

# DUE METODI DI ANALISI DI DISCONTINUITA' A CONFRONTO: PIECEWISE E STRUCCHANGE IN FUNZIONE AGROCLIMATICA

A.Chiaudani<sup>1</sup>, M.Borin<sup>2</sup>, A. Berti<sup>2</sup>, L.Mariani<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ARPAV, Dipartimento per la Sicurezza del Territorio, Centro Meteo di Teolo, U.O. Agro-biometeorologia

<sup>2</sup> Università di Padova, Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali

<sup>3</sup> Università di Milano, Dipartimento di Produzione Vegetale

## Abstract

Negli ultimi decenni la percezione di attraversare una fase meteoclimatica che si discosta dalla “normalità climatica” è aumentata. La variabilità temporale che si manifesta nelle serie storiche di variabili atmosferiche è stata frequentemente analizzata come un processo continuo e quindi descritta tramite un'unica interpolante lineare. Sono però crescenti le evidenze secondo cui l'evoluzione del clima può comportare bruschi cambiamenti (transizioni di fase o discontinuità o breakpoint o change point). In questa nuova ottica le discontinuità delimitano fasi climatiche omogenee in relazione alle quali potranno essere applicate le normali analisi di trend, che non dovrebbero essere invece applicate a periodi a cavallo di discontinuità, in quanto climaticamente non omogenei. Un vantaggio specifico dell'analisi di discontinuità è quello di attirare l'attenzione sulle cause, climatiche e non, che ne sono all'origine (es: mutamenti della circolazione alle diverse scale, cambiamenti dell'uso del suolo, cambiamenti negli strumenti e nei metodi di osservazione).

## Introduzione

Un argomento molto delicato riguardante l'analisi dei dati facenti parte di una serie storica è l'individuazione del trend. L'analisi visuale della “linea di tendenza” ottenuta applicando il metodo della regressione lineare ad una data serie storica permette di cogliere l'andamento e la tendenza della serie limitando l'effetto di disturbo dovuto ad eventuali fluttuazioni di breve periodo; tuttavia esiste il costante rischio di lasciarsi fuorviare da tali andamenti elaborando veri e propri scenari climatici frutto più di fantasia che di reali tendenze del clima. Inoltre calcolando l' $R^2$ , ovvero il coefficiente di correlazione, è sì possibile valutare la prestazione della regressione individuando la percentuale di variabilità che il modello descrive, ma tale dato potrebbe non risultare costante su tutto il periodo cui le osservazioni si riferiscono, cosa che si evidenzia analizzando la più o meno regolare distribuzione dei residui, senza dimenticare inoltre che potrebbero esservi dei punti troppo influenti sul risultato.

## Materiali e metodi

La disponibilità di dati temperatura massima giornaliera (fonti principali ex Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, ARPAV - Centro Meteorologico di Teolo) ha permesso la costituzione di un archivio omogeneo di dati informatizzati relativo al periodo 1956-2004. L'analisi dei trend di tali dati tramite l'utilizzo di metodi statistici diversi quali la regressione lineare semplice, la media mobile e due metodi di analisi dei change points, piecewise linear (Tom e Miranda, 2004) e flat steps con la libreria Strucchange del software R (Bai e Perron, 2003), vuole evidenziare come può essere diversa e complementare l'informazione proveniente da differenti elaborazioni statistiche.

## Risultati

Prendiamo il caso delle temperature massime medie annuali di nove stazioni di telemisura “storiche” dal periodo 1956-2004 nella regione Veneto.



Figura 1: le 9 stazioni termometriche meccaniche utilizzate. (Asiago AS, Auronzo AU, Badia Polesine BD, Bovolone BV, Castelfranco V. CV, Legnaro L, Portogruaro PO, Rovigo RO, Vicenza (A.M.) VI.)

Il normale trend lineare degli scarti rispetto alla media del periodo (16.8°C), è altamente significativo ( $p < 0.1$ ), e individua un aumento di circa 4.6 °C nel caso che questo trend lineare si mantenesse per 100 anni.

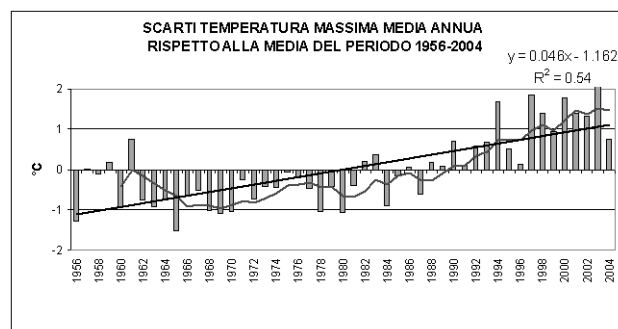


Figura 2: scarti delle temperature massime nel periodo 1956-2004 rispetto alla media del periodo

Insieme alla media mobile quinquennale, gli scarti evidenziano che fino agli anni '80 le temperature medie hanno oscillato tra aumenti e diminuzioni, dopo gli anni '80 si nota una tendenza all'annullamento degli scarti che, dall'inizio degli anni '90, diventano costantemente positivi con un trend che si mantiene costante e senza

importanti fluttuazioni.

Effettuando un'analisi di discontinuità a **flat steps** con il metodo di Bai e Perron implementato nella libreria statistica STRUCCHANGE di R è possibile individuare un punto di discontinuità e le due fasi climatiche conseguenti, descritte da due valori medi diversi delle temperature massime. L'anno più probabile di discontinuità è il 1989 mentre con una confidenza del 90 % il punto ricade fra 1988 e 1990. Tale discontinuità delimita due sottoperiodi (pre e post 1989) rispettivamente con  $t_{max}$  media di 16.4 a 17.9°C, a fronte di una  $t_{max}$  media del periodo pari a 16.8°C. A livello sinottico tale discontinuità coincide con un netto cambiamento di fase della circolazione atlantica evidenziato dall'indice NAO (Werner et al., 2000).

