



AIAMnews

Rivista Italiana di Agrometeorologia

anno 7 - n. 3 - Luglio 2003

Periodico trimestrale edito dall'AIAM - Direttore responsabile: M. Gani - Autorizzazione Tribunale di Firenze n. 5221 del 4/12/2002
Redazione a Cura di A.Cicogna e M.Gani - CSA via Carso 3-33052 Cervignano (UD) Italy andrea.cicogna@csa.fvg.it
Spedizione in A.P. - 70% D.C.I. "UD"

AIAM Associazione Italiana
di Agrometeorologia
www.agrometeorologia.it

Presidente:

Luigi Mariani

Consiglieri:

Maurizio Borin, Andrea Cicogna, Antonino Drago, Vittorio Marletto, Simone Orlandini, Miriam Rosini, Emanuele Scalcione.

Revisori dei conti:

Federico Spanna, Carmen Beltrano, Luigi Pasotti

Sede legale - via Caproni 8,
50144 Firenze.

Sede tecnica - via Modigliani
4, 20144 Milano

email: anamar@tin.it

Contenuto

Attualità e servizi

a cura di L. Mariani

- Resoconto Convegno Aiam 2003
- Modelli, Modellisti ed Utenti
- Lettera ad AiamNews

Ricerca e didattica

a cura di M. Borin

- Schede Fenologiche : il carciofo
- Modelli esplicativi e reti neurali nella previsione delle Gelate

Algoritmi

a cura di V. Marletto

- ELSA: un algoritmo per la segmentazione in classi di un intervallo numerico

AIAM 2003 LE SFIDE DELL'AGROMETEOROLOGIA

Sandro Gentilini ERSVA FVG

Il 29 e 30 maggio scorsi, presso la Facoltà di Agraria di Bologna, si è svolto il convegno nazionale annuale di agrometeorologia, intitolato "AIAM 2003 - Le sfide dell'agrometeorologia", organizzato dall'AIAM.

Quest'anno il convegno ha toccato tre tematiche di grande interesse, corrispondenti ad altrettante sessioni di lavoro: a) le potenzialità delle nuove tecnologie e metodologie di monitoraggio e modellizzazione, b) gli sviluppi operativi dei servizi agrometeorologici e delle relative metodologie tecnico-scientifiche, c) le problematiche agrometeorologiche globali o comunque a vasta scala.

Nella prima sessione sono state illustrate anzitutto le potenzialità di utilizzo del tele-rilevamento satellitare, aerofotogrammetrico e con strumentazione al suolo per scopi agrometeorologici, in specie per il monitoraggio dell'estensione colturale e dello stato vegetativo delle principali colture; molto interessanti ad esempio le metodologie per la stima delle caratteristiche strutturali della vegetazione mediante tele-rilevamento multiangolare. Sono stati poi illustrati alcuni interessanti esempi di monitoraggio e di modellizzazione dei processi idrotermici del suolo agrario e della vegetazione, del particolare ambiente costituito dalle risaie allagate.

Nel corso della seconda sessione dei lavori è stato fatto il punto sui progressi operativi di alcuni servizi agrometeorologici regionali (siciliano e lucano), nonché sull'evoluzione delle metodologie di comunicazione delle informazioni agli utenti. Particolarmente incisiva l'illustrazione della decennale esperienza maturata nella regione Veneto. Altri interessanti interventi hanno riguardato le metodologie operative specifiche adottate nelle diverse regioni. A titolo d'esempio citiamo l'analisi geostatistica e statistico-multiregressiva per la definizione di aree agroclimatiche omogenee per il territorio agricolo piemontese, l'applicazione di modelli previsionali per la creazione di mappe agrometeorologiche a livello territoriale, l'utilizzo dei dati rilevati dalle reti meteo-

rologiche regionali e di modelli di simulazione e previsionali per la stima dei consumi idrici e la programmazione degli interventi irrigui.

Un altro filone riguardava le metodologie di studio delle gelate tardive ed i progetti innovativi per la difesa delle colture da quest'avversità.

Una tematica interdisciplinare è quella relativa all'agrometeorologia applicata alla difesa fitosanitaria delle colture. In tale contesto è stato illustrato un interessante lavoro sull'adattamento e la verifica, per la realtà del Friuli Venezia Giulia, di modelli per la simulazione dello sviluppo di *Diabrotica virgifera virgifera* (Leconte) in relazione all'andamento termico. Di questo fitofago, proveniente dall'America settentrionale e in fase di rapida diffusione in Europa, le cui larve danneggiano le radici del mais in modo quasi inosservabile qualora esse siano poche, ma in modo pesantissimo nel caso di pullulazione epidemica, sono state anche illustrate, sempre nel corso di questa sessione, le prime rilevanze sperimentali sullo studio della caratterizzazione ecofisiologica nel territorio lombardo.

Nella terza sessione, infine, sono stati trattati argomenti di ampio respiro, quali :

- gli scopi e la struttura dell'INSAM, la nuova associazione agrometeorologica internazionale basata sullo scambio di informazioni via web ;
- l'esperienza del Centro Comune di Ricerca europeo di Ispra nel campo dei modelli di produttività delle colture, nonché iniziative analoghe a livello nazionale;
- i modelli di supporto per la programmazione agronomica a vasta scala;
- l'analisi dello stato attuale e delle prospettive future delle ricerche nel settore della modifica artificiale del tempo meteorologico, ed in particolare della stimolazione artificiale della pioggia;
- le prime valutazioni di un nuovo indicatore di siccità agricola;
- gli effetti della variazione della temperatura dell'aria sullo sviluppo e sulla produttività di cereali vernini;
- il contributo delle siepi campestri al-

l'immobilizzazione della CO₂ atmosferica.

Un intervento particolarmente interessante, dove agli aspetti puramente scientifici e tecnici facevano riscontro pressanti considerazioni sociali ed economiche, riguardava il telerilevamento a supporto della gestione delle risorse idriche in Africa dell'ovest, dove le popolazioni locali, per alleviare la cronica penuria idrica, fattore limitante la sopravvivenza stessa di queste genti, sbarrano i corsi d'acqua, soprattutto gli affluenti minori dei grandi fiumi, con centinaia di dighe improvvisate, creando però seri problemi per il regolare deflusso dei fiumi, per la sicurezza del territorio e per il corretto funzionamento degli invasi "ufficiali", compromettendo ancor più la razionale gestione di una risorsa così preziosa come l'acqua.

In complesso, dunque, un'occasione di discussione ricca ed originale, di cui anche i soci che non hanno potuto partecipare potranno venire a conoscenza attraverso gli atti che, come ogni anno, verranno prodotti dall'Associazione.

