



CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
ISTITUTO DI RICERCHE SULLA COMBUSTIONE

IRC - CNR - IRC

Tit. VI.14 CI: FORMAZIONI F. COMUNICAZI

Napoli, 9 ottobre 2008

N. 0001259

09/10/2008



CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
Direzione Generale
Ufficio Paesi Industrializzati – Organismi Internazionali
Piazzale Aldo Moro, 7
00185 Roma

Sig.ra Antonella Porretti

OGGETTO: Programma Short-term mobility 2008 (lettera del 30/04/2008, prot. 34487).
Liquidazione finale

Gentile Sig.ra Porretti,

le invio, da parte dell'Ing. Lucia Russo, la documentazione necessaria alla liquidazione finale del soggiorno finanziato (Atene, 16 giugno 2008 – 13 luglio 2008):

1. ricevuta di pagamento (e-mail) del biglietto elettronico emesso dalla Compagnia AirOne relativo ai voli NAP-ATH 15 giugno 2008 AP 4401 S SSAPIT e ATH-NAP 13 luglio 2008 AP 4402 G GGSAPIT;
2. Dichiarazione sostitutiva dell'atto di notorietà e copia del documento di identità n. AN 1971044 resa per lo smarrimento di una carta di imbarco;
3. dichiarazione dell'istituzione straniera (Università degli Studi di Atene);
4. relazione scientifica del programma STM2008;
5. richiesta di rimborso delle spese di missione per € 371,60;
6. autorizzazione alla pubblicazione sul sito web del CNR;
7. dichiarazione a firma congiunta.

Per qualsiasi informazione potrà fare riferimento anche all'indirizzo di posta elettronica lucrusso@unina.it

Cordiali saluti

I.R.C. - C.N.R.
Il Segretario Amministrativo
Vincenzo Scognamiglio

Vincenzo Scognamiglio

Da: "Lucia Russo" <lucrusso@unina.it>
 A: <enzosco@irc.cnr.it>
 Data invio: mercoledì 8 ottobre 2008 17.05
 Allega: ATT00064.dat; ATT00065.dat
 Oggetto: Fwd: Ricevuta biglietto numero 8672134794777

Caro Vincenzo,

ti ho inoltrato la ricevuta di pagamento del biglietto.

Grazie

Lucia

----- Messaggio inoltrato da airone_acquistiweb@flyairone.it -----

Data: 27 Sep 2008 17:57:26 +0200
 Da: AirOne - Rimborsi Acquisti Web <airone_acquistiweb@flyairone.it>
 Rispondi-A: AirOne - Rimborsi Acquisti Web <airone_acquistiweb@flyairone.it>
 Oggetto: Ricevuta biglietto numero 8672134794777
 A: RUSSO <LUCRUSSO@UNINA.IT>

Questa email e' stata inviata da un sistema automatico - La preghiamo di non rispondere.
 This email was automatically delivered - please do not replay to this e-mail.

Gent.le Sig.re/a RUSSO,
 facendo seguito alla Sua richiesta, Le inviamo la ricevuta relativa all'acquisto del biglietto nr.
 8672134794777 del 08/05/2008 con codice prenotazione OCEQPL.
 Nel ringraziarLa per la preferenza accordataci cogliamo l'occasione per inviarLe i nostri migliori
 saluti.

Codice Prenotazione: OCEQPL
 Numero Biglietto: 8672134794777
 Data emissione: 08/05/2008

Nome passeggero: RUSSO/LUCIA DR
 Modalità di pagamento: CC ccn. *****004 scad. 1209

Tratte:
 1. NAP-ATH 15JUN AP 4401 S SSAPIT
 2. ATH-NAP 13JUL AP 4402 G GSAPIT

Importi:
 TARIFFA (il prezzo indicato è comprensivo di IVA al 10%)*.....€ 327,00
 TASSE
 - EX.....€ 1,50

- IT.....	€ 4,82
- VT.....	€ 1,81
- HB.....	€ 2,50
- GR.....	€ 12,00
- WQ.....	€ 4,11
- WP.....	€ 11,86
- YQ.....	€ 6,00

TOTALE.....€ 371,60

* Le tariffe dei voli internazionali non sono soggette ad IVA (art. 9.6DPR633/72)

Air One S.p.A.
 CAP. SOC. € 50.000.000,00 I.V.
 C.C.I.A.A. DI CHIETI N. 100182
 PARTITA IVA01627210691
 COD. FISC. E REG. IMPRESE 01058580687

Sede Operativa:
 Via Cesare Giulio Viola, 27 - 00148 Roma - Italy
 Tel. 06.65.68.11 - Fax 06.65.68.14.01/4

Sede Legale:
 Viale Abruzzo, 410 - 66013 Chieti - Italy
 Tel. 0871.58.748 - Fax 0871.55.22.11

www.flyairone.it

----- Fine del messaggio inoltrato -----

--

Ing. Lucia Russo, Ph.D.
 Istituto di Ricerche sulla Combustione (CNR) &
 Depart. of Chemical Engineering
 University of Naples, Federico II
 tel.: +39 081 768 2262

Questa email e' stata inviata da un sistema automatico - La preghiamo di non rispondere.
 This email was automatically delivered - please do not replay to this e-mail.