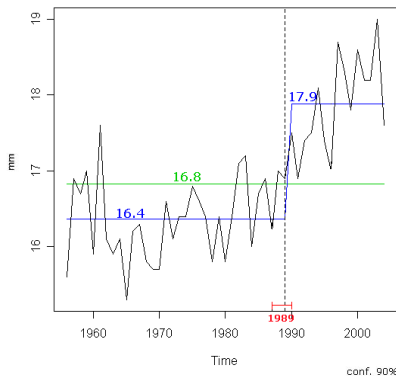


Figura 3: analisi di discontinuità flat steps, delle temperature massime medie annue nel periodo 1956-2004

L'analisi di discontinuità a flat steps permette di definire i livelli di normali climatiche ante e post breakpoint in cui valori medi minimizzano gli scarti, individuando nel 1989 l'anno con la devianza residua minore; l'analisi visiva di un grafico di discontinuità come questo rende più difficile l'uso indebito del grafico in termini di estrapolazione anche inconscia di scenari previsionali futuri.

Oltre a definire le fasi stazionarie omogenee medie susseguenti con i relativi valori medi di riferimento, rimane l'interesse di definire l'inizio di cambiamento del trend all'interno di una serie storica. Questa analisi può essere fatta con il metodo **piecewise regression**, che permette di identificare le rette di regressione lineare che minimizzano gli scarti prima e dopo il punto di discontinuità del 1980, anno in cui si impone il nuovo trend lineare.

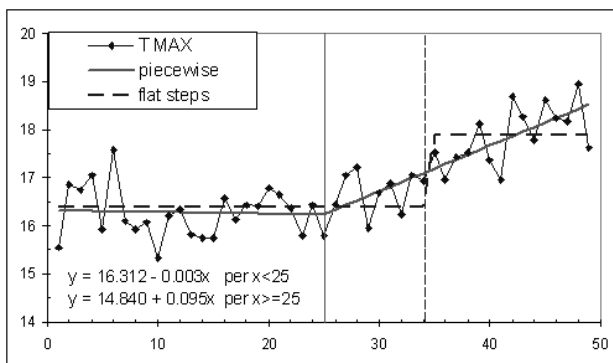


Figura 4: analisi di discontinuità piecewise e flat steps a confronto per le temperature massime medie annue nel periodo 1956-2004

Si noti come la devianza residua del metodo piecewise è minore in quanto la regressione lineare rappresenta meglio la variazione interannuale dei dati.

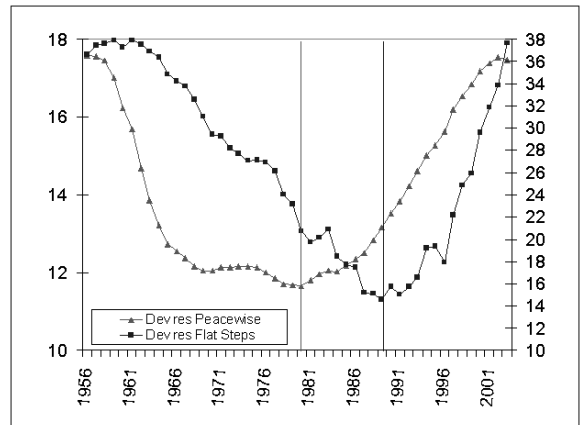


Figura 5: andamenti della devianza residua (°C) della piecewise regression (scala sin) e della flat step method (scala dx) in relazione all'anno di discontinuità per le temperature massime annue nel periodo 1956-2004

### Conclusioni

L'uso di diversi metodi per l'individuazione di discontinuità permette di ricavare informazioni complementari che possono aiutare ad approfondire l'analisi delle serie storiche e della variabilità del clima che queste raccontano. Alcuni autori si sono spinti ad affermare che i cambiamenti climatici, essendo relativi ad un sistema complesso di tipo caotico e regolato da feedbacks in competizione, procedono spesso non tanto attraverso graduali modificazioni ma attraverso discontinuità (salti-breakpoints-shifts) da un regime circolatorio atmosferico a un altro (Lockwood, 2001) il che rende la previsione climatica irta di ostacoli e spesso impraticabile (Rial, 2004). A prescindere dal pessimismo previsionale, lo strumento dell'analisi statistica delle discontinuità ha il merito di attirare l'attenzione sulle cause, climatiche e non, che ne sono all'origine (es: mutamenti della circolazione alle diverse scale, cambiamenti dell'uso del suolo, cambiamenti negli strumenti e nei metodi di osservazione).

### Bibliografia

- Bai J., Perron P. (2003), Computation and Analysis of Multiple Structural Change Models, *Journal of Applied Econometrics*, 18, 1-22.
- Lockwood J.G., (2001), Abrupt and sudden climatic transitions and fluctuations; a review, *Int. J. Climatol.*, 21,1153-1179.
- Rial J.A., Pielke R., Beniston M., Claussen M., Canadell J., Cox P., Held H., Noblet-Ducoudré N., Prinn R., Reynolds F., Salas J., (2004). Nonlinearities, feedbacks and critical thresholds within the earth's climate system. *Climatic Change*, 65, 11-38.
- Tom A.R., Miranda P.M.A. (2004), Piecewise linear fitting and trend changing points of climate parameters. *Geophys Res Lett* 31: L02207
- Werner, P. C., Gerstengarbe F.W., Fraedrich K, Oesterle K., 2000. Recent climate change in the North Atlantic/European sector, *International Journal of Climatology*, Vol. 20, Issue 5, 2000: 463-471.