SCHEDE FENOLOGICHE DI PIANTE COLTIVATE: IL CARCIOFO

Maurizio Borin, Elisa Bigon,
Paolo Caprera
Università Padova

Nell'attuale contesto di qualificazione delle produzioni agricole, crescente importanza viene attribuita alla esecuzione di interventi agronomici mirati, in modo da dosare esattamente l'intensità di un trattamento ed individuare il momento in cui esso consente di ottenere la massima efficacia. Tutto questo vale non solo per le varie operazioni di coltivazione e di difesa, ma anche per programmare al meglio la raccolta dei prodotti della terra. Questo modo di lavorare non può prescindere dalla approfondita conoscenza delle esigenze culturali nelle varie fasi del ciclo di coltivazione. E' perciò indispensabile saper riconoscere queste fasi attraverso l'esame del mutevole aspetto della pianta nel corso della sua stagione produttiva.

Abbiamo così pensato di elaborare un atlante fenologico, con il fine di costituire un riferimento organico, originale e ampio riguardante 45 colture agrarie (Atlante fenologico di specie agrarie - Il Sole 24 Ore).

Per esemplificarne la trattazione, viene di seguito presentata la coltura del carciofo.

Notizie botaniche, ecologiche e agronomiche

Nome botanico: *Cynara scolymus* L.

Famiglia: *Compositae*

Ciclo biologico: poliennale
Portamento: erbaceo, cespitoso; fusto florale eretto con poche ramificazioni
Fiori: ermafroditi, riuniti in capolino

Frutto: achenio

Zero di vegetazione: 0 °C (germinazione)

Ottimo termico: 15 °C (accrescimento)

Fotoperiodo: cultivar a diverso comportamento

Prodotto agrario utile: capolino

Utilizzazione del prodotto: consumo fresco e trasformazione industriale

Ciclo di coltivazione: annuale

Fasi Fenologiche

Germinazione, emergenza, insediamento

Il seme, elissoide, commercialmente confuso e identificato con il frutto (achenio), ha un'emergenza piuttosto lenta, seppur variabile in funzione del regime termico cui è sottoposto: essa ha inizio dopo 10-12 giorni dalla semina e prosegue per circa un mese. Le piantine provenienti da achenio presentano la radice principale fittonante e numerose radici secondarie.

Accrescimento vegetativo

Man mano che la pianta si accresce diventa sempre

RINNOVO DELLE CARICHE SOCIALI DELL'AIAM

L'incontro di Bologna è stata anche l'occasione per tenere l'annuale assemblea dell'AIAM.

Quest'anno l'ordine del giorno prevedeva anche il rinnovo delle cariche sociali.

Luigi Mariani è stato riconfermato quale presidente dell'Associazione. Le votazioni hanno espresso poi quali Consiglieri i seguenti soci: Maurizio Borin, Andrea Cicogna, Antonino Drago, Miriam Rosini, Simone Orlandini, Emanuele Scalcione e Vittorio Marletto che ricoprirà anche la carica di Vicepresidente.

Quali Revisori dei Conti sono stati eletti: Carmen Beltrano, Luigi Pasotti e Federico Spanna.

A tutti gli eletti la redazione di Aiam News augura un Buon Lavoro!



Zone di coltivazione del carciofo in Italia

più evidente il fusto rizomatoso, chiamato volgarmente ceppo o ceppaia, su cui si differenziano le gemme che daranno origine ai germogli (carducci) e ai capolini. La differenziazione dei germogli non è contemporanea e perciò sulla stessa pianta si trovano germogli di età diverse. Il caule è molto raccorciato e porta inizialmente una rosetta di foglie molto ravvicinate, tanto che il carciofo è considerata pianta acaule. La gemma apicale si evolve e origina lo stelo che si accresce in lunghezza portando alla som-

mità il capolino.

L'asse florale può superare il metro di altezza, è cilindrico, leggermente scanalato in senso longitudinale, di colore verde grigio, coperto di peluria. Dall'asse principale si originano ramificazioni laterali le quali, anch'esse, portano all'apice un capolino. La forma delle foglie varia con l'età, la posizione sulla pianta e la coltura. In genere quelle più giovani e quelle poste sullo stelo florale più vicino al capolino sono lanceolate con margine intero o variamente seghettato, mentre quel-

le più adulte presentano margine profondamente intaccato.

Emissione capolini e fioritura

La fase di differenziazione a fiore avviene con la comparsa dei primordi fiorali sull'apice vegetativo, che si accrescono centripetamente fino ad interessare l'intero ricettacolo e fino a formare, in tal modo, il tipico capolino. Inizialmente il capolino è percepibile al tatto, ma è completamente involupato nelle foglie che accompagnano l'asse florale ancora corto in questo stadio. Successivamente l'allungamento iniziale dello stelo e il dispiegamento delle foglie permettono di individuare il capolino al centro della rosetta; quando questo è completamente visibile i fiori, al suo interno, sono lunghi pochi mm (pappo). Quando le brattee esterne del capolino cominciano a divergere, la sagoma del ricettacolo da concava, inizia ad appiattirsi. L'antesi avviene a partire dai fiori periferici, ermafroditi e tubulosi, ormai lunghi qualche cm, di

colore viola, con diverse tonalità. I fiori centrali appaiono quando le brattee lasciano libera la zona interna; La fioritura, scalare, si completa in 3-5 giorni, in modo centripeto. L'autoimpollinazione è entomofila. Il capolino dello stelo principale fiorisce per primo seguito dai capolini emessi dalle ramificazioni laterali.

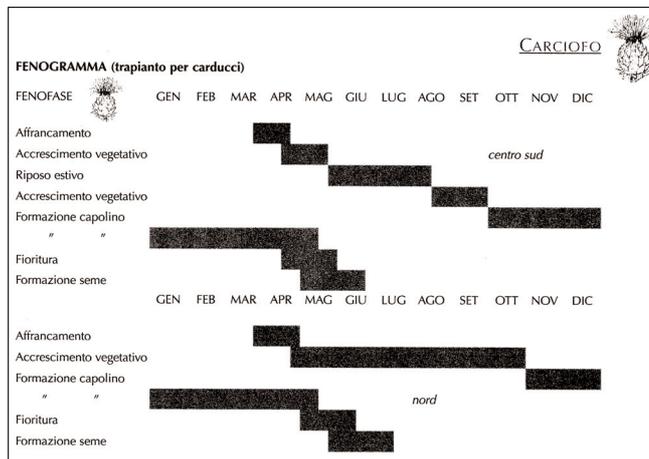
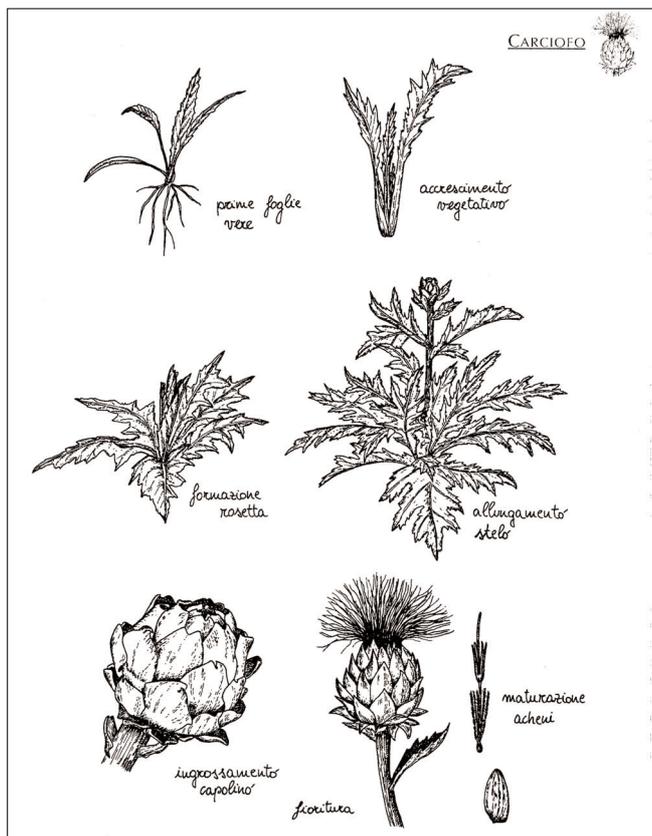
Formazione e maturazione dei semi