Gent.le Sig.re/a RUSSO,
 facendo seguito alla Sua richiesta, Le inviamo la ricevuta relativa all'acquisto del biglietto nr.
 8672134794777 del 08/05/2008 con codice prenotazione OCEQPL.
 Nel ringraziarLa per la preferenza accordataci cogliamo l'occasione per inviarLe i nostri migliori
 saluti.

Codice Prenotazione: OCEQPL
 Numero Biglietto: 8672134794777

09/10/2008

Data emissione: 08/05/2008

Nome passeggero: RUSSO/LUCIA DR
 Modalità di pagamento: CC ccn. *****004 scad. 1209

Tratte:

1. NAP-ATH 15JUN AP 4401 S SSAPIT
2. ATH-NAP 13JUL AP 4402 G GSAPIT

Importi:

TARIFFA (il prezzo indicato è comprensivo di IVA al 10%)*.....? 327,00

TASSE

- EX.....? 1,50
- IT.....? 4,82
- VT.....? 1,81
- HB.....? 2,50
- GR.....? 12,00
- WQ.....? 4,11
- WP.....? 11,86
- YQ.....? 6,00

TOTALE.....? 371,60

* Le tariffe dei voli internazionali non sono soggette ad IVA (art. 9.6DPR633/72)

Air One S.p.A.
 CAP. SOC. ? 50.000.000,00 I.V.
 C.C.I.A.A. DI CHIETI N. 100182
 PARTITA IVA01627210691
 COD. FISC. E REG. IMPRESE 01058580687

Sede Operativa:
 Via Cesare Giulio Viola, 27 - 00148 Roma - Italy
 Tel. 06.65.68.11 - Fax 06.65.68.14.01/4

Sede Legale:
 Viale Abruzzo, 410 - 66013 Chieti - Italy
 Tel. 0871.58.748 - Fax 0871.55.22.11

www.flyairone.it

			
NOME PASSEGGERO / NAME OF PASSENGER		LUCIA DR	
DA / FROM	NAPLES		
A / TO	ATHENS		
VOLO / FLIGHT	CLASSE / CLASS	DATA / DATE	ORA PARTENZA / DEPT. TIME
USCITA / GATE	ORA IMBARCO / BOARDING TIME	POSTO / SEAT	

Air One Spa • Viale Abruzzo, 410 • 66013 Chieti • Italy
 Tel. 0871.58.748 • Fax 0871.55.22.11 • P. Iva 01627210691

DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETÀ⁽¹⁾

(Artt. 47 e 48 D.P.R. n. 445 del 28/12/2000)

La sottoscritta Lucia Russo nata a Castellammare di Stabia il 18/03/1971
residente a Via E.A.Mario N°6, 80046, S.Giorgio a Cremano (Na)

**consapevole della responsabilità penale cui può andare incontro in caso di
dichiarazione mendace,**

DICHIARA

Di aver effettuato il viaggio di ritorno da Atene per Napoli svolto all'interno del Programma "Short Mobility 2008" il giorno 13/07/2008 con il volo della compagnia Airone.

Di aver smarrito la carta di imbarco del suddetto viaggio.

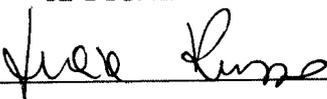
Di non aver utilizzato la carta di imbarco per altri scopi o rimborso spese.

la sottoscritta ai sensi della Legge 196/03 è informata che i dati personali forniti con la presente dichiarazione potranno essere trattati per gli adempimenti connessi all'espletamento delle procedure amministrative relative.

Letto, confermato e sottoscritto.

Napoli, 8.10.2008

IL DICHIARANTE



- 1) La dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà non è soggetta ad autenticazione ove sia apposta in presenza del dipendente addetto, ovvero l'istanza sia presentata unitamente a fotocopia, non autenticata, di un documento d'identità del sottoscrittore.

REPUBBLICA ITALIANA



COMUNE DI

San Giorgio a Cremano

CARTA D'IDENTITÀ

N.° AN 1971044

DI

Scad. 08/02/2018

AN 1971044



RUSSO

LUCIA

18/03/1971

544

A

CASTELLAMMARE DI STABIA (NA)

ITALIANA

San-Giorgio a Cremano

VIA F. MARIO n. 6 I. I.

