

I sistemi di previsione delle piene

Modelli numerici a supporto delle previsioni e gestione delle alluvioni

Andrea Crosta*

Da alcuni anni, il nostro Paese ha organizzato dal punto di vista territoriale il sistema di protezione civile per gli eventi di inondazione, costituendo a livello nazionale la rete dei Centri Funzionali Regionali, ciascuno dotato dell'equipaggiamento

hardware e software necessario per raccogliere i dati di osservazione, effettuare le previsioni a scala locale e simulare la risposta della rete idrografica nelle sezioni critiche di interesse. La nascita della rete dei Centri Funzionali rappresenta il punto di arrivo di un

lungo percorso evolutivo del sistema di protezione civile italiano, durante il quale l'attività operativa si è sempre più strutturata sull'utilizzo di procedure standardizzate per l'organizzazione delle fasi di allertamento e gestione delle emergenze. In questo quadro è aumentata negli ultimi anni l'importanza dei sistemi di supporto alla decisione, in grado di fornire ai soggetti competenti, in tempi rapidi, tutte le informazioni necessarie alla gestione delle emergenze, mediante un approccio fortemente



Piena del Po a Torino Murazzi.

numerico - deterministico. A supporto della catena previsionale di protezione civile è quindi necessario un "sodalizio tecnologico" tra una componente fisico-numerica, in grado di rappresentare e schematizzare in modo più o meno semplificato i processi fisici attraverso una serie di modelli numerici ed algoritmi di calcolo, ed una più prettamente informatica, necessaria a garantire il corretto e tempestivo flusso di dati ed informazioni tra i diversi centri di controllo e di decisione distribuiti sull'intero territorio nazionale. Nel campo della previsione e gestione degli stati idrologici estremi nei corsi d'acqua, la prima componente è generalmente rappresentata da un insieme di codici di simulazione idrologica/idrodinamica, in grado di rappresentare il sistema fisico, inteso come l'insieme dei bacini idrografici e dei corsi d'acqua, e simularne il comportamento previsto sulla base di un insieme di dati di input al sistema. La piattaforma informatica è invece essenzialmente finalizzata agli aspetti gestionali, avendo il compito di acquisire e gestire in tempo reale differenti tipologie di dati ed informazioni, alimentare i codici di simulazione, processarne le uscite e trasmettere in tempi rapidi

agli organi decisori informazioni affidabili sui possibili scenari evolutivi degli eventi in corso e sulle relative conseguenze potenziali. Oltre che dall'elevato grado di affidabilità e livello di performance dei modelli numerici idrologici ed idraulici, in termini di rispondenza tra le fenomenologie simulate e la realtà fisica, la robustezza dei sistemi in tempo reale dipende quindi anche dalle caratteristiche di tali piattaforme e dalla qualità ed efficienza dell'integrazione a livello software tra queste ed i codici di simulazione impiegati. Tutte le componenti che concorrono al funzionamento in tempo reale di un sistema di supporto alla decisione nel campo della previsione e gestione degli stati idrologici estremi hanno visto negli ultimi anni un forte sviluppo supportato sia dai progressi della ricerca scientifica sia dalla crescente disponibilità di dotazioni hardware e software in grado di garantire la necessaria robustezza e velocità trasmissiva e computazionale richiesta da questa tipologia di sistemi. Si pensi a tal proposito alla rapida crescita della velocità di calcolo offerta dai processori di ultima generazione nonché alla velocità di trasmissione dati a distanza garantita dalle connessioni a

banda larga e fibra ottica.

Il sistema di previsione della regione piemonte

Precursore degli attuali sistemi di previsione e gestione idrologica è stato quello sviluppato dalla Regione Piemonte in collaborazione con Hydrodata, Intecno-DHI (oggi DHI Italia) e CAE, operativo dal 2000 e da subito utilizzato nel corso dell'evento alluvionale del 13-16/10/2000 che ha gravemente interessato il Nord Ovest del nostro paese.

Il sistema è stato implementato sull'intero bacino del Po chiuso a valle della confluenza con il Ticino (comprendendo quindi, oltre all'intero territorio delle Regioni Piemonte e Valle d'Aosta, anche una porzione di Liguria, Lombardia e di territorio svizzero) ed opera quotidianamente a supporto dei tecnici del Centro Funzionale Regionale prevedendo livelli e portate attese in tutta la rete idrografica principale.

