

“PENSARE L’IMPENSABILE” PER DIFENDERCI DALL’INSOLITO

LA NOSTRA SOCIETÀ TECNOLOGICAMENTE SEMPRE PIÙ AVANZATA E INTERCONNESSA CI AIUTA A DIFENDERCI DA FENOMENI NATURALI DI FORTE INTENSITÀ, MA APPARE SEMPRE PIÙ VULNERABILE A FENOMENI DAVVERO INSOLITI. “PENSARE L’IMPENSABILE” DIVENTA SEMPRE PIÙ PRESSANTE ALLA LUCE DELLO SCENARIO CLIMATICO IN RAPIDA EVOLUZIONE.

Lo psicologo svizzero Karl Gustave Jung, in relazione *principio di sincronicità* da lui introdotto, affermava che la scienza moderna è la scienza della statistica, e non contempla il caso raro, l'evento unico, il cui significato trascenderebbe il campo della fisica stessa. In effetti il caso raro sembra sfuggire dalle maglie di un metodo empirico basato proprio sulla ripetibilità dell'esperimento, secondo il motto galileiano del “*provando e riprovando...*”. Se pensiamo ora a un sistema complicatissimo come il clima terrestre, formato da una miriade di componenti in continuo scambio di energia e materia (raggruppabili in criosfera, biosfera, idrosfera, atmosfera e litosfera), i metodi scientifici tradizionali sembrano porre delle serie limitazioni.

In primo luogo, non è possibile neanche in linea di principio operare un “esperimento” con il clima terrestre – non fosse altro perché noi ne facciamo parte –, né tanto meno ripetere l'esperimento un gran numero di volte e nelle medesime condizioni. Ciò che invece accade è che è il sistema stesso a compiere, per così dire, l’“esperimento” su se stesso, il quale è unico e irripetibile. La probabilità infatti che uno stato del sistema, o anche solo di un sottosistema (come l’atmosfera) si ripeta identico a se stesso, o anche grossolanamente identico, in un tempo finito appare infinitamente piccola.

Disastri naturali ed eventi estremi

Se si pensa a un fluido come l’atmosfera terrestre, che avvolge il pianeta in uno stato dinamico incessante sotto l’azione del Sole, può accadere che in un determinato momento, e in qualche punto del globo, abbia luogo una fluttuazione dei parametri fisici di una tale intensità da superare tutti i valori precedentemente osservati. Ora, il rischio che una situazione critica o un disastro accada, ad esempio una alluvione disastrosa su una città, può essere

FIG. 1
EVENTI ESTREMI
E PROBABILITÀ

Roma, l’andamento del vento massimo giornaliero registrato da 6 stazioni meteorologiche nel periodo luglio 2008-febbraio 2009.

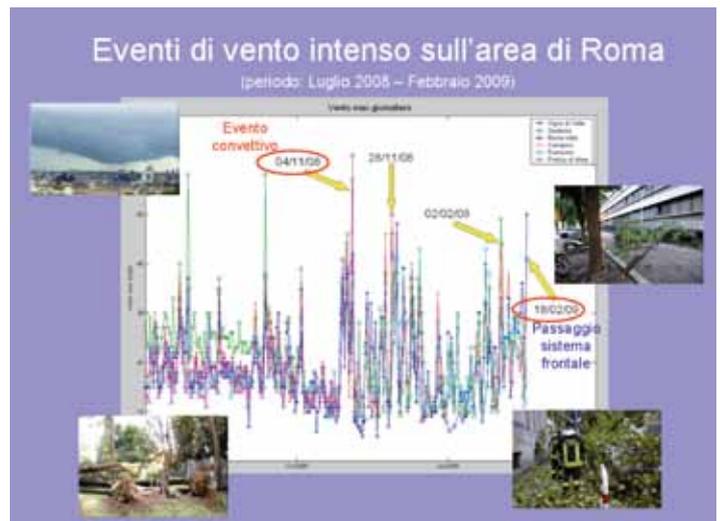
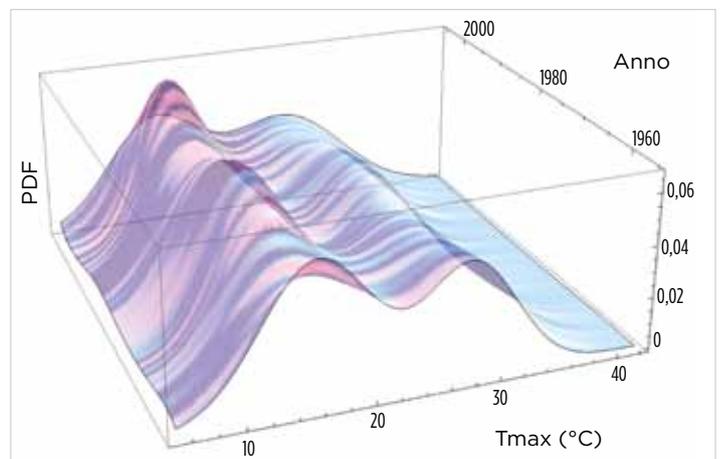


