



Contesto: come funzionano i modelli climatici?

Parole chiave:

modelli, scenari, parametri climatici, griglia, formule fisiche



Introduzione

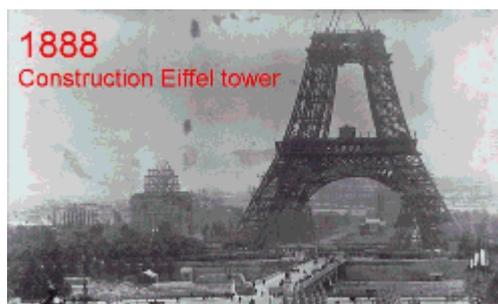
Il nostro stile di vita attuale sarà determinante per le sorti del clima globale futuro. Pertanto il rapporto tra noi e l'ambiente è estremamente importante per la vita dei nostri figli e per le generazioni a venire. Durante le lezioni di geografia studierete le mappe del clima stilate in base ad una classificazione elaborata da Troll e Paffen o Koeppen. E' inutile sottolineare, tuttavia, che la mappa del clima che consulteranno i vostri nipoti nel 2060 sarà completamente diversa da quella contenuta nei vostri libri di scuola. L'uomo, infatti, sta modificando la natura ad una velocità che non conosce precedenti.



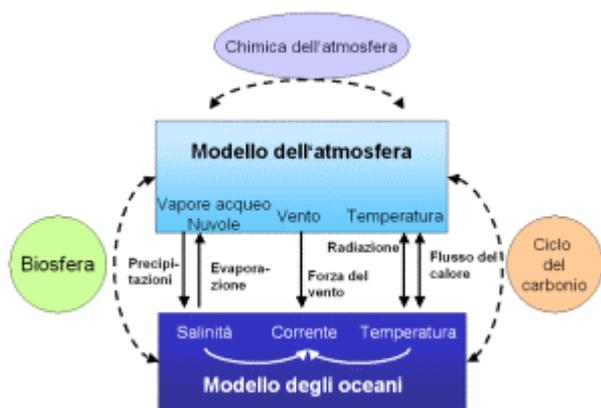
Cos'è un modello climatico?

Temperature e piogge, inondazioni e tempeste, siccità e periodi di clima rigido condizionano in modo significativo la nostra esistenza. Sarebbe interessante comprendere il modo in cui la presenza umana incide sul clima, ma per far ciò non possiamo condurre esperimenti in laboratorio poichè il sistema Terra risulta troppo complesso per poter essere riprodotto in un reattore. I governi e i cittadini richiedono ai climatologi di prevedere il clima dei prossimi cinquanta - cento anni.

Un modello climatico è una versione del sistema Terra elaborato al computer che rappresenta le leggi fisiche e le interazioni chimiche nel miglior modo possibile. Tale modello comprende i sottosistemi del sistema Terra ottenuti tramite esperimenti in laboratorio e misure sul campo.



1. Il ventesimo secolo in ottanta secondi: per comprendere la sfida legata alla valutazione dei cambiamenti climatici fino al 2100, immaginate di aver vissuto nel 1903 quando avreste dovuto prevedere ciò che sarebbe successo a livello mondiale fino al 2001 ...



2. Schema di un modello accoppiato atmosfera-oceano e modelli aggiuntivi. Lo schema è tratto dall'Hamburger Bildungserver.

Un modello globale si compone di dati ottenuti dai risultati di modelli che simulano aree del sistema Terra (come il ciclo del carbonio o modelli di chimica dell'atmosfera). Se il computer dispone di un'adeguata capacità, tali modelli vengono poi valutati complessivamente. La funzionalità dei modelli viene testata confrontando le simulazioni del clima passato con i dati attualmente disponibili.



Quali sono gli scenari?

I climatologi prevedono i prossimi cambiamenti del sistema climatico mediante calcoli effettuati con l'ausilio di diversi modelli basati sui cosiddetti "scenari". Lo scenario è una valutazione dei cambiamenti futuri relativi alle emissioni di gas serra e all'aerosol sulla base di determinati assunti. Poiché non possiamo sapere cosa succederà nel prossimo futuro in ambito politico, sociale, tecnologico ed economico, siamo costretti a tenere in considerazione diverse opzioni. La serie di scenari IPCC (A2, A1, e B1) viene descritta nella sezione "ricerca" di questo numero della rivista.



