

I modelli fisico-matematici

Fino agli anni '80, il lavoro del meteorologo consisteva essenzialmente nel riportare a mano su una carta le condizioni del tempo presenti in quel momento nella zona di interesse e, sfruttando la propria abilità ed esperienza, cercare di prevedere come si sarebbero potute evolvere nel futuro. Questo metodo, detto SINOTTICO, garantiva al più una capacità di successo di non più di 12-24 ore. Oggi, il metodo sinottico viene utilizzato solo per le previsioni a brevissima scadenza, dette NOWCASTING, relative cioè a 1-6 ore, perchè privo di solide basi scientifiche e garante di scarsi successi. Vi sconsigliamo perciò di tentare previsioni affidandovi solo a radar e satelliti, potreste avere qualche brutta sorpresa!

Con l'avvento dei super-computer degli anni '90, è stato possibile utilizzare quello che fisici e matematici avevano messo a punto per schematizzare al meglio i processi dell'atmosfera: i modelli meteorologici. Un modello è semplicemente un insieme di formule matematiche, o meglio di EQUAZIONI, nelle quali vengono inserite le condizioni meteo osservate ad un certo istante. Una volta risolte, le equazioni ci forniscono le condizioni dell'atmosfera ad un certo istante nel futuro. In pratica, i modelli sono uno schema messo a punto dai fisici, che descrive il funzionamento dell'atmosfera e che ci permette di seguirne l'evoluzione nel tempo. I dati che ci vengono restituiti dal modello, vengono organizzati in carte meteo (quelle che tutti possiamo trovare su internet) e su di esse il meteorologo elabora la sua previsione.

Ma entriamo un po' più nel dettaglio. Solitamente, i grandi centri meteo (come l'europeo ECMWF oppure lo statunitense NCEP) elaborano un modello detto GLOBALE o GM, esteso cioè a tutto il globo. Sulla superficie della Terra è tracciata una ideale griglia, estesa sia in orizzontale, sia in verticale. I punti di incontro delle linee di questa griglia, detti NODI, sono quelli in cui si inseriscono nel modello le condizioni dell'atmosfera presenti in quel punto (cioè si INIZIALIZZA il modello). Ora dei supercomputer (pensate che riescono a raggiungere anche i 700 miliardi di operazioni al secondo) risolvono le equazioni con metodi messi a disposizione dalla matematica (vedi la sezione approfondimento) e forniscono la situazione con intervalli temporali di circa 20 minuti. Per fare un esempio, l'elaboratore VPP 700 FUJITSU dell'ECMWF, con 250 miliardi di operazioni al secondo, inizializzato alla mezzanotte di ogni giorno, fornisce i dati relativi ai successivi 10 giorni intorno alle 4-5 del mattino!

In realtà i GM, con il loro PASSO DI GRIGLIA (cioè la distanza tra i nodi) di circa 80 km sono piuttosto imprecisi e vengono perciò solitamente utilizzati come base per altri modelli, detti LAM, con passi di griglia inferiori ai 30 km, riferiti ad una precisa regione geografica e che tengono quindi in maggior considerazione l'orografia locale, le caratteristiche del suolo, ecc.

Ma a quanto si può spingere una PREVISIONE DETERMINISTICA, effettuata cioè con le tecniche appena esposte? Come i computer riescono a fornirci i dati che ci servono per le nostre previsioni? Quali sono le nuove frontiere dei modelli meteorologici? Tutto ciò e molto altro ancora nella nostra sezione di

Approfondimento

Finora abbiamo analizzato come funzionano, come sono nati e come si sono evoluti i modelli fisico-matematici che stanno alla base della meteorologia moderna.

Ora però vorremmo approfondire per i più appassionati come vengono prodotti i vari modelli, cercando di comprendere perché talvolta si presentano imprecisi e inaffidabili.

Già dall'inizio del Novecento si è scoperto che se si conoscono le condizioni iniziali dell'atmosfera è possibile determinarne la sua evoluzione in qualunque istante successivo.