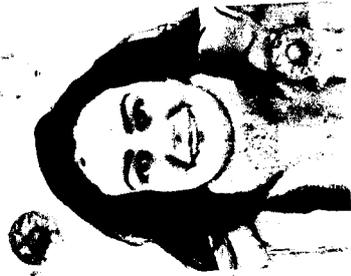
Stato libero

INGEGNERE

1 45

CASTANI

CASTANI



18/03/1971

09-02-2007

S. Giorgio a

Impres

18/03/1971

CASTANI
CASTANI



National Technical University of Athens
School of Applied Mathematical & Physical Sciences
9, Heron Polytechniou str., Zografou Campus, GR 15780,
Athens, Greece

Constantinos Siettos
Assistant Professor

Tel. +30 210 772 3950
FAX: +30 210 772 1302
e-mail: ksiet@mail.ntua.gr

Athens, 07.09.2008

To the L'Istituto di Ricerche sulla Combustione (IRC) of Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)

I would like to confirm that Dr. Lucia Russo, visited our Laboratory at the School of Applied Mathematics and Physical Sciences of the National Technical University of Athens from June 16th to July 13th of 2008. During this period Dr. Russo worked on a very interesting problem of relevance to the modelling of the dynamics of forest fires spread.

It is easily understood that the need for designing and developing effective ways of dealing with forest wildfires is one of the most important challenges of our time. Towards this goal Dr. Russo's efforts was focused on the simulation of the complex dynamics of wild-fires spread on mountainous terrains using state-of-the-art techniques such as Cellular Automata and Geographical Information System(GIS) data from real-world cases in Greece .

The methodology that has been developed has the ability to take into account several factors that affect the fire spread including meteorological as well as detailed spatio-geographical parameters. The simulation results hold promising in predicting in a satisfactory manner the spread of a forest fire in heterogeneous landscapes.

As a result of Dr. Russo's visit we are currently preparing a manuscript to submit in an archival journal for publication, while much of the work is well in progress promising many more strong papers to come.

To this end I would like to remark that beyond "research transfer" the subject has strong potential for technology transfer between Italy and Greece, in a problem of utmost importance for both countries, and Dr. Russo's visit has certainly paved the way for a longstanding continuing collaboration.

Sincerely,

Constantinos Siettos
Assistant Professor
School of Applied Mathematics & Physical Sciences, NTUA

**RELAZIONE SCIENTIFICA FINALE DEL PROGRAMMA
SHORT MOBILITY 2008 DAL TITOLO:**

***MODELLAZIONE DELLA PROPAGAZIONE DI INCENDI
BOSCHIVI: APPLICAZIONE DI AUTOMI CELLULARI***

FRIUTORE DEL PROGRAMMA:

DOTT. LUCIA RUSSO

PROPONENTE DEL PROGRAMMA:

PROF. GENNARO RUSSO

A handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to be the name of the author or a related official.

Modellazione della propagazione di incendi boschivi: applicazione di automi cellulari

1. Introduzione

Negli ultimi anni gli incendi boschivi sono stati causa di numerosi ed irreversibili danni con conseguenze profonde sia di tipo ecologico che socio-economico. E' dunque di fondamentale importanza sviluppare strategie opportune per la riduzione dei rischi. Tali strategie si possono dividere in due categorie: quelle a carattere preventivo e quelle operative. In entrambi i casi, lo sviluppo e l'ottimizzazione di tali strategie può essere reso più efficiente dall'utilizzo di modelli matematici che riescono a prevedere la propagazione nello spazio e nel tempo dell'incendio. Modelli predittivi della propagazione di incendi boschivi devono tenere in conto un elevato numero di fattori che dipendono dalle condizioni metereologiche e dalle caratteristiche del territorio. Lo sviluppo di modelli che tengano in conto tutti questi fattori è ancora molto dibattuto in letteratura, in quanto l'interazione tra i vari fattori sia metereologici che territoriali è molto complessa e non è ancora molto chiara.

