

The background of the page is a topographic map with white contour lines on a brownish-tan background. A village or town is visible in the lower-middle section of the map, with a river or stream flowing through it. The text is overlaid on the map.

L'incertezza dei metodi di previsione e valutazione

4

4.1

Limiti e vincoli della previsione

«...In quell'impero, l'Arte della Cartografia raggiunse una tale perfezione che la mappa di una sola provincia occupava tutta una Città e la mappa dell'Impero tutta una Provincia. Col tempo codeste mappe smisurate non soddisfecero e i Collegi dei Cartografi eressero una mappa dell'Impero che uguagliava in grandezza l'Impero e coincideva puntualmente con esso. Meno dedite allo studio della cartografia, le generazioni successive compresero che quella vasta Mappa era inutile e non senza empietà la abbandonarono all'Inclemenze del Sole e degli Inverni. Nei deserti dell'Ovest rimangono lacere rovine della Mappa, abitata da animali e mendichi; in tutto il paese non è altra reliquia delle discipline geografiche».

Da Jeorge Luis Borges, *L'artefice*, Ed. Mondadori i Meridiani, vol. 1, p. 1253

Questo brano di Borges bene illustra l'impossibilità di rappresentare tutti gli aspetti della realtà (l'Impero) con un modello (la Mappa). Infatti, lo studio di un oggetto reale dal punto di vista scientifico ha bisogno di considerare un piccolo numero di aspetti, trascurando tutti gli altri. I problemi principali e le assunzioni sulle relazioni fra loro costituiscono il modello.

L'impiego di modelli per riprodurre il mondo naturale deriva quindi dalla necessità di dotarsi di strumenti in grado di cogliere differenti aspetti in maniera quanto più completa e verosimile. Alla base dei modelli c'è appunto il concetto di *verosimiglianza*: si cerca di ricostruire un fenomeno, un processo o un effetto nella maniera più conforme alla realtà, adottando approcci semplificati.

Proprio per la natura intrinsecamente semplificata, i modelli, siano essi fisici, numerici, deterministici, empirici o statistici, si basano su ipotesi di partenza che riducono il grado di complessità della realtà affinché possa emergere più chiaramente quanto si vuole rappresentare. Ad esempio, una classica semplificazione di questo tipo, è lo studio della caduta di un grave per il quale si trascura l'effetto dell'aria. Questo non significa che i modelli siano di per sé semplicistici, ma possono essere complicati e sofisticati. Dunque, la distinzione tra *complesso* e *complicato* è uno dei principali fattori di scelta nell'adozione di un modello rispetto ad un altro.

Nello studio dei processi morfo-dinamici (frane ed attività fluvio-torrentizie), l'impiego di modelli nasce, come già illustrato nel capitolo 1, dall'esigenza di rispondere innanzi tutto alle classiche domande "perché accadrà?", "come accadrà?", "dove accadrà?" e "quando accadrà?".

Sfortunatamente, la previsione di *dove* e *quando* non sempre è possibile. Questo non solo è particolarmente evidente nel caso delle frane, ma anche per altri fenomeni naturali come, per esempio, i terremoti. La teoria della tettonica a placche ha permesso di capire perché accadono i terremoti ed in particolare perché gli epicentri sono concentrati in tutto il mondo in zone ristrette, ma si è ancora lontani dalla previsione di dove e quan-

do il prossimo terremoto avrà luogo. La ragione del perché è difficile predire *dove* e *quando* accadrà un fenomeno naturale è che tali risposte dipendono dalla conoscenza esatta di un numero di parametri e di condizioni di contorno che è conosciuto molto approssimativamente. L'incertezza che deriva da questi problemi rende tale previsione molto difficoltosa se non impossibile.

La scelta di un modello deve basarsi innanzi tutto sull'obiettivo che si vuole perseguire e sulla difficoltà nel reperire tutti gli "ingredienti" necessari al suo funzionamento. Esiste comunque la possibilità di effettuare una previsione senza una comprensione diretta ed approfondita della natura del fenomeno come nel caso dei fenomeni ripetitivi. Qualunque sia l'approccio seguito, la risposta di un modello è caratterizzata perciò da incertezze non eliminabili. Il grado di incertezza che si è disposti ad accettare è una funzione del problema ma anche delle domande formulate da parte dell'autorità decisionale.

