

DISCONTINUITÀ DI SERIE STORICHE TERMOPLUVIOMETRICHE ITALIANE NEL PERIODO 1961-2007

Giavante S., Quaresima S., Di Giuseppe E., Esposito S., Beltrano M.C.

CRA-CMA - Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura - Unità di Ricerca per la Climatologia e la Meteorologia applicate all'agricoltura, Via del Caravita 7/A 00186 Roma Italy, sara.giavante@entecra.it

Abstract

L'interesse internazionale verso la problematica dei cambiamenti climatici suggerisce di integrare gli usuali metodi di regressione lineare con tecniche che tengano conto delle fluttuazioni nel tempo di parametri termopluviometrici. L'algoritmo dei modelli a gradini o *flat steps models* si basa sul metodo di stima delle discontinuità in modelli di regressione applicati alle serie storiche e permette di individuare l'alternanza di fasi stazionarie e di punti di rottura. I *change points* individuati sulle serie storiche di 83 stazioni distribuite sull'intero territorio nazionale hanno permesso di definire dei *patterns* geografici per il periodo 1961-2007 e di delineare un profilo dell'andamento della temperatura minima e massima e delle precipitazioni nel periodo considerato, ponendo l'attenzione sui cambiamenti in atto.

Introduzione

Studi recenti hanno evidenziato come i modelli lineari semplici non sempre riescono a cogliere l'effettivo comportamento della temperatura e della precipitazione (Seidel e Lanzante, 2004). I modelli a gradini o *flat steps models*, che presuppongono l'alternanza di fasi stazionarie e di punti di rottura, sembrano adattarsi meglio all'evoluzione temporale delle serie storiche termopluviometriche. Questi modelli sono stati applicati alle serie storiche annuali e stagionali di precipitazione, temperatura minima e temperatura massima (1961-2007) per analizzarne l'andamento ed indicare eventuali *patterns geografici* per gli anni di discontinuità individuati.

Materiali e metodi

I valori di temperatura e precipitazione sono stati rilevati nel periodo 1961-2007 in 83 stazioni del territorio italiano, di cui 68 della rete dell'UGM e 15 della rete storica del CMA (ex UCEA). Sono state eliminate le stazioni che presentavano una percentuale di dati giornalieri mancanti superiore al 30% e quelle con altitudine superiore agli 800 metri. I dati mancanti sono stati ricostruiti mediante un metodo di stima che tiene conto delle caratteristiche dei fenomeni oggetto di studio (considerando la base climatica 71-00 e la variabilità interannuale) e dell'esigenza di automatizzare la procedura data la numerosità delle stazioni considerate. L'algoritmo implementato con il *software R* può essere definito un'estensione del metodo *within station* mediante interpolazione lineare, proposto in DeGaetano (1995).

Successivamente si sono individuati i cambiamenti strutturali nelle serie storiche annuali e stagionali delle stazioni considerate utilizzando la libreria "*Strucchange*" del *software R* (Zeileis et al., 2003).

Si consideri il modello di regressione lineare

$$y_i = x_i^T \beta_i + u_i \quad (i = 1, \dots, n)$$

dove al tempo i , y_i indica l'osservazione della variabile dipendente, x_i è un vettore di regressori (o di variabili indipendenti) di dimensione $(k \times 1)$, β_i è un vettore di coefficienti di regressione di dimensione $(k \times 1)$ e u_i è un vettore di errori. L'ipotesi nulla presuppone che i coefficienti di regressione rimangano costanti nel tempo e non si verifichino discontinuità, mentre per l'ipotesi alternativa almeno uno tra i coefficienti varia nel tempo. Nelle applicazioni si assume che vi siano m *breakpoints* o punti di discontinuità, che indicano il punto di passaggio dei coefficienti da un livello costante ad un altro, determinando l'esistenza di $m + 1$ segmenti corrispondenti a valori costanti dei coefficienti di regressione. Individuare cambiamenti strutturali significa trovare i *breakpoints*/stimatori che minimizzano la funzione obiettivo

$$RSS(i_1, \dots, i_m) = \sum_{j=1}^{m+1} rss(i_{j-1} + 1, i_j)$$

dove $rss(i_{j-1} + 1, i_j)$ è la somma dei quadrati dei residui del j -esimo segmento (Bai e Perron, 2003).

La scelta del modello migliore, ovvero l'individuazione del numero m di *breakpoints* da considerare per ogni stazione, può essere effettuata applicando un criterio statistico di selezione. Si è scelto di utilizzare il criterio BIC (Bayesian Information Criterion) che fornisce buoni risultati in assenza di autocorrelazione dei residui. Il BIC è calcolato in corrispondenza di diversi m ed il modello ottimale risulta essere quello che presenta il più piccolo valore di BIC.