Uno dei lavori fondamentali su questo argomento è rappresentato dallo studio pionieristico di Rothermel [1-2] che sulla base di esperimenti di laboratorio sviluppò un modello in grado di prevedere la massima velocità di propagazione del fronte dell'incendio. A partire da tale modello, sono apparsi successivamente numerosi studi con lo scopo di descrivere spazialmente la propagazione dell'incendio sul territorio interessato. Tali studi possono essere suddivisi in due categorie a secondo dell'approccio utilizzato. La prima categoria riguarda modelli basati su una descrizione continua dello spazio [3] e che quindi sono rappresentati da equazioni alle derivate parziali. La seconda categoria riguarda modelli basati su una descrizione discreta dello spazio [4]. In quest'ultima categoria particolarmente promettenti appaiono quelli basati su automi cellulari. Un automa cellulare è una struttura regolare di entità identiche interagenti, caratterizzato da un reticolo di celle. Ogni cella è descritta da un certo numero di variabili di stato che caratterizzano il sistema fisico e variano nel tempo ad istanti discreti in funzione di ciò che avviene nelle celle adiacenti. Gli automi cellulari si sono



dimostrati molto potenti nel descrivere il comportamento emergente di sistemi complessi [5]. Questa caratteristica, insieme con il fatto che modelli basati su automi cellulari possono essere facilmente confrontati con dati rilevati con il sistema GIS (Geographical Information Systems), li rende particolarmente adatti alla modellazione del comportamento complesso della propagazione degli incendi boschivi [6-9].

In questo contesto il presente programma di short mobility ha avuto come scopo l'avviamento di una attività di ricerca che prevede una collaborazione tra l'Istituto di Ricerche sulla Combustione e la School of Applied Mathematics and Physical Sciences of the National Technical University of Athens.

L'obiettivo finale è lo sviluppo di un modello matematico per la previsione della propagazione di incendi boschivi sul territorio nazionale italiano attraverso l'utilizzo di automi cellulari. La ricerca si avvale da un lato della competenza acquisita nell'Istituto delle Ricerche sulla Combustione nella modellazione e analisi dei fenomeni della combustione ed, in particolare, della competenza della Dr. Lucia Russo nell'analisi dinamica di sistemi reagenti, e, dall'altro lato, dell'esperienza del Prof. C. Siettos della School of Applied Mathematics and Physical Sciences della National Technical University of Athens nel campo della modellazione e dello sviluppo di metodologie di analisi di sistemi complessi [10].

Si riporta di seguito il modello matematico messo a punto dalla Dott. Lucia Russo in collaborazione con il Prof. Siettos durante il soggiorno all'università NTUA svoltosi all'interno del presente programma di short mobility.

2. Metodologia basata su Automi Cellulari per la previsione dello sviluppo di incendi boschivi

2.1 Definizione della griglia

Il primo passo per lo sviluppo di una metodologia basata su automi cellulari è la definizione di una griglia. La presente metodologia utilizza una griglia bidimensionale che discretizza l'area forestale in un certo numero di celle. Ogni cella rappresenta una piccola porzione di terra ed è stata assunta di forma



quadrata, in maniera da poter descrivere otto possibili direzioni di propagazione dell'incendio vedi figura 1).

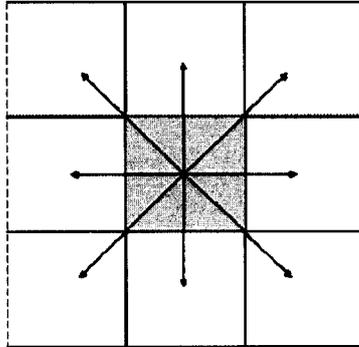


Fig. 1 Possibili direzioni di propagazione dell'incendio su una griglia di celle quadrate.

2.2 Stato delle celle

Ogni cella è caratterizzata da quattro possibili stati che evolvono in maniera discreta nel tempo. I possibili stati sono i seguenti:

Stato=1: La cella non contiene combustibile derivante da vegetazione . Questo stato può descrivere le celle corrispondenti a parti di città in cui non vi è vegetazione oppure area rurali aride. Il presente modello assume che le celle in questo stato non partecipano alla diffusione dell'incendio.

Stato=2: La cella contiene combustibile derivante da vegetazione che non è bruciato.

Stato=3: La cella contiene combustibile derivante da vegetazione che sta bruciando.

Stato=4: La cella contiene combustibile derivante da vegetazione che è stato bruciato.

Lo stato di ogni cella è registrato come elemento di una matrice (S) che da ora in poi verrà chiamata la matrice degli stati. La figura 2 mostra un esempio di come

un'area di 16 celle, con un numero casuale di stati, può essere codificata in termini di matrice.