Esiste comunque la possibilità di effettuare una previsione senza una comprensione diretta e completa della natura del fenomeno per alcune tipologie di eventi naturali, quali gli eventi alluvionali. Essi presentano, in un quadro meteo-climatico mediterraneo, caratteri comuni, manifestandosi ciclicamente con una certa regolarità, con maggiore o minore intensità e con meccanismi simili, determinando effetti al suolo di norma confrontabili.

Anche se la variabilità spaziale di tali eventi è tale per cui la loro previsione deterministica risulta impossibile, è tuttavia lecito basare un sistema di allertamento sulla conoscenza di tali caratteristiche. In funzione del riconoscimento di analoghi precursori il sistema di allertamento prevede gli effetti in termini di entità e localizzazione, secondo un meccanismo che incroci gli indicatori naturali derivati dalla misura delle precipitazioni con i fattori antropici incombenti sul territorio.

Le strategie messe in campo dai servizi di prevenzione del rischio idrogeologico hanno affrontato queste problematiche su più fronti: quello della comprensione dei processi geologici, quello del-



la modellazione geologica, geotecnica, idrologica ed idraulica, ritenendo l'idrometeora il principale fattore di innesco.

Ciascuno degli approcci porta con sé differenti livelli di incertezza, legati non solo allo stato delle conoscenze o alla razionalità del metodo, ma anche ad impressioni soggettive connesse alle aspettative di risultato. Considerando la questione da una prospettiva di causa-effetto, è stata attribuita un'affidabilità decrescente dalla modellistica idraulica considerata ormai prassi consolidata nella previsione della propagazione delle onde di piena lungo i grandi corsi d'acqua, alla previsione meteorologica, attendibile verso la stima degli eventi a scala sinottica, alla valutazione della pericolosità connessa all'instabilità dei versanti, talora puntuale sui grandi fenomeni monitorati.

Il processo prende avvio dagli eventi alluvionali della fine degli anni Settanta (pinerolese-TO, Ossola-VB): le conclusioni dei rapporti dell'attività del nascente Servizio Geologico regionale evidenziavano lo stretto rapporto tra eventi meteorologici e fenomeni di dissesto in una relazione causa-effetto, sulla cui base impostare procedure di previsione con finalità di allertamento. L'analisi statistica degli eventi del passato, evidenziando da una parte il ciclico ripetersi di situazioni di criticità in associazioni ricorrenti di bacini (Tanaro, Sesia, Dora Baltea, Toce, Orco, Stura di Lanzo, Scrivia), e dall'altra la differente risposta di ciascuno di essi alle sollecitazioni pluviometriche, ha guidato la suddivisione del territorio piemontese in aree omogenee dal punto di vista della risposta. La riorganizzazione delle misure pluviometriche del Servizio Idrografico Nazionale, completata nel 1986 con la revisione critica, digitalizzazione e pubblicazione dell'archivio dei dati dei bacini piemontesi dal 1913, ha permesso di alimentare le opportune tecniche di analisi per la definizione delle caratteristiche peculiari delle precipitazioni su ciascuna di esse. L'approccio iniziale è assai semplice: legare gli effetti di un evento alla precipitazione, quale parametro più sinteticamente legato all'evento stesso. Nella fattispecie si è direttamente correlata la

sua misura e, conseguentemente la sua previsione numerica, alla possibilità di verificarsi di un pericolo naturale, approntando un sistema di soglie pluviometriche funzionale agli scopi di allertamento di una struttura di prevenzione. Il territorio regionale è stato suddiviso in zone pluviometricamente omogenee (zone di allertamento) per le quali sono state identificate distinte soglie, rispondenti all'esigenze di spazializzare in maniera conveniente il precursore individuato.

Gli eventi alluvionali del 1993 e del 1994 hanno dimostrato l'utilità e l'efficacia dell'approccio causa-effetto. Gli eventi sono stati previsti correttamente nella loro complessità spazio-temporale ed i quantitativi sicuramente valutati coerentemente con le soglie di innesco dei fenomeni. Tuttavia, l'analisi dettagliata delle singole criticità locali evidenzia come esse siano conseguenti a situazioni parossistiche particolari che implicano una non chiara complicazione del meccanismo causale.

L'efficacia della previsione basata sull'approccio causa-effetto è insita nel rapporto diretto tra il verificarsi dell'evento ed il parametro che riassume in sé le cause, senza che sia necessario conoscere tutte le leggi che lo governano. In ciò si ha consapevolezza che molte situazioni sfuggono alla previsione e non è infrequente che a parità di condizioni non si abbia la stessa risposta di una zona a parità di soglie prefissate.