Il frutto matura circa 60 giorni dopo la fecondazione; gli acheni centrali sono quasi sempre più piccoli dei periferici e mostrano di solito, scarsa germinazione.

Destinazioni del prodotto e calendario agrofologico

La parte edibile del carciofo è costituita dai capolini immaturi con il peduncolo di diverso diametro e lunghezza. I capolini sono formati dal ricettacolo su cui sono inserite le brattee involucri nella parte più esterna e i fiori ancora piccoli, simili a peli (pappo) nella parte centrale. Il ca-

Stadi Fenologici principali



Fenogrammi

polino viene utilizzato fresco, crudo o cotto in diversi modi, essiccato, surgelato, liofilizzato, conservato sott'olio, in salamoia, o al naturale. Dalle foglie si estraggono bevande, liquori, prodotti farmaceutici, coloranti e dalle radici, infusi. L'impianto della carciofoia viene effettuato in epoca diversa a seconda della modalità di propagazione e delle condizioni ambientali. Frequentemente, se si ricorre al trapianto per carducci, l'epoca è quella autunno-primaverile, quando l'attecchimento è favorito dalla buona umidità del terreno. L'estate (seconda metà di luglio-metà agosto) è favorevole all'impianto per ovoli, prelevati dalla pianta durante la fase di riposo. Sono essi rami quiescenti inseriti sul rizoma, muniti di gemma apicale e gemme laterali. Praticamente costituiscono la parte ipogea dei carducci che hanno seccato la parte epigea nei periodi con temperature elevate, quando la pianta inizia il riposo. La riproduzione per seme si esegue quasi esclusivamente per fini di miglioramento genetico, in semenzaio (anche per ottenere carducci da trapiantare) o direttamente in campo. Il momento di raccolta varia con l'andamento climatico e con l'epoca di risveglio della carciofoia. I capolini compaiono scalarmene, perciò il periodo di raccolta nelle cultivar precoci va da ottobre fino a maggio, per quel-

le più tardive da marzo a maggio. Nelle zone del sud Italia, a maggio-giugno, a causa dell'elevata temperatura e dell'assenza di pioggia, la parte aerea comincia a disseccare e le gemme situate sul rizoma vanno in riposo. In giugno infatti si provvede alla dicioccatura, eliminando dalle piante completamente secche gli steli che hanno portato i capolini.

MODELLI ESPLICATIVI E RETI NEURALI ARTIFICIALI NELLA PREVISIONE DELLE GELATE IN ALCUNE STAZIONI TRENTINE

Luca Ghielmi
Emanuele Eccel
Ist. Agr. S. Michele all'Adige

Tradizionalmente l'allarme per gli episodi di gelo può essere dato con uno o due giorni di anticipo rispetto all'evento dai servizi meteorologici regionali. Tuttavia, l'applicazione di formule che stimano l'abbassamento di temperatura in base alla perdita radiativa notturna si riferisce alle temperature rilevate in capannina al tramonto del sole (o all'ora equivalente, in caso di copertura). Da questo momento in poi l'abbassamento della temperatura si ritiene seguire una legge parabolica, con un tasso di perdita di calore costante e dato dalla legge di Stefan-Boltzmann, più o meno corretta in base ad altre grandezze, quali la copertura nuvolosa, il vento, l'umidità

dell'aria e quella del suolo. Lo scopo di questo lavoro è il confronto di diverse formule che sono state proposte a partire dagli anni '30, e che hanno acquistato sufficiente notorietà da essere riportate nei manuali di agrometeorologia.

Metodi

I modelli considerati prevedono tutti il calcolo di $R_L \uparrow$,

la radiazione ad onda lunga, ma si differenziano nelle modalità con cui si perviene a quest'ultima. Le metodologie applicate sono quelle tra le più note in letteratura, e sono quelle di Brunt (Brunt, 1941) e di Luerstein-Chudnovsky (Benincasa et al, 1991); quest'ultimo, a differenza di quella di Brunt, tiene conto anche del fattore vento.

Certamente i metodi richiederebbero un'applicazione che preveda anche la modifica e la differenziazione dei coefficienti trovati in origine dagli autori per la stima della $R_L \uparrow$; si è d'altro canto ipotizzato che, in ambiente geografico simile (fondo valle della Val d'Adige) non sussistano differenze sostanziali tra le tre stazioni scelte.

Tali metodologie richiedono la conoscenza della temperatura al tramonto (Ttram); nel territorio trentino, caratterizzato da una morfologia molto varia, la determinazione dell'ora del tramonto è problematica poiché si deve considerare non solo la posizione solare ma anche gli orizzonti orografici. Per il calcolo degli orizzonti orografici si è sfruttata la potenzialità del software G.I.S. GRASS.

Parallelamente, in alternativa alle metodologie classiche, si stanno esaminando le eventuali potenzialità che possono offrire le reti neurali artificiali. Esse presentano infatti il vantaggio di una rapida e agevole modellizzazione dei fenomeni direttamente sulla base dei dati sperimentali, superando le difficoltà che si possono incontrare nei sistemi complessi come quello delle condizioni atmosferiche le cui relazioni tra le diverse variabili in gioco non sono sempre note e sono non lineari.

