

Oggetto: **Relazione scientifica di Massimiliano Alvioli**

Il progetto di collaborazione scientifica fra il sottoscritto, per il gruppo di Geomorfologia di Perugia, ed il gruppo di Rex Baum all'USGS di Golden, si proponeva di preparare una versione parallela del codice di calcolo TRIGRS originariamente sviluppato dall'USGS. Il codice TRIGRS è un modello fisicamente basato per il calcolo della stabilità di versanti, originariamente pensato per l'utilizzo su un'area limitata a causa della necessità di avere un modello digitale del terreno ad alta risoluzione, la conoscenza di molti parametri di input e di dati di pioggia con risoluzione confrontabile e spazialmente distribuiti. La disponibilità di questi dati su vasta scala richiede che il codice venga rivisto secondo una logica di programmazione parallela a basso livello, affinché il programma possa essere aggiornato in maniera trasparente a tutti gli utenti. In particolare, il gruppo di Geomorfologia di Perugia ha scelto TRIGRS insieme ad altri modelli fisicamente basati, con funzionalità complementari, affiancando i metodi statistici usati per la stima giornaliera del rischio di frana sul territorio nazionale.

Durante il soggiorno presso l'USGS, abbiamo portato a termine la maggior parte degli obiettivi proposti. In particolare, è stata preparata una versione parallela funzionante del codice TRIGRS. Durante la collaborazione abbiamo dovuto in primo luogo scegliere il metodo di parallelizzazione da utilizzare. Esistevano in precedenza due versioni parzialmente parallelizzate. Una delle due era fondata sulla libreria parallela OpenMP (Open Multi Processing), sviluppata in precedenza dal proponente (M.A.) a Perugia, con la quale era stata dimostrata la fattibilità del progetto. L'altra versione era stata sviluppata dal gruppo dell'USGS, e prevedeva l'utilizzo di librerie MPI (Message Passing Interface). Durante la prima settimana della collaborazione nessuna delle due versioni si è dimostrata adatta ad essere ulteriormente modificata per raggiungere lo scopo finale del progetto in quanto il codice parzialmente parallelizzato con OpenMP risultava non generalizzabile in tutte le modalità di esecuzione di TRIGRS mentre la versione MPI non forniva risultati corretti. Abbiamo deciso in accordo con Rex Baum di iniziare una nuova stesura del codice, abbandonando lo schema OpenMP

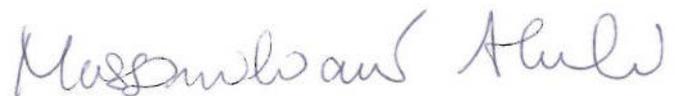
ed utilizzando solo lo schema MPI. M.A. ha sviluppato il nuovo codice, ottenendo una versione completamente parallela delle 4 modalità di esecuzione principali del modello TRIGRS: modello saturo con suolo di profondità infinita, modello saturo con suolo di profondità fissa, modello parzialmente saturo con suolo di profondità infinita, modello parzialmente saturo con suolo di profondità fissa. Abbiamo deciso di non parallelizzare le due modalità di esecuzione rimanenti di TRIGRS, i modelli di Iverson e Savage, in quanto i tempi di esecuzione non richiedono tempi lunghi. Abbiamo sviluppato ed eseguito il programma sia sulle macchine multiprocessore recentemente acquistate dal gruppo di Perugia sia sulle macchine dell'USGS, mostrando che la performance del codice è molto scalabile in funzione del numero di processi utilizzati fino ad un massimo di 112 processi distribuiti su due macchine separate, obiettivo raggiungibile solo il metodo di programmazione utilizzato (MPI). Abbiamo dedicato gli ultimi giorni del soggiorno di M.A. ad un primo debugging del codice, alla scrittura da parte di Rex Baum di una nuova porzione di codice che permette di interfacciarlo con il modello di stabilità tridimensionale SCOOP ed alla stesura di una versione completamente funzionante del codice e pronta per essere diffusa. Abbiamo testato il codice sull'area di Collazione (Umbria, area di studio ben nota al gruppo di Geomorfologia di Perugia e oggetto di pubblicazioni precedenti basate su TRIGRS) grazie alla quale abbiamo determinato il guadagno di tempo ottenibile utilizzando un modello digitale del terreno con risoluzione spaziale di 5 metri e serie di piogge note; abbiamo determinato che il tempo di esecuzione può essere ridotto, grazie al nuovo codice, da circa un giorno a meno di 20 minuti e fino a 5 minuti (circa 2 milioni di celle), a seconda della modalità di esecuzione scelta. Abbiamo infine applicato il nuovo codice, ottenendo prestazioni simili, ad un'area di studio in Colorado molto vasta (circa 12 milioni di celle), sulla quale l'USGS sta lavorando con il nuovo codice e che sarà oggetto di una pubblicazione comune.

In conclusione, abbiamo raggiunto l'obiettivo principale di sviluppare una versione completamente parallela del codice TRIGRS per la modellazione della stabilità dei versanti, codice molto utilizzato nella comunità scientifica internazionale e quindi con un grande numero di potenziali utenti interessati ad una versione ad alte prestazioni del codice, eseguibile su un comune computing cluster. Prevediamo la pubblicazione dei risultati della collaborazione in due pubblicazioni; una prima pubblicazione, a prima firma M.A., di carattere informatico e riguardante principalmente il nuovo codice e le sue prestazioni, includendo la modalità di esecuzione probabilistica che è stata oggetto di

una precedente pubblicazione comune; una seconda pubblicazione, a prima firma un ricercatore dell'USGS e con M.A. co-autore, riguardante un evento di pioggia intensa in Colorado che ha causato molte centinaia di frane nell'area di studio dove abbiamo testato il codice. Abbiamo individuato ulteriori sviluppi della collaborazione che riguardano principalmente una ulteriore ottimizzazione delle prestazioni del nuovo codice da parte di uno studente della Colorado School of Mines, la modifica del codice per includere la modalità di esecuzione in tempo reale da utilizzare a cadenza giornaliera per monitorare la stabilità di versanti su ampia scala ed infine la possibilità di includere la modellazione tridimensionale con il modello SCOOP direttamente nel codice TRIGRS.

Data 08/01/2015

Firma

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Massimiliano Ahluwalia". The signature is written in a cursive style with some capital letters.