I fattori climatici

Un modello climatico si basa su un sistema di equazioni confrontabile con un modello di previsione meteorologica. I parametri meteorologici presenti nel modello come il vento, il vapore acqueo, lo scambio di energia e la continuità di massa devono essere espressi mediante equazioni e valutati complessivamente.

Un modello climatico non prevede le condizioni meteorologiche che saranno presenti il 22 marzo 2067 sulla base dei dati del giorno precedente ma valuta solo la possibilità che si verifichino certe condizioni meteo. Ad esempio, nel periodo compreso tra il 2080 e il 2100, in alcune aree si prevede una riduzione delle piogge invernali del 40 % rispetto ad oggi. Ciò mette in evidenza le nette differenze esistenti tra i modelli climatici e quelli meteorologici.

Tra gli altri fattori di cambiamento a medio termine figurano, inoltre, i gas serra e gli aerosol che modificano l'equilibrio energetico della Terra. Il crescente riscaldamento del pianeta fa sì che l'aria trattienga maggiori quantità di acqua. Di conseguenza in molte aree si verifica un aumento dell'evaporazione e delle precipitazioni. I modelli attuali comprendono i gas serra responsabili del surriscaldamento globale (anidride carbonica, metano, ossido di azoto, CFC e ozono), le emissioni di gas solforati e l'inquinamento atmosferico che

esercitano un effetto di raffreddamento sul clima.



Dalla fisica del sistema Terra alla matematica del modello

In questo sito web non è possibile descrivere dettagliatamente tutte le interazioni fisiche considerate nei modelli climatici. Qui di seguito è possibile cliccare su alcune equazioni e leggi fondamentali che sono utilizzate nei modelli numerici tri-dimensionali o che sono necessarie per comprendere le equazioni usate. Alcune le avrete già incontrate durante le lezioni di fisica, altre invece sono piuttosto complesse. Se vi interessa la matematica, potete utilizzare i link delle descrizioni presenti in Wikipedia.

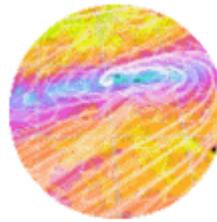
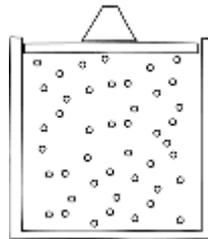


Clicca sull'equazione per scoprire cosa si nasconde

(alcune spiegazioni vengono visualizzate in una nuova finestra - chiudila dopo averla utilizzata)

$$PV = nRT$$

$$p = \rho RT$$



$$\rho \frac{D\mathbf{v}}{Dt} = \nabla \cdot \mathbb{P} + \rho \mathbf{f}$$

Gas ideale =>
[Wikipedia](#)

Equazioni di Navier Stokes => [Wikipedia](#)



$$\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$$



$$\mathbf{a} = -2\boldsymbol{\omega} \cdot \mathbf{v}$$

La legge di Newton => [Wikipedia](#)

La forza di Coriolis
=> [Wikipedia](#)



$$dU = \delta Q + \delta W$$



water

Prima legge della termodinamica =>
[Wikipedia](#)

Equazioni relative all'acqua

In un modello climatico devono essere accoppiate equazioni come queste o da queste

derivate e...molte, molte altre ancora. Nel modello vanno inoltre inclusi anche i fattori climatici modificati per mano dell'uomo (vedi i gas serra). Su questo argomento specifico potete consultare il testo "Modelli semplici".

Fin qui avete visto solo alcuni esempi delle principali equazioni. Cliccate sul link seguente per conoscere quali sono le equazioni più utilizzate dai modellisti del clima. Anche in questo in caso abbiamo riportato le equazioni più semplici.

Università di Reading "Le equazioni primitive"



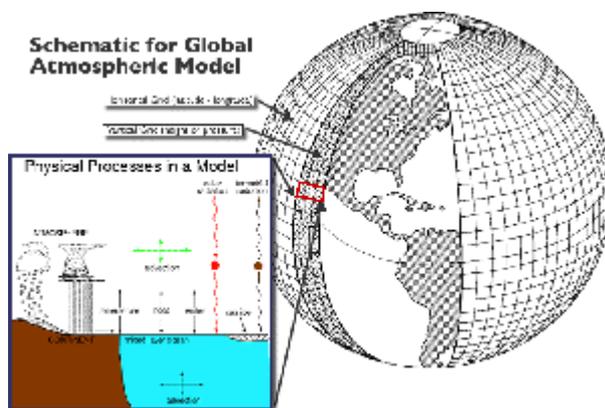
La griglia terrestre

Tutti sanno che le condizioni meteorologiche e fisiche non sono le stesse su tutto il pianeta.