FIG. 2
EVENTI ESTREMI
E PROBABILITÀ

Evoluzione della distribuzione delle temperature massime misurate dalla stazione dell’Aeronautica militare di Roma Ciampino.

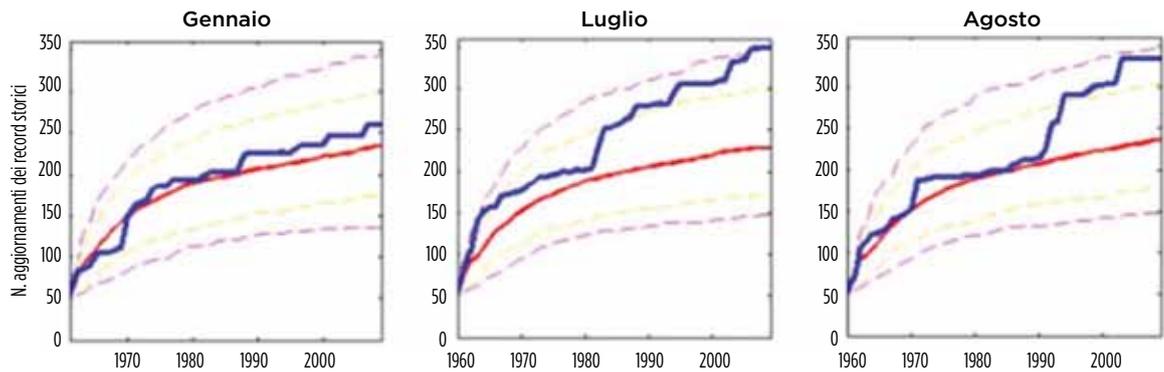


visto come il prodotto della pericolosità di quel qualcosa, moltiplicato per la probabilità che accada. La pericolosità dipende dalla situazione contingente (ad esempio lo stato degli argini del fiume che attraversa la città, quello della rete fognaria o le condizioni del manto stradale ecc.), mentre la probabilità che venga giù una certa quantità di pioggia in poche ore è un fattore squisitamente meteo-climatico. A titolo di esempio, in *figura 1* è rappresentato l’andamento del vento massimo giornaliero registrato da 6

stazioni meteorologiche dell’area di Roma nel periodo luglio 2008–febbraio 2009, in cui sono evidenziati i picchi che hanno determinato situazioni critiche. In termini qualitativi, per *evento estremo* si intende in generale un evento per cui esiste una bassissima probabilità che si verifichi un evento di intensità superiore; o, per converso, un evento per cui c’è un’altissima probabilità di eventi di intensità inferiore (ad esempio temperature, o venti estremi). È importante sottolineare che non sempre a un evento estremo è associato un evento catastrofico. Ad esempio in montagna,

FIG. 3
EVENTI ESTREMI
E PROBABILITÀ

Confronto tra le osservazioni (linee blu) con l'ipotesi "nulla" di un clima costante (altre curve nella stessa figura, che rappresentano la forchetta di variabilità statistica).



in inverno, una temperatura massima di 16°C può corrispondere a una temperatura estrema (nel senso che una temperatura massima così elevata si verifica molto raramente). Ma questo non significa che si verifichi anche un evento catastrofico (a meno che, ad esempio, non ci sia pericolo di slavine nelle vicinanze).

Variabilità climatica e aggiornamento dei record storici

Supponiamo ora di collezionare le temperature massime giornaliere misurate in 10 anni da una data stazione meteorologica. Si osserva che esse si comportano in un certo modo statisticamente ben determinato. Esse oscilleranno in un certo intervallo di valori, concentrandosi su un intervallo centrale più piccolo. Ciò è una conseguenza diretta della relativa stabilità della circolazione atmosferica su scala planetaria. Ripetendo la stessa operazione con le temperature massime relative a una decade differente, si otterrà una distribuzione di valori simile ma non del tutto uguale a quella precedente. Ciò è imputabile, da un lato a un problema di natura statistica, oppure di campionamento (limitatezza del numero di dati a disposizione); dall'altro, può essere dovuto a una vera e propria variazione dei regimi climatici.

