Kenney, Ana, Francesca Chiaromonte, e Giovanni Felici. 2021. "MIP-BOOST: Efficient and Effective L-Feature Selection for Linear Regression." *Journal of Computational and Graphical Statistics*. 30(3): 566-577.

71. Insolia, Luca, Ana Kenney, Francesca Chiaromonte e Giovanni Felici. 2022. "Simultaneous Feature Selection and Outlier Detection with Optimality Guarantees." *Biometrics* 78 (4): 1592-1603.

72. Bertuzzi, Alessandro, Alberto Gandolfi, e Maria Adelaide Gioenco. 1981. "Mathematical Models of the Cell Cycle with a View to Tumor Studies." *Mathematical Biosciences* 53 (3-4): 159-188.

73. De Gaetano, Andrea, e Ovide Arino. 2000. "Mathematical Modelling of the Intravenous Glucose Tolerance Test." *Journal of Mathematical Biology* 40, 136-168.

74. De Simone, Caterina, Martin Diehl, Michael Jünger, Petra Mutzel, Gerhard Reinelt, e Giovanni Rinaldi. 1995. "Exact Ground States of Ising Spin Glasses: New Experimental Results with a Branch-And-Cut Algorithm." *Journal of Statistical Physics, Short Communications* 80, 487-496.

75. Santoni, Daniele, Aleksandra Swiercz, Agnieszka Żmieńkon, Marta Kasprzak, Marek Blazewicz, Paola Bertolazzi, e Giovanni Felici. 2014. "An Integrated Approach (Cluster Analysis Integration Method) to Combine Expression Data and Protein-Protein Interaction Networks in Agrigenomics: Application on Arabidopsis Thaliana." *Omic: A journal of integrative biology* 18 (2): 155-165.

Diviene possibile sviluppare l'analisi in quattro direzioni; impiegando l'approccio *single gene*, identificare biomarcatori per la prevenzione, diagnosi e trattamento di malattie umane complesse e rare; tramite la *pathways analysis*, studiare meccanismi molecolari che regolano lo stato fisiologico di una specie e che, se perturbati, inducono una data malattia/un dato fenotipo; secondo il paradigma della classificazione e diagnosi, si procede a classificare pazienti in sottotipi di malattie al fine di individuare trattamenti personalizzati nell'ottica della moderna medicina di precisione; infine, tramite il *drug repurposing*, esplorare i meccanismi di azione di un dato farmaco contro una certa patologia e anche di suoi possibili riposizionamenti.

I primi risultati si ottengono su problemi di interpretazione e analisi di sequenze del DNA. In particolare, vengono studiati il problema di inferenza di aplotipi da genotipi e il problema di classificazione di specie tramite l'uso di sotto sequenze del DNA mitocondriale, per classificare specie animali e vegetali e, successivamente, batteri e virus. A questo problema viene applicata per la prima volta la tecnica del Logic Data Mining (LDM), (una tecnica di *machine learning* basata su metodi derivanti dall'ottimizzazione combinatoria), che permette di identificare l'insieme dei nucleotidi (loci) che massimizza la qualità della classificazione⁷⁶.

La tecnica LDM si basa su due passi, il primo che risolve un problema di *feature selection* tramite una metaeuristica per il *set covering* e il secondo che risolve un problema di soddisfacibilità per individuare formule logiche che identificano le diverse classi.

Questa tecnica si rivela adatta anche all'analisi del trascrittoma per l'individuazione di biomarcatori. Il primo contributo su questo tema riguarda l'analisi di dati di trascrittoma estratti con la tecnologia microarray da un modello di topo geneticamente modificato che presenta il fenotipo della patologia di Alzheimer, progettato e realizzato presso l'European Brain Research Institute "Levi Montalcini" (EBRI). La ricerca, svolta in collaborazione con EBRI, usa l'algoritmo di *feature selection* del LDM per identificare geni sovra o sotto espressi, di cui viene studiato l'arricchimento in termini di *pathway* biologici⁷⁷. La collaborazione con EBRI, che prosegue tuttora con l'analisi di nuovi dati di trascrittoma da esperimenti di Next Generation Sequencing (NGS), ha portato alla partecipazione a un progetto POR per lo sviluppo di un sistema informatico per la raccolta, gestione e analisi di dati sulla patologia di Alzheimer.

Sul tema analisi di sequenze viene avviato lo studio della regolazione genica secondo tre punti di vista, strettamente correlati gli uni agli altri: una regolazione più diretta mediata da fattori di trascrizione, una regolazione più strutturale che riguarda la cromatina, ed è mediata dal nucleosoma, e una terza regolazione, definita come epigenetica, mediata principalmente da metilazioni (in particolare, la metilazione di DNA). Vedi le pubblicazioni nelle note ⁷⁸ e ⁷⁹.

76. Bertolazzi, Paola, Giovanni Felici e Emanuel Weitschek. 2009. "Learning to Classify Species with Barcodes." *BMC Bioinformatics*. 10: 1-12.

77. Arisi, Ivan, Mara D'Onofrio, Rossella Brandi, Armando Felsani, Simona Capsoni, Guido Drovandi, Giovanni Felici, Emanuel Weitschek, Paola Bertolazzi, e Antonino Cattaneo. 2011. "Gene Expression Biomarkers in the Brain of a Mouse Model for Alzheimer's Disease: Mining of Microarray Data by Logic Classification and Feature Selection." *Journal of Alzheimer's Disease* 24 (4): 721-738.

Sempre sull'analisi di sequenze è basata una ricerca in ambito immunologico che adotta un approccio orientato alla teoria dei linguaggi per sviluppare algoritmi per lo studio e l'identificazione di epitopi⁸⁰.

Lo studio di mutazioni in organismi microbici patogeni si è avvalso di strumenti *entropy-based and Kullback-Leibler like* per descrivere e studiare, nel tempo, profili mutazionali di virus quali SARS-CoV-2 e HIV-1⁸¹. Lo sviluppo di algoritmi *sequence-based* è stato sempre centrale nell'attività di ricerca⁸².

L'argomento delle reti biologiche è stato avviato anche grazie alle competenze di teoria dei grafi presenti nell'istituto dalla sua fondazione, le quali sono state applicate alla caratterizzazione delle *protein contact maps*⁸³ e delle *protein-protein interaction networks*⁸⁴.

Successivamente, dietro lo stimolo dei risultati promettenti della Network Medicine, sono state studiate le reti di regolazione genica, con particolare interesse nello studio di dinamiche booleane e studio di attrattori e le *protein-protein interaction networks* con particolare interesse al *clustering o community detection* e all'identificazione di caratteristiche topologiche che possono essere ricondotte a un determinato significato biologico⁸⁵. Le competenze acquisite su questo tema hanno anche contribuito a risultati significativi nello studio e lo sviluppo di tool ed algoritmi *network-based* per l'analisi e l'integrazione dei dati biologici oggi disponibili, quali MIENTURNET⁸⁶ e SAveRUNNER⁸⁷. Le tipologie di dati analizzate spaziano dai dati omici (genomici, trascrittomici, proteomici, metabolici) ai dati clinici fino a quelli farmacologici.

78. Cumbo, Fabio, Davide Vergni, e Daniele Santoni. 2017. "Investigating Transcription Factor Synergism in Humans." *DNA Research* 25 (1): 103-112.

79. Pedone, Francesco, e Daniele Santoni. 2012. "Preferential Nucleosome Occupancy at High Values of DNA Helical Rise." *DNA Research* 19 (1): 81-90.

80. Santoni, Daniele, e Davide Vergni. 2020. "In the Search of Potential Epitopes for Wuhan Seafood Market Pneumonia Virus Using High Order Nullomers." *Journal of immunological methods* 481, 112787.

81. Santoni, Daniele, Nimisha Ghosh e Indrajit Saha. 2022. "An Entropy-Based Study on Mutational Trajectory of SARS-Cov-2 in India." *Infection, Genetics and Evolution* 97, 105154.

82. Vergni, Davide, e Daniele Santoni. 2016. "Nullomers and High Order Nullomers in Genomic Sequences." *PLoS ONE* 11 (12): e0164540.

83. Di Paola, Luisa, Micol De Ruvo, Paola Paci, Daniele Santoni, e Alessandro Giuliani. 2013. "Protein Contact Networks: an Emerging Paradigm in Chemistry." *Chemical Reviews* 113 (3): 1598-1613.

84. Bertolazzi, Paola, Mary Ellen Bock, e Concettina Guerra. 2014. "On the Functional and Structural Characterization of Hubs in Protein-Protein Interaction Networks." *Biotechnology advances* 31 (2): 274-286.

85. Santoni, Daniele, Marco Pedicini, e Filippo Castiglione. 2008. "Implementation of a Regulatory Gene Network to Simulate the TH1/2 Differentiation in an Agent-Based Model of Hypersensitivity Reactions." *Bioinformatics* 24 (11): 1374-1380.

86. Licursi, Valerio, Federica Conte, Giulia Fiscon, e Paola Paci. 2019. "MIENTURNET: an Interactive Web Tool for MicroRNA-Target Enrichment and Network-Based Analysis." *BMC Bioinformatics* 20(1): 545.

87. Fiscon, Giulia, Federica Conte, Lorenzo Farina, e Paola Paci. 2021. "SAveRUNNER: A Network-Based Algorithm for Drug Repurposing and Its Application to COVID-19." *PLoS Comput Biol* 17 (2): e1008686.

Grazie alla disponibilità di risorse di calcolo adeguate e a nuove competenze acquisite nell'istituto negli anni recenti, sono state avviate attività di ricerca in linea con le nuove frontiere e sfide della bioinformatica. Lo sviluppo di *pipeline* e metodi innovativi per l'analisi di dati NGS, da campioni di *bulk* e *single cell*, e l'utilizzo dell'Intelligenza artificiale per l'analisi di sequenze biologiche, utilizzando algoritmi nati nell'ambito del *Natural Language Processing* (in particolare basati su *Transformers*) costituiscono parte integrante di questo processo e saranno oggetto di studio negli anni a venire.

Il Sistema Informativo Territoriale (SITBC)

a cura di Marcello Guaitoli e Patrizia Tartara

Il Laboratorio di Cartografia e Informatica per i Beni Culturali⁸⁸ viene incorporato nello IASI nel 2014 portando in dote il Sistema Informativo Territoriale per i Beni Culturali delle città e del territorio italiano (SITBC). Questo strumento raccoglie le informazioni geografiche, georeferenziate in ambiente GIS, dei siti del patrimonio culturale territoriale, fra cui tutti i siti archeologici. Punto di forza di questo sistema è il numero elevatissimo di dati acquisiti, direttamente sul campo, da specialisti della topografia archeologica, che contribuisce in modo esponenziale alla conoscenza dei siti e di conseguenza alle azioni necessarie per la loro tutela. Tali azioni si basano necessariamente sui dati noti estratti da bibliografia, archivi, interventi di archeologia preventiva e altro.

Le indagini sul campo integrate da prospezioni geognostiche, analisi non invasive, cartografie finalizzate, informazioni bibliografiche e di archivio, sono arricchite anche da dati rilevabili da riprese aeree (eseguite dagli anni Trenta del secolo scorso ad oggi) provenienti da preziose collezioni nazionali acquisite nel tempo dal Laboratorio.

Gli articoli nelle note ⁸⁹ e ⁹⁰ sono solo una delle pubblicazioni di Guaitoli e Tartara che evidenziano come la conoscenza che deriva dall'integrazione di tutte queste informazioni porta un valore aggiunto inestimabile ai fini della conservazione e della fruizione dei beni culturali e del patrimonio archeologico italiano.

La base di dati del SITBC contiene anche informazioni specifiche sulle testimonianze del patrimonio, su condizioni e modalità di acquisizione delle singole testimonianze e sul contesto ambientale e costituisce un patrimonio unico, impiegato spesso anche da enti pubblici e aziende.

88. <https://www.cnr.it/it/progetti-di-ricerca/progetto/16450/cogear-metodi-e-tecnologie-per-la-conoscenza-e-la-gestione-dei-beni-archeologici-monumentali-ambientali-del-territorio-dit-ad022-035>

89. Tartara, Patrizia. 2014. "Knowledge and CNR GIS for Cultural Heritage." *Programme and Abstract Book-LAC 2014-3rd International Landscape Archaeology Conference*, Session n. 9, Roma 17-20 settembre 2014, p. 57, tenutosi presso le Accademie di Belgio, di Olanda, di Svezia.

90. Marcello, Guaitoli. 2008. "Sistema informativo territoriale della regione Campania. Metodologie per la conoscenza e gestione dei beni Culturali del territorio." (P.O.N. Ministero BBCC, Direzione Regionale Campania), Napoli 2008.

Il lavoro di ampliamento del materiale fotografico continua incessantemente e con esso proseguono le ricerche per arricchire ulteriormente il patrimonio complessivo delle informazioni.

Il Laboratorio di Ricerca in Geomatica e Sistemi Informativi

a cura di Mauro Mazzei

Dal punto di vista della ricerca applicata al territorio ricordiamo le attività del Laboratorio di Geomatica e Sistemi Informativi (LabGeoInf) il cui scopo è studiare gli effetti dei fenomeni naturali, ambientali e antropici utilizzando strumenti e dati geolocalizzati. Grazie al suo approccio interdisciplinare, il laboratorio ha partecipato, coinvolgendo molti ricercatori dello IASI appartenenti alle varie aree di ricerca, a numerosi progetti finanziati direttamente e indirettamente dall'Unione europea, quali PON, PON MISE, H2020, POR e PNRR.

Questi progetti hanno prodotto sia pubblicazioni sia sistemi software accessibili agli utenti. Nel sito⁹¹ del laboratorio viene data una breve descrizione delle caratteristiche e delle funzionalità di questi sistemi.

I servizi

a cura di Barbara d'Alessandri, Maurizio Lancia, Carlo Gaibisso

Due punti di forza dello IASI sono stati sicuramente i servizi che mette a disposizione della ricerca, non solo per il personale dell'istituto ma anche per colleghi e studiosi di altre affiliazioni, sia in area romana, sia a livello nazionale.

La Biblioteca IASI

Molto rilevante è stato il ruolo della biblioteca dello IASI, che ha consentito a un gran numero di studenti e ricercatori di svolgere tesi e lavori di ricerca utilizzando volumi e riviste acquisiti dall'istituto impiegando notevoli risorse economiche. Un esempio tra tutti è stata la collezione di tutti i volumi delle *Lecture Notes in Computer Sciences* che l'Istituto, a partire dal 1973, ha mantenuto aggiornata (probabilmente unico caso nell'Italia Centrale) fino a quando la serie è stata resa disponibile online dalla casa editrice Springer-Verlag.