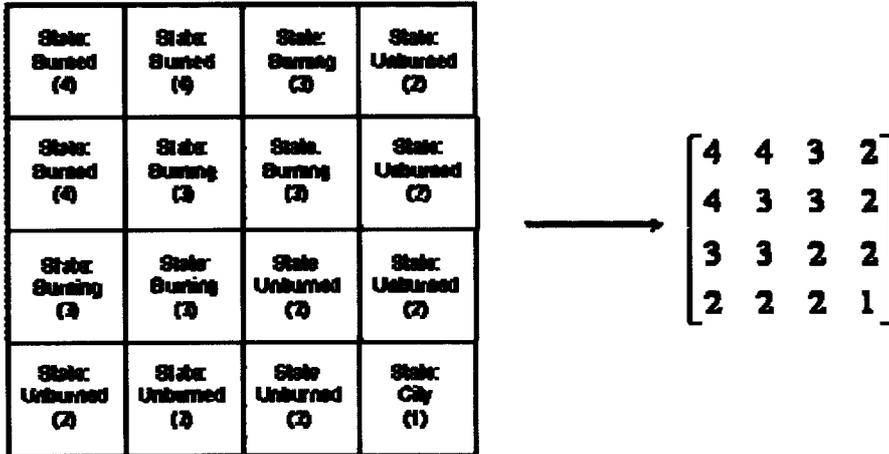


Fig.2 Matrice degli stati S

2.3 Leggi di evoluzione

Durante la simulazione, ad ogni istante di tempo discreto t , vengono applicate le seguenti leggi di evoluzione agli elementi i, j della matrice degli stati S (e quindi a tutte le celle):

Legge 1: IF $\text{state}(i, j, t) = 1$ THEN $\text{state}(i, j, t+1) = 1$

Questa legge implica che lo stato di una cella che non ha combustibile (cella vuota) rimane la stessa e non può incendiarsi.

Legge 2: IF $\text{state}(i, j, t) = 3$ THEN $\text{state}(i, j, t+1) = 4$

Questa legge implica che una cella che si sta incendiando al tempo corrente si spegnerà all'istante successivo.

Legge 3: IF $\text{state}(i, j, t) = 4$ THEN $\text{state}(i, j, t+1) = 4$

Questa legge implica che lo stato di una cella vuota che si è spenta nell'istante precedente rimane spenta negli istanti successivi.

Legge 4: IF $\text{state}(i, j, t) = 3$ THEN $\text{state}(i\pm 1, j\pm 1, t+1) = 3$ with a probability p_{burn}

Questa legge implica che quando una cella si incendia all'istante corrente, l'incendio può propagarsi alle celle adiacenti con una probabilità pari a p_{burn} . Questa probabilità è una funzione di vari parametri che influenzano la velocità di avanzamento dell'incendio e verrà analizzata in dettaglio in seguito. Va notato che essendo la griglia quadrata l'incendio può propagarsi alle celle adiacenti $i\pm 1, j\pm 1$, che sono le otto celle mostrate in figura 1.

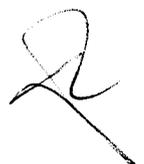
2.4 Variabili che influenzano la velocità di propagazione dell'incendio

La metodologia sviluppata considera le seguenti variabili che influenzano la velocità di propagazione dell'incendio: il tipo di vegetazione, la densità di vegetazione, la velocità del vento e la direzione, l'inclinazione del terreno e l'effetto "spotting" (che verrà descritto in seguito).

Le variabili che sono specifiche della zona, ovvero tipo e densità di vegetazione ed inclinazione del terreno sono riportate in una matrice simile alla matrice degli stati. La probabilità p_{burn} è calcolata con la seguente equazione:

$$p_{burn} = p_h (1 + p_{veg}) (1 + p_{den}) p_w p_s \quad (1)$$

dove p_h indica la costante di probabilità che una cella, adiacente alla cella che sta bruciando e contenente un certo tipo e densità di vegetazione, venga investita dall'incendio nell'istante successivo, in condizioni di assenza di vento e di inclinazione del terreno; p_{den} , p_{veg} , p_w , p_s sono le probabilità che l'incendio si propaghi, e dipendono rispettivamente dalla densità di vegetazione, dal tipo di vegetazione, dalla velocità del vento e dall'inclinazione del terreno. Tali probabilità vanno moltiplicate per una costante di probabilità p_h per ottenere la corretta probabilità (p_{burn}) che tiene in conto tutti i fattori menzionati.



2.5 Effetto del tipo e della densità di vegetazione

Gli effetti del tipo e della densità di vegetazione sono rappresentati dalle probabilità p_{veg} e p_{den} rispettivamente. In particolare, il tipo e la densità di vegetazione sono suddivisi in un numero discreto di categorie. In questo caso, sia il tipo che la densità di vegetazione sono state suddivise in tre categorie che vanno da 1 a 3. Per il tipo, 1 rappresenta una area agricola, 2 rappresenta una area ricoperta da arbusti e 3 da alberi di pino. Per la densità, 1 rappresenta una vegetazione sparsa e 3 una vegetazione densa. Tipo e densità sono classificati attraverso due matrici, la matrice di vegetazione e la matrice di densità. Ad ogni rispettiva categoria è assegnato un valore delle probabilità p_{veg} e p_{den} .