Ai tropici l'insolazione e la temperatura sono molto più elevate rispetto al Polo Nord. L'evaporazione e le precipitazioni possono essere più intense poiché l'aria più calda trattiene maggiori quantità di acqua rispetto all'aria fredda. Tuttavia, persino alle stesse latitudini il clima può variare in modo significativo a seconda delle proprietà della superficie terrestre. Sull'Himalaya le condizioni atmosferiche differiscono completamente da quelle presenti nella regione di Shanghai.



6. Mappa delle altitudini: Himalaya e bacino della Cina orientale



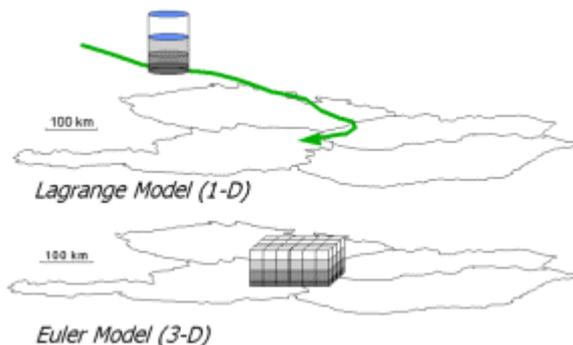
7. Griglia e parametri di un modello atmosferico globale © NOAA

Sappiamo inoltre che sulle aree densamente popolate dell'Europa, del Nord America e dell'Asia vengono rilasciate maggiori quantità di gas e particelle antropogeniche rispetto alle aree oceaniche. Non possiamo mettere la terra in un modello come si mette una torta nel forno. Dobbiamo dividere atmosfera e oceani sia orizzontalmente che verticalmente e calcolare lo stato dell'atmosfera (vento, temperatura, ecc.) e dell'oceano in piccole celle di una griglia, dette anche "box".

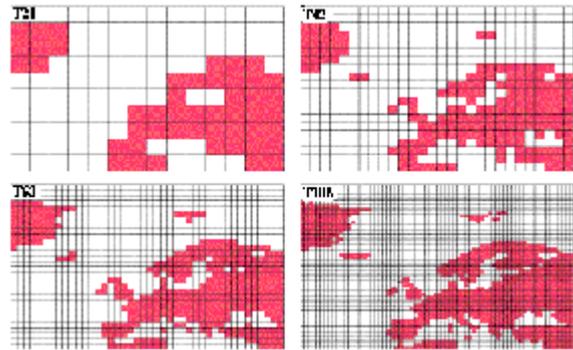
I modelli globali tradizionali presentano una risoluzione orizzontale di 250 km ed una risoluzione verticale di 1 km, mentre le versioni più aggiornate vantano risoluzioni ancora più precise. La risoluzione orizzontale di un modello oceanico tradizionale è pari a 125 - 250 km, mentre quella verticale raggiunge i 200 - 400 m. In verticale l'atmosfera si suddivide, ad esempio, in circa 20 strati, raggiungendo

un'altitudine di quasi 30 km.

Gli strati dei modelli oceanici presentano una profondità di 5000 m fino a raggiungere il fondo marino. I processi fisici di piccola scala che sono inferiori alle dimensioni delle celle della griglia non possono essere scomposte visualmente. Il loro impatto netto sui processi a larga scala viene valutato ed incluso all'interno del modello mediante parametrizzazione. Nell'atmosfera questo riguarda in modo particolare la formazione delle nuvole, mentre negli oceani riguarda vortici su piccola scala e processi di convezione.