91. <http://labgeoinf.iasi.cnr.it>

Il Centro di Calcolo

Sin dalla sua nascita venne dato un forte impulso ai sistemi di calcolo dotando lo IASI di un centro di calcolo che si arricchì nel tempo di sistemi hardware e software sempre aggiornati. Agli inizi degli anni Ottanta i dipartimenti universitari e gli istituti di ricerca ancora facevano uso di mezzi di calcolo centralizzati collocati presso grossi centri. Nel 1982 lo IASI si dota di un PDP-11, strumento che dà un impulso alle ricerche a carattere computazionale.

Con l'avvio del Progetto Finalizzato Trasporti, nel 1984, acquisisce un VAX-780 (rimpiazzato negli anni successivi da versioni più moderne e potenti fino agli inizi degli anni Novanta, quando cominciano a diffondersi le workstation da tavolo). Il VAX diventa uno strumento essenziale per le ricerche dell'Istituto, ma fornisce anche risorse di calcolo ad altri istituti del CNR e a dipartimenti universitari dell'area romana. Anche l'agenzia di stampa ANSA utilizza il VAX dello IASI per i suoi primi impieghi degli strumenti informatici.

Questa visione illuminata ha di fatto consentito la maturazione di un'ampia e diversificata esperienza nel settore dell'Information & Communication Technology che ha permesso allo IASI di essere uno dei primi nodi italiani collegati a Internet (con protocollo TCP/IP) alla fine degli anni Ottanta. Questo avviene grazie alle prime esperienze maturate dai colleghi del CNUCE (oggi ISTT) di Pisa del CNR. IASI diventa un polo di riferimento nell'area romana consentendo a numerose strutture di collegarsi alla rete Internet e di utilizzare diversi servizi; tra l'altro, l'Istituto ospita per un lungo periodo la direzione e la segreteria dell'OTS GARR (organismo tecnico scientifico del Gruppo di Armonizzazione delle Reti della Ricerca) fino alla costituzione, nel 2002, del Consortium GARR, cui viene affidato il compito di progettare e gestire l'infrastruttura di rete delle comunità dell'istruzione, della ricerca e della cultura italiane.

Tutte queste attività di sperimentazione di nuovi protocolli e servizi hanno successivamente portato alla costituzione di uno specifico laboratorio (NetLab), dove sono stati realizzati ambienti innovativi che hanno favorito la concreta integrazione di qualificati elementi tecnologici e metodologici, producendo numerosi e importanti risultati validati sia in ambito CNR che presso le istituzioni e gli organismi nazionali e internazionali con cui si è interagito⁹².

Tali esperienze, applicate ad attività di studio e sperimentazione che hanno coinvolto numerosi tesisti, hanno consentito di produrre soluzioni innovative che costituiscono un punto di riferimento riconosciuto nell'ambito dell'ICT anche nella Pubblica Amministrazione. Di fatto, tali attività sono state principalmente assicurate da una *software factory* che ha garantito l'adozione di standard aperti e di tecnologie open source. Tale approccio è stato successivamente adottato nell'ambito della realizzazione del nuovo Sistema Informativo del CNR e ne ha garantito il pieno controllo della gestione. Nell'ambito delle attività svolte si possono citare l'evoluzione e la gestione

92. Particolarmente corposa è stata l'attività di sperimentazione di diversi protocolli, linguaggi, tecnologie e servizi prima del loro consolidamento e della loro diffusione (alcuni esempi: smtp, html, xml, RTP, Java, JEE, GRID).

delle infrastrutture tecnologiche dell'ente (rete nazionale e data center) e dei servizi infrastrutturali (mail, dns, ldap, liste di distribuzione, cloud) e la definizione, proposizione e realizzazione di progetti di innovazione tecnologica in settori diversificati.

Più recentemente lo IASI ha ripreso a offrire servizi di calcolo all'esterno, nell'ambito di una collaborazione con l'Università di Roma Tor Vergata in cui le GPU in dotazione all'Istituto vengono rese disponibili agli studenti di quell'università per svolgere tesi su intelligenza artificiale e su bioinformatica.

Ringraziamenti

Un ringraziamento speciale per l'introduzione e la sezione storica dello IASI va a Giorgio Ausiello e Lucio Bianco, che hanno dato avvio alla ideazione e creazione del nuovo Istituto, e a Alberto Pettorossi, Maurizio Rafanelli e Giovanni Rinaldi, che hanno dato contributi fondamentali alla identificazione e costruzione dei primi gruppi di ricerca. Grazie ai loro preziosi ricordi, il testo è stato arricchito con dettagli sul ruolo di scienziati come Antonio Ruberti e sulle discussioni che hanno portato alla fondazione dell'Istituto.

Per l'apporto dato alle varie sezioni del contributo si ringraziano i seguenti ricercatori IASI:

“Logica e Linguaggi di Programmazione”: Guglielmo De Angelis

“Basi di dati e di conoscenza”: Michele Missikoff e Maurizio Rafanelli

“Algoritmi, Complessità e Ottimizzazione”: Giovanni Rinaldi

“Machine Learning&Artificial Intelligence”: Giovanni Rinaldi

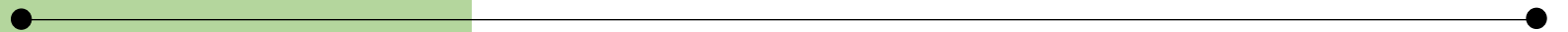


**Programmi
europei
di ricerca
e sviluppo
nel settore
delle
tecnologie
dell'
informazione**

14

Carlo Ghezzi

La partecipazione
italiana



Introduzione e sommario

Il contributo intende offrire un quadro della partecipazione italiana all'interno dei programmi di ricerca e sviluppo europei nel settore delle tecnologie dell'informazione. La partecipazione ha rappresentato un'occasione fondamentale per lo sviluppo della ricerca italiana, sia a livello industriale sia a livello delle università e degli enti di ricerca pubblici e privati, coprendo uno spettro molto ampio, sia in termini di tematiche affrontate sia in termini di obiettivi perseguiti: dalle ricerche su temi più vicini a potenziali sviluppi applicativi e industriali a quelle a più lungo termine e più ambiziose, ma anche più rischiose in termini di raggiungimento dei risultati.

I programmi di sostegno alla ricerca sono stati fondamentali per la creazione di uno spazio europeo comune¹ e per il perseguimento di obiettivi coerenti con l'idea di Unione Europea (UE) che si è delineata nel tempo. Una disanima degli obiettivi posti alla base dei diversi "programmi quadro", sui quali i ricercatori europei si sono cimentati, consente di capire quale futuro si intendesse forgiare con il contributo della scienza, nella consapevolezza che la ricerca scientifica gioca un ruolo fondamentale per costruire il futuro della società.

I programmi europei sono stati un terreno fertile sul quale si sono costruite reti di collaborazione trans-nazionali, tra i ricercatori di diversi paesi e tra ricercatori provenienti da diverse realtà: dalle università, dagli enti ricerca, dall'industria, dai servizi, e anche dalla società civile. Hanno contribuito, in molti casi, ad abbattere le barriere tradizionali e ad aprire un confronto proficuo.

Tenuto conto della cronica scarsità di fondi stanziati per la ricerca a livello nazionale, i finanziamenti europei hanno, in molti casi, fornito ai ricercatori italiani una dose di ossigeno che ha consentito loro di svilupparsi e crescere, mantenendo il passo della ricerca internazionale. Ha consentito di stabilire una rete efficace di rapporti e collaborazioni con altre realtà di ricerca industriali ed accademiche, a livello nazionale e internazionale. Collaborazioni che si sono estese anche al di là del finanziamento pubblico e che hanno favorito sbocchi importanti, per i giovani ricercatori formati nell'ambito dei progetti cooperativi. Sicuramente possiamo affermare che, con l'avvio dei programmi di ricerca comunitari, a partire dagli anni Ottanta, la ricerca nel settore delle tecnologie dell'informazione è diventata più plurale e più internazionale.

In questo contributo è offerto uno sguardo di alto livello sulla partecipazione italiana. Purtroppo, non è stato possibile ricostruire un quadro analitico dettagliato, data la scarsità di dati pubblicamente accessibili, sia a livello comunitario sia a livello nazionale.

Con sorpresa e rammarico si è dovuta constatare la scarsa attenzione prestata alla raccolta, custodia e pubblicizzazione della documentazione riguardante gli importanti programmi di investimento che sono stati effettuati dall'UE. Ciò rende molto lacunosa

1. L'idea di uno spazio europeo della ricerca nasce formalmente con una comunicazione della Commissione Europea del 18 gennaio 2000 "Verso uno Spazio Europeo della Ricerca", ma i concetti che ne stanno alla base si devono attribuire alle riflessioni dell'ex Commissario per la ricerca Antonio Ruberti, nel suo libro "Uno Spazio Europeo della Scienza" scritto con Michel André (Ruberti e André 1998).

una loro analisi da un punto di vista storico e rende più difficile una riflessione critica puntuale ex-post sui risultati conseguiti.

Si è anche scelto di non citare specifici progetti o specifici partecipanti a progetti, per evitare scelte arbitrarie o involontarie omissioni. Nonostante il libro intenda fotografare la storia dell'informatica in Italia, questo contributo sui programmi di ricerca europea, si riferisce al settore delle tecnologie dell'informazione². Si è scelto di non aprire qui una discussione sulle possibili differenze, e/o relazioni di contenimento, tra informatica e tecnologie dell'informazione, che potrebbe generare inutili diatribe terminologiche. La scelta ha una motivazione pragmatica: l'uso esclusivo, nei documenti dell'UE, del termine "tecnologie dell'informazione" - IT (information technology) e in alcuni casi, IST (Information Society Technologies) o ICT (Information and Communication Technologies).

Il contributo è strutturato nel modo seguente. Una prima sezione presenta un quadro di riferimento, in cui si trattano le ragioni che stanno alla base degli interventi pubblici per il sostegno alla ricerca scientifica, con riferimento alle iniziative simili a livello internazionale. Le due sezioni successive presentano le due fondamentali tipologie programmi europei: tradizionale di tipo cooperativo, che prevede la costruzione di consorzi transnazionali, e quella di frontiera, che finanzia prevalentemente la ricerca libera di tipo individuale attraverso l'European Research Council (ERC). Una sezione finale contiene brevi conclusioni.

Il quadro di riferimento

La ricerca scientifica è il motore primario dello sviluppo della società e del progressivo benessere dei cittadini. Le conoscenze acquisite attraverso la ricerca hanno consentito agli esseri umani di progredire nella loro lunga storia, migliorando le loro condizioni di vita e innovando la società. In un capitolo dal titolo *The Scientific Revolution* del suo libro *Sapiens: a Brief History of Humankind* (Harari 2014), lo storico Yuval Noah Harari mostra con grande efficacia come e quanto i risultati della ricerca scientifica siano alla base della rivoluzione avvenuta negli ultimi 500 anni, che ha portato alla nascita del mondo moderno e a un progresso mai sperimentato nei millenni precedenti della storia umana³.

Come scrive Harari:

During the last five centuries, humans increasingly came to believe that they could increase their capabilities by investing in scientific research. This wasn't just blind faith - it was repeatedly proven empirically. The more proofs there were, the more resources wealthy people and governments were willing to put into science.

2. La sola eccezione riguarda la sezione relativa all'European Research Council (ERC), che effettivamente prevede un settore chiamato "Computer Science and Informatics".

3. Come argomenta in modo eloquente Harari, questa svolta epocale è stata innescata dalla rivoluzione scientifica iniziata agli inizi del XVII secolo dovuta a giganti del pensiero, quali Francis Bacon, Nicolaus Copernicus, Johannes Kepler, Galileo Galilei, René Descartes, e Isaac Newton.

Questa osservazione può essere riassunta nel diagramma mostrato in Fig. 1, tratto da (Ghezzi 2022): la ricerca potenzia la società e genera risorse, che vengono reinvestite per produrre ulteriore ricerca e così sostenere un circolo virtuoso di crescita.

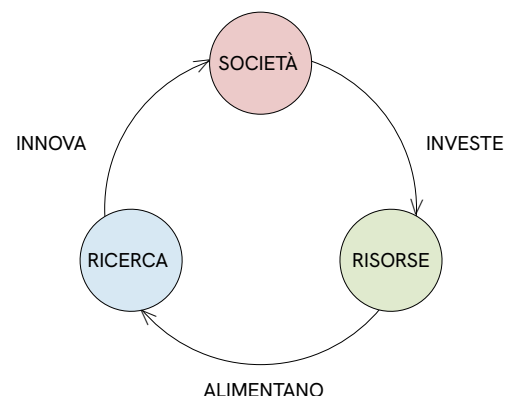


Fig. 1 Il Circolo virtuoso del finanziamento alla ricerca.

Gli investimenti in ricerca da parte della società provengono sia dagli enti privati (tipicamente l'industria) sia da enti pubblici. L'intervento pubblico si è intensificato nella seconda metà del secolo scorso, dopo la fine della II guerra mondiale. Gli Stati Uniti hanno assunto il ruolo di leader, per impulso di Vannevar Bush, consigliere scientifico del presidente Roosevelt, incaricato di redigere un piano per lo sviluppo della scienza in tempo di pace che, dopo i successi conseguiti, in tempo di guerra, con il progetto Manhattan, portò allo sviluppo della bomba atomica. In un rapporto prodotto nel 1945, dal titolo *Science, the Endless Frontier*, Bush descrisse, con grande eloquenza, il ruolo della scienza nel progresso della società, sottolineando la necessità di un suo continuo e consistente finanziamento pubblico⁴ (Stokes 1997). Sostenne, in particolare, la necessità di sviluppare l'intero spettro della ricerca: da quella fondamentale e libera da vincoli a quella più vicina alle applicazioni e all'innovazione, da quella più rischiosa riguardo al conseguimento di risultati, ma con potenziali grandi ricadute, a quella più focalizzata e a basso rischio, da quella "top-down", in cui gli obiettivi della ricerca vengono preventivamente selezionati sulla base delle priorità espresse dalla società, a quella di tipo "bottom-up", motivata dalla curiosità dei ricercatori e il cui obiettivo è quello di espandere la frontiera delle conoscenze umane.

4. Uno degli effetti del rapporto di Bush fu la nascita negli Stati Uniti della National Science Foundation.

L'esempio degli Stati Uniti si propagò al resto del mondo con iniziative dei governi dei diversi paesi. In questo quadro si collocano dunque le iniziative a sostegno della ricerca scientifica che l'Unione Europea assunse fin dalle prime fasi della sua nascita, con l'obiettivo di creare uno spazio europeo della ricerca, che affiancasse, potenziasse e rendesse coerenti le iniziative assunte dai singoli Paesi.