2.6 Effetto della direzione e della velocità del vento.

Molte sono le relazioni empiriche che sono state suggerite in letteratura per modellare l'effetto del vento sulla velocità di propagazione del fronte dell'incendio. La più utilizzata, riportata in [11,12] è la seguente:

$$R_w = R_{0w} \exp(\beta \theta_f) \quad (2a)$$

dove R_w rappresenta la velocità di propagazione in presenza di vento, R_{0w} è la velocità di propagazione quando la velocità del vento è uguale a zero, θ_f è l'angolo della fiamma misurato dalla direzione perpendicolare alla direzione della velocità di propagazione e β è la costante che in genere si ottiene dalla regressione lineare dei dati sperimentali [8]. Quando la direzione della velocità di propagazione è la stessa di quella del vento allora l'angolo è fissato pari a θ_f , mentre se sono di direzione opposta l'angolo è fissato pari a $-\theta_f$; per tutte le altre direzioni l'angolo θ_f è posto uguale a zero. La seguente espressione empirica è stata suggerita in [13] per calcolare l'angolo della propagazione dell'incendio:



$$\operatorname{tg}(\theta_f) = 0.4226V \quad (2b)$$

dove V denota la velocità del vento.

Nel nostro caso abbiamo applicato una relazione empirica più flessibile dove la probabilità che contiene l'effetto della velocità del vento e della sua direzione è calcolata dalle seguenti espressioni:

$$p_w = \exp(c_1 V) f_i, \quad f_i = \exp(V c_2 (\cos(\theta) - 1)) \quad (3)$$

dove c_1, c_2 sono costanti da determinare e θ è l'angolo tra la direzione di propagazione dell'incendio e la direzione del vento. Da notare che usando questa formula la direzione del vento può avere un qualunque valore continuo tra 0° e 360° , a differenza della maggior parte delle tecniche menzionate dove la direzione del vento può solo assumere valori discreti. La figura 3 mostra la forma generale della probabilità p_w in funzione dell'angolo θ per alcuni valori arbitrari di c_1, c_2 e della velocità del vento V .

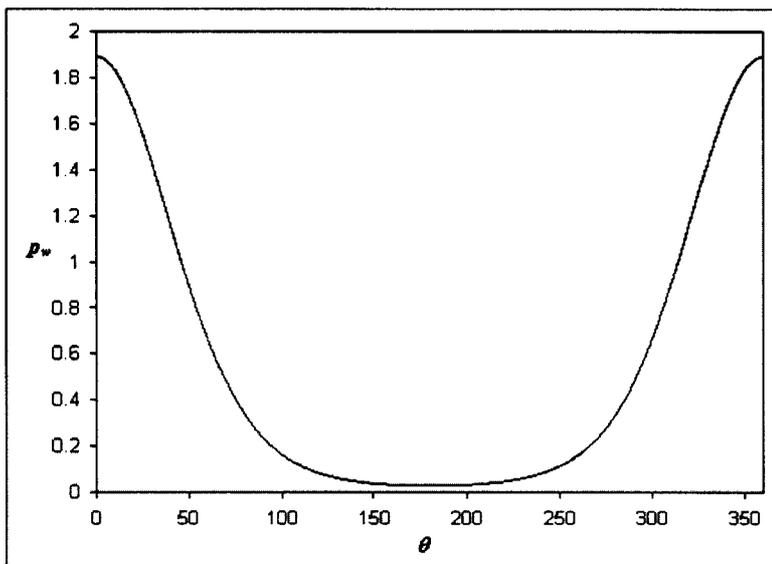


Fig.3 Effetto dell'angolo θ sulla probabilità p_w .

2.7 Effetto dell'inclinazione del terreno.

L'effetto dell'inclinazione del terreno è modellato utilizzando la seguente equazione proposta in [12]:

$$R_s = R_{0s} \exp(a\theta_s) \quad (4a)$$

dove R_{0s} è la velocità di propagazione quando l'inclinazione è uguale a zero, θ_s è l'angolo dell'inclinazione del terreno (nella specifica cella) e a è una costante che può essere stimata dai dati sperimentali. Secondo l'equazione (4a), la probabilità che modella l'effetto dell'inclinazione del terreno può essere espressa come:

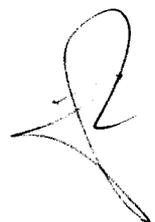
$$p_s = \exp(a\theta_s) \quad (4b)$$

Va notato che siccome la griglia è quadrata, la pendenza deve essere calcolata in maniera differente a seconda che le celle sono adiacenti o diagonali alla cella che brucia. Più precisamente, per celle adiacenti l'angolo di inclinazione è espresso da:

$$\theta_s = \tan^{-1}\left(\frac{E_1 - E_2}{l}\right) \quad (5a)$$

Dove E_1 e E_2 sono l'altitudine delle due celle e l è la lunghezza del lato quadrato, invece per celle diagonali la formula diventa:

$$\theta_s = \tan^{-1}\left(\frac{E_1 - E_2}{l\sqrt{2}}\right) \quad (5b)$$



2.8 Effetto “spotting”.

L’effetto “spotting” è un fenomeno caratterizzato dalla combustione di materiale di piccole dimensioni come ramoscelli e piccoli pezzi di tronchi che possono essere trasportati dal vento o proiettati per altri motivi, per poi ricadere in regioni lontane dal fronte di propagazione dell’incendio. Tale materiale può eventualmente creare nuovi fronti in dipendenza del tipo e della densità di vegetazione delle zone colpite.