Tuttavia, come si è visto nel capitolo dedicato agli indicatori di pericolosità pluviometrica, il metodo è soddisfacente; alle soglie pluviometriche individuate per le regioni Piemonte, Emilia Romagna e Calabria per il preannuncio di eventi associati ad uno scenario di moderata ed elevata criticità per rischio idrogeologico ed idraulico, corrispondono tempi di ritorno coerenti con le ricorrenze documentate. In questi casi, il rapporto tra falsi allarmi e mancati allarmi risulta compatibile con una gestione efficace dei sistemi di allertamento.

La Direttiva del P.C.M. del 27/02/2004 impone pertanto ad ogni Centro Funzionale di stabilire i propri livelli di criticità *"in base al superamento da par-*

te delle precipitazioni, previste e/o strumentalmente osservate, delle corrispondenti soglie pluviometriche differenziate nelle diverse zone di allerta sulla base di criteri che tengono conto del numero di aree a rischio elevato o molto elevato per unità di superficie presenti in ciascuna zona di allerta e dell'estensione di territorio da queste coinvolto relativamente all'estensione delle zone di allerta stessa". Tuttavia identifica anche chiaramente il limite della previsione meteorologica ed in particolare della sua previsione modellistica a rappresentare direttamente gli effetti al suolo a prescindere da qualsiasi valutazione di questi ultimi.

Il primo caso studio presentato, relativo alle intense precipitazioni sul bacino del Torrente Scrivia del settembre 2004 evidenzia il limite del LAM (Modello ad Area Locale) nel risolvere, in termini quantitativamente corretti alla scala dell'area di allertamento, una situazione ben riconoscibile alla scala sinottica. L'episodio si verifica alla fine dell'estate 2004, caratterizzata da un persistente flusso umido sud-occidentale, sul quale ripetute avvezioni di aria fredda hanno innescato un susseguirsi di eventi di precipitazione intensa. Tali situazioni hanno determinato una serie di avvisi per fenomeni temporaleschi perlopiù sulle aree settentrionali del Piemonte, con quantità previste dal modello ad area limitata al limite della soglia, in genere verificati ma con valori mediamente più bassi di quelli attesi.

Nell'episodio del 15 settembre si evidenzia invece come diverse concause hanno concorso a formulare una previsione quantitativa di precipitazione, in termine di massimi valori attesi, molto inferiore a quella osservata, senza l'emissione di alcuna nota. Un piccolo errore nella sinottica del modello a grande scala ha indotto nel modello ad area limitata uno spostamento dell'area di precipitazione più intensa verso ovest che, associato alla difficoltà intrinseca dei modelli nella propagazione della precipitazione nella zona sottostante al flusso principale, ha determinato un'importante sottostima, in alcune zone di allertamento ed una sovrastima di entità paragonabile in altre.

Le precipitazioni sono infatti apparse subito più consistenti e spazialmente più ampie di una serie di temporali interessando più stazioni delle aree Scrivia, Orba-Bormida e dei relativi alti bacini liguri non solo come picchi orari ampiamente superiori alle soglie di 36 ore in molte stazioni di misura, ma anche come cumulata complessiva con valori prossimi ai 200 mm.

Grazie al contesto stagionale ed alla elevata capacità di smaltimento dell'area, gli effetti sono stati fortunatamente limitati. L'analisi evidenzia una caratteristica ricorrente di sottostima della previsione di precipitazione fornita dai modelli ad area limitata sulle aree meridionali ed in particolare sullo spartiacque con la Liguria (in associazione il modello tende inoltre a collocarne i massimi sul versante sopravento allo spartiacque), di cui l'episodio costituisce un'abnorme conferma, resa ancor più inquietante dal confronto dei differenti risultati che si possono ottenere con lo stesso modello implementato in modo diverso.

Il secondo caso studio, relativo all'episodio di trasporto torrentizio in massa (colata fangoso-detritica) che si è verificato nell'agosto 2004 lungo il Rio Frejus e che ha interessato l'abitato di Bardonecchia, pone invece in evidenza una tipologia di processi il cui innesco sfugge alle attuali capacità di previsione.

L'analisi pluviometrica dell'evento ha evidenziato valori di precipitazione di durata inferiore all'ora e di intensità moderata, inferiori ai valori di soglia di *criticità moderata* definiti dal Sistema di Allertamento Regionale, sia per la fase previsionale sia per quella di monitoraggio, relativamente alla stazione pluviometrica di Camini Frejus (in prossimità della testata del bacino) ed alle altre stazioni dell'area dell'Alta Dora Riparia. I dati derivanti da un significativo numero di stazioni di misura, associati alla rappresentazione spaziale del campo di precipitazione rilevato dal radar meteorologico di Bric della Croce, hanno permesso di quantificare con precisione la pioggia caduta e di stabilirne la coerenza con il valore previsto.