L'architettura di rete più impiegata è il feedforward, a retropropagazione di errore (Rumelhart, 1986). Il processo di apprendimento consiste in un progressivo adattamento dei pesi delle interconnessioni sinaptiche, realizzato mediante un congruo numero di casi reali (training set) La successiva fase è la convalidazione della rete ed è sostanzialmente la verifica della sua capacità di generalizzare il fenomeno. Essa viene effettuata su un "test set" di casi non compresi nel training set con i quali si modella la rete ed è sulla base di tali dati che si può valutare la sua performance; sussiste sempre, infatti, il rischio del cosiddetto overtraining o overfitting (Galvagni et al, Web page). L'indagine ha riguardato 3 diverse stazioni della Val d'Adige e Vallagarina (Trento Sud, San Michele e Marco di Rovereto) ed un periodo di 21 anni, dal 1983 al 2001 per San Michele e Trento Sud e di 3 anni, dal 2001 al 2003, per la stazio-

ELSA: un algoritmo per la segmentazione in classi di un intervallo numerico

Vittorio Marletto vmarletto@smr.arpa.emr.it

Ogni volta che si realizza una mappa che descrive una variabile numerica continua X (per esempio la precipitazione caduta in un mese) ci si confronta col problema della scala o legenda: quante classi usare e/o che ampiezza dare loro. Il problema è del tutto analogo quando si vuole costruire un istogramma. In genere ci si limita a scegliere un certo numero di classi C considerato conveniente e, in questo caso, l'ampiezza A tra le classi viene determinata sulla base dell'intervallo tra i valori estremi X1 e X2 utilizzando la banale espressione:

$$A = (X2 - X1) / C, \text{ con } X2 > X1$$

Se per esempio la precipitazione mensile di cui sopra varia tra i 7 mm della stazione più arida e i 142 della più piovosa e se C viene posto uguale a 10, A risulta pari allo sgradevole valore di 13,5. Ne risulterebbero le classi:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
7.0 20.5 34.0 47.5 61.0 74.5 88.0 101.5 115.0 128.5

dove si intende che per ogni classe si dà l'estremo inferiore.

Ognuno di noi preferirebbe invece che le classi fossero invece intervallate dal più piacevole e comprensibile valore di 10 mm, come segue:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140

o di 20 mm, come segue

1 2 3 4 5 6 7 8
0 20 40 60 80 100 120 140

Per ottenere questo risultato è di solito necessario fare diverse prove e agire manualmente sull'interfaccia del programma utilizzato. In alternativa si può fare ricorso ad un algoritmo che da solo selezioni il numero delle classi e un intervallo "elegante" sulla base dei soli valori estremi X1 e X2, come segue. Determiniamo prima l'ordine di grandezza O dell'intervallo tra gli estremi con l'espressione:

$$O = 10^{(\text{int}(\log_{10}(X2 - X1) + 0.5))}$$

nella quale int significa parte intera.

Nel caso delle precipitazioni di cui sopra l'espressione fornisce il valore O = 100. Se vogliamo che il numero delle classi sia compreso tra 5 e 10 una prima stima dell'ampiezza dell'intervallo si ottiene semplicemente con il rapporto

$$A = O / 5$$

Per calcolare il valore estremo inferiore B della classe più bassa si usa l'espressione

$$B = A(\text{int}(X1/A - 1) + 1)$$

A questo punto siamo in grado di fare una prima stima del numero C di classi successive alla prima, che risulta pari a

$$C = \text{int}((X2 - B)/A)$$

Se C è minore di 5 (troppo poche classi) basta dividere A per due e rifare i conti. Analogamente se N = 10 (troppe classi) basta raddoppiare A e rifare i conti.

Di seguito diamo un'implementazione dell'algoritmo in VBA (Visual Basic for Applications, il linguaggio di programmazione disponibile in Excel). La procedura legge gli estremi dell'intervallo nelle prime due celle della prima riga del foglio Excel cui è associata e restituisce le classi "eleganti" sotto gli estremi.

```
Sub Elsa()  
X1 = Cells(1, 1)  
X2 = Cells(1, 2)  
If X1 >= X2 Then Exit Sub
```

n = 5

```
O = 10 ^ Int(Log(X2 - X1) / Log(10) + 0.5)  
A = O / n  
B = A * (Int(X1 / A - 1) + 1)  
C = Int((X2 - B) / A)
```

```
If C > 2 * n Then A = 2 * A  
If C < n Then A = A / 2
```

```
B = A * (Int(X1 / A - 1) + 1)  
C = Int((X2 - B) / A)
```

```
For i = 0 To C  
Cells(i + 2, 1) = i  
Cells(i + 2, 2) = B + i * A  
Next i
```

End Sub

Questo algoritmo è parte integrante dell'applicativo DIC2000, utilizzato in ARPA-SMR per la produzione operativa del bollettino agrometeorologico. DIC2000 consente all'utente di selezionare una grandezza meteorologica tra quelle disponibili in archivio e di generare automaticamente una mappa Surfer della grandezza. La procedura qui descritta consente all'operatore di risparmiare il tempo necessario al ritocco manuale delle scale poco "eleganti" prodotte da Surfer.

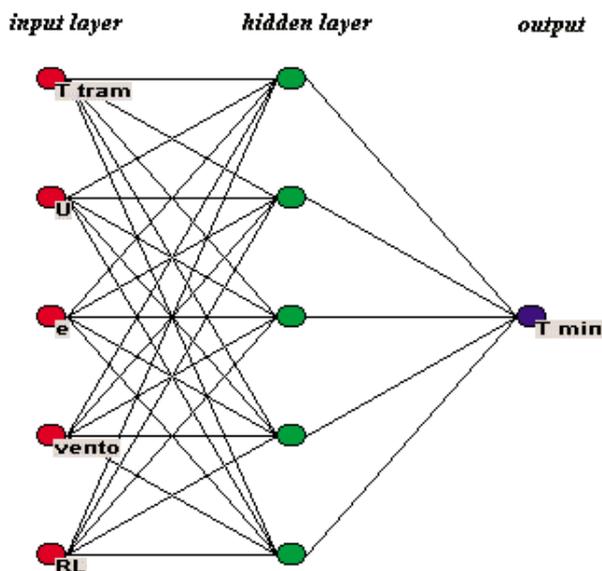


Fig. 1 - Schema di rete neurale per la previsione delle temperature minime

ne di Marco di Rovereto. Lo studio inoltre si è limitato ad esaminare il solo periodo dell'anno critico per le gelate nel comparto frutticolo di fondovalle, cioè i mesi di marzo e aprile. Di questi mesi si sono considerate le giornate con cielo tendenzialmente sereno al tramonto, condizione favorevole alle gelate per irraggiamento.

