

LA DIFFICOLTÀ DELLE PREVISIONI DI EVENTI ESTREMI IN LIGURIA

UTILIZZO E LIMITI DELLA PREVISIONE METEOROLOGICA MEDIANTE MODELLI, IN RELAZIONE AGLI EVENTI COME QUELLO DELL'ALLUVIONE DI GENOVA DEL 9 OTTOBRE 2014: I MODELLI DI PREVISIONE NUMERICA SONO ESTREMAMENTE UTILI (E MIGLIORATI NEL TEMPO), MA ALTRETTANTO IMPORTANTE RESTA LA MEDIAZIONE INTERPRETATIVA DEI PREVISORI.

Gli eventi alluvionali della Liguria come quello del 9 ottobre 2014 sono associati a convezione intensa, prodotta da cumulonembi che si sviluppano in rapida successione in una determinata area sul mar Ligure, in prossimità della costa, e propagano verso la catena dell'Appennino. In questo e altri casi (si pensi ad esempio all'alluvione delle Cinque Terre dell'ottobre 2011 o a quella di Genova del novembre dello stesso anno, oltre che ad altri del più o meno recente passato) sono stati individuati elementi comuni, schematizzati nella *figura 1*, che appaiono importanti nel determinare gli elevati accumuli di precipitazione osservati sui bacini costieri. Gli "scenari" caratterizzati da questa fenomenologia meteorologica di mesoscala, qui sotto descritti, sono generalizzabili ad altre aree costiere caratterizzate da orografia importante, anche se nel seguito si fa specifico riferimento alla regione ligure. Va inoltre precisato che tali fattori non sono necessariamente tutti presenti nei diversi casi e quindi non si configurano come né necessari né sufficienti a spiegare o prevedere precipitazioni di estrema intensità, ma piuttosto vanno considerati come fenomeni precursori. Possiamo identificarli in:

- presenza di instabilità atmosferica rispetto ai moti verticali. Essa richiede sufficiente umidità nei bassi strati e un profilo di temperatura con determinate caratteristiche termodinamiche. Talvolta, in presenza di moti verticali forzati dall'orografia o di forti gradienti termici orizzontali presso la costa (v. oltre), anche condizioni di (quasi) neutralità nei profili verticali possono comportare forti precipitazioni associate a intensi moti ascendenti
- presenza sul mare (nello specifico, mar Tirreno e parte orientale del mar Ligure) di un vento da sud, abbastanza intenso e persistente nel tempo da essere in grado di trasportare sufficiente umidità per alimentare la precipitazione, "raccolgendo" quindi il vapore da un'area molto più vasta di quella direttamente interessata dalla pioggia intensa

- presenza di un mare relativamente caldo rispetto all'atmosfera, che quindi favorisce l'apporto di umidità mediante evaporazione. Questa avviene specialmente nelle aree interessate dal flusso meridionale, lungo il percorso tra il Tirreno e il mar Ligure, con intensificazione del vento favorita dall'incanalamento tra la Corsica e la Toscana, contribuendo al mantenimento di profili atmosferici umidi e instabili sul mare

- effetto orografico dell'Appennino ligure che tende a localizzare e intensificare i moti verticali ascendenti in presenza del vento medio incidente di provenienza meridionale. La forma concava della costa ligure favorisce a sua volta la convergenza del vento nei bassi strati, associata a moti ascendenti

- presenza di una saccatura del campo di geopotenziale in quota sul Mediterraneo occidentale e/o sull'Europa occidentale e il vicino Atlantico, che favorisce moti da sud o da sud-ovest sulla Liguria, con eventuale diffluenza e con *shear* (variazione del vento nella verticale) che può favorire l'organizzazione della convezione

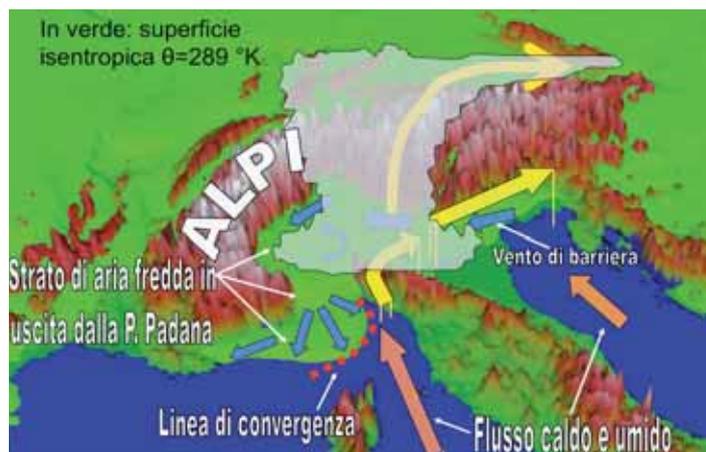
- presenza sul mar Ligure occidentale, ai bassi livelli, di un flusso relativamente freddo da nord, proveniente dalla pianura Padana. Esso appare come una corrente di densità quasi stazionaria che forma una "pozza fredda", con spessore verticale limitato a circa 1 km o anche meno, che a