Inoltre le registrazioni idrometriche lungo l'asta del-



la Dora Riparia ed in particolare in corrispondenza della stazione di Beaulard prossima alla chiusura del bacino hanno fornito ulteriore conferma di tale coerenza.

Nella stessa area, un analogo fenomeno di trasporto torrentizio in massa ha interessato pressoché contemporaneamente il Rio Fenils, tributario di destra della Dora Riparia e che ha origine dalle pendici orientali del Monte Chaberton, evidenziando ancor più i limiti dell'applicazione generalizzata delle soglie pluviometriche quale indice rappresentativo delle condizioni di pericolosità di un'intera zona di allertamento.

D'altro canto le notizie storiche ed i documenti tecnici più recenti indicano che in entrambi i casi i processi verificatisi non presentano caratteristiche di eccezionalità, denotando l'elevata ricorrenza di simili accadimenti in tali aree nel periodo estivo.

La rappresentazione spaziale del campo di precipitazione attraverso l'utilizzo del radar meteorologico suggerisce, in questo caso, un ridimensionamento del ruolo scatenante, generalmente attribuito ad un nucleo concentrato di precipitazione di particolare intensità nell'area di innesco del fenomeno. Di conseguenza è necessario riconsiderare il ruolo svolto da altri fattori, quali le precipitazioni del periodo precedente l'evento, le condizioni geologico-geomorfologiche del bacino, la presenza di accumuli nevosi nel periodo estivo, le variazioni termiche, gli apporti idrici improvvisi, lo svuotamento di invasi effimeri, ecc.

Ne consegue che ai fini di previsione ed allertamento, la sola informazione meteorologica, in particolare quella pluviometrica, deve essere opportunamente integrata. Infatti, nel caso di fenomeni intensi e di breve durata che determinano condizioni di criticità nel reticolo idrografico minore montano e collinare, il superamento delle corrispondenti soglie pluviometriche ed idrometriche da parte delle precipitazioni attese o strumentalmente osservate, qualora prevedibile, non è più sufficiente a discriminare tra la situazione di equilibrio da quella di criticità.

In questi contesti e per tali fenomenologie il significato dell'allertamento è dato esclusivamente in termini di probabilità areale che si possa verificare un evento in un ambito territoriale esteso. La localizzazione puntuale dell'innesco, che al momento non è possibile attraverso la previsione meteorologica, può avvenire solo grazie all'attività del Centro Funzionale in fase di monitoraggio e sorveglianza, attraverso Avvisi Straordinari di Criticità. Alla pianificazione di protezione civile va affidata l'individuazione delle situazioni di acclarata pericolosità e potenziale criticità presenti nei bacini allertati.

Ai fini preventivi, in attesa di un affinamento dei metodi previsionali, in alcuni bacini è possibile integrare il Sistema di Allerta Regionale con sistemi di preannuncio locali, basati su una rete di strumenti in grado di rilevare l'innesco e la propagazione delle colate. Monitorando in tempo reale l'altezza idrometrica e la velocità della colata è possibile attivare sistemi automatici di allerta (quali ad esempio barriere automatiche o segnali semaforici ad impedire il traffico sugli attraversamenti), anche quando il fenomeno sia sfuggito ai criteri dell'allertamento meteorologico ed indipendentemente da esso.

È importante ribadire che questi sistemi non possono in alcun modo essere basati sulla relazione causa-effetto: il farlo costituisce un errore gravissimo, ripetutamente commesso nel passato. Organizzare l'evacuazione di un campeggio posto su un conoide dell'Alta Val Susa sulla base della misura della precipitazione in testata del bacino può avere in termini di successo lo stesso effetto ottenuto giocandone i valori delle soglie alla roulette. Poiché le soglie vanno prudenzialmente tenute piuttosto basse, ne discende un numero elevato di falsi allarmi e conseguenti sgradevoli evacuazioni, ma, come insegna il Rio Frejus, tutto ciò non è comunque in grado di garantire la sicurezza dell'insediamento. La colata disastrosa potrebbe verificarsi con deboli piogge la settimana successiva ad una evacuazione senza effetti, quando gli ospiti sono ormai rientrati e tranquilli.