Per quanto riguarda l'applicazione delle reti neurali si è preferito considerare come primo approccio le tre stazioni singolarmente. Si è adottata una rete con un solo strato nascosto di tipo feedforward con l'algoritmo di addestramento backpropagation. Le variabili di input sono quelle descritte nella Fig. 1: temperatura, tensione di vapore, radiazione uscente, umidità al

tramonto. Non si esclude in futuro di integrare il training set anche con variabili discrete di tipo qualitativo. I risultati delle applicazioni dei diversi modelli sono stati valutati sotto due diversi aspetti:

1. con riferimento alle tabelle di contingenza di evento e non evento, ossia episodi con T minima notturna al di sotto dei 0°C ed episodi con T min notturna superiore agli 0°C;
2. con riferimento alla accuratezza, cioè allo scostamento tra la T minima notturna prevista e quella effettivamente osservata. L'accuratezza (per classi) è stimata come percentuale di previsioni con scostamento rispetto al valore osservato di un intervallo non superiore ri-

spettivamente a $\pm 0.5^\circ\text{C}$, $\pm 1^\circ\text{C}$, $\pm 1.5^\circ\text{C}$, $\pm 2^\circ\text{C}$ e $\pm 3^\circ\text{C}$.

Per valutare la performance dei modelli sono stati calcolati, tramite le tabelle di contingenza i seguenti indici (per i dettagli si rimanda alla bibliografia):

- Hit rate (HIR), ossia la probabilità di successo della previsione.
 - False alarm rate (FAR), ovvero la tendenza del modello a prevedere erroneamente eventi di gelata.
 - Critical success index (CSI), è un indice molto più rigoroso del HIR perché considera anche le incertezze dei modelli nelle previsioni di non evento.
 - Index of symmetry of errors (ISE), esprime la tendenza del modello alla sovra o sottostima degli eventi di gelata. Un valore negativo indica una sovrastima mentre un valore positivo una sottostima, un valore nullo nessuna tendenza.
- Un'informazione dell'affidabilità della previsione è fornita anche dalla somma degli indici HIR e FAR: a seconda di quanto essa risulti superiore o inferiore a 100 si ricava la tendenza a sovrastimare (o sottostimare) il numero di eventi di gelo.

Discussione

Una prima analisi dei risultati ha evidenziato un comportamento dei modelli più o meno analogo per le stazioni di Trento Sud e San Michele (distanti tra loro cir-

ca 20 km) ma del tutto differente rispetto alla stazione di Marco; quindi si rende necessario un esame separato delle diverse situazioni. Da un esame complessivo dei risultati ottenuti e riportati nella tabella seguente, le metodologie migliori per quanto riguarda le stazioni considerate risultano essere quelle di Swimbank e di Chudnovsky. Tra le due, Chudnovsky manifesta una maggiore capacità di previsione di evento di gelata, tuttavia rispetto a Swimbank evidenza, almeno nelle stazioni di San Michele e Trento Sud, una certa tendenza a sovrastimare il numero di questi eventi. E' da sottolineare il comportamento più "pessimistico", nell'applicazione delle diverse metodologie, riscontrata nelle stazioni di Trento e San Michele piuttosto che a Marco. Questo fatto si potrebbe spiegare facendo riferimento alla topografia della zona di San Michele che, essendo situato nella Piana Rotaliana, in corrispondenza della confluenza della Valle di Non e della Val d'Adige, si trova esposto ad un regime di venti tendenzialmente meno regolare rispetto alle aree più protette della Vallagarina, come Marco. Nella stazione di Trento Sud invece la velocità del vento si mantiene spesso a valori superiori di 5-6 m/s a 10 m di altezza anche 2-3 ore dopo il tramonto, per poi subire un forte calo durante il resto della notte, accentuando così i fenomeni di perdita di calore per irraggiamento. Queste condizioni rendono più problematica l'applicazione di modelli semplici, che di conseguenza presentano la tendenza a sottostimare il numero di eventi; in particolare ciò è vero per Chudnovsky, che presenta nella sua formulazione la variabile velocità del vento. Nella stazione di Marco, al contrario, velocità e direzione del vento risultano essere più regolari e solo raramente il vento supera i 2-3 m/s a 3 m di altezza; la velocità del vento

	MODELLI	Indici di contingenza					Classi di accuratezza				
		HIR	FAR	ISE	CIS	HIR +FAR	$\pm 0.5^\circ\text{C}$	$\pm 1^\circ\text{C}$	$\pm 1.5^\circ\text{C}$	$\pm 2^\circ\text{C}$	$\pm 3^\circ\text{C}$
TRENTO SUD	Brunt	20.3	7.7	1.0	20.0	28.0	3	8	13	18	32
	Angstroem	30.5	10.0	0.9	29.5	40.5	6	14	22	29	46
	Swimbank	47.5	11.1	0.8	44.8	58.6	12	24	33	45	73
	Chudnosky	66.9	22.5	0.3	56.0	89.5	12	24	37	47	66
	media_sw/chud	58.5	14.8	0.6	53.1	73.3	12	27	40	53	78
S. MICHELE	Brunt	28.7	16.7	0.9	27.2	45.4	6	13	22	30	50
	Angstroem	39.1	24.4	0.7	34.7	73.3	12	20	33	45	62
	Swimbank	51.7	21.1	0.6	45.5	72.8	16	32	43	61	85
	Chudnosky	77.0	39.1	-0.4	51.5	116.1	17	32	41	52	72
	media_sw/chud	72.4	30.0	-0.1	55.3	102.4	20	38	56	71	87
MARCO	Brunt	14.8	0.0	1.0	14.8	14.8	4	6	10	15	29
	Angstroem	18.5	0.0	1.0	18.5	18.5	6	12	19	29	42
	Swimbank	29.6	0.0	1.0	29.6	29.6	10	15	19	31	48
	Chudnosky	88.9	7.7	0.2	82.8	96.6	33	48	69	85	92
	media_sw/chud	55.6	6.3	0.8	53.6	61.8	12	27	48	60	81

rilevata al tramonto non risulta variare significativamente nel corso della notte. Da questa situazione origina il valore nullo del FAR in questa stazione, particolarmente soggetta al gelo primaverile.

Nella pratica, la possibilità di impiegare previsioni quantitative di temperatura mediante modello meteorologico (eventualmente con intervento soggettivo da parte di un previsore) rende utile verificare le prestazioni dei modelli di previsione di gelo ai soli casi in cui si considera ragionevolmente possibile un evento di gelata. Restringendo quindi il campo di analisi agli eventi di maggior rischio (selezione dei soli casi con T min osservata = 2.5 °C), l'applicazione dei modelli appare in generale migliore per S. Michele e Trento Sud. I modelli ottimali risultano essere quelli di Swinbank e di Chudnovsky. La media delle stime dei due presenta performance inferiori rispetto ai suddetti, tuttavia con riferimento agli indici ISE e HIR+FAR non manifesta nessuna tendenza alla distorsione.