Il sistema di previsione è stato costruito con l'approccio dell'idrologia continua, utilizzando diversi moduli del codice di calcolo monodimensionale MIKE 11, in particolare:

- modulo idrodinamico, per la simulazione



di livelli e portate nei corsi d'acqua (HD);

- modulo idrologico per la trasformazione afflussi/deflussi, direttamente collegato alla componente idrodinamica di cui sopra (RR NAM);

- modulo di assimilazione delle osservazioni idrometriche, utilizzato per la correzione in tempo reale degli errori (FF/DA).

L'input al sistema è costituito pertanto dall'insieme dei dati di osservazione in sito raccolti dalla complessa rete piemontese di monitoraggio pluviometrico, termometrico e idrometrico, opportunamente integrata dai dati provenienti dalle regioni limitrofe (Valle d'Aosta, Liguria, Lombardia e Svizzera), e dei dati di previsione meteorologica, elaborati quotidianamente dai tecnici previsori del Centro Funzionale.

Mantenimento e sviluppo dei sistemi

Aspetto imprescindibile di ogni sistema di previsione in tempo reale è il relativo monitoraggio e mantenimento nel tempo. Per quanto sia ampio e completo il set di dati disponibile in fase di calibrazione del modello nelle sue diverse componenti fenomenologiche, i periodi di taratura e validazione risultano infatti sempre limitati rispetto alla frequenza di accadimento degli eventi idrologici che il sistema ha interesse a prevedere e rappresentare.

A seguito della prima fase di sviluppo di un sistema di previsione idrologica è quindi sempre necessario un costante monitoraggio da parte dei tecnici del centro operativo che, lavorando quotidianamente con il modello, sono in grado di analizzarne il livello di performance in relazione all'operatività corrente. Ad intervalli di tempo nell'ordine di 2-3 anni, o comunque in funzione della significatività degli eventi idrologici occorsi, un'attività di verifica e ricalibrazione dell'intero sistema è fondamentale per l'affidabilità dei risultati, essendo di volta in volta disponibile un set di dati di osservazione più ampio.



Il "Sistema Po"

Naturale evoluzione del dispositivo modellistico realizzato dalla Regione Piemonte è stato, più recentemente, lo sviluppo del sistema di previsione relativo all'intero bacino del Fiume Po, prosecuzione verso valle del sistema piemontese. Esso, sviluppato nell'ambito di un accordo tra le regioni ricadenti del bacino del Po e l'AIPO (Agenzia Interregionale per il Fiume Po), costituisce oggi il dispositivo modellistico più avanzato e completo operativo sul territorio nazionale, sia in termini di estensione e dettaglio della rete idrografica, sia di robustezza e livello di performance nella rappresentazione dei processi

fisici. Il sistema comprende infatti, oltre all'asta principale del Po e dei suoi affluenti, numerose aste secondarie e corsi d'acqua minori, l'intero insieme delle opere di difesa e golenali, le casse di espansione presenti su alcuni tributari ed il funzionamento in regolazione dei grandi laghi alpini, le cui modalità di gestione sono state inserite nel modello numerico al fine di poter simulare anche diversi scenari previsionali. Il modello idrodinamico copre 42 corsi d'acqua principali, descritti con 410 rami relativi anche a laghi, golene ed aree di invaso artificiali, per uno sviluppo totale di 6.900 km circa, e presenta circa 400 punti o tratti di immissione delle

portate (da RR) e quasi 12.000 punti di calcolo, corrispondenti principalmente alle sezioni topografiche inserite.

Nell'ambito del sistema operano 3 diverse catene modellistiche, gestite in tempo reale da una piattaforma di pre e post-processing che controlla l'acquisizione dei dati di osservazione e previsione, gestisce le simulazioni numeriche e ne pubblica i risultati, analogamente a quanto già descritto relativamente al sistema piemontese.