Già negli anni Sessanta del secolo scorso, dopo che nel 1957 il trattato di Roma istituì la Comunità Economica Europea (CEE), iniziò una discussione sulla necessità di un finanziamento della ricerca, con riferimento particolare ai settori allora fondamentali: il carbone, l'acciaio e l'energia nucleare. A tal fine fu creato un quadro intragovernativo, "European Cooperation in Science and Technology" (COST), che consentì il lancio di azioni concertate a cui i diversi stati potevano scegliere di collaborare, nei settori della scienza e tecnologia dell'informazione, delle telecomunicazioni, della metallurgia, dei materiali e dell'ambiente. Uno dei più entusiasti e fattivi promotori dell'idea di avviare politiche comunitarie di ricerca fu il commissario italiano (e pioniere dell'europesismo) Altiero Spinelli.

L'impegno da parte dell'UE inizia ad assestarsi e a crescere a partire dall'inizio degli anni Ottanta, con l'avvio dei cosiddetti Programmi Quadro, che costituiscono l'impalcatura degli impegni pluriennali presi a livello comunitario, con l'identificazione degli obiettivi da perseguire, le tappe dei diversi bandi tematici e degli sforzi finanziari allocati per la ricerca. La successione temporale dei programmi e i relativi budget assegnati sono riassunti nella Tabella 1. La ricerca finanziata prevede progetti cooperativi tra più partecipanti di diversi paesi e favorisce il coinvolgimento di enti di ricerca pubblici, accademici e industriali. La natura dei progetti è essenzialmente di tipo pre-competitivo e top-down, su temi predefiniti in funzione della loro importanza strategica. Ai progetti è anche richiesto di avere un orientamento relativo a possibili sfruttamenti applicativi dei risultati.

La responsabilità di finanziare la ricerca scientifica individuale e la ricerca fondamentale di tipo bottom-up viene deliberatamente affidata ai singoli paesi membri. Soltanto a partire dal 2008, queste ultime diventano parte dei finanziamenti comunitari, attraverso l'istituzione dell'European Research Council (ERC) e l'allocatione di una specifica quota di finanziamento ad esso riservato, e separatamente gestito all'interno dei Programmi Quadro.

ID	Programma Quadro	Periodo	Budget (Mld €)
FP1	Primo	1984-1987	3.8
FP2	Secondo	1987-1991	5.4
FP3	Terzo	1990-1994	6.6
FP4	Quarto	1994-1998	13.2
FP5	Quinto	1998-2002	15.0
FP6	Sesto	2002-2006	16.3
FP7	Settimo	2007-2013	53.2
FP8	Horizon 2020	2014-2020	77
FP9	Horizon Europe	2021-2027	95.5

Tab.1 I Programmi Quadro dell'UE.

Il ruolo italiano nella ricerca cooperativa finanziata dall'UE

I diversi Programmi Quadro che si sono succeduti nel tempo hanno attuato uno spettro ampio di misure di sostegno alla ricerca. In questa sezione ci focalizziamo sui progetti di ricerca cooperativi, di natura pre-competitiva e prevalentemente top-down, rinviando alla successiva sezione la discussione relativa alle iniziative a sostegno della ricerca di tipo personale e bottom-up da parte dell'ERC. Ci focalizziamo qui sui classici progetti di ricerca che prevedono la partecipazione di consorzi tra entità (università, centri di ricerca pubblici, di imprese ed enti) di diversi paesi dell'UE. Accanto a questa tipologia di progetti, che ha costituito l'ossatura portante stabile degli interventi comunitari, sono state avviate nel tempo anche altre importanti misure accessorie, quali le reti di eccellenza e altre azioni specifiche di supporto. Nel fornire lo spaccato dei finanziamenti alla ricerca, ci concentreremo, inoltre, in maniera esclusiva sui programmi specificamente orientati al settore delle tecnologie dell'informazione (IT). Questa decisione implica un'approssimazione per difetto del quadro complessivo dei finanziamenti al settore IT. La natura pervasiva delle tecnologie dell'informazione, infatti, fa sì che ulteriore ricerca nel settore sia stata finanziata, nell'ambito di altri programmi, aventi ad esempio per oggetto l'ambiente, l'energia o la salute. La scarsità di fonti documentali accessibili sui programmi europei non consente di isolare e quantificare i finanziamenti trasversali al settore IT assegnati da altri programmi. Per questo motivo, come già affermato non è possibile condurre un'analisi articolata dei sottosectori specifici delle tecnologie dell'informazione che sono stati oggetto dei diversi programmi o di quelli di maggior successo. Anche i dati pubblici sulla partecipazione italiana sono scarsi, così come quelli sulla ripartizione tra i diversi soggetti partecipanti.

Il sostegno alla ricerca in ambito IT è stato riconosciuto fin dagli inizi come prioritario per l'Europa. Al settore sono stati dedicati cinque consecutivi programmi ESPRIT (acronimo che sta per European Strategic Programme on Research in Information Technology) dal 1984 al 1998, seguiti a partire dal 1999 dal programma IST, poi ICT e infine da iniziative del programma H2020. Questa serie di programmi, inclusa la fase preparatoria ESPRIT 0 (1983), è brevemente discussa qui di seguito.

ESPRIT 0

ESPRIT 0⁵ fu avviato nel 1983 ed erogò un totale di 11,5 M€, finanziando 16 progetti pilota, che poi proseguirono durante ESPRIT 1. Da un punto di vista storico, è interessante osservare, dai titoli dei progetti, quali fossero all'epoca le aree di ricerca ritenute prioritarie:

5. https://cordis.europa.eu/programme/id/PRE_FWP_ESPRIT-0/it

- Advanced microelectronics (2 progetti):
Advanced interconnections for very large-scale integration (VLSI)
High-level computer aided design for interactive layout and design
- Software technology (3 progetti):
Portable common tool environment (PCTE)
Formal specification and systematic programme development
Software production and maintenance management systems (SPMMS)
- Advanced information processing (3 progetti):
Advanced algorithms and architecture for signal processing
Knowledge information management system
Interactive query system
- Office automation (4 progetti):
Functional analysis of office requirements
Multi-media user interface at the office workstation
Local wideband communication system
Office filing and retrieval of unstructured information
- Computer integrated manufacturing CIM (3 progetti):
Design rules for computer integrated manufacturing systems
Integrated microelectronic sub-systems for plant automation
Process and production control based on real-time imaging systems
- Information exchange system IES (1 progetto)

ESPRIT 1 (1984-1987)

Finanziamento erogato 750 M€
Totale di progetti approvati 241
Progetti a partecipazione italiana 99

ESPRIT 1⁶ è stato parte del Primo Programma Quadro (FP1), sotto-attività 2.2. (Information technologies). Questi stralci del documento sopra citato descrivono lo scopo dichiarato del programma:

To provide the European Information Technologies (IT) industry with the basic technologies it needs to meet the competitive requirements of the 1990s, to promote European industrial cooperation in IT R&D and to pave the way for internationally accepted standards.

6. Council resolution of 25 July 1983 on framework programmes for Community research, development and demonstration activities and a first framework programme 1984 to 1987; OJ C208 – 04/08/1983; Official Journal of the European Union. Vedi anche <https://cordis.europa.eu/programme/id/FP1-ESPRIT-1>

e i cinque ambiti di intervento previsti:

- **Advanced microelectronics (MEL):**
To provide the technological capability to design, manufacture and test very high-speed and Very Large-Scale Integrated Circuits (VLSICs). A concurrent objective is to stimulate research and development on novel materials and devices for special applications
- **Software Technologies (ST):**
To provide the techniques and criteria for organising, managing and optimising all elements of software application technology and the software industrial production process
- **Advanced Information Processing (AIP):**
To create an industrial exploitation basis for the transition from data processing systems to knowledge processing systems which is the key to the next computer generation
- **Office Systems (OS):**
To carry out research on the information systems that will support the wide range of non-routine tasks performed by humans in the office environment
- **Computer Integrated Manufacture (CIM):**
To establish the technology base for progressive introduction of IT to all phases of the manufacturing cycle leading ultimately to fully integrated production systems. The main emphasis is placed on manufacturing elements as they are needed for discrete batch manufacturing

ESPRIT 2 (1987-1991)

Finanziamento erogato 1600 M€
Totale di progetti approvati 434
Progetti a partecipazione italiana 214

ESPRIT 2⁷ è stato parte del Secondo Programma Quadro (FP2), sotto-attività 2.1. (Information Technologies). Questo stralcio del documento sopra citato descrive le tre aree di investimento prioritarie per la ricerca e sviluppo:

- **Microelectronics and peripheral electronics:**
To enable the Community's microelectronics industry to supply the IT sector with the necessary state-of-the-art semi-conductor technology to provide complete IT systems

7. Council Decision of 28 September 1987 concerning the framework programme for Community activities in the field of research and technological development (1987 to 1991); OJ L302 – 24 October 1987; 87/516/Euratom, EEC; Official Journal of the European Union. Vedi anche <https://cordis.europa.eu/programme/id/FP2-ESPRIT-2>

- **Information processing systems:**
To combine software and hardware into the high-quality complex systems required in the nineties
- **IT application technologies:**
To enhance the integration of IT in a broad range of applications, including computer-integrated manufacturing and office, home and business systems.

Il programma prevedeva anche un finanziamento ad attività di ricerca di base, a complemento dei progetti di ricerca e sviluppo, nelle aree seguenti:

- Molecular electronics
- Artificial intelligence and cognitive science
- Application of solid state physics to IT
- Advanced System Design

ESPRIT 3 (1990-1994)

Finanziamento erogato 1532 M€
Totale di progetti approvati 604
Progetti a partecipazione italiana 291

ESPRIT 3⁸ è stato parte del Terzo Programma Quadro (FP3), sotto-attività I.1. (Information and communications technologies).

Questo stralcio dal documento sopra menzionato ne descrive l'obiettivo:

[...] third phase of the ESPRIT programme oriented towards the new generations of technologies. Building on the results of ESPRIT 1 and ESPRIT 2, it will support work in areas in which the European information technology industry has established strengths as well as in areas where such industry is in a weak position.

[...] To strengthen the technological base of the Community in the field of information technologies while accelerating the integration of these technologies in the business world, in manufacturing and in private life.

e le aree di intervento previste:

- **Micro-electronics:**
To contribute to the strengthening of a European technology base on which future manufacturing capability of a broad range of leading edge ICs can be based (strategic work on very advanced submicron CMOS technologies will be

8. Council Decision of 23 April 1990 concerning the framework Programme of Community activities in the field of research and technological development (1990 to 1994); OJ L117 – 08/05/1990; 90/221/Euratom, EEC; Official Journal of the European Union. Vedi anche <https://cordis.europa.eu/programme/id/FP3-ESPRIT-3>

carried out in synergy with the Joint European Submicron Silicon project - JESSI); to strengthen the capabilities in the Community with respect to the chain of designing manufacturing, testing and applying advanced and reliable integrated circuits; and to draw on all the resources available, ensuring wide participation of the largest number of potential actors (large and small industries, both producers and users, universities and research centres) in the Community. Emphasis will be on Application-Specific Integrated Circuits (ASICs).

- Information processing systems and software:
To exploit potential technological breakthroughs in concurrent architectures, to provide better interfaces to satisfy the needs of end-users, and to promote the take up of new software production technologies
- Advanced business and home systems; peripherals:
To establish function integration in the business environment as well as in and with the home environment, easing the use of systems. An especially high priority will be given to prenormative work. Distributed computing, including database management, and the corresponding workstations and microprocessor systems and technologies will be of major concern throughout the activities. Two complementary areas are addressed: R&D activities concerning intelligent homes and intelligent buildings and R&D work on integrated business systems
- Computer-integrated manufacturing and engineering:
To provide the technology base for open systems, multivendor systems and distributed operations in engineering and manufacturing environments as well as to contribute to better integration of advanced IT systems components in engineering industries. The work will focus on new generations of basic CIM technologies and on demonstrating their applicability in selected manufacturing and other engineering domains.

ESPRIT 4 (1994-1998)

Finanziamento erogato 2084 M€
Totale di progetti approvati 1663
Progetti a partecipazione italiana 482

Questo specifico programma IT⁹ è uno dei tre elementi dello sforzo dell'UE in Information and Communication Technologies (ICT) e il suo obiettivo è descritto da questo stralcio dal documento sopra menzionato che si trova sul sito UE Cordis:

9. Decision No 1110/94/EC of the European Parliament and of the Council of 26 April 1994 concerning the fourth framework programme of the European Community activities in the field of research and technological development and demonstration; OJ L126 - 18 May 1994; No 1110/94/EC; Official Journal of the European Union. Vedi anche <https://cordis.europa.eu/programme/id/FP4-ESPRIT-4>

To facilitate the development of the emerging information structure, the specific IT programme moves away from the "technology push" policies of previous framework programmes and contains new orientations both in terms of implementation and technical content.

[...] The proposed activities are tailored to the demands of users and the market and cover information processing, information storage and retrieval, information transmission and information content.

Le attività di ricerca previste ricadono all'interno delle aree seguenti:

- Tecnologie del Software: sviluppare e promuovere le tecnologie che consentono all'Europa di produrre software affidabile, corretto, efficiente e user-friendly
- Tecnologie per componenti e sottosistemi IT: fornire all'industria europea le tecnologie e capacità di progettazione e produzione di component e sottosistemi nelle seguenti tre aree: semiconduttori, microsistemi, periferiche
- Sistemi multimediali: supportare ricerca e sviluppo strategica nelle tecnologie che abilitano sistemi e applicazioni multimediali

Accanto ai progetti di ricerca e sviluppo viene data grande enfasi e supporto alle attività di ricerca di base sotto la forma delle reti di eccellenza. Si tratta di una forma di intervento, già parzialmente sperimentata nel corso di ESPRIT 3 e largamente potenziata in ESPRIT 4, con l'obiettivo di incrementare le collaborazioni tra industria, utenti, università e centri di ricerca per conseguire obiettivi comuni di sviluppo. Da notare il potenziale, virtuoso coinvolgimento di *supplier-user*, utile a rimuovere gli ostacoli alla disseminazione della innovazione.

Un'altra innovazione fu quella dei cosiddetti "cluster", nati per coordinare diversi progetti e attività nei seguenti settori chiave:

- Open microprocessor systems initiative (OMI)
- High performance computing and networking (HPCN)
- Technologies for business processes
- Integration in manufacturing

FP5 (1998-2002) - User-friendly information society (IST)

Le ricerche nell'ambito delle tecnologie dell'informazione del Quinto Programma Quadro sono state prevalentemente finanziate nell'ambito della seconda area tematica, dal titolo "User-friendly information society (IST)", con un finanziamento erogato di 3600 M€, un totale di 2466 progetti approvati e 1085 progetti a partecipazione italiana.