Risultati e conclusioni

L'analisi condotta sulle serie storiche annuali della temperatura minima evidenzia come i *breakpoints* si concentrino prevalentemente nel decennio 1981-1990 in tutto il territorio italiano e lo stesso comportamento si osserva anche per le serie autunnali, estive e primaverili. I *change points* individuati nel decennio successivo (1991-2000) interessano un numero minore di stazioni

dislocate sull'intera penisola e riguardano solo le serie annuali e primaverili.

La temperatura massima annuale e stagionale presenta anch'essa dei cambiamenti strutturali nei decenni 1981-1990 e 1991-2000, ed interessa soprattutto le serie annuali, estive e primaverili di quasi tutte le stazioni considerate. Nello specifico per la stagione primaverile, i cambiamenti strutturali individuati nel decennio 1981-1990 riguardano prevalentemente le stazioni dell'Italia settentrionale e tirrenica, mentre i *breakpoints* compresi nel periodo 1991-2000 interessano in prevalenza le stazioni dell'Italia centro-meridionale e adriatica.

Le temperature minime e massime estive, rispetto alle altre stagioni, presentano gli scarti più consistenti tra i livelli medi dei sottoperiodi individuati, con un incremento medio italiano pari a 1.5°C per la temperatura minima (1.8°C nelle stazioni del nord) e pari a 1.8°C per la temperatura massima italiana (2.2°C per le stazioni dell'Italia centrale). Gli scarti più contenuti tra le medie dei sottoperiodi si osservano per la temperatura minima e massima autunnale (incremento medio per l'Italia: 0.2°C e 0.6°C).

I risultati ottenuti dall'analisi condotta sulle serie storiche delle precipitazioni possono essere influenzati dalle caratteristiche morfo-topografiche dell'Italia e dall'elevata variabilità interannuale del fenomeno.



Fig.1 – Precipitazione invernale: stazioni con breakpoint nel decennio 1971-1980

Le figure 1 e 2 mostrano come i *change points* individuati nel decennio 1971-1980 abbiano interessato le stazioni dell'Italia nord-occidentale, mentre i *breakpoints* del decennio seguente abbiano riguardato prevalentemente l'Italia nord-orientale e centro-tirrenica. Si è osservato un decremento medio (-60mm) dei livelli annuali e stagionali in tutte le stazioni considerate, soprattutto in inverno e in primavera.

La posizione dei *breakpoints* intorno alla fine degli anni '80 e degli anni '90 risulta essere in linea con quanto



Fig.2 – Precipitazione invernale: stazioni con breakpoint nel decennio 1981-1990

osservato per il clima europeo (Werner et al. 2000), realtà caratterizzata da stabilità fino all'inizio degli anni '70 e da importanti cambi di fase dei regimi termometrici soprattutto dalla seconda metà degli anni '80. La letteratura internazionale (IPCC, 2007) concorda nell'affermare che la maggior parte delle aree europee ha mostrato nel secolo scorso un aumento della temperatura, mentre per quanto riguarda i regimi pluviometrici, evidenze hanno rilevato come nell'area geografica che si estende dal Mediterraneo attraverso l'Europa centrale sino alla Russia europea, le precipitazioni sono diminuite considerevolmente.

Ringraziamenti

Il presente lavoro è stato realizzato nell'ambito delle attività del progetto TEMPIO "Previsioni mensili di temperatura e precipitazioni a supporto della pianificazione dell'attività agricola" finanziato dal Mipaaf.

Bibliografia

- Bai J., Perron P., 2003. *Computation and Analysis of Multiple Structural Change Models*, *Journal of Applied Econometrics*, 18, 1-22.
- DeGaetano, A.T., Eggleston K.L., Knapp W.W., 1995. *A method to estimate missing daily maximum and minimum temperature observations*, *Journal of Applied Meteorology*, 34, 371-80.
- IPCC, 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of WG I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press.
- Seidel J., Lanzante R., 2004. *An assessment of three alternative to linear trends for characterizing global atmospheric temperature changes*, *Journal of Geophysical Research*, Vol.109, 1-10.
- Werner P.C., Gerstengarbe F.W., Fraederich K., Oesterle K., 2000. *Recent climate in the North Atlantic/European sector*, *International Journal of Climatology*, Vol.20, Issue 5, 2000, 463-471.
- Zeileis A., Kleiber C., Krämer W., Hornik K., 2003. *Testing and dating of structural changes in practice*, *Computational Statistics and Data Analysis*, 44, 109-123.