I fattori di incertezza nella previsione meteo-idrologica

La scelta di utilizzare nel sistema di previsione per l'intero bacino del Po diverse catene modellistiche in parallelo è dovuta ad un approccio non più di tipo strettamente deterministico ma legato alla necessità di sopperire all'incertezza intrinseca della schematizzazione numerica con un numero maggiore di risultati forniti da modelli differenti. In ogni sistema di previsione sono infatti necessariamente presenti numerosi elementi di incertezza, in grado di alterare la risposta del modello numerico allontanando il dato di output simulato da quello osservato.

Tali elementi non sono esclusivamente riconducibili ai limiti dei modelli nel rappresentare in dettaglio i processi fisici, ma anche:

- alla qualità dei dati di input di precipitazione e temperatura, con particolare riferimento alle modalità di regionalizzazione spaziale dei dati puntuali di misura;
- all'affidabilità delle letture idrometriche e delle scale di deflusso (che associano livello e portata defluente) nelle sezioni strumentate;
- all'affidabilità della previsione meteorologica ed all'incongruenza di scala tra la modellistica meteorologica e quella idrologica.

Quest'ultimo aspetto, il cui peso tende a diminuire con il crescere della superficie contribuente, risulta di particolare importanza per la maggior parte dei bacini



Piena del Po a Crescentino.

mediterranei, generalmente caratterizzati da dimensioni più modeste rispetto al bacino del Po. L'esperienza operativa ha infatti messo in luce come, a scale medio piccole (1-3 h di durata dell'evento, alcune centinaia di km² di superficie di bacino), si abbia negli output dei modelli numerici di circolazione atmosferica una sistematica sottostima dei volumi di precipitazione, nonché una frequentemente errata rappresentazione delle dinamiche locali. Per la trattazione della problematica si sono recentemente originati due indirizzi distinti legati alle specifiche finalità delle due discipline maggiormente interessate, ovvero meteorologia e idrologia:

- attraverso tecniche dette di ensemble prediction, si stima la convergenza verso i medesimi risultati di differenti "run" dei modelli meteorologici, inizializzati a partire da condizioni iniziali statisticamente perturbate in un ragionevole intorno dell'analisi effettiva;
- attraverso tecniche di down-scaling spazio-temporale delle uscite dei modelli meteorologici si estrapolano, fino a valori compatibili con le scale tipiche dell'idrologia, una serie di possibili evoluzioni equiprobabili degli scenari di precipitazione a partire da quelli previsti.

Nell'ultimo periodo si è approcciato lo sviluppo di catene previsionali in grado di sfruttare contemporaneamente entrambe le

modalità di analisi descritte.

Il sistema dei centri funzionali

Sulla base dell'approccio probabilistico precedentemente descritto è stato incentrato lo sviluppo della piattaforma modellistica sviluppata nella prima fase di attivazione dei Centri Funzionali, per i quali la fornitura delle dotazioni hardware e software è stata appaltata dalla Regione Basilicata (per conto del Dipartimento Nazionale di Protezione Civile) ad un raggruppamento di imprese composto da CAE, DHI Italia (al tempo Intecno-DHI), Hydrodata e Telespazio. Il sistema dei Centri Funzionali, su cui è organizzata oggi la struttura di Protezione Civile del nostro paese, è composto da una rete di Centri Regionali tra loro omogenei (in quanto a dotazioni disponibili) e connessi al fine dello scambio in tempo reale di dati ed informazioni utili a supportare le attività di competenza con il coordinamento del Dipartimento Nazionale. Oltre alle strumentazioni hardware necessarie ed alla rete di trasmissione dei dati, i Centri sono dotati di un'ampia gamma di software necessari alle attività di monitoraggio e gestione sia in "tempo di pace" che in emergenza. Per ogni Centro Funzionale Regionale il modello idrologico ed idraulico è stato inizialmente implementato e calibrato per un bacino pilota di particolare interesse. Naturale evoluzione della prima installazione è la fase di sviluppo attualmente in atto in numerosi Centri, volta all'implementazione dei modelli numerici su tutti i corsi d'acqua di competenza, tale da consentire di simulare in tempo reale le portate osservate e previste in tutte le sezioni critiche del territorio regionale, supportando le decisioni ed azioni di mitigazione del rischio. Tale fase evolutiva consente pertanto di passare dall'approccio alla gestione degli allertamenti storicamente basato sulle sole soglie pluviometriche, alla vera e propria simulazione e conseguente migliore comprensione degli effetti al suolo.

* DHI Italia