9. Modello langrangiano ed euleriano © Werner Winiwarter

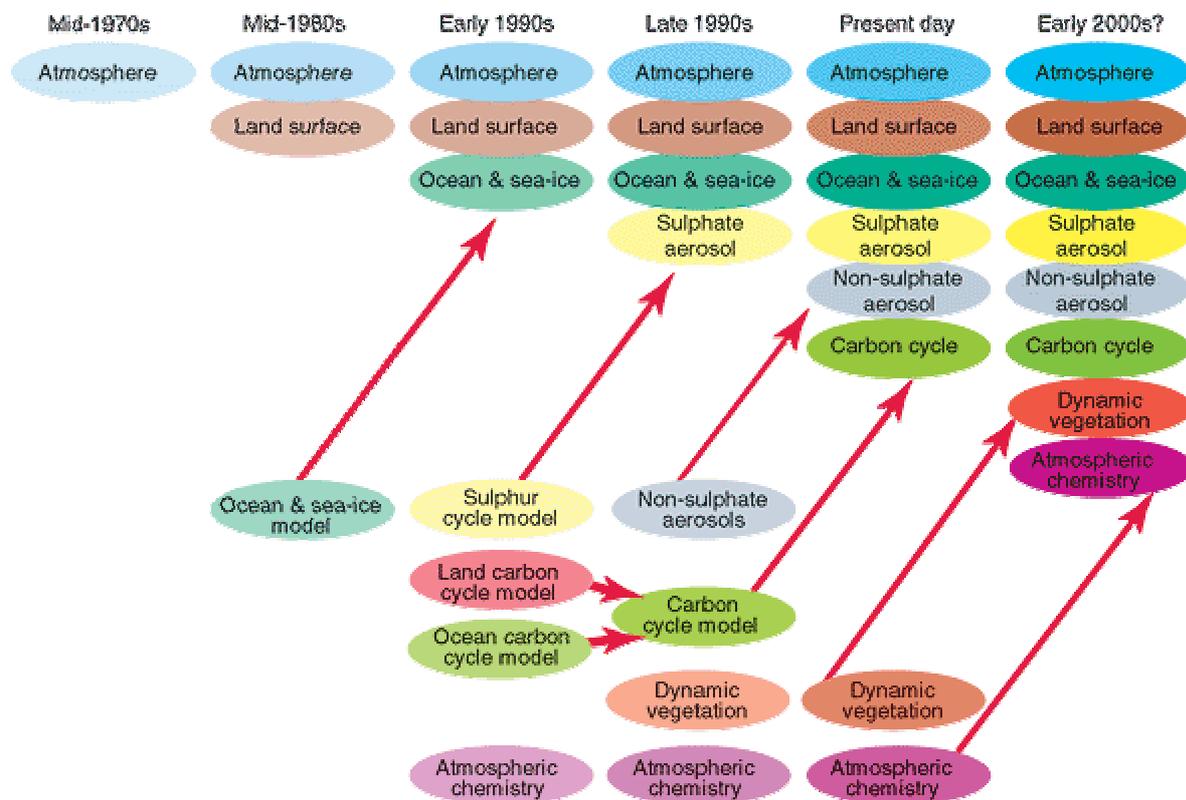


8. L'Europa visualizzata in griglie con diverse risoluzioni © Hamburger Bildungsserver

Le equazioni sono state studiate per modellare la dinamica in corrispondenza dei punti della griglia. Se viene modellata anche la chimica dell'atmosfera, le reazioni avvengono in una particolare particella d'aria in un periodo di tempo finito. Benché i modelli a griglia fissa considerino anche i movimenti orizzontali, potrebbe essere più vantaggioso simulare le reazioni in una particella d'aria in movimento. Tali modelli vengono definiti langrangiani in contrapposizione ai modelli euleriani a griglia fissa. Tuttavia i modelli langrangiani non sono applicabili allo studio del clima.

La qualità dei risultati di tali modelli che simulano il clima futuro dipende anche dalla risoluzione della griglia. Evidentemente, più fitte sono le maglie della griglia, maggiore sarà la risoluzione. Tutto ciò, a sua volta, è in funzione della capacità del computer. Per elaborare i modelli climatici vengono utilizzati i computer più potenti al mondo la cui capacità è in continua evoluzione. In tal modo, sarà possibile eseguire calcoli sempre più dettagliati per i prossimi rapporti IPCC.

The Development of Climate models, Past, Present and Future



10. Lo sviluppo dei modelli climatici negli ultimi venticinque anni mostra come le diverse componenti vengano dapprima sviluppate in modo separato e solo successivamente accoppiate in modelli climatici completi. © IPCC TAR 2001 Sintesi tecnica, casella 3, fig 1

Autore:

Elmar Uherek - Istituto Max Planck per la chimica, Mainz

Versione italiana a cura di: Michela Maione, Simonetta De Angelis e Paola Giovannini, Università degli Studi di Urbino

© ACCENT 2006 | www.accent-network.org