Un classico esempio del fenomeno “spotting” sono le pigne incandescenti che, pur essendo troppo pesanti per essere trasportate dal vento, vengono proiettate in aria per poi ricadere anche a centinaia di metri di distanza. Ovviamente la natura probabilistica di questo fenomeno rende piuttosto difficile la definizione di un modello deterministico che lo descriva. Nel presente programma di ricerca si è scelto di incorporare tali azioni a lungo raggio cercando di approssimare il fenomeno di spotting dovuto alle pigne, essendo i pini gli alberi più comuni della macchia mediterranea.

Infatti, nel caso di una foresta di pini si può assumere che ogni cella che brucia, possa proiettare in aria un numero di pigne incandescenti pari a N_p . Tale numero viene estratto da una distribuzione di tipo Poisson con valore medio λ . La direzione verso cui ogni pigna è proiettata è quindi ricavata da una distribuzione uniforme. Il parametro finale da valutare per modellare tale fenomeno di “spotting” è la distanza d_p coperta da ogni pigna. Tale distanza è funzione di due componenti: la prima componente rappresenta la spinta di una pigna e può essere modellata in maniera probabilistica; la seconda è la direzione del vento e la sua velocità. L’effetto combinato di queste due componenti può essere modellato con la seguente espressione:

$$d_p = r_n \exp(Vc_2 (\cos(\theta_p) - 1)) \quad (6)$$

Dove r_n è un numero casuale ricavato da una distribuzione normale con una data media e deviazione standard e θ_p è l’angolo tra la direzione del vento e la direzione della traiettoria delle pigne incandescenti. Conoscendo l’angolo della



traiettoria e la distanza, possono essere facilmente calcolate le celle che verranno colpite dalle pigne. Se queste celle bruceranno oppure no, dipende sia dal tipo che dalla densità di vegetazione. Così è possibile definire una probabilità costante che una cella venga colpita dall'incendio per effetto "spotting" per poi correggere questo valore di probabilità attraverso un fattore p_{cd} che dipende dal tipo e dalla densità di vegetazione della cella. Ovvero:

$$p_c = p_{c0}(1 + p_{cd}) \quad (7)$$

Infine si aggiunge alle leggi di evoluzione già descritte, una quinta legge che tiene conto dell'effetto "spotting":

Rule 5: IF state(i, j, t) = 3 THEN state($i \pm i_c, j \pm j_c, t+1$) = 3 with a probability p_c

dove i_c e j_c sono indici che dipendono dalla distanza d_p e dalla direzione della traiettoria della pigna.

Conclusioni e lavori in corso

Il presente programma di "short mobility" ha avuto come scopo l'avviamento di una collaborazione scientifica tra l'Istituto di Ricerche sulla Combustione del CNR e la School of Applied Mathematics and Physical Sciences della National Technical University of Athens sul tema dell'analisi e la simulazione di incendi boschivi. Tale programma ha previsto un soggiorno della Dott. Lucia Russo, presso l'istituzione su menzionata, che è servito allo sviluppo di un modello matematico per la previsione della propagazione di incendi boschivi. Il modello basato su Automi Cellulari ha la possibilità di prevedere lo sviluppo e la dinamica di un incendio in maniera accurata includendo nella modellazione diversi parametri sia meteorologici che spatio-geografici. Il modello tiene conto in maniera innovativa del fenomeno di "spotting" che raramente viene considerato in letteratura ma che può influenzare notevolmente la velocità di propagazione dell'incendio. Lavori in corso prevedono l'applicazione di tale modello su incendi di grande scala avvenuti negli anni passati sia sul territorio italiano che su quello greco, e per cui sono disponibili dati rilevati con il sistema GIS (Geographical



Information Systems). In particolare, il primo “case-study” per la validazione del modello sarà il disastroso incendio avvenuto nel 28 giugno 2007 in Parnitha che ha visto la distruzione di circa 52 km² di foresta di pini e abeti.

Bibliografia

[1] R. Rothermel, A Mathematical Model for predicting fire spread in Wildland Fuels, Res.Pap. INT-115. Ogden, UT, U.S. Dep. of Agr., Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station (1972).