I seguenti brevi estratti dal documento ufficiale¹⁰ della Unione Europea ben descrivono lo scopo e le priorità di FP5:

The programme's context is the fundamental transformation from an industrial society to an information society where European industrial competitiveness, jobs, quality of life and the sustainability of growth and cohesion depend on it being at the leading edge of the development and take-up of information society technologies.

[...] technologies and applications of today will not be capable of fully meeting the challenge of the information society unless they improve and develop their usability, dependability, interoperability and affordability. They will also need to address issues such as access, ease of use, cost-effectiveness, interoperability and standardisation as well as the socio-economic impact.

[...] Key actions:

- *Systems and services for the citizen*
- *New methods of work and electronic commerce*
- *Multimedia content and tools*
- *Essential technologies and infrastructures*

Accanto ai tradizionali programmi di ricerca cooperativa su temi predefiniti top-down, furono anche previsti forme progettuali più snelle e più orientate alla ricerca di frontiera, attraverso i cosiddetti FET (Future and Emerging Technologies - the open domain and proactive initiatives).

FP6 (2002-2006) - Information Society Technologies (IST)

Le ricerche nell'ambito delle tecnologie dell'informazione del Sesto Programma Quadro sono state prevalentemente finanziate nell'ambito della priorità tematica Information Society Technologies (IST)¹¹ all'interno del programma "Integrating and strengthening the European research area", con un finanziamento erogato di 2084 M€ e un totale di 1109 progetti approvati, di cui 618 progetti a partecipazione italiana.

I seguenti brevi estratti dal documento ufficiale sopra menzionati, descrivono lo scopo della ricerca prevista:

10. Decision No 182/1999/EC of the European Parliament and of the Council of 22 December 1998 concerning the fifth framework programme of the European Community for research, technological development and demonstration activities (1998 to 2002); OJ L26 - 01/02/1999; No 182/1999/EC; Official Journal of the European Union. Vedi anche <https://cordis.europa.eu/programme/id/FP5-IST>

11. Decision No 1513/2002/EC of the European Parliament and of the Council of 27 June 2002 concerning the sixth framework programme of the European Community for research, technological development and demonstration activities, contributing to the creation of the European Research Area and to innovation (2002 to 2006); OJ L232 - 29 August 2002; No1513/2002/EC; Official Journal of the European Union. Vedi anche <https://cordis.europa.eu/programme/id/FP6-IST>

Although substantial advances have been made, Europe is still far from taking full advantage of the potential of knowledge-based services in real life. Products and services are still hard to use and out of reach for many people, and the "digital divide" is widening across the world. Research will focus on the future generation of technologies in which computers and networks will be integrated into the everyday environment, rendering accessible a multitude of services and applications through easy-to-use human interfaces. This vision of "ambient intelligence" places the user at the centre of future developments for an inclusive knowledge-based society for all.

Anche in FP6, accanto ai tradizionali progetti di tipo cooperativo e top-down, su tematiche predefinite dal programma, si è dato spazio ai progetti di tipo FET, più agili e su temi più di frontiera, come emerge dal seguente estratto dal documento ufficiale:

Future and emerging technologies complement the other objectives of IST with research from a more visionary and exploratory perspective. The objective is to help new IST related science and technology fields and communities to emerge and mature. Some of the fields will become strategic for economic and social development in the future. The research aims to open new possibilities and setting trends for future research programmes. To ensure openness to unforeseeable ideas, FET uses two complementary approaches: one receptive and open - the other proactive.

[...]

a) FET open scheme:

The open and receptive approach supports research on new ideas involving high risk, such as embryonic research, proof-of-concept and high quality long-term research of foundational nature. Such research is implemented through Specific Targeted REsearch ProjectS (STREPS). It also supports the shaping, consolidation and emergence of research communities and the coordination of national research programmes or activities in any IST-relevant area of advanced and longer-term research.

Such activities are implemented through Coordinated Actions (CA) and Specific Support Actions (SSA).

b) FET proactive scheme:

Proactive FET initiatives aim at focusing resources on visionary and challenging long-term goals that are timely and have strong potential for future impact. These long-term goals as such do not necessarily need to be reached during the lifetime of projects. They provide mainly a common strategic perspective for all research work within the initiative and a focal point around which critical mass can be built and synergies developed. Calls for proposals for proactive initiatives may be preceded by invitations to submit expressions of interest.

Riguardo a FP6, il Ministero dell'università e della ricerca fornisce un interessante documento pubblico contenente dati relativi alla partecipazione italiana¹². Il programma con il più elevato numero di partecipanti italiani è quello che corrisponde alla seconda priorità: "tecnologie per la società dell'informazione". Il rientro finanziario percentuale italiano sul budget generale (paesi membri UE e associati) è stimato all'8,9% del budget generale, inferiore a Germania (18,4 %), Regno unito (12,7 %) e Francia (12,6%).

12. http://www.ricercainternazionale.miur.it/media/7508/dati_statistici.pdf

Il rientro finanziario percentuale italiano nei singoli programmi vede il programma tecnologie per la società dell'informazione al 10,1%. Il rientro finanziario percentuale riferito ai soli paesi membri dell'Unione europea è riportato in Fig. 2 e Tab. 2, che sono tratte dal succitato rapporto ministeriale. Lo stesso documento afferma che

L'analisi comparata tra la partecipazione italiana a FP5 e FP6 vede una leggera flessione di "rientro finanziario percentuale" del programma in corso imputabile al risultato "deludente" della seconda priorità "Tecnologie per la Società dell'Informazione" (vedi Tab. 3).

Il programma IST ha comunque visto una forte presenza di partecipanti e coordinatori italiani: più della metà delle proposte ha una partecipazione italiana e 887 proposte su 6.245 sono a coordinamento italiano. La valutazione selettiva, purtroppo, ha ridotto drasticamente la partecipazione italiana: la percentuale di successo italiano è mediamente inferiore a quelle di Germania, UK e Francia. Quest'ultima, in particolare, ottiene un eccellente risultato in termini di percentuale di successo (25%, contro il 14,4% dell'Italia). Quanto alla percentuale di finanziamento in sede di negoziazione, l'Italia raggiunge il 10,1% del budget generale (paesi membri UE e associati) e l'11% dei finanziamenti ai Paesi della UE. Nei raggruppamenti tematici, l'Italia, in generale, è risultata più presente nelle aree applicative. La partecipazione finanziaria è superiore alla sua media nel raggruppamento "Ricerca applicata ICT - sfide economiche e sociali", mentre è inferiore di circa tre punti percentuali nei raggruppamenti tematici più prossimi alla ricerca industriale. La ripartizione del finanziamento totale italiano ottenuto è la seguente: università 29,8%, grandi industrie 29,0%, PMI 15,5%, centri di ricerca 21,4%, altri 6,5%. Interessante notare come tra i coordinatori italiani con più partecipazioni ai primi posti vi siano 4 grandi imprese (Engineering, Telecom Italia, TXT, STMicroelectronics), 3 università (Politecnico di Milano, Scuola Superiore Sant'Anna, Politecnico di Torino) e il CNR.

Si completa questa sezione con una breve sintesi relativa ai due programmi quadro più recenti del nuovo secolo: FP6 e H2020.

FP7 (2007-2013) - Information and Communication Technologies (ICTs)

Alla priorità tematica ICT (Information and Communication Technologies) di FP7¹³ è stato assegnato un finanziamento di 9050 M€, che ha consentito il finanziamento di 20326 progetti, di cui 1210 a partecipazione italiana.

Qui di seguito si riportano due brevi estratti dal documento sopra citato.

13. <https://cordis.europa.eu/programme/id/FP7-ICT>

ICTs play a crucial role in boosting innovation, creativity and competitiveness of all industry and service sectors. We are entering a new phase of development that will drive growth and sustainable development for the coming decades; however, this growth will only be captured if we invest now in research and innovation for the next generation of technologies.

[...]

Research areas will include:

- *Network and service infrastructure stability and security;*
- *Performance and reliability of electronic systems and components;*
- *Personalised ICT systems;*
- *Digital content management.*

Una sintetica rappresentazione della partecipazione italiana a FP7 è riportata in Fig. 3. A sinistra si riporta la ripartizione percentuale delle sedi che hanno avuto coordinatori nazionali, in cui le università rappresentano il 51,27% dei coordinatori, mentre a destra si riporta la percentuale di successo delle proposte a coordinatore italiano (anche qui, le università hanno una buona percentuale di successo, superiore alla media del 15,6 %).

H2020 (2014-2020)

Il settore ICT si conferma come prioritario anche in H2020¹⁴. Anche se non risulta disponibile un quadro preciso del finanziamento complessivo assegnato e dei progetti approvati, il piano prevedeva di riservare al settore un incremento del finanziamento dell'ordine del 25% rispetto a quanto erogato durante FP7. La motivazione è ben descritta dal seguente breve estratto dal documento EU sopra citato:

Information and Communication Technologies underpin innovation and competitiveness across private and public sectors and enable scientific progress in all disciplines. Thus in H2020, ICT-related topics can be found in all priorities, from 'Excellence Science' to 'Industrial Leadership', to 'Societal Challenges'.

Per favorire la partecipazione al Programma Quadro, a livello europeo sono stati predisposti documenti appositi per aiutare i ricercatori attivi nel settore a identificare gli specifici programmi previsti all'interno di H2020, per le tre fasi: 2014-15¹⁵, 2016-17¹⁶ e 2018-20¹⁷.

14. <https://wayback.archive-it.org/12090/20220124094409/https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/area/ict-research-innovation>

15. https://ec.europa.eu/research/participants/portal4/doc/call/h2020/h2020-euro-6-2015/1587713-guide-to-ict-related-activities-in-wp2014-15_en.pdf

16. <https://www.dinfo.unifi.it/upload/sub/guide/guide-on-ict-activities-in-h2020-wps-2016-17.pdf>

17. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/guide-ict-related-activities-horizon-2020-work-programme-2018-20>

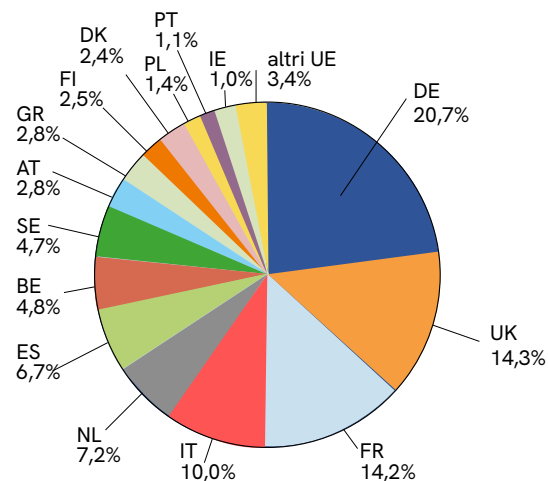


Fig. 2 Ripartizione percentuale del finanziamento per Paese Membro UE (Ministero dell'Università e della ricerca, "VI Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo dell'Unione Europea. Dati sulla partecipazione italiana. Gennaio 2007").

Percentuale per numero di partecipanti						Percentuale per finanziamenti ricevuti					
Paese	Università	Grandi Imprese	PMI	Centri di ricerca	Altri	Paese	Università	Grandi Imprese	PMI	Centri di ricerca	Altri
AT	33.0	11.7	14.7	22.9	17.7	AT	36.1	13.0	11.3	27.1	12.5
BE	35.0	10.8	11.8	14.9	27.5	BE	45.3	12.9	8.4	13.1	20.3
CY	25.3	3.4	10.3	16.4	44.5	CY	36.5	3.1	5.8	12.1	42.5
CZ	26.0	7.1	13.5	32.3	20.8	CZ	27.6	12.5	8.4	37.6	14.1
DE	27.0	19.0	15.7	27.5	10.8	DE	30.7	24.4	9.9	32.4	6.7
DK	31.2	10.8	15.0	22.8	20.2	DK	37.5	9.8	10.3	25.4	17.2
EE	29.6	1.5	20.6	18.3	30.0	EE	34.8	1.2	13.4	22.1	28.5
ES	26.5	14.6	16.6	25.3	17.0	ES	39.2	19.4	9.2	26.1	15.1
FI	31.7	12.9	13.4	28.0	14.0	FI	36.9	16.3	7.5	31.7	7.6
FR	13.2	21.2	11.2	37.0	17.4	FR	10.2	30.0	7.7	40.5	11.6
GR	31.4	7.7	13.2	29.6	18.2	GR	34.0	6.4	9.6	35.4	14.6
HU	32.3	5.1	11.5	26.4	24.7	HU	33.4	7.5	12.3	27.8	19.2
IE	44.8	5.8	21.2	9.8	18.4	IE	65.4	5.4	11.1	6.6	11.6
IT	29.0	17.0	17.6	24.5	11.6	IT	29.2	21.9	12.1	28.6	8.2
LT	31.7	9.8	11.0	22.8	24.7	LT	37.7	1.3	11.9	25.5	23.6
LU	25.5	19.8	13.6	18.5	22.6	LU	23.2	11.5	7.5	17.2	40.6
LV	32.9	1.9	13.3	22.7	29.2	LV	41.2	1.4	8.1	13.4	35.9
MT	25.6	2.2	15.6	5.6	51.1	MT	37.0	0.7	15.4	8.0	38.9
NL	32.6	10.2	12.8	26.4	18.0	NL	36.2	11.6	6.7	30.0	15.4
PL	33.1	4.9	12.8	30.4	18.9	PL	40.0	5.5	7.5	33.5	13.5
PT	27.4	7.4	11.1	29.6	24.5	PT	36.6	7.6	7.6	33.9	14.3
SE	46.0	13.3	12.5	14.4	13.8	SE	49.8	16.0	9.6	14.4	10.2
SI	25.1	4.7	13.9	26.1	30.2	SI	30.6	6.0	10.7	33.6	19.1
SK	31.8	5.2	8.0	25.0	30.0	SK	36.9	4.8	5.1	35.5	17.7
UK	46.0	15.1	15.2	12.6	11.1	UK	54.1	14.1	9.1	13.3	9.5
Media	30.6	14.1	14.4	24.5	16.5	Media	33.2	15.7	9.2	27.5	11.4

Tab. 2 Distribuzione dei partecipanti per tipologia e per paese in FP6 (Ministero dell'Università e della ricerca, "VI Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo dell'Unione Europea. Dati sulla partecipazione italiana. Gennaio 2007", Tav. 27).

Partecipazione finanziaria percentuale italiana nel VPQ e VI PQ				
V Programma quadro		%	VI Programma quadro	
Dato generale sul budget		9,4	Dato generale sul budget	
Dato generale su EU 15		10,25	Dato generale su EU 25	
Programmi - Budget generale			Programmi - Budget generale	
Ambiente ed Energia		7,3	Sviluppo sostenibile	
Crescita competitiva e sostenibile		9,8	Nanotecnologie e Nanoscienze	
			Aeronautica e spazio	
Tecnologie della società dell'informazione		11,6	Tecnologie della società dell'informazione	
Qualità della vita		7,8	Scienze della vita	
			Sicurezza e qualità dei prodotti alimentari	
Innovazione e Attività specifiche PMI		11,4	Innovazione	
			Attività specifiche PMI	
Inco		3,1	Inco	
Euratom*		11,7	Euratom	

Tab. 3 Confronto tra FP5 e FP6 (Elaborazioni tratte da dati CORDIS e EU Funding and Tender portal).

