

Conclusioni e sviluppi futuri

La parte più innovativa e anche più laboriosa della presente tesi di dottorato riguarda l'implementazione del modello numerico bidimensionale di simulazione idraulica denominato FLORA-2D (FLOod and Roughness Analysis) realizzata nell'ambito della collaborazione tra il Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente (DIFA) dell'Università degli Studi della Basilicata e la società di ricerca RSE (Ricerca sul Sistema Energetico).

Partendo dalla metodologia proposta nel 1994 da Molinaro et al. riguardante un modello bidimensionale per lo studio degli allagamenti in alvei a topografia complessa e in presenza di singolarità artificiali e naturali, si è implementato un modello idraulico capace di computare la variazione sia spaziale che temporale del coefficiente di resistenza al moto offerto dalla vegetazione.

FLORA-2D consente di calcolare il coefficiente di scabrezza n di Manning distinguendo tra vegetazione rigida e flessibile, risolvendo l'equazione di Petryk e Bosmajian nel primo caso e quella di Freeman et al., invece, nel secondo. Per la vegetazione flessibile è altresì possibile distinguere la condizione di totale sommersione da quella di parziale sommersione.

FLORA-2D, pertanto, supera l'incertezza nella valutazione del coefficiente di scabrezza che si presenta utilizzando altri modelli simili, per i quali bisogna ricorrere a metodi fotografici e descrittivi. Le stesse tabelle di letteratura, che contengono range

molto ampi, funzione non solo del tipo di vegetazione, ma anche del rapporto fra l'altezza d'acqua e le dimensioni della vegetazione stessa, necessitano di una conoscenza a priori dei valori delle altezze d'acqua.

Il codice, scritto in Fortran, richiede per l'inserimento dei dati di input la creazione di quattro differenti file, ciascuno relativo ad una tipologia di informazione in ingresso: uno relativo al terreno, uno che riguarda il dominio, uno relativo alle condizioni iniziali ed alle condizioni al contorno ed infine, in aggiunta a quanto proposto da Molinaro et al., un ulteriore file nel caso si voglia tenere conto della variabilità nel tempo del coefficiente di scabrezza.

Il codice fornisce in output tutta una serie di informazioni quali la definizione del dominio allagato, l'identificazione delle celle allagate, l'altezza d'acqua in ogni cella, la portata sui lati di ogni cella, il numero di Froude, l'inviluppo dei massimi dell'altezza d'acqua e della portata fino all'istante di tempo considerato, le evoluzioni temporali dell'altezza d'acqua, della velocità e del coefficiente di scabrezza nelle celle del dominio scelte in fase di input, le informazioni su come la soluzione è riuscita a giungere a convergenza ad ogni passo temporale, il bilancio dei volumi entranti, uscenti ed accumulati per ogni passo temporale.

Dalle analisi sulle variazioni temporali del coefficiente di scabrezza effettuate sulle singole celle del dominio di calcolo, si evince che il modello interpreta bene sia quanto proposto da Petryk e Bosmajan riguardo la scabrezza in presenza di vegetazione rigida, sia l'approccio empirico di Freeman et al. per la valutazione della scabrezza prodotta dalla vegetazione flessibile. Nel primo caso si nota come la variazione del coefficiente di scabrezza sia direttamente legata alla variazione dell'altezza d'acqua nella cella, mentre nel secondo caso il coefficiente di scabrezza tende ad aumentare fin

quando ci si trova in condizioni di sommersione parziale ed a decrescere in condizioni di sommersione totale, come normale conseguenza del piegamento delle piante.

Tuttavia si ritiene che la teoria di Petryk e Bosmajan sia di più facile implementazione in un modello idraulico rispetto a quella di Freeman et al., in quanto quest'ultima è legata alla non semplice determinazione di diversi parametri e, inoltre, presenta dei limiti di validità sia per quel che riguarda le caratteristiche della corrente che della vegetazione.

Una prima validazione del modello è stata effettuata sulla base dei dati a disposizione per l'evento di piena verificatosi il 1 marzo 2011. Il modello afflussi-deflussi AD2 di Fiorentino e Manfreda è stato utilizzato per il calcolo degli idrogrammi delle aste fluviali a monte dell'area di studio a partire dai dati di pioggia, e il metodo di Muskingum è stato utilizzato per il calcolo della propagazione delle portate.

L'estensione dell'area inondabile calcolata è stata confrontata con le immagini satellitari COSMO-SkyMed fornite dall'Ufficio Protezione Civile della Regione Basilicata. Tali immagini sono state acquisite in un arco temporale che va dal pomeriggio del 2 marzo 2011 alla mattina del 3.

Dalla sovrapposizione tra aree inondate simulate col modello FLORA-2D ed osservate da satellite, si è visto come il risultato ottenuto dal modello sia sostanzialmente in accordo con le immagini COSMO-SkyMed. Le differenze sono dovute soprattutto al fatto che l'immagine satellitare probabilmente non riesce a rilevare le zone d'acqua che sono coperte da alta densità di vegetazione arborea, come del resto confermato dai sopralluoghi effettuati all'indomani dell'evento. Bisogna altresì considerare che le immagini satellitari sono state acquisite diverse ore dopo l'evento di piena e che quindi alcune zone potrebbero risultare non più allagate. Inoltre nel modello

non sono state introdotte le singolarità presenti (attraversamento della SS106 ed attraversamento ferroviario).

Per quanto riguarda i tempi di simulazione, le semplificazioni assunte nelle equazioni del moto consentono al modello di essere molto veloce con tempi molto inferiori di quelli di modelli commerciali simili applicati sulla stessa area utilizzando gli stessi idrogrammi e la stessa risoluzione. Si è rivelato anche un modello molto stabile, permettendo l'utilizzo di time step non eccessivamente bassi.

Per la gestione dei dati spaziali, sia in fase di input per la creazione della geometria di calcolo, sia in fase di output per la realizzazione delle mappe, è stato utilizzato uno strumento GIS Open Source, il Quantum GIS, molto simile nell'interfaccia utente e nelle funzioni ai pacchetti GIS commerciali.

La scelta del GIS da utilizzare è stata indirizzata verso l'Open Source in coerenza con l'idea di rendere di libero utilizzo lo stesso modello FLORA-2D.

Approfondimenti futuri della ricerca potrebbero essere indirizzati al miglioramento dell'interfaccia e allo sviluppo di procedure di calcolo che consentano:

- di inserire nel modello le singolarità;
- di realizzare un modello integrato mono e bidimensionale per consentire una più corretta rappresentazione della propagazione (monodimensionale) delle piene dell'alveo e dei fenomeni di allagamento (bidimensionali) fuori alveo.

Inoltre, sarebbe auspicabile una integrazione della validazione dei risultati del modello qui presentata.

Infine sarebbe interessante istituire un confronto sistematico tra l'impostazione presentata e quella più tradizionale che, pur prevedendo una differenziazione spaziale

della scabrezza, considera la stessa costante nel tempo nell'arco di evoluzione temporale del fenomeno.