La figura 2 mostra l'evoluzione della distribuzione delle temperature massime misurate dalla stazione dell'Aeronautica militare di Roma Ciampino, ottenuta facendo scorrere di un anno per volta la decade su cui la statistica è calcolata, dal 1951 al 2010. I picchi a sinistra rappresentano le temperature massime in inverno, quelli sulla destra le massime estive. Al centro sono concentrati i valori di autunno e primavera.

La caratteristica a cui porre maggiore attenzione, per l'argomento di cui trattiamo, è il comportamento delle code nella distribuzione. Code che tendono

ad alzarsi/abbassarsi leggermente a destra indicano, ad esempio, un aumento/diminuzione nella frequenza di occorrenza di temperature massime eccezionalmente alte. Si pone a questo punto il problema di discriminare tra un reale segnale di cambiamento climatico e di normale variabilità climatica, compito niente affatto semplice.

Le distribuzioni climatologiche empiriche manifestano infatti la loro inadeguatezza proprio nel momento di caratterizzare i fenomeni estremi.

Il motivo è, ovviamente, il numero estremamente esiguo dei casi di studio, e la cosiddetta *teoria dei valori estremi* si applica a rigore soltanto a distribuzioni generatrici stazionarie.

In un recente studio, condotto dal Centro nazionale di meteorologia e climatologia aeronautica, si è posta l'attenzione sul seguente parametro: la *rapidità di aggiornamento collettivo dei record storici di temperature massime e minime giornaliere mese per mese*, a partire dal 1961 fino al 2010 su 50 stazioni dell'Aeronautica militare sparse uniformemente su tutto il territorio nazionale. Lo scopo dello studio è stato appunto quello di rilevare eventuali segnali, statisticamente significativi, di cambiamento. Per fare ciò si sono confrontate le osservazioni (linee blu in figura 3) con l'ipotesi "nulla" di un clima costante (altre curve nella stessa figura, che rappresentano la forchetta di variabilità statistica).

Il risultato finale è stato che vi sono alcuni mesi invernali, come dicembre o gennaio, che hanno un comportamento "da manuale", pienamente compatibili con l'ipotesi "nulla" di un clima costante (il numero di aggiornamenti dei record storici cresce con la rapidità che ci si attenderebbe in un clima costante). Vi sono altri mesi, come luglio e agosto, che tendono invece a una rapidità di aggiornamento via via crescente, e significativamente superiore in confronto all'ipotesi "nulla". Si è visto peraltro che questo effetto è sensibilmente più marcato per quanto riguarda le stazioni di costa, rispetto a quelle di montagna o

di pianura. Analoghe considerazioni si potrebbero fare per le temperature minime e per molti altri parametri fisici, ma ciò esula dagli scopi della presente breve esposizione.

Protegersi, cum grano salis...

Gli ingegneri hanno imparato da tempo che in fase di progettazione di un impianto, di una nave, o di un palazzo, non devono guardare esclusivamente alla risposta "lineare" del loro sistema. La "rottura" di un sistema è infatti associata a fenomeni non lineari, in cui una piccola sollecitazione esterna in più può portare a una transizione brusca verso uno stato completamente diverso. La teoria matematica cosiddetta "delle catastrofi", iniziata dal matematico francese René Thom negli anni cinquanta – che ha intrecci importanti con la *teoria del caos* –, ha mostrato come analisi più approfondite possano portare a una più completa caratterizzazione del rischio. Il superamento di determinate soglie critiche per opera di fenomeni eccezionali (come onde del mare eccezionalmente alte che si infrangono sul ponte di una nave) può portare alla catastrofe (nell'esempio della nave, al capovolgimento). Per di più, tali soglie tendono a scendere drasticamente mano a mano che aumenta l'interconnessione dei sistemi (si pensi ad esempio alla rete elettrica e a quella di internet).

In uno scenario climatico in rapida mutazione, diventa sempre più importante utilizzare in modo intelligente l'armamentario teorico e pratico che la scienza ci mette in mano, e iniziare a pensare... l'impensabile!

Filippo Maimone

Centro nazionale di meteorologia e climatologia aeronautica
Aeronautica militare