Per l'impiego delle reti neurali invece, la valutazione della performance è stata eseguita sulla base del test. Come si vede dalla tabella, a parte il caso della stazione di Marco, esse hanno mostrato un'affidabilità di previsione sensibilmente migliore sotto l'aspetto dell'accuratezza. Solo nel caso della stazione di Marco i risultati sono stati inferiori: il fatto è imputabile almeno in parte alla scarsa numerosità del training set. Si ritiene anche che questo metodo possa avere un margine di miglioramento, ampliando da una parte il training set e dall'altra operando una selezione o integrazione delle variabili da utilizzare come inputs. Nella stazione di Trento Sud, per esempio, si è constatato che la rete priva della variabile vento (i risultati in tabella si riferiscono a questo caso) ha avuto una prestazione migliore alla rete con tutti gli inputs; il motivo è ascrivibile al regime di vento della zona di cui si è detto sopra: la rete probabilmente fatica a collegare gli effetti non lineari del vento nell'abbassamento termico notturno.

MODELLI, MODELLISTI E UTENTI

Luigi Mariani Uni. Milano
anamar@tin.it

I modelli matematici e la loro applicazione

L'enorme diffusione dell'informatica e dei personal computer rende oggi quella dei modelli matematici una tecnologia assai diffusa nel mondo agrometeorologico, ove viene impiegata per risolvere una vasta gamma di problemi operativi, ad esempio quello della previsione quantitativa della sostanza secca accumulata da un vegetale coltivato nel corso del ciclo produttivo e dunque della resa finale di una coltura.

Una convenzione comunemente accettata è quella di distinguere fra modelli meccanicistici, nei quali tutti i processi descritti in modo quantitativo presentano una solida base fisica o fisiologica, e modelli empirici costituiti da funzioni scelte, spesso in modo arbitrario, con lo scopo di rappresentare le misure eseguite in campo o in laboratorio. Pertanto da un lato dello spettro troviamo modelli basati esclusivamente su robusti e ben assestati schemi propri della fisica e della chimica e dall'altro lato dello spettro modelli di simulazione composti da dozzine o spesso da centinaia di algoritmi, ognuno con un set di costanti determinate empiricamente. In pratica, nel caso dei vegetali spontanei o coltivati, i modelli sono in maggioranza un compromesso fra rigore e utilità.

Pur esprimendo una valutazione largamente positiva sull'utilità dei modelli matematici per il nostro lavoro, mi sembra quantomai necessario avviare una riflessione approfondita sull'uso, sull'utilità e sulle limitazioni esistenti nella diffusione della modellistica matematica in agrometeorologia. Tale riflessione mi sembra interessante per almeno tre categorie di persone:

- coloro che sviluppano i modelli
- coloro che curano la messa a punto dei modelli (attività di calibrazione e validazione)
- coloro infine che fanno un uso operativo dei modelli.

Molto utile in tal senso si rivela a mio parere la lettura dei seguenti lavori "metodologici" da cui ho attinto non poco per dare contenuti a questo mio scritto:

- l'articolo di John Monteith (1996) dall'efficacissimo titolo "The quest for balance in crop modeling" (La ricerca dell'equilibrio nella modellistica di produttività dei vegetali coltivati);

- L'articolo di Chuck Doswell (2000) "On the use of models in meteorology" (sull'uso dei modelli in meteorologia).

Questi due articoli provengono da autori che operano in ambiti scientifici sensibilmente diversi, quello della modellistica delle colture e quello della modellistica del fluido atmosferico, prevalentemente biologico il primo e fisico il secondo, e che tuttavia trovano i seguenti punti di raccordo:

- l'appartenenza degli autori al filone scientifico sperimentale inaugurato da Newton e Galileo;
- il fatto che tanto i sistemi fisici che quelli biologici rispondano ai principi della fisica (es: primo e secondo principio della termodinamica)
- il fatto che i cicli della materia ed i flussi dell'energia nei sistemi biologici siano governati da variabili fisiche, quelle atmosferiche in primis;
- il fatto infine che la modellizzazione a meso e microscala del fluido atmosferico non può trascurare gli effetti dei viventi (es: effetto dei vegetali sul bilancio energetico di superficie).

Il buon utente di modelli

Volgendo la nostra riflessione agli utenti dei modelli dobbiamo anzitutto rilevare che l'elevata diffusione e la crescente sofisticatezza dei modelli matematici rende necessaria una significativa crescita culturale dell'utente (Finizio, 1995) che lo porti a fare un uso consapevole dei modelli, il che secondo me significa:

1. saper cogliere i limiti entro i quali il modello è effettivamente utile per analizzare la realtà. Ad esempio l'uso dei modelli di produttività delle colture si basa spesso sull'assunto che il mo-

Il presente lavoro rientra nell'ambito del progetto GEPRI sulle gelate primaverili in Trentino, coordinato dall'Istituto Agrario di S. Michele e finanziato dalla Provincia Autonoma di Trento.

Bibliografia

- Ångström A. Studies for frost problem. Geogr. Ann. 1920; 2:20-32.
- Bagdonas A.; Georg J.C., and Gerber J.F. Techniques of Frost Prediction and Methods of Frost and Cold Protection. Geneva: WTO; 1978. 160 (Technical Note; 487).
- Benincasa F.; Maracchi G., and Rossi P. Agrometeorologia: Patron Editore; 1991.
- Brunt D. Physical and Dynamical Meteorology. New York: Cambridge University Press; 1941.
- Ceccon P., Borin M. Elementi di Agrometeorologia e Agroclimatologia. Imprimatur; 1995.
- Galvagni D., Marzullo L., Scrinzi G. Reti neurali artificiali [Web Page]. Available at: http://www.isafa.it/scientifica/retineurali/retineurali/Neural%20Networks_file/frame.htm.
- Robinson C. and Mort C. A neural network system for the protection of citrus crop from frost damage. Elsevier; 1997; 16, 177-187.
- Rumelhart D.E., G. E. Hinton R. J. Williams. Learning internal representations by error propagation in parallel distributed processing: exploration in microstructure of cognition, 1986.
- Schizas C.N.; Michaelides S.; Pattichis C.S., and Livesay R.R. Artificial networks in forecasting minimum temperature. Conference on neural networks; 1991; 2, 112-114.
- Verdes P.F.; Granitto P.M.; Navone H.D., and Cecatto H.A. Frost Prediction with Machine Learning Techniques.

dello possa essere trasferito senza problemi da luogo a luogo, da stagione a stagione e a volte pure da specie a specie, a prescindere da specifiche attività di calibrazione e validazione che invece si rivelano fondamentali;

2. saper scegliere quando è effettivamente necessario ricorrere ai modelli ed invece quando l'uso di modelli rende inutilmente oscure le evidenze che emergono direttamente dall'osservazione della realtà e da una corretta interpretazione delle misure;
3. fare un uso "onesto" del modello e cioè da un lato evitare di utilizzare il modello per dimostrare ipotesi precostituite e dall'altro non fare un uso tendenzioso dei risultati del modello stesso facendogli dire cose che non dice.
4. prendere coscienza di quanto l'uso corretto del modello sarà limitato dall'ambiente operativo in cui viene calato. Ad esempio il "real time" che caratterizza i servizi agrometeorologici operativi rappresenta spesso un limite rispetto a modelli nati in ambito universitario e dunque con interfaccia utente inadatta a tale impiego. Inoltre l'uso in real-time è spesso nemico di una "lettura serena" dei risultati che è richiesta per limitare al massimo la divulgazione di dati di scarsa qualità.