sua volta produce convergenza/confluenza con il flusso da sud e una struttura di contrasto termico est-ovest (*figura 2*). Il fronte della corrente di densità e l'associata convergenza del vento costituiscono l'elemento a mesoscala (scala dell'ordine di qualche decina di km) determinante per l'innescò della convezione sul mare. Le celle temporalesche così iniziate migrano verso nord intensificandosi e tendendo a stazionare tra la costa e lo spartiacque appenninico, in funzione del vento medio e della complessa interazione tra i moti convettivi e l'orografia appenninica. Le correnti discendenti di tali celle, che si rigenerano in successione, possono contribuire a rafforzare la "pozza fredda" sul mare e quindi la convergenza, la quale a sua volta intensifica i moti ascendenti. In tal senso, anche se può impropriamente, si può parlare di "auto-rigenerazione" dei sistemi convettivi.

In generale, la predicibilità intrinseca dei fenomeni atmosferici, secondo l'insegnamento di Edward Lorenz, alla scala planetaria è dell'ordine di 10-15 giorni, alla scala sinottica è di alcuni giorni, alla mesoscala dell'ordine del giorno, alla scala della convezione (circa 1 km) è dell'ordine di un'ora o anche meno. I modelli di previsione numerica (Nwp) operanti ad alta risoluzione possono essere in grado di rappresentare esplicitamente la convezione, ma non possono ovviamente

FIG. 1
SISTEMI CONVETTIVI

Schematizzazione dei principali meccanismi di formazione dei sistemi convettivi responsabili di eventi alluvionali in Liguria. La posizione della linea di convergenza sul Mar Ligure localizza l'insorgenza dei sistemi convettivi che, propagando verso la costa e intensificandosi quando incontrano l'Appennino, sono causa della precipitazione intensa.



consentirci di superare il limite di predicibilità intrinseca, anche perché i dati osservativi non permettono una definizione sufficientemente accurata dell'analisi iniziale da cui parte la previsione, nonostante si cerchi di assimilare al meglio i dati da radar e da satellite. Inoltre, l'utilità dei modelli è limitata dal fatto che, per i tempi richiesti dalla trasmissione dei dati e soprattutto dalle operazioni di calcolo, trascorrono normalmente 5-10 ore tra l'istante nominale di analisi iniziale da cui parte la previsione numerica e l'istante in cui essa risulta utilizzabile dai previsori e/o da modelli che operano in cascata, quali i modelli idrologici per la previsione delle piene sui bacini di modesta estensione.

Una previsione quantitativa della precipitazione (Q_{pf}), in casi come quello del 9 ottobre 2014, dipende in modo determinante dalla corretta previsione della dinamica e dei processi microfisici dei sistemi convettivi, che hanno una predicibilità intrinseca molto limitata. Di conseguenza:

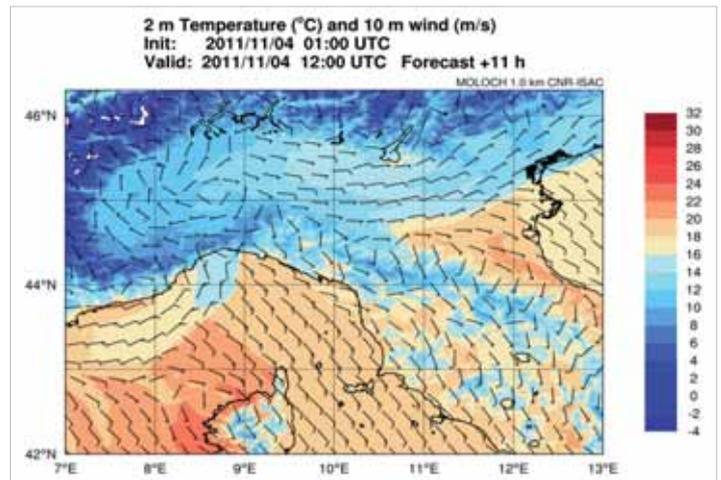
- a) non ci si può aspettare, in generale, dai modelli numerici meteorologici, anche quelli ad alta risoluzione (1-2 km di passo di griglia) una previsione precisa, in termini di quantità oltre che di localizzazione nello spazio e nel tempo, della precipitazione dovuta a sistemi convettivi
- b) l'informazione dettagliata su tali sistemi convettivi può venire dalle osservazioni dirette mediante tecniche di *nowcasting*, basandosi su tele-pluviometri, dati da radar meteorologici e da satelliti meteorologici. Tuttavia il *nowcasting* fornisce previsioni di precipitazione quantitativamente utili non oltre circa 1 ora, in casi particolari fino a un massimo di 3 ore.