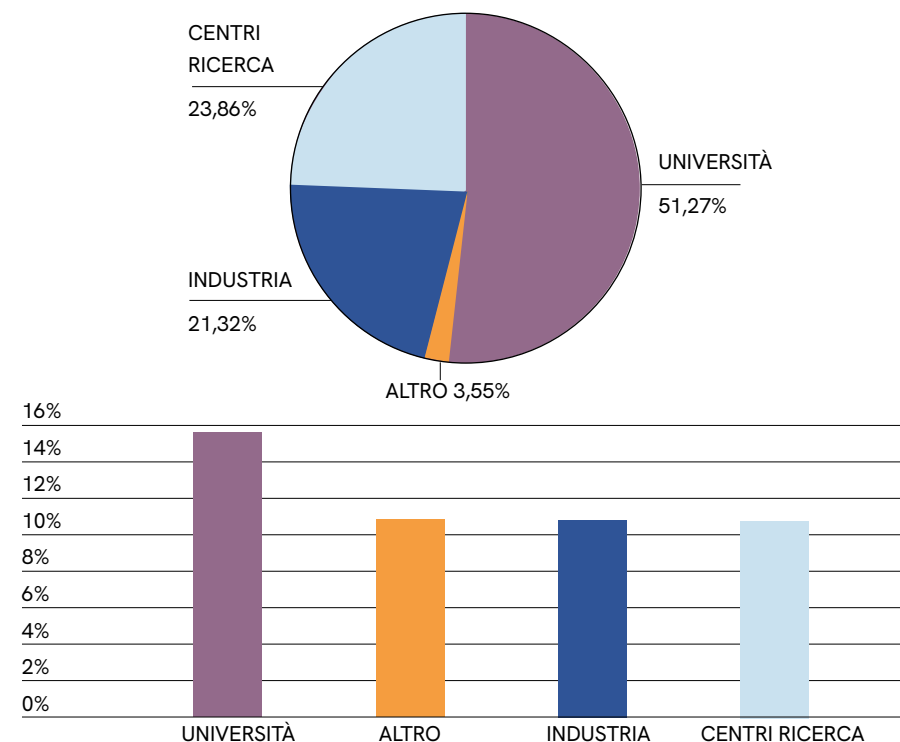


Fig. 3 Dati sulla partecipazione italiana a FP7.

A livello nazionale non sono reperibili informazioni ufficiali dettagliate sulla partecipazione italiana ad H2020 per il settore specifico delle tecnologie dell'informazione. Si può comunque fare riferimento a un utile rapporto pubblicato on-line dall'Agenzia per la Promozione della Ricerca Europea (APRE)¹⁸.

Complessivamente, sull'intero programma, i beneficiari italiani sono stati 12.561, che rappresentano il 9,4%, e hanno ottenuto l'8,3% del budget. Si sono sostanzialmente confermati gli andamenti storici, anche se l'Italia passa dal quarto posto per contributo finanziario (in cui è stata per tutti i precedenti programmi quadro) al quinto. L'Italia mostra anche un valore del tasso di successo al di sotto della media europea (-2,5 punti), un dato che fa riflettere sulla qualità media della partecipazione del nostro paese. L'analisi di APRE mostra che il settore delle tecnologie dell'informazione, all'interno dell'area "Leadership in enabling and industrial technologies", più orientata alla ricerca industriale, è quello in cui l'Italia percepisce il maggior contributo finanziario in termini assoluti (494 M€, circa la metà di quanto ottenuto in tutta l'area), pari però solamente all'8,5% del totale assegnato.

Viene anche osservato che il settore in cui l'Italia ha avuto le migliori prestazioni è FET – Future and Emerging Technologies, che fa da collettore di ricerca sempre di natura collaborativa, ma orientata verso obiettivi di più lungo periodo e verso nuovi settori innovativi. Non è disponibile uno spaccato sulla ripartizione tra aree scientifiche dei finanziamenti FET, ma si fa osservare qui l'Italia ha ottenuto circa il 9,8% di quanto globalmente assegnato dal programma. All'interno di FET si trovano certamente numerosi progetti a cui hanno partecipato in particolare le università e i centri di ricerca.

Horizon Europe (2021-2027)

Questo è l'ultimo Programma Quadro lanciato dall'UE. Con un budget di 95.5 Mld€, ha l'obiettivo quello di aumentare del 50% gli investimenti in ricerca nel periodo 2021-2027. La ricerca italiana nel settore delle tecnologie dell'informazione troverà in questo ambizioso programma un'occasione straordinaria per continuare a crescere e affermarsi a livello internazionale.

La ricerca italiana nell'ERC

L'ERC (European Research Council) è organismo creato nel 2007 con l'obiettivo di dotare l'UE di un ente per il finanziamento della ricerca di frontiera e di eccellenza, definita come "high-risk high-gain". A differenza dei programmi precedentemente trattati, i cui destinatari sono consorzi di ricercatori di paesi diversi, l'ERC finanzia i singoli ricercatori, di ogni nazionalità e senza vincoli di età, purché operino in un'istituzione di ricerca europea¹⁹. L'ERC offre quattro schemi di finanziamento: Starting Grants,

18. <https://apre.it/i-dati-raccontano-la-partecipazione-italiana-a-horizon-2020/>

19. L'ERC ha così fornito anche un quadro di finanziamento per favorire il trasferimento (o il rientro) in Europa di ricercatori operanti in paesi extra-europei.

Consolidator Grants, Advanced Grants e Synergy Grants. Attraverso un ulteriore schema (Proof of Concept Grant), l'ERC fornisce ai ricercatori, finanziati con uno degli schemi prima elencati, un supporto per esplorare il potenziale sfruttamento dei risultati della ricerca. I tre livelli di finanziamento si distinguono per la maturità dei destinatari: "Starting", "Consolidator", ricercatori che hanno conseguito il dottorato di ricerca rispettivamente da 2 a 7 e da 7 a 12 anni, e "Advanced", ricercatori senior attivi che hanno conseguito significativi risultati di ricerca negli ultimi 10 anni. I progetti di tipo "Synergy" sono invece progetti così ambiziosi da richiedere la cooperazione di almeno 2 (e un massimo di 4) co-responsabili della ricerca.

In questa sezione mostreremo i risultati della partecipazione italiana in ERC. Ci limiteremo qui alla ricerca nel settore di stretta pertinenza di questo contributo, il cosiddetto PE-6 (Computer Science and Informatics), il cui ambito è definito nella Tabella 4. Nelle Tabelle 5, 6, 7 riportiamo i dati relativi ai progetti approvati per le tre tipologie sopra menzionate (Starting, Consolidator, Advanced). Si osservi che si riportano i paesi europei che ospitano i progetti approvati e non la nazionalità dei ricercatori responsabili della ricerca approvati. Il triste fenomeno della "fuga di cervelli", che purtroppo caratterizza la situazione della ricerca nazionale, fa sì che un numero significativo di ricercatori italiani abbiano scelto come sede della propria ricerca una istituzione straniera.

Dai dati riportati possiamo osservare come per gli Advanced Grants l'Italia si collochi al tradizionale quarto posto (dopo UK, Francia e Germania, ma da queste ben distanziata), mentre nei Consolidator e Starting le prestazioni siano decisamente deludenti. Purtroppo, non è dato di sapere dai dati ufficiali quanto negativamente pesi l'effetto "fuga di cervelli", ma certamente preoccupano questi sintomi di scarsa capacità di competizione sul terreno della ricerca lungo termine da parte del sistema di ricerca nazionale, specie per quanto riguarda i ricercatori più giovani.

Conclusioni

In questo contributo abbiamo esaminato il ruolo della ricerca nazionale in informatica nell'ambito dei progetti di ricerca europei. Dato l'obiettivo storico del contributo, ci si è soffermati in particolare sugli ultimi decenni dello scorso secolo, nei quali si è delineato e poi consolidato lo spazio europeo della ricerca. Come purtroppo si è dovuto constatare, il quadro risulta alquanto frammentato, anche a causa di una sorprendente mancanza di disponibilità di dati pubblici strutturati e facilmente accessibili, non solo a livello nazionale, ma anche a livello europeo. È comunque possibile trarre alcune conclusioni.

1. In assenza di una politica nazionale stabile e sostenuta da adeguati finanziamenti alla ricerca scientifica, i programmi quadro dell'UE hanno consentito alla ricerca italiana di svilupparsi in un settore che è considerato strategico per il futuro.
2. La ricerca italiana è diventata più internazionale e in particolare ha stabilito e consolidato relazioni con in paesi dell'UE. Si è realizzato il sogno dello spazio europeo della ricerca che avevano ipotizzato e poi avviato grandi personalità quali Altiero Spinelli e Antonio Ruberti.

PE6 Computer Science and Informatics

Informatics and information systems, computer science, scientific computing, intelligent systems

PE6_1	Computer architecture, pervasive computing, ubiquitous computing
PE6_2	Computer systems, parallel/distributed systems, sensor networks, embedded systems, cyber-physical systems
PE6_3	Software engineering, operating systems, computer languages
PE6_4	Theoretical computer science, formal methods, and quantum computing
PE6_5	Cryptology, security, privacy, quantum cryptography
PE6_6	Algorithms, distributed, parallel and network algorithms, algorithmic game theory
PE6_7	Artificial intelligence, intelligent systems, multi-agent systems
PE6_8	Computer graphics, computer vision, multi media, computer games
PE6_9	Human computer interaction and interface, visualisation and natural language processing
PE6_10	Web and information systems, database systems, information retrieval and digital libraries, data fusion
PE6_11	Machine learning, statistical data processing and applications using signal processing (e.g. speech, image, video)
PE6_12	Scientific computing, simulation and modeling tools
PE6_13	Bioinformatics, biocomputation, and DNA and molecular computation

ERC PE6 Consolidator Grant - anni 2013-2020

Paese	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Totale
Germany	1	6	4	2	3	2	5	2	25
UK	2	3	1	2		2	1	2	13
France		2	3	3	2		1	1	12
Israel	2		2	1	2	3	2		12
Switzerland	2		2	3		3	1	3	14
Spain		2	1	1	3	1		2	10
Austria	1		1	1	1		1	1	6
Belgium	2		1	1				1	5
Denmark						1			3
Netherlands	3						1		4
Sweden		1	1		2				4
Italy		1		1		2			4
Czechia	1	1			1				3
Poland			1		1			1	3
Finland					1		1		2
Norway						1	1		2
Estonia						1			1
Greece	1								1
Ireland					1				1
Totale	15	18	17	15	17	16	14	13	125

ERC PE6 Starting Grants - anni 2007-2020

Paese	2007	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	TOT
Germany	1	2	4	3	7	4	3	2	4	6	6	6	3	51
UK	4			4	7	1	4	5	2	2	2	3	1	35
France	5	3	5	5	8	3	5	5	4	2		2	1	48
Israel	2	3	3	3	3	5	4	4	2	5	6	4	3	46
Italy			1				1	1			1		1	5
Switzerland	1		3	4	4	2		2	2	1	2	4	2	27
Belgium		2	1	2				1	1		1			8
Austria		1	1	1	1		3		2		1		1	10
Spain				1	1		1		1	1		1	2	8
Sweden	1		1	2	1				1					6
Denmark				1		1			1	1	1			5
Netherlands			2				1	1	1	1	4	1	2	13
Hungary				1				1						2
Portugal					1					1				2
Finland	1					1	2			1	1	1		7
Greece			1	1	2									4
Norway					1				1					2
Poland	1	1						1	1				2	7
Luxembourg													1	1
Romania										1				1
Turkey													1	1
TOTALE	15	12	23	28	36	17	24	23	23	22	25	22	20	

ERC PE6 Advanced Grant - anni 2008-2020

Paese	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Totale
Germany				2	1	2	2	4	2	3		4	1	21
UK	2	2	2	2	3	3	1	2	2	2	4		2	25
France	2	1	2	5	3	3	2	2	1	1	1	1		24
Israel	1		2	1					3	1	1	1		9
Italy	3		1	2				1		1	2		1	11
Switzerland	1	2	1	1	1	1	1		1		1			10
Belgium		1				1		2	1	1		2		8
Austria			1			1	1			1			3	7
Spain	1		1		1				1		1		1	6
Sweden	1	1				1					2			5
Denmark							2	1						3
Netherlands	1				1				1	1				4
Czechia						1								1
Luxembourg								1		1				2

Tab. 4 Settori ERC dell'informatica.

Tab. 5 ERC PE6 Starting Grants.

Tab. 6 ERC PE6 Consolidator Grants.

Tab. 7 ERC PE6 Advanced Grants.

(Elaborazioni tratte da dati CORDIS e EU Funding and Tender portal).