Si deve poi considerare che la crescita culturale del futuro utente dei modelli dovrebbe iniziare dai "banchi di scuola". In tal senso è auspicabile che le università attivino corsi di modellistica o ancor meglio che una lettura della realtà in chiave modellistica trovi spazio nell'intero iter formativo, dai corsi propedeutici a quelli più specialistici. La modellistica matematica è infatti anzitutto una chiave di lettura della realtà che si fonda sull'interpretazione in termini di sistema di una porzione più o meno grande dell'universo. Pertanto il ciclo di un insetto o di un patogeno fungino, il ciclo dell'azoto o della sostanza organica, il ciclo vitale di un vegetale coltivato o la vita di un mammifero posso-

no essere descritti secondo tale chiave interpretativa che ci consente di individuare e collegare fra loro le diverse variabili in gioco (tradizionalmente classificate in variabili di stato, guida, ausiliarie e di flusso).

Il buon modellista

Un amico informatico mi diceva che il software porta in sé lo spirito di chi l'ha scritto, compresi i suoi pregi e difetti. Io penso che ciò sia vero anche per i modelli e che dunque valga la pena di discutere dei pregi e dei difetti di coloro che progettano e realizzano modelli.

Fra i pregi possiamo citare ad esempio la conoscenza e la visione analitica del sistema da modellizzare, la capacità di far ricorso agli strumenti matematici e statistici più adeguati allo scopo, la capacità di sviluppare algoritmi consistenti utilizzando linguaggi informatici ad alto livello e facendo ricorso alle tecniche di programmazione più idonee (es: programmazione strutturata e ad oggetti), la capacità di documentare approfonditamente le applicazioni sviluppate ed infine la capacità di interfacciarsi con specialisti di diverse aree disciplinari.

Una analisi particolare meritano poi i difetti propri delle diverse aree disciplinari che oggi concorrono alla produzione dei modelli di simulazione impiegati in agrometeorologia e cioè quella biologica, quella fisica e quella ingegneristica. Tali difetti sono

stati acutamente descritti da Monteith (1996), il quale dice anzitutto che i fisici, specie se giovani, pensano che l'universo sia rappresentabile attraverso semplici leggi generali e, poiché le piante coltivate fanno parte dell'universo, essi arguiscono che i modelli matematici debbano essere fondati su algoritmi semplici. Quando tuttavia tale visione semplificatoria viene avvertita dai biologi, essi si rifugiano nel principio di parsimonia espresso dal cosiddetto "rasoio di Occam" secondo cui "il numero di entità richieste per spiegare qualcosa non dovrebbe mai crescere al di là del necessario".

Gli ingegneri invece, pur prendendo le mosse dallo stesso punto di partenza dei fisici, sono spesso ossessionati dai fattori di sicurezza per cui, con l'idea di evitare catastrofici fallimenti, incorporano nei modelli almeno il doppio delle variabili e dei parametri che sono strettamente necessari.

I biologi infine esprimono in genere la loro fede nel fatto che in questo mondo ogni cosa è differente dalle altre fino a che non sia provata essere uguale (in tal modo i tassonomisti sono sempre certi di avere un lavoro). Quando questa filosofia è applicata alla modellistica i parametri proliferano ed ogni foglia di una canopy diviene un organismo discreto con il proprio set d'equazioni. Fortunatamente, conclude Monteith, è sempre molto difficile associare le peggiori ca-

ratteristiche di biologi, fisici ed ingegneri ed anzi la sfida del futuro è proprio quella di combinare le loro caratteristiche migliori in modo tale da giungere a produrre modelli realmente equilibrati.

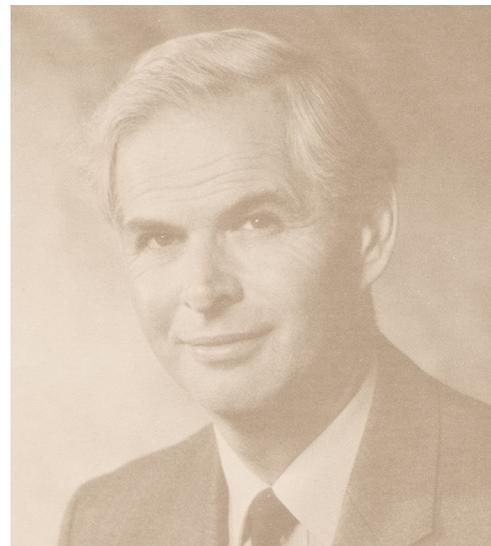
Il giusto equilibrio fra misure e modellizzazioni

Il solito Monteith ricorda che quando a Londra, nel 1660, fu fondata la Royal Society da un gruppo di persone famose che includevano Robert Boyle e Christopher Wren, fu adottato il motto "Nullius in verba" che può essere tradotto con "non lasciatevi abbindolare dalle parole degli uomini" o, più rozza-mente ma in linea con lo spirito del motto, "non speculate, investigate!".

La loro decisione di basare la descrizione del mondo naturale sulle osservazioni anziché sulle speculazioni svolte a partire da dogmi era la base sicura su cui la scienza moderna fu costruita e sulla quale essa è fiorita.

In tutte le discipline scientifiche la crescita è stata stimolata dall'evoluzione della verifica sperimentale delle ipotesi, in onore al detto secondo cui "ogni convinzione è cosa vana senza la verifica sperimentale". Tale verifica a volte era guidata dallo sviluppo di teorie più compressive che stimolavano nuovi lavori sperimentali, altre volte era guidata da set di misure inaspettate e che offrivano la base per nuove teorie. E qui si nasconde oggi un serio pericolo, in quanto la modelliz-

Chuck Doswell e John Monteith



zazione in forma di simulazione al computer è un potente strumento di analisi ma indebolisce il legame fra teoria e realtà (realtà intesa come opposto dell'immaginazione). Infatti anche con i più modesti microcomputer si possono condurre centinaia di esperimenti immaginari nel corso di una mattinata.