[2] R. Rothermel, How to Predict the Spread and Intensity of Forest Fire and Range Fires, Gen. Tech. Rep. INT-143. Ogden, UT, U.S. Dep. of Agr., Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station (1983).

[3] G. D. Richards, A general mathematical framework for modeling 2-dimensional wildland fire spread, *Int. J. Wildland Fire*, 5:63-72 (1995).

[4] E. Pastor, L. Zarate, E. Planas, J. Arnaldos, Mathematical models and calculation systems for the study of wildland fire behaviour, *Progress in Energy and Combustion Science*, 29:139-153 (2003).

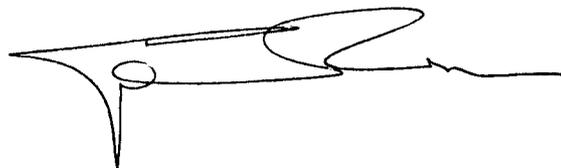
[5] J. Von Neumann, *The theory of self-reproducing automata*, University of Illinois Press, Urbana IL, 388 (1966).

[6] I. Karafyllidis, A. Thanailakis, A model for predicting forest fire spreading using cellular automata, *Ecological Modelling*, 99(1):87-97 (1997).

[7] X. Li, W. Magill, Modeling fire spread under environmental influence using a cellular automaton approach, *Complexity International*, 8:1-14 (2001).



- [8] S. G. Berjak, J. H. Hearne, An improved cellular automaton model for simulating fire in a spatially heterogeneous Savanna system, *Ecological Modelling*, 148:133-151 (2002).
- [9] S. Yassemi, S. Dragicevic, M. Schmidt, Design and implementation of an integrated GIS-based cellular automata model to characterize forest fire behavior, *Ecological Modelling* 210 (2008) 71–84.
- [10] C. I. Siettos , Rico-Martinez R., Kevrekidis I.G. “A systems-based approach to multiscale computation : Equation-free detection of coarse-grained bifurcations”, *Computers & Chemical Engineering*, vol. 30, no10-12, pp. 1632-1642 (2006).
- [11] Z. Yongzhong, Z. D. Feng, H. Tao, W. Liyu, L. Kegong, D. Xin, Simulating wildfire spreading processes in spatially heterogeneous landscapes using an improved cellular automaton model, *IGARSS '04, Proceedings 2004 IEEE International*, 3371- 3374 (2004).
- [12] D. R. Weise, G. S. Biging, Effects of wind velocity and slope on flame properties, *Can. J. For. Res.*, 26:1849-1858 (1996).
- [13] N. P. Cheney, Fire behaviour, in *Fire and the Australian Biota*, A. M. Gill, G. H. Groves, I. R. Noble, (Editors.), Australian Academy of Science, Canberra, 157-175 (1981).



Il sottoscritto, (nome)..... LUCIA(cognome)..... RUSSO
 nato a PASTELLAMA RED^{SIABIA} il 18/03/1971....., residente in (città) S. GIORGIO A ERANO
 provincia.) NA c.a.p. 80046, Via E. AMARIO 6.....

DICHARA

con la presente, di autorizzare, a tutti gli effetti di legge e con particolare riferimento alle disposizioni di cui al D.Lgs. n. 196/2003, il Consiglio Nazionale delle Ricerche a pubblicare sul sito web del CNR medesimo, sollevandolo da ogni responsabilità, la relazione inerente alle proprie ricerche, svolte durante il soggiorno finanziato dal CNR nell'ambito del Programma di breve mobilità "Short-term Mobility", gestito dalla Direzione Generale, Ufficio Paesi Industrializzati-Organismi Internazionali dello stesso Consiglio.

In fede

Firma



Data 8.10.2008

La Dott. Lucia Russo, in qualità di fruitore, ed il Prof. Gennaro Russo, in qualità di proponente del Programma "Short Mobility 2008" svoltosi alla National Technical University of Athens (NTUA) in collaborazione con il Prof. Constantinos Siettos, dichiarano:

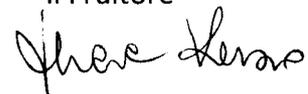
che il programma ha previsto, per la Dott. Lucia Russo, un periodo di soggiorno ad Atene della durata di 29 giorni e 28 notti, con data di partenza per Atene 15/06/2008 e data di rientro a Napoli 13/07/2008.

Si impegnano a citare il CNR in eventuali rapporti scientifici o pubblicazioni conseguenti all'attività di ricerca svolta.

Forniscono il consenso al trattamento dei dati personali da parte del CNR inerenti al Programma.

Data 9/10/2008

Il Fruitore



Il Proponente