Una situazione meteorologica è completamente definita se lo sono i valori di sette variabili: pressione, temperatura, densità, velocità del vento (tre componenti, direzione, verso e intensità) e umidità. Queste sette variabili sono legate da sette equazioni: la legge dei gas, le leggi che traducono il primo e il secondo principio della termodinamica, le tre equazioni generali del moto e l'equazione di continuità. Quindi per avere una previsione meteorologica si tratta di risolvere il

sistema con queste sette equazioni in un istante di tempo prefissato. Queste equazioni devono anche tener conto di una serie di altri fattori fisici (tutte le forze in gioco, le caratteristiche di un territorio, le variazioni di temperatura dovute a varie cause...) e pertanto assumono una forma particolarmente complessa. Sono innanzitutto equazioni differenziali, cioè le incognite sono delle funzioni con le loro derivate n-esime (ciò è indispensabile per esprimere la rapidità di variazione delle variabili nel tempo) e inoltre l'interdipendenza dei fenomeni fisici fa sì che esse contengano termini non lineari (cioè il prodotto delle variabili). A causa di questa complessità è necessario attuare un'operazione di "potatura" che consiste nell'eliminare i termini di queste equazioni che non hanno un'incidenza determinante sul risultato finale, a patto di accettare un piccolo margine di errore.

In molti casi i sistemi di equazioni differenziali, una volta fissate le condizioni iniziali (condizioni al contorno), ammettono una soluzione analitica, cioè un risultato esatto. Purtroppo però questo non vale per i sistemi che raggruppano le leggi dell'atmosfera.

Per poterle risolvere è allora stato necessario ricorrere ad alcune potenti tecniche di calcolo numerico che solo l'avvento dei calcolatori elettronici ha permesso di utilizzare proficuamente. I calcolatori decompongono le funzioni che definiscono lo stato iniziale dell'atmosfera in una somma infinita di funzioni, dette armoniche: tecnicamente si dice che questa somma di infiniti termini converge al valore della funzione. Per semplificare il calcolo si considera un numero finito di armoniche (511 nel modello Ecmwf, 254 nel Gfs e l'evoluzione dell'atmosfera viene calcolata separatamente per ognuna di queste armoniche e il risultato finale sarà dato dalla somma dei contributi di ogni armonica).

Con questi sistemi è quindi possibile calcolare l'evoluzione delle sette variabili sopra citate con uno step temporale anche di soli 20 minuti per 10 giorni consecutivi, a patto di eseguire circa 20000 miliardi di operazioni, operazioni che solo un potente calcolatore potrebbe eseguire.

Nonostante tutta questa complessità i risultati finali sono comunque affetti da errori.

Innanzitutto i dati che vengono inseriti nei modelli sono molto carenti e in molti casi è impossibile associare a ogni nodo della griglia studiata per il modello un valore osservato realmente. E' allora necessario effettuare una operazione di interpolazione dei dati, ricavando i dati mancanti da quelli delle stazioni più vicine. Questa procedura non può non introdurre errori nella previsione finale.

Inoltre come abbiamo detto prima i processi fisici in gioco sono molto complessi tanto che le equazioni vengono "semplificate" e in alcuni casi non sono ancora note le leggi esatte per governare molti fenomeni. In tal caso si usano equazioni parametrizzate, cioè relazioni semiempiriche che cercano di descrivere almeno approssimativamente il fenomeno.

Tutte queste approssimazioni sono cause di errori nelle uscite del modello e purtroppo lo saranno anche in futuro. Gli investimenti in campo meteorologico sono ancora molto bassi e ben difficilmente saranno installate stazioni meteo in alcuni paesi del mondo.

Si cerca allora di studiare un nuovo approccio per affrontare il problema, passando da uno deterministico (quello descritto finora) a uno probabilistico.

Negli ultimi anni sono nati dei modelli (modelli d'Ensemble) che cercano di mettere in pratica questo nuovo approccio. Essi vengono inizializzati più volte con dei dati leggermente modificati tra loro e il modello viene fatto "girare" separatamente per ognuno di questi input. I vari output vengono poi classificati in base alla previsione che forniscono.

Ad esempio se su 10 elaborazioni del modello in 9 casi ho responsi uguali, ho buone probabilità di avere individuato il corretto comportamento dell'atmosfera. Se invece avessi utilizzato con un criterio deterministico i dati dell'unico responso diverso dagli altri avrei avuto una previsione sbagliata.

In questo campo si sta studiando ancora molto e attualmente l'approccio probabilistico è utilizzato solo per previsioni a medio-lungo termine. La strada è ancora lunga, ma probabilmente tra non molto assisteremo a una svolta storica nel modo di risolvere il problema. L'unica certezza è che i computer saranno anche questa volta l'arma vincente...