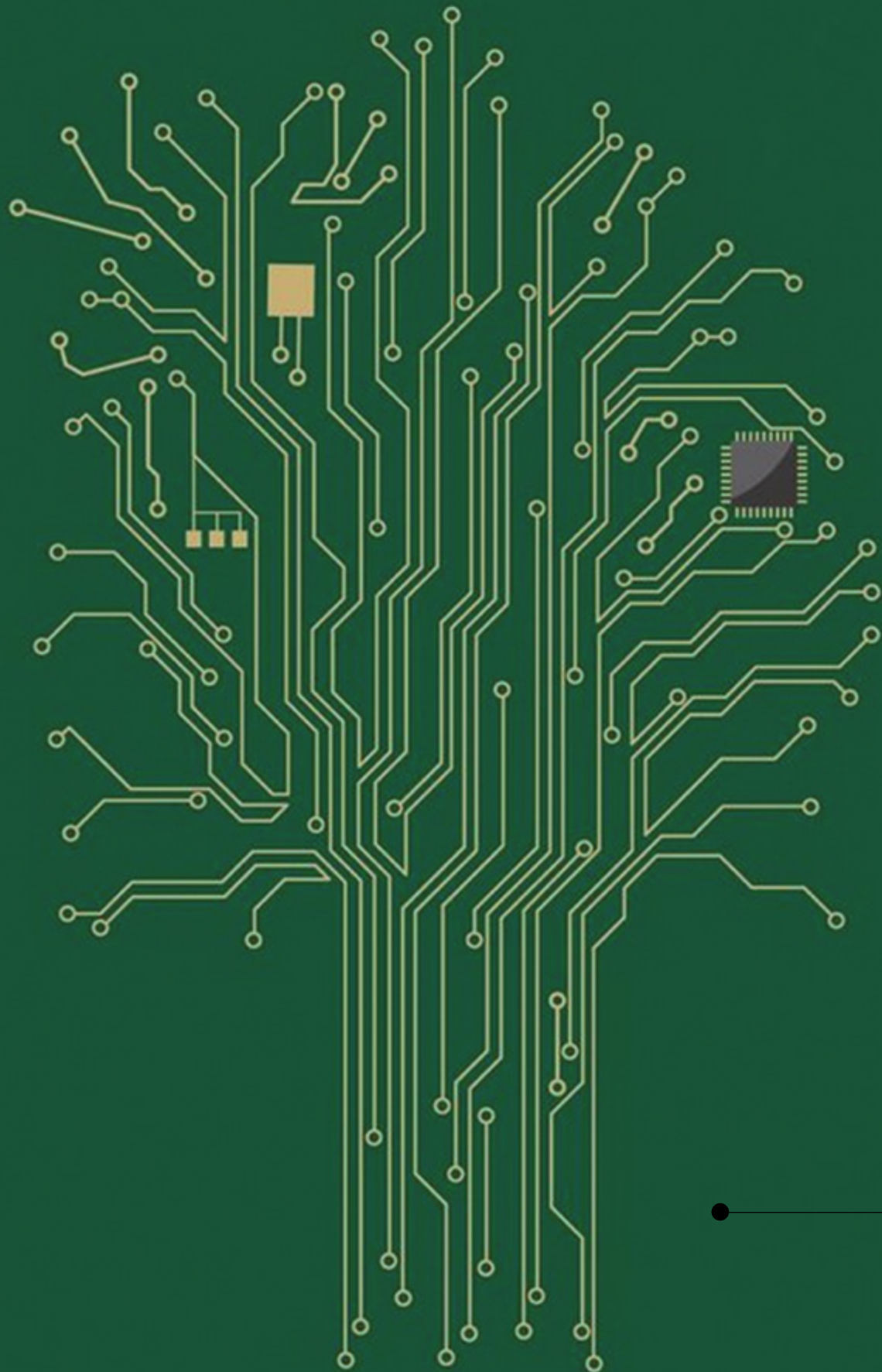
3. Si è consolidato un rapporto proficuo tra i diversi attori della ricerca: industria, università, centri di ricerca, società civile, grazie all'enfasi pre-competitiva e bottom-up che ha caratterizzato in maniera prevalente i programmi quadro europei.
4. Con la creazione dell'ERC si è intervenuti a finanziare anche la ricerca di base, top-down e lungo periodo, che in una fase iniziale era stata lasciata in maniera pressoché esclusiva alle iniziative dei singoli stati membri dell'UE.
5. La competitività della ricerca italiana nel quadro europeo sembra essere più forte nell'ambito dei programmi precompetitivi, bottom-up – dove l'Italia si assesta al quarto posto dopo Germania, Francia e UK – piuttosto che nel programma ERC, dove viene probabilmente penalizzata dal limitato supporto a livello nazionale della ricerca di base e dal perdurante fenomeno della “fuga di cervelli”.

BIBLIOGRAFIA

- Ghezzi, Carlo. 2020. *Being a Researcher: An Informatics Perspective*. Cham: Springer.
- Harari, Yuval Noah. 2014. *Sapiens, a Brief History of Humankind*. Random House.
- Ruberti, Antonio, e Michel André. 1998. *Uno spazio europeo della scienza*, Firenze: Giunti Editore.
- Stokes, Donald E. 1997. *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*. Washington, DC: Brookings Institution Press.

<https://doi.org/10.36173/SII-parteprema-vol1-14>

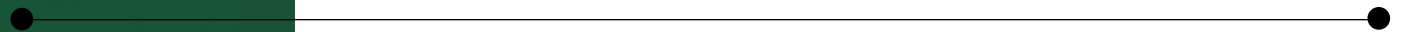




Prima parte
Volume 1

Indice dei nomi di persona

I nomi e i numeri in corsivo indicano gli autori e l'inizio dei loro contributi.



- Abate, Elisabetta, 99-100
 Agonigi, Maddalena, 32, 34
Agosti, Maristella, VII, X, XII-XIII, 19, 94, 117, 123, 132, 219, 231, 242, 315
 Aiello, Aldo, 295, 304, 309-310
 Aiken, Howard Hathaway, 14, 22, 29, 34-36, 39
 Albano, Antonio, 242
 Alberigi Quaranta, Alessandro, 199-201, 203, 209, 337
 Alexander, Samuel Nathan, 40-41
 Alfieri, Leandro, 59, 103
 Aloisio, Pantaleo, 291
 Amaldi, Edoardo, 195, 197, 283
 Amaldi, Ugo, 33, 37-39, 45
 Amato, Giuseppe, 243, 245
 Amerio, Luigi, 17-18, 30, 49, 77, 87
 André, Michel, 386, 406
 Andreassi, Gabriele, 99
 Andreatta, Beniamino, detto Nino, 79, 332
 Andreotti, Giulio, 103
 Andronico, Alfio, 87, 277, 350
 Andronico, Patrizia, 277
 Annicchiarico, Annamaria, 350
 Aparo, Enzo Luigi, 26, 33-35, 39-40, 45, 47, 50, 61-62, 232
 Apostolico, Alberto, 302, 377
 Arbib, Michael, 292, 306
 Arcelli, Carlo, 297, 299-298, 307-308
 Archimede di Siracusa, 5
 Arino, Ovide, 376
 Arisi, Ivan, 378
 Ariza, Christofer, 60
 Arrighini, Giovanni Paolo, 99
 Ashby, Ross, 284
 Ateniese, Giuseppe, 375
 Atzeni, Paolo, 242
 Aurisicchio, Sandro, 305
 Ausiello, Giorgio, 292, 301, 313, 315, 354, 356, 362, 365, 369, 383
 Austoni, Mario, 123
 Avanzi, Enrico, 93-96, 101, 110, 232
 Babbage, Charles, 1-11, 14, 22
 Bach, Johann Sebastian, 259, 261
 Bacon, Francis, 387
 Baldacci, Maria Bruna, detta Uma, 246, 277
 Baldeschi, Menotto, 98
 Baldo Ceolin, Massimilla, detta Milla, 350
 Ballardini, Luigi, 193
 Baraglia, Ranieri, 274, 277
 Baran, Paul, 21-22
 Barbagelata, Angelo, 85
 Barbuti, Ugo, 234
 Baricco, Alessandro, 91
 Barletta, Giuseppe, 350
 Barone, Antonio, 304-307
 Barone, Guido, 314
 Barsanti Calamia, Lucia, 59, 103
 Baruah, Sanjoy, 370
 Barzilai, Giorgio, 43, 45
 Batini, Carlo, 242, 365
 Beard, Maston, 60
 Beccio, Giuseppe, 41
 Bečvář, Jiří, 303
 Beeri, Catriel, 366
 Belsky, Vittorio, 350
 Berg, Morris, detto Moe, 29
 Berge, Claude, 292
 Berkeley, Edmund Callis, 15, 17, 22
 Berlinguer, Luigi, 313
 Bernardini, Gilberto, 19, 93-94
 Berthé, Valérie, 301
 Bertini, Graziano, 256, 261-262, 277
Bertolazzi, Paola, 353, 370, 375-379
 Bertolino, Antonia, 239, 277, 365
 Bertuzzi, Alessandro, 376
 Bezzi, Franco, 189
 Bezzi, Silvio, 120, 124, 129-130
 Bhandari, Dinabandhu, 303
 Bianchi, Angelo, 120
 Bianchi, Patrizio, 345
 Bianco, Lucio, 313, 315, 354, 356-358, 360, 373, 383
 Biondi, Emanuele, 79, 87
 Biorci, Giuseppe, 257, 263, 360
 Birkhoff, George David, 29
 Bizzarri, Romano, 186
 Blazewicz, Marek, 377
 Bloch, Marc, 91
 Blum, Harry, 308
 Blum, Manuel, 292
 Boari, Gianfranco, 350
 Bocchi, Francesca, 202
 Bock, Mary Ellen, 379
 Boffo, Stefano, 314
 Böhm, Corrado, 19, 36-37, 47, 50, 59-61, 101, 103, 105, 232, 234, 286, 292
 Bolelli, Tristano, 257
 Bompiani, Enrico, 34
 Bonfatti, Flavio, 327
 Boni, Alessandro, 28-29, 63
 Bonifaci, Vincenzo, 370, 374
 Bonizzoni, Paola, 376
 Booth, Andrew Donald, 19, 22, 38, 123-125
 Borgefors, Gunilla, 308
Borgi, Elena, I, 11
 Borgogno, Luigi, 18
 Borri, Roberto, 210
 Borsellino, Antonio, 284
 Bottani, Ercole, 28, 66, 77
 Bowden, Bertram V., 127
 Bowden, Vivian B., 45
 Bozzi, Andrea, 255, 277
 Bozzo, Umberto, 328, 341, 350
 Braione, Pietro, 365
 Braitenberg, Valentino, 284-289, 291, 293, 294
 Brandi, Rossella, 378
 Britten Booth, Kathleen H.V., 15, 19, 22, 124
 Brizio, Gian Paolo, 217
 Bromley, Allan G., 14, 22
 Bronzoni, Paolo, 328
 Brooker, Ralph Anthony, detto Tony, 59
 Brown, David R., 20, 22, 60
 Bruni, Paolo, 209
 Brzozowski, Janusz, 300
 Büchi, Julius Richard, 292
 Bulferetti, Luigi, 11
 Burattini, Ernesto, 295, 304, 309
 Burks, Arthur W., 15, 22
 Burstall, Rodney Martineau, detto Rod, 362-363
 Busa, Roberto, 255, 384
 Bush, Vannevar, 15, 23, 313-314, 388
 Butterfield, Herbert, 91
 Buzzati-Traverso, Adriano, 314
 Buzzi, Celina, 374
 Byron, Augusta Ada, contessa di Lovelace, 7
 Byron, George Gordon Noel, Lord Byron, 7
 Caffaratto, Daniela, 11
 Cafiero, Federico, 100, 102
 Caglioti, Giuseppe, 311
 Caianiello, Eduardo Renato, 282-295, 297, 299-302, 304-306, 311-312, 314-315
 Calosi, Carlo, 40
 Camarda, Gianfranco, 46, 48
Cammozzo, Alberto, 19, 94, 117, 123, 132, 231
 Campana, Emilio, 277
 Campanile, Benedetta, 350
 Canepa, Michele, 20, 35-38
Cantoni, Virginio, VII, X, XII-XIII, 219, 302, 315
 Cantore, Antonio Decio, 187, 193
 Capanna, Ernesto, 2, 11
 Caplin, David, 60
 Capocelli, Renato, 301, 306
 Capovani, Milvio, 234
 Cappellini, Vito, 203
 Capriz, Gianfranco, 233, 235-236, 250, 261, 279
 Capsoni, Simona, 378
 Caracciolo di Forino, Alfonso, 94-97, 105, 110, 234, 239, 247
 Caraffa, Lucia, XXI
 Carassa, Francesco, 87
 Cardaci, Maurizio, 303
 Carlo Alberto di Savoia-Carignano, re di Sardegna, 5
 Carlucci Aiello, Luigia, detta Gigina, 294
 Carnacini, Tito, 209
 Carpi, Arturo, 301
Carrozza, Maria Chiara, VII
 Casalena, Maria Pia, 2, 11
 Casari, Ettore, 297
 Cassinis, Gino, 17-19, 26, 30, 33, 38, 49, 66-67, 77, 79, 83, 86
 Castellani, Alessandro, 193
 Castelli, Donatella, 245
 Castiglione, Filippo, 379
 Cattaneo, Antonino, 378