Allora nessuna speranza di previsioni quantitativamente utili? Non è detto, in quanto la presenza di elementi di circolazione intrinsecamente più predicibili della pura convezione cellulare può consentire previsioni della precipitazione relativamente utili e significative per range temporali superiori a quello del *nowcasting*. Nel caso specifico, questi elementi sono identificabili nella particolare natura della circolazione sul mar Ligure, che costituisce un precursore abbastanza predicibile (figura 2) e che può condizionare e confinare nello spazio e nel tempo lo sviluppo della convezione, aumentando la predicibilità degli accumuli di precipitazione, almeno sulla scala spaziale dell'ordine della decina di chilometri.

In tali casi, i modelli ad area limitata possono fornire "scenari" utili a 12-24 ore, al massimo 48 ore in situazioni particolari, anche se errori attesi del 100% o più della Q_{pf} sono da considerare normali anche se poco "accettabili". Non

FIG. 2
PREVISIONE

Previsione ad alta risoluzione (1 km) del modello MOLOCH dei campi di vento a 10 metri e temperatura a 2 metri per l'evento alluvionale che ha interessato Genova il 4 novembre 2011. In evidenza sul Mar Ligure la convergenza tra l'aria calda e umida da sud-est e l'aria fredda dalla Pianura Padana, responsabile di un netto contrasto termico.



è quindi possibile basare le decisioni operative su singole previsioni numeriche, cosiddette "deterministiche", tanto meno in maniera automatica, senza cioè la mediazione dei previsori.

Fondamentale quindi è il ruolo interpretativo dei meteorologi, che devono consultare diverse uscite di diversi modelli Nwp disponibili, anche a diversa risoluzione (si va ad esempio dal modello Ecmwf, a circa 16 km, al modello Moloch dell'Isac, che opera a circa 1,5 km su scala nazionale), data la forte variabilità e incertezza per previsioni anche di solo 12 ore, soprattutto riguardo ai modelli ad alta risoluzione che rappresentano esplicitamente la convezione atmosferica profonda. L'analisi dei previsori deve essere corredata dalle osservazioni in tempo reale (*nowcasting*); si passa quindi all'emissione dei bollettini meteorologici, su cui successivamente, e per decisione in genere di altri operatori, si basano le eventuali allerte per rischio idro-geologico. Dato l'esercizio di responsabilità cui sono tenuti i previsori (e le strutture pubbliche in cui essi operano), occorre un riconoscimento della loro professionalità e autonomia di giudizio tecnico, senza escludere una copertura legale e assicurativa, regolata da una normativa chiara, come avviene negli altri paesi.

Ci si sente domandare spesso perché esistano vari modelli meteorologici operativi, perché essi diano spesso risultati diversi, e quali siano le cause dei loro frequenti errori. I modelli meteorologici tendono tutti all'obiettivo di rappresentare il più accuratamente possibile l'evoluzione dell'atmosfera a partire dalle osservazioni disponibili, risolvendo numericamente le equazioni che determinano tale evoluzione. Tuttavia la loro soluzione può essere solo approssimata. Gli errori dei modelli dipendono inoltre dagli errori delle condizioni iniziali e dalle caratteristiche

intrinseche della dinamica atmosferica che, come detto sopra, impone limiti stretti di predicibilità.

Vi è quindi un sostanziale spazio di miglioramento per la formulazione dei modelli, per la loro implementazione, per il miglioramento dell'accuratezza e densità delle osservazioni. Tuttavia la qualità delle previsioni numeriche su scala locale resta limitata da ragioni fisiche intrinseche. Gli evidenti miglioramenti della previsione a medio termine su scala globale possono aver tratto in inganno l'opinione pubblica in termini di aspettative della previsione meteorologica a breve termine e a scala locale. Sicuramente, la disponibilità di più modelli numerici implementati in diversi enti operativi e di ricerca in Italia potrebbe essere capitalizzata (come già viene fatto in modo "empirico" dai previsori) per generare previsioni probabilistiche (o di *ensemble*), le quali permettono di sfruttare statisticamente i pregi dei diversi modelli per fornire una previsione più utile se non più accurata. La messa in opera di un sistema di previsioni probabilistiche analogo a quanto viene fatto su scala globale, ma alla scala che permette di descrivere la convezione, richiede risorse di calcolo attualmente non ancora disponibili. Una verifica a posteriori non può inoltre prescindere da un'analisi statistica di molti casi, in cui anche il numero di previsioni corrette, venga valutato ai fini di un bilancio costi/benefici. In questa ottica non ha molto senso la corsa a dichiarare, ad evento concluso, "il mio modello l'aveva previsto". La previsione va fatta prima dell'evento e poco conta se in un singolo caso un modello è stato più preciso di un altro.

Andrea Buzzi, Silvio Davolio

Istituto di scienze dell'atmosfera e del clima, Cnr-Isac, Bologna