

Sommario

Nel contesto relativo alla mitigazione del rischio vulcanico, la determinazione di aree esposte al rischio è di fondamentale importanza per la valutazione della pericolosità per l'uomo e le infrastrutture. La costruzione e l'opportuno posizionamento di barriere artificiali è cruciale per il controllo e il rallentamento del fronte lavico.

Nella presente tesi viene definito un sistema di supporto alle decisioni per la realizzazione ed ottimizzazione di opere di protezione da colata lavica. Per la simulazione di flussi lavici è stato utilizzato il modello ad Automi Cellulari SCIARA - fv2 e per l'evoluzione morfologica di opere protettive sono state applicate tecniche di ottimizzazione basate su Algoritmi Genetici Paralleli (AGP). In particolare, gli esperimenti sono stati condotti considerando l'evento lavico del 2001 avvenuto sul Mt. Etna che ha minacciato il rifugio Sapienza, una nota struttura turistica situata ad oltre 1800 metri di quota.

La prima versione del modello implementato, definita come approccio a barriera singola (ABS), fornisce opere di protezione costituite da due nodi. Le limitazioni relative all'approccio basato su singola barriera hanno portato, successivamente, alla realizzazione di una seconda strategia, definita come strategia evolutiva golosa (SEG), che introduce opere multibarriera al fine di rendere più efficienti le soluzioni finali. Il terzo e ultimo approccio è, invece, definito come strategia cooperativa evolutiva (SCC), dove l'insieme di barriere che costituisce la soluzione finale è interamente codificato all'interno del genotipo. Per promuovere l'interazione delle parti costituenti all'interno dell'ambiente dell'AG, inoltre, è stato favorito un meccanismo di cooperazione fra individui. Le soluzioni fornite dall'algoritmo in questione sono state estremamente efficienti, a considerazione del fatto che il volume totale utilizzato dalla migliore soluzione evoluta dall'algoritmo evolutivo per difendere l'Area di Protezione è risultato essere inferiore del 72% rispetto alla tecnica golosa e del 284% rispetto all'approccio a singola barriera. È, inoltre, importante notare come la migliore soluzione fornita dalla strategia SCC sia risultata approssimativamente 18 volte più efficiente rispetto all'insieme di interventi (13 barriere) applicati per deviare i flussi lavici dal Rifugio Sapienza durante l'eruzione etnea del 2001.

La valutazione della funzione di fitness, durante il processo evolutivo dell'algoritmo genetico, ha richiesto un uso massiccio del simulatore numerico mediante l'esecuzione di migliaia di simulazioni concorrenti. Tale processo, dato l'elevato carico computazionale, ha suggerito l'utilizzo del calcolo ad alte prestazioni. A tal fine, tecniche di GPGPU (General-Purpose Computation with Graphics Processing Units) sono state applicate per accelerare simulazioni singole e simultanee del modello SCIARA-fv2 in ambiente e linguaggio CUDA (Compute Unified Device Architecture). Diverse strategie sono state sviluppate per ridurre il tempo totale di esecuzione. I risultati ottenuti, in riferimento a quattro differenti dispositivi grafici, hanno mostrato dei significativi miglioramenti nelle prestazioni, rispetto alla versione sequenziale del modello, ottenendo uno speedup di 77.

Inoltre, per supportare la fase di analisi dei risultati, in questo lavoro è stato sviluppato un sistema di visualizzazione interattiva di simulazioni di flussi lavici implementato in linguaggio C++ e OpenGL ed integrato in interfaccia Qt. Il framework implementato è stato applicato con successo per la visualizzazione di simulazioni di flussi lavici e l'utilizzo di server multi-GPU dedicati ha, inoltre, offerto la possibilità di accelerare il processo di visualizzazione, garantendo, di fatto, di eseguire visualizzazione e simulazione in real-time.

Lo studio in questione, che rappresenta la prima applicazione di evoluzione morfologica per la mitigazione del rischio indotto da flussi lavici, ha prodotto risultati estremamente positivi.