- Cavaliere Ducati, Bruno, 33
Cazzullo, Aldo, 336, 350
Ceccarelli, Diego, 115
Ceccato, Silvio, 284
Cecchini, Giuseppe, 96-98
Celli, Andrea, 17-18, 25, 42, 44, 94, 101, 231, 283
Cesari, Lamberto, 28
Chiaromonte, Francesca, 376
Chien, Robert T., 237
Chillemi, Sante, 299
Chimenti, Massimo, 256, 261, 277
Chirac, Jacques, 245
Church, Alonzo, 15, 113, 292, 303
Ciampi, Carlo Azeglio, 320, 342
Ciancarini, Paolo, 249
Cignoni, Alessandro, 115
Cignoni, Giovanni A., 13, 16-19, 22, 25, 89, 91-92, 94, 101, 114-115, 128, 231, 283
Cipolla, Carlo M., 22
Cipriani, Curzio, 197
Clementel, Ezio, 195
Codonotti, Bruno, 234
Coghlan, Brian, 14, 22
Colonnetti, Gustavo, 30, 33, 38-40, 45
Coluccia, Patrizia,
Comin, Matteo,
Comrie, Leslie J.,
Constantine, Nicholas,
Conte, Federica,
Conti, Marco,
Contin, Francesco, 123, 125-126, 128, 132
Contin, Giorgio, 123, 125-128, 130, 132
Conversi, Marcello, 19, 27, 93-96, 99, 101-102, 110, 232
Copernico, Nicolò, 119
Corazza, Giovanni Emanuele, 209
Cordella, Luigi P., 297, 299, 307-308, 315
Cordeschi, Roberto, 287, 290-291, 294, 315
Cornaro Piscopia, Elena Lucrezia, 119
Cosenza, Luigi, 294
Cotugno, Antonio Decio, 299
Couffignal, Louis, 30
Cowan, Jack, 292, 306
Crane, Hewitt D., 304
Cresti, Marcello, 197, 199
Cristiano, Roberto, 305
Cristino, Luigia, 289
Croatto, Ugo, 123
Crocchiolo, Calogero, 287-288, 290
Cumbo, Fabio, 379
Curry, Haskell, 292
Curzio, Mario, 300
Cuzzer, Anna, 286
d'Alessandri, Barbara, 381
D'Angelo, Gianlorenzo, 370
D'Antonio, Fulvio, 367
d'Aquino, Tommaso, san, 255
D'Ascia, Maria, 27
D'Atri, Alessandro, 365
D'Onofrio, Mara, 378
Dadda, Luigi, 18, 28, 66, 69-71, 75, 77-78, 82-83, 85, 87, 114, 120, 123, 193, 232, 279
Dadda, Roberto, 18, 65, 87, 94, 114, 231
Dainelli, Dino, 34-35, 39-40, 45, 49-54, 57-58, 63, 232
Dainelli, Niccolò, 34
Dall'Antonia, Luigi, 261
Dalla Chiara, Maria Luisa, 304
Dalla, Lucio, 202
Darlington, John, 362-363
Davis, Martin, 15, 22, 292
De Angelis, Emanuele, 365
De Angelis, Guglielmo, 365, 383
de Finetti, Bruno, 17, 20, 22, 33, 43, 120
De Gaetano, Andrea, 359, 376
De Giorgio, Antonio, detto Tony, 178, 317, 350
De Gregorio, Massimo, 309
De Julio, Sergio, 332
De Kerf, Joseph L.E., 127
De Lotto, Ivo, X, XII, XXI, 193, 219
de Luca, Aldo, 288, 291, 293, 300-302, 306-307
De Luca, Daniele, 203
De Maio, Adriano, 193
De Marco, Giuseppe, 87, 277, 279
De Martino, Claudio, 115
De Natale, Ferruccio, 350
De Nicola, Antonio, 367
De Prà, Roberto, 350
De Rose, Maria, 350
De Ruvo, Micol, 379
De Seta, Cesare, 315
De Simone, Caterina, 370, 377
De Tollis, Benedetto, 99
Dedekind, Julius Wilhelm Richard, 15, 113
Dell'Olmo, Paolo, 373
Della Moglie, Giuseppina, 27
Della Riccia, Giacomo, 288, 291
Denoth, Franco, 101, 235-236, 261, 277
Descartes, René, 387
Di Battista, Giuseppe, 370
Di Gesù, Vito, 303
Di Giandomenico, Felicita, 235, 277
Di Marcello, Sara, XXI
Di Paola, Luisa, 379
di Pillo, Gianni, 369
Di Sciascio, Eugenio, 209
Dianzani, Umberto, 217
Diehl, Martin, 377
Dioguardi, Gianfranco, 342
Disraeli, Benjamin, I conte di Beaconsfield, 10
Drago, Antonino, 288, 291
Dreyfus, Philippe, 141
Drovandi, Guido, 378
Duff, Michael J.B., 297
Duretti, Sergio, 210, 217
Eckert, John Adam Presper, 15, 49
Eisenhower, Dwight David, 18
Elisabetta II, regina del Regno Unito, 61
Ercoli, Paolo, 50, 52, 57, 61-63, 232, 356
Evangelisti, Giuseppe, 197-199
Fabri, Elio, 92, 94-98, 100
Fabrici d'Acquapendente, Girolamo, 118
Fadini, Bruno, 290
Faedo, Alessandro Carlo, detto Sandro, 94-95, 100, 102, 113, 235-236, 249-250, 252-253, 257, 279
Falchi, Fabrizio, 277
Falciasacca, Gabriele, XII
Falcucci, Franca, 181, 206
Falloppio, Gabriele, 118
Fano, Robert Mario, 286
Fantini, Nicola, XXI
Farina, Lorenzo, 379
Febvre, Lucien, 91
Fein, Louis, 141
Felici, Giovanni, 353, 373, 375-378
Felker, Jean H., 20, 23
Felsani, Armando, 378
Felsani, Guglielmo, 293
Ferilli, Stefano, 350
Fermi, Enrico, 19, 27, 91, 93, 95, 195, 232, 284, 313
Ferranti, Vincent, sir, 45, 47
Ferrari, Emilio, 198, 209
Ferrari, Sergio, 314
Ferrero, Giovanni, 217
Ferretti, Marco, 137, 355
Ferro, Alfredo, 377
Ferro, Guido, 129
Festa, Paola, 375
Fichera, Gaetano, 32, 34
Fioravanti, Fabio, 364-365
Fiorentini, Adriana, 286
Fischetti, Enrico, 302
Fischnaller, Franz, 202
Fiscon, Giulia, 375, 379
Fitto, Raffaele, 343
Fontanesi, Marcello, 193, 198
Foresti, Gian Luca, 302
Formica, Anna, 365-366, 368-369
Forte, Bruno, 234
Fox, Geoffrey, 274
Franchi, Paolo, 263
Frangioni, Antonio, 373-374
Franzetti, Carlo, 284
Frucci, Maria, 297, 308
Fubini, Eugenio, 249
Fubini, Guido, 249
Fusani, Mario, 239, 277
Fusi, Alessandro, 263
Gabor, Dennis, 286
Gadducci, Fabio, 91-92, 115
Gaibisso, Carlo, 381
Galeone, Luciano, 342
Galilei, Galileo, 119, 387
Galligani, Ilio, 321-322, 350
Gallino, Luciano, 314

Galluccio, Anna, 370, 373
Gamba, Augusto, 284
Gambardella, Giuseppe, 287, 289-290
Gandolfi, Alberto, 376
Gazzarri, Maurizio, 92, 115
Gazzola, Luca, 365
Gennaro, Pietro, 79
Gentile, Claudio, 369, 373-374
Gentile, Pier Angelo, 5
Gerace, Giovan Battista, 97-98, 101, 103, 110, 234, 239
Germano, Giorgio, 297
Ghezzi, Carlo, 385, 388, 406
Ghigo, Enzo, 217
Ghigo, Giorgio, 288
Ghizzetti, Aldo, 34, 49-50, 130
Ghosh, Nimisha, 379
Giannini, Silvia, 246, 277
Gianturco, Franco A., 183, 186
Giordani, Francesco, 39-40
Giordani, Stefano, 373
Giorgio V, re del Regno Unito, 61
Giovenco, Maria Adelaide, 376
Girone, Giovanni, 343
Gisolfi, A., 302
Giuliani, Alessandro, 379
Glennie, Alick Edwards, 59
Gnesi, Stefania, 239, 277
Gödel, Kurt Friedrich, 15, 113
Goldstine, Herman Heine, 15, 27, 124
Gonzalez, Trish, 22
Gozzini, Adriano, 284
Grasselli, Antonio, 114, 239, 301
Greco, Pietro, 289, 293, 313, 315
Grippo, Luigi, 369, 371, 374
Gronchi, Giovanni, 49, 103, 110, 233
Gross, Wolf, 34, 50, 292
Grossberg, Stephen, 306
Grossi, Ivan, 130, 177, 219
Grossi, Pietro, 256, 258-259, 261-262, 279
Guaitoli, Marcello, 280
Guerra, Concettina, detta Titti, 377, 379
Guerraccio, Angelo, 33, 63
Guerriero, Luciano, 250, 324, 328
Guglielmotti, Vittorio, 289

Gui, Luigi, 197
Guidazzoli, Antonella, 203, 219

Händel, Georg Friedrich, 261
Harari, Yuval Noah, 387, 406
Hart, Eric, 306
Hartree, Douglas R., 15-16, 23
Hayworth, Rita, 94
Hebb, Donald Olding, 290
Heide, Lars, 14, 23
Hell, Pavol, 370
Hénin, Silvio, XII-XIII, 11, 15, 23, 123, 132
Hilbert, David, 15, 113
Hill, Richard H., 21, 23
Hockie, Paul, 22
Hodges, Andrew, 284
Hofstetter, Fred T., 207
Holland, John, 292
Honda, Sōichirō, 306
Hopper, Grace, 14, 22
Howlett, Jack, 37
Huimin, Lu, 302

Imboden, Silvano, 203
Imbrenda, Claudio, 115
Ingravallo, Giovanni, 342, 350
Inguaggiato, Claudio, 217
Insolia, Luca, 376
Ippolito, Felice, 195

Jacopini, Giuseppe, 60
Jacquard, Joseph Marie, 10
Johnson, Roger G., 124
Joplin, Scott, 261
Jovane, Roberto, 87
Julesz, Bela, 294
Jünger, Michael, 371, 377

Kasprzak, Marta, 377
Kemali, Milena, 289
Kennedy, John Fitzgerald, 326
Kennedy Jr., T.R., 29
Kenney, Ana, 376
Kepler, Johannes, 387
Kifetew, Fitsum M., 365

Kilburn, Tom, 15, 23, 43, 49, 100
Kitz, Norbert, detto Norman, 38-40, 47, 124
Kleene, Stephen Cole, 15
Knuth, Donald Ervin, 37, 114, 300
Kowalski, Robert Anthony, 363
Kung, Hsiang-Tsung, 370
Kuntzmann, Jean, 31

La Rana, Adele, 350
Labella, Anna, 363
Laforenza, Domenico, detto Mimmo, X, XIX, 229, 253, 272, 274, 283-284, 290, 313, 355
Lampariello, Francesco, 371, 374
Lancia, Maurizio, 381
Langella, Antonio, 333
Lanzarini, Marco, 198, 205, 209, 219
Lanzarotta, Santo A., 21, 23
Lascoux, Alain, 300
Laura, Luigi, X, XIII, XXI
Lauria, Francesco, 285-288, 291, 294
Lavington, Simon H., 41, 63, 124
Lazzati, Giuseppe, 193
Lazzeri, Mauro, 277
Lee, John A.N., 124
Legédy, Charles, 306
Lenzi, Andrea, V
Lenzi, Emanuele, 115
Lenzini, Luciano, 263, 268, 279
Lepschy, Antonio, 286
Levi, Giorgio, 363
Leviardi Ghiron, Stefano, 288, 295, 297-298, 306-308
LeWitt, Solomon, detto Sol, 337
Li, Haohan, 370
Liberti, Lorenzo, 350
Licursi, Valerio, 379
Liebling, Thomas, 371
Liguori, Maria Chiara, 203
Lijtmaer, Norma, 239-240
Liotta, Gianni, 370
Liquori, Alfonso Maria, 314
Lisitskiy, Mikhail P., 305
Liu, Ling, 279
Loebl, Martin, 373
Loeffler, Marcus, 203

Losano, Mario Giuseppe, 11
Luccio, Fabrizio, 301, 358, 369-370
Lucertini, Mario, 370
Lucidi, Stefano, 371
Ludgate, Percy Edwin, 14, 22-23

MacKay, Donald M., 290
Maestrini, Piero, 235, 277, 279
Maestro, Marco, 99
Maggiolo Schettini, Andrea, 297
Magnolfi, Beatrice, 225
Mainetto, Giovanni, 279
Mallock, Richard R., 28
Maltese, Giulio, 195
Mancini, Luigi V., 375
Mandelbrot, Benoît, 286
Mango Furnari, Mario, 310, 315
Mann, Martin, 16, 23
Mannino, Carlo, 370
Mannino, Giuseppe, 197-199, 209, 219
Mantovani-Loeffler, Luisa, 203
Marchetti-Spaccamela, Alberto, 370
Marchis, Vittorio, XII
Marciano, Fortunato, 295
Marconi, Guglielmo, 27
Marconi, Renato, 257
Marconi, Renzo, 350
Margola, Nicola, 127-128
Mariani, Leonardo, 365
Marinero, M., 302
Marinazzo, Mario, 350
Marini, Renzo, 350
Marshak, Robert, 283
Marshall, George Catlett, 67
Marzolo, Francesco, 120
Masani, Pesi Rustom, 290
Masetti, Massimo, 195
Masia, Antonello, 205
Massarotti, Antonio, 299, 304, 307, 310, 315
Mastronardi, Giuseppe, X
Matiyasevich, Yuri, 292
Mattaliano, Maurizio, 62-63
Matteucci, Renato, 263
Mattia, Sara, 374
Mauchly, John William, 15, 49

Mazzarella Hilliard, Annamaria, 286, 293
 Mazzarella, Lelio, 314
 Mazzei, Mauro, 368, 381
 McCulloch, Warren, 292, 297
 McNaughton, Robert, 301
 McQuillan, David, 22
 Medves, Riccardo, 250, 277, 279
 Meghini, Carlo, 242-243, 277, 279
 Megow, Nicole, 370
 Mehlhorn, Kurt, 374
 Mele, Ida, 369
 Menabrea, Luigi Federico, 1, 5, 7-10
Meo, Angelo Raffaele, 1, 217, 221, 239-240
 Merigliano, Luciano, 197
 Merlin, Michelangelo, detto Misko, 318-321, 324, 328, 336, 341, 350
 Metze, Gernot, 237
 Milella, Antonio, 334
 Miller, Alton Glen, detto Glenn, 61
 Millman, Jacob, 125
 Minissi, Nullo, 293
 Miola, Alberto, 186
 Miola, Alfonso, 198
 Missikoff, Michele, 366-368
 Monroy, Alberto, 306
 Montagnini, Leone, 291, 315
 Montani, Claudio, 271, 277
 Mooers, Calvin Northrup, 242
 Morelli, Andreina, 60
 Moretti, Mario, 360
 Moscarini, Marina, 365
 Mossa, Giuseppe, 350
 Mottola, Ignazio, 45, 59
 Muggleton, Stephen H., 365
 Murray, Ruby Florence, 61
 Musio, Carlo, 294, 299, 315
 Mutzel, Petra, 377
 Mylopoulos, John, 243

 Naddef, Denis, 371
 Nastasi, Pietro, 63
 Natalini, Roberto, 314
 Navigli, Roberto, 367
 Nemhauser, George, 371
 Nervegna, Elio, 350

 Nešetřil, Jarošlav, 370
 Newman, Maxwell Herman Alexander, detto Max, 41, 43
 Newton, Isaac, 3, 387
 Nicolais, Luigi, 224-225, 345
 Nivat, Maurice, 292
 Numerico, Teresa, 290-291

 O'Regan, Reddy, 22
 Olivetti, Adriano, 37-38, 97, 110, 232, 294
 Olivetti, Dino, 96
 Olivetti, Matteo, 37
 Olivetti, Roberto, 96
 Onesto, Nello, 285-286
 Orrù, Matteo, 365
 Ortenzi, Bruno, 366
 Özsü, M. Tamer, 279

 Paci, Paola, 379
 Paci, Stefano, 115
 Pacini, Giuliano, 115
 Padberg, Manfred, 371, 373
 Paganetto, Luigi, 345
 Paganini, Niccolò, 261
 Pal, Nikhil R., 303
 Palagi, Laura, 374
 Pallottino, Stefano, 370
 Palma, Daniela, 314
 Panattoni, Carlo, 120, 130
 Pancaldi, Giuliano, 2
 Panetti, Modesto, 40
 Panunzi, Simona, 359
 Papa, Maria Serena, 115
 Papert, Seymour, 301
 Pascal, Blaise, 2, 15
 Pask, Gordon, 290, 294
 Passarella, Andrea, 277
 Passiante, Giuseppina, 350
 Patella, Giuseppe, 350
 Patergnani, Giuliano, 19, 94, 120, 123, 125, 127, 130, 132
 Paternò, Gianfranco, 305, 307
 Pearcey, Trevor, 60
 Pedicini, Marco, 379
 Pedone, Francesco, 379