E' noto inoltre che lavorando sulla struttura di un modello od effettuando cambiamenti arbitrari dei valori dei parametri dello stesso, il modellista avvicina le uscite del modello alle informazioni che gli vengono da esperimenti reali, processo questo che è detto di calibrazione. I modelli non possono infatti essere costruiti senza invocare un set di ipotesi e tale set non può essere testato rigorosamente senza misure che descrivano il sistema in esame (ad es. comportamento vegetativo e produttivo della coltura) in un vasto set di ambienti. Purtroppo però tali set di informazioni sono raramente disponibili, per cui in un certo senso l'informazione prodotta oggi dai modelli matematici si avvicina alle speculazioni con cui si tentò di descrivere il mondo da Aristotile in poi, prima della rivoluzione scientifica di Galileo e Newton. Da ciò deriva che Monteith suggerisce di estendere il motto della Royal Society aggiungendo "et nullius in simulacra" intendendo per simulacra l'italiano immagine (frutto cioè dell'immaginazione).

Un ulteriore problema che va crescendo con l'aumento di complessità dei modelli e con la constatazione della mancanza dei dati da misura necessari per la loro inizializzazione è il sempre più frequente ricorso a dati sintetici, prodotti cioè con l'uso di generatori di dati a partire da misure

spazialmente o temporalmente meno dettagliate ed impiegati sia in sede di calibrazione e validazione sia nel successivo uso operativo dei modelli.

E' questo ad esempio il caso dei modelli idrologici che, in assenza delle misure di precipitazione su base oraria o mezzoraria, vengono sovente alimentati con dati generati applicando idonee procedure statistiche ai totali di pioggia giornalieri o addirittura mensili.

Tale operazione non è mai indolore e, ove portata alle estreme conseguenze, potrebbe condurre ad una nuova metafisica (intesa come scienza che perde il contatto con la realtà). Si tratta di un problema preoccupante, stante la scarsa qualità dei dati meteorologici che oggi circolano nel nostro Paese.

Alla casistica enunciata in questo paragrafo afferisce anche il problema segnalato da Doswell secondo cui l'intreccio fra modelli ed attività di ricerca è divenuto comune al punto da trovare lavori di ricerca in cui si usano modelli per validare dati osservativi. Ciò rappresenta un'inversione grottesca del metodo scientifico il quale richiede che ci si domandi se il modello fitta le osservazioni e non viceversa. In caso contrario si rischia di fare la fine di Leonardo da Vinci, il quale in un suo scritto diceva più a meno quanto segue: sezionando un cuore umano ho osservato che fra i due ventricoli non esistono collegamenti; tuttavia poiché Aristotile (l'autorità ovvero il modello) dice che tali collegamenti ci sono, è evidente che essi esistono ma sono troppo piccoli perché io li possa osservare.

Conclusioni

Riferendomi ai problemi discussi in alcuni lavori scientifici ho cercato di sviluppare alcune considerazioni sulla modellistica matematica, disciplina che è una delle radici della nostra attività di agrometeorologi. Se gli argomenti affrontati in questo

scritto susciteranno l'interesse dei lettori (anche attraverso contributi critici, sempre ben accetti) è mia intenzione sviluppare un secondo articolo dedicato al tema dell'equilibrio fra semplicità e complessità nei modelli ed alla questione del rapporto fra scienza e modelli.

Lettera ad aiam news

SERIETA', EQUILIBRIO E CAMBIAMENTO CLIMATICO

Vi segnalo che il Prof. Giovanni Sartori nel clima torrido di questa estate ha pubblicato sul corriere del 17/8 un nuovo articolo un po' troppo catastofista e poco scientifico sul problema del clima: "Homo stupidus: fermati in tempo", simile a quello dello scorso Ferragosto che aveva suscitato le critiche del vostro Presidente Luigi Mariani (ho visto la sua lettera al Direttore del Corriere della Sera, mai pubblicata, riportata nel vostro notiziario on-line dell'ottobre 2002)

Condivido appieno la posizione del Vostro Presidente. Il problema dell'intervento dell'uomo sul clima è certamente grave ma si vuole che venga preso in considerazione da tutte le persone a cui sta a cuore il proprio pianeta va affrontato con estrema serietà ed equilibrio. Ho provato a rispondere al Corriere ma temo senza successo anche perché la rubrica delle Lettere al Corriere è sospesa fino all'8 settembre (il che mi sembra poco serio).

Ho citato, fra l'altro, anche alcuni articoli sull'argomento che provano l'esistenza, nelle epoche passate, di periodi più caldi del 20° secolo. In aprile è uscito su "Energy and Environment" un articolo (sicuramente lo conoscerete) di Willy Soon, Sallie Balliumas, Craig Idso e Sherwood Idso che riporta i risultati di uno studio che ricostruisce i cambiamenti climatici del passato millennio. La ricerca (citata anche da Sylvie Coyaoud sull'inserto della Domenica del Sole 24 Ore del 20.07.2003) sovvenzionata dalla Nasa, dal Dipartimento della Difesa e dall'American Petroleum Institute è basata sull'acquisizione di molti dati attendibili (anelli dei tronchi degli alberi composizione dei sedimenti lacustri, di conchiglie fossili o di carote di ghiaccio) e di accurate analisi e ha confermato l'esistenza di un Periodo Caldo Medioevale (800-1300 d.C.) durante il quale le temperature erano più elevate di quelle del 20° secolo. Considerare i valori di una sola estate (l'attuale) mi sembra un po' riduttivo per un'analisi statistica che necessita di molti più dati. Il 13 marzo 1990 il Corriere della Sera aveva pubblicato un interessante documentazione di Alessandro Angeletti, accompagnato da un diagramma con la curva climatica dal 4000 a.C. ad oggi. Oltre al periodo caldo intorno all'anno 1000 della nostra era la curva evidenzia una fase molto calda tra il 3000 e il 2000 a.C. Il testo spiega che in quel periodo "il nostro emisfero raggiunse la fase più calda di questi ultimi dieci millenni".

L'arretramento delle nevi - continua la nota - "liberò e rese transitabili tutti i passi più agevoli delle catene montuose". Ritengo molto dannoso utilizzare uno stile catastofista e retorico quando si vuole sollecitare l'interesse su temi così importanti come quello dell'intervento dell'uomo sul clima. Purtroppo gli articoli pubblicati da tutti i nostri giornali sono spesso poco documentati e approfonditi da un punto di vista scientifico ma lo si capisce solo quando si conoscono un po' gli argomenti trattati.

Cordiali saluti

Dott. Mattia Sella

Bibliografia

Bjerknes V., 1904. Das problem der wettvorhersage, betrachtet vom Standpunkte der mechanik und der physik, Meteor.Z., 21, 1-7.

Doswell C., 2000. On the use of models in meteorology, <http://webser.chatsystems.com/~doswell/forecastiong/models.html>

Finizio C., 1995. Strategie di sviluppo del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica, AER, speciale workshop su "Modellistica numerica ed impieghi operativi", 7-10.

Monteith J.L., 1996. The quest for balance in crop modeling, Agronomy Journal, 88:695-697.

Richardson L.F., 1922. Weather prediction by numerical process. Cambridge University Press, 236 pp.