Pedrini, Rodolfo, 217
 Pelini, Bice, 27
 Pellegrini, Alessandro, 365
 Pellegrini, Umberto, 350
 Pelosi, Giuseppe, XII
 Perego, Raffaele, 274, 277
 Perrot, Jean François, 309
 Persico Caianiello, Carla, 306
 Perucca, Eligio, 40
 Pescatore, Gabriele, 330
 Petrocelli, Carla, 350
 Petrou, Maria, 303
 Pettorossi, Alberto, 362-365, 383
 Pezzè, Mauro, 365
 Picone, Mauro, VII, 17-19, 26-41, 45, 47, 49-50, 55, 59, 63, 94, 120
 Pierattini, Giovanni, 305
 Pierobon, Paola, 299
 Pietrantuono, Roberto, 365
 Piol, Elserino, 87
 Pirri, Antonino, 289, 295
 Pisani, Serena, 279
 Piscitelli, Sergio, 305
 Pistella, Fabio, 314
 Pistolesi, Enrico, 95
 Pitts, Walter, 292, 297
Piva, Antonio, X
 Piva, Francesco, 123, 125-128, 130, 132
 Pivato, Marco, 314
 Plana, Giovanni, 5, 7, 10
 Poggi, Lorenzo, 28
 Poggiani, Alessandra, 199, 209
 Pomerat, Gerard R., 129
 Post, Emil Leon, 15, 113
 Pourabbas, Elaheh, 366, 368
 Prandi, Fortunato, 3, 11
 Pratelli, Nicolò, 115
 Preparata, Franco P., 237, 369-370
 Preti, Augusto, 193
 Prinz, Dietrich, 59-60
 Profumo, Francesco, 182, 198
 Proietti, Francesco, 186
 Proietti, Maurizio, 362-365
 Prokhorov, Sergei, 16, 22
 Provenzano, Giorgio, 350

 Pugh, Emerson W., 14, 23
 Pulleyblank, William, 371
 Puppi, Gianpiero, 197-199

 Quagliariello, Ernesto, 360
 Quercia, Italo Federico, 33

 Rabin, Michael, 292
 Rafanelli, Maurizio, 366, 368, 383
 Ramberg, Walter, 101
 Ramella, Giuliana, 297, 308
 Randell, Brian, 22-23
 Rapisarda, V.A., 289-290
 Raymond, François-Henri, 31
 Rebergiani, Enrico, 314
 Refice, Mario, 350
 Reinelt, Gerhard, 371, 377
 Reiss, Richard F., 304
 Renault, Sophie, 364
 Restivo, Antonio, 301
 Reutenauer, Christophe, 301
 Rhodes, Ida, nata Hadassah Itzkowitz, 40
 Ricci, Fabrizio, 366
 Ricciardi, Luigi Maria, 288, 293, 298, 301, 306
 Richards, Richard K., 125
 Rinaldi, Francesco, 359
 Rinaldi, Giovanni, 354, 371, 373, 375-377, 383
 Rinaldi, Mario, 209
 Risi, Arnaldo, 359
 Riva Sanseverino, Stefano, 334
 Rizzoli, Carlo, 209
 Rodhes, Ida, 34
 Rodinò, Giulio, 35, 39
 Rojas, Raúl, 14, 23
 Roma, Maria Sofia, 27
 Romano, Aldo, 319-320, 322, 324-326, 328, 336, 342-343, 350
 Romè, Marisa, 99
 Ronco, Daniele, 115
 Roosevelt, Franklin Delano, 313, 388
 Rose, Allen, 16, 23
 Rossi, Paolo, 350
 Rossi, Remo, 199-203, 209
 Rostagni, Antonio, 120, 129
 Rota, Gian-Carlo, 37

- Roveda, Claudio, 350
Rovida, Edoardo, XII
Ruberti, Antonio, 183, 201, 286, 354-358, 360, 383, 386, 403, 406
Russo, Stefano, 365
- Sabbadini, Vladimiro, 98
Sabetta, Filippo, 186
Saccà, Domenico, detto Mimmo, 242
Sacerdoti, Giorgio, 47, 50, 62, 232
Sada, Errico, 289
Saffiotti, Mario, 287, 289
Saha, Indrajit, 379
Salvadori, Mario, 28-29, 41
Salveti, Carlo, 195
Salvini, Giorgio, 93-94, 232
Sami, Mariagiovanna, 87
Sanna, Nico, 183
Sanniti di Baja, Gabriella, 297, 307-308, 315
Santillo, Silvia, 299
Santoni, Daniele, 376-377, 379
Saragat, Giuseppe, 250
Sarrafzadeh, Majid, 370
Savino, Pasquale, 379
Scarlatti, Domenico, 259
Scarpa, Romano, 94
Scarpetta, G., 302
Schaerf, Mirella, 183
Schützenberger, Marcel-Paul, detto Marco, 292, 294, 300-301, 307, 309
Sciandrone, Marco, 359, 374
Scopigno, Roberto, 271, 277
Scott, Alwyn, 305-306
Sebastiani, Fabrizio, 243, 279
Sebastião e Silva, Josè, 29
Segala, Marco, 11
Segre, Roberto, 26
Sellerio, Antonio, 29
Semerano, Giovanni, 120, 130
Semerari, Giuseppe, 350
Senna, Ayrton, 202
Senni, Valerio, 364
Serino, Luca, 297, 308
Sforza, Antonio, 375
Sherwood, Bruce A., 207
- Shoshani, Arie, 366
Shu-hei, Aida, 306
Sibani, Sergio, 94-98
Siciliano, Antonio, 322
Siegel, John, 359
Signorini, Antonio, 32
Silmo, Giuseppe, 37
Silvestri, Andrea, XII
Simeone, Bruno, 370
Simoncelli, G., 302
Simoncini, Luca, 235, 250, 277
Sismonda, Angelo, 10
Skala, Heinz J., 303
Skowron, Andrzej, 362-363
Smith, Fabrizio, 364
Smith, Richard E., 125
Smurra, Rosa, 202
Sochor, Antonin, 303
Solimini, Maria, 350
Somenzi, Vittorio, 284
Sommani, Marco, 263, 277
Song, Xiaoyu, 370
Spano, Maria Adele, 56
Spinelli, Altiero, 389, 403
Spognardi, Angelo, 375
Sprugnoli, Renzo, 277
Staab, Steffen, 367
Steinbuch, Karl, 141
Stibitz, George Robert, 14, 23
Stohlman, W. Frederick, 29
Stokes, Donald E., 388, 406
Stougie, Leen, 370
Straccia, Umberto, 243, 279
Strachey, Christopher, 61
Stravinsky, Igor, 261
Studer, Rudi, 367
Swiercz, Aleksandra, 377
- Tabacchi, Marco Elio, 303
Taddei-Ferretti, Cloe, 287-289, 294, 299, 311
Taglino, Francesco, 365, 367-369
Tamaddoni-Nezhad, Alireza, 365
Tamburrini, Guglielmo, 281, 294, 302-304, 307, 309, 315, 355
Tarabella, Leonello, 256, 258, 277, 279
- Tartara, Patrizia, 380
Tatnall, Arthur, 124
Taub, Herbert, 125
Taylor, Richard, 7
Tchou, Mario, 95-97
Termini, Settimo, 281, 287, 289, 293, 302-303, 306-307, 314-315, 355
Thanos, Costantino, 242-243, 245, 277
Tiberio, Ugo, 94-95, 102
Todd, John, detto Jack, 36
Tonella, Paolo, 365
Toni, Francesca, 365
Tootill, Geoffrey Colin, detto Geoff, 43
Toraldo di Francia, Giuliano, 294
Torrighiani, Guido, 250, 252, 259
Tosi, Susanna, XXI
Touschek, Bruno, 95
Trabb Pardo, Luis, 37
Trautteur, Giuseppe, 287, 289-291, 293-294
Tricomi, Francesco Giacomo, 15
Trillas, Enric, 303
Truemper, Klaus, 373, 375
Trumpy, Stefano, 250
Turing, Alan Mathison, 15, 43, 60-61, 63, 113, 195, 284, 303
- Ubertini, Francesco, 209
Uggè, Albino, 19, 120-121, 127, 129, 130-132
Umezawa, Hiroomi, 288
- Vacca, Roberto, 47, 50, 232
Vaccarelli, Anna, 277
Vaccarino, Giuseppe, 284
Valente, Enzo, 183
Vallatta, Arrigo, 193
Van Der Ster, Suzanne, 370
van Rijsbergen, Cornelis Joost, detto Keith, 243
Vanneschi, Marco, 275
Vannozzi, David, 199, 209
Varma, Girish, 374
Varricchio, Stefano, 300
Vauquois, Bernard, 257
Vechiacchi, Francesco, 77
Venerosi, Paola, 277
Ventre, Aldo, 302
- Ventriglia, Francesco, 298, 304
Ventura, Paolo, 373
Vergni, Davide, 379
Vesalio, Andrea, 118
Vian, Felice, 127
Villani, Antonio, 375
Vita Finzi, Paola, 193
Vitali, Domenico, 375
Vittorio Emanuele II, re d'Italia, 3
Vitulano, Sergio, 302
Volpato, Mario, 197
Volterra, Enrico, 30
Volterra, Vito, 314
von Bertalanffy, Ludwig, 355
von Leibniz, Gottfried, 2
von Neumann, John, nato János Lajos Neumann, XV, 15, 33, 35, 43, 49, 51, 124, 195
Vondrák, Jan, 373
Vonnegut, Kurt, 16
Vota-Pinardi, Uja, 305-306
Vuillemin, Jean, 369
- Warhol, Andy, nato Andrew Warhola Jr., 337
Weitschek, Emanuel, 375, 378
Welser, Marco, 119
Wiener, Norbert, 282, 284-286, 290-291, 306
Wilkes, Maurice Vincent (Sir), 58, 100
Williams, Frederic Calland, 15, 23, 43, 49, 51-52, 57, 62, 69
Wolsey, Laurence, 371
Wysong Jr., Earl Marshall, 193
- Zadeh, Lotfi, 302-303
Zampolli, Antonio, 255-257
Zannini, Luciano, 38, 40
Żmieńko, Agnieszka, 377
Zonta, Angelica, XXI
Zuse, Konrad, 14, 36

INDICE

Prefazioni

Andrea Lenzi	V
Maria Chiara Carrozza	VII

Premessa dei componenti del comitato editoriale

Ivo De Lotto	X
Domenico Laforenza	
Luigi Laura	
Giuseppe Mastronardi	
Antonio Piva	

Introduzione dei curatori dell'opera

Maristella Agosti	XII
Virginio Cantoni	

Protostoria

1	Torino 1840: Charles Babbage e Luigi Federico Menabrea al Congresso degli Scienziati Italiani	1
	Elena Borgi, Angelo Raffaele Meo	

Esordi

2	I primi calcolatori, il contesto internazionale e italiano	13
	Giovanni A. Cignoni	
3	L'INAC di Roma e la Ferranti Mk1*	25
	Andrea Celli, Giovanni A. Cignoni	
4	La CRC 102A del Politecnico di Milano	65
	Roberto Dadda	
5	Le Calcolatrici Elettroniche Pisane	89
	Giovanni A. Cignoni	
6	La Macchina di Statistica dell'Università di Padova	117
	Maristella Agosti, Alberto Cammozzo	

Formazione, divulgazione
e organizzazione dei servizi

7	Didattica informatica a livello universitario	137
	Marco Ferretti	
8	Consorzi e Centri di servizio	177
	Ivan Grossi	

Ricerca informatica nelle università e nei centri di ricerca

9	Il Progetto Finalizzato Informatica Angelo Raffaele Meo	221
10	Storia della nascita degli istituti informatici CNR a Pisa Domenico Laforenza	229
11	La tripla vita dell'Istituto di Cibernetica "Eduardo Caianiello" del CNR Guglielmo Tamburrini, Settimo Termini	281
12	CSATA - Tecnopoli e i Consorzi di Ricerca nel Sud: motori di sviluppo Antonio De Giorgio	317
13	Lo IASI: i modelli e l'informatica Paola Bertolazzi, Giovanni Felici	353

Programmi europei di ricerca e sviluppo nel settore delle tecnologie dell'informazione

14	La partecipazione italiana Carlo Ghezzi	385
	Indice dei nomi di persona Vol.1	409

Linee di ricerca

15	Teoria della computazione e algoritmi Fabrizio Luccio
16	Bioinformatica Paola Bonizzoni
17	Informatica teorica in Italia: origini e primi approcci Giorgio Ausiello
18	Information Retrieval Maristella Agosti
19	Basi di dati e Big Data Paolo Atzeni, Domenico Saccà
20	Le attività sui microprocessori Roberto Negrini, Mariagiovanna Sami
21	Elaborazione di immagini, riconoscimento di forme e Computer Vision Virginio Cantoni, Gian Luca Foresti
22	Robotica Giuseppina Gini
23	Interazione uomo-macchina Flavio Bonfatti
24	Sicurezza informatica e Privacy Giuseppe Mastronardi
25	Storia e ruoli della Polizia Postale e delle Comunicazioni. Tra passato, presente e futuro Barbara Strappato, Andrea Carnimeo
26	L'ingegneria del software in Italia Aniello Cimitile, Carlo Ghezzi

Indice dei nomi di persona Vol. 2

Volume 2

Volume 3

Linee di ricerca

- 27** Linguaggi di programmazione
Giorgio Levi
- 28** Sistemi concorrenti
Roberto Bruni, Ugo Montanari
- 29** Intelligenza artificiale, rappresentazione della conoscenza
Luigia Carlucci Aiello
- 30** Natural Language Processing in Italia: gli inizi
Oliviero Stock
- 31** Apprendimento automatico
Floriana Esposito, Lorenza Saitta

Informatica e società

- 32** Il ruolo di AICA nella ricerca informatica
Paolo Ciancarini
- 33** Il Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica (CINI)
Ernesto Damiani, Angela Miola, Stefano Russo
- 34** Le Riviste: Calcolo, Rivista di Informatica, Mondo Digitale
Nicola Ferro, Franco Filippazzi, Arrigo Frisiani,
Viola Schiaffonati, Fabio Schreiber
- 35** Specchi di storia dell'informatica:
il dibattito storico negli atti dei congressi AICA
Carla Petrocelli

- 36** L'informatica umanistica
Marina Buzzoni
- 37** Collezioni e musei
Elia Bellussi, Marco Cristanini, Stefano Ferilli, Elisabetta Mori,
Stefano Penge, Carla Petrocelli
- 38** L'archivio storico dell'AICA
Emanuela Scalzotto
- 39** Le Olimpiadi Italiane di Informatica
Roberto Grossi, Luigi Laura
- 40** L'Informatica in edicola
Stefano Ferilli, Luigi Laura
- 41** Storia di software, hardware e insegnamento liberi in Italia
Angelo Raffaele Meo, Mario Scovazzi

Indice dei nomi di persona Vol. 3

Autori



Alcune immagini senza didascalie
sono tratte da
pexels.com, freepik.com e pngtree.com

Stampato da Arti Grafiche La Moderna - Guidonia Montecelio (RM)
nel mese di novembre 2025

Copie 500