

UN GENERATORE SINTETICO PER L'ANALISI DELLE PROIEZIONI FUTURE DI TEMPERATURA GIORNALIERA: APPLICAZIONE A INDICI AGROCLIMATICI

Annalisa Di Piazza^{1*}, Emanuele Cordano¹, Rodica Tomozeiu², Emanuele Eccel¹

¹ IASMA - Centro Ricerca e Innovazione - Fondazione Edmund Mach. Via Mach, 1 - 38010 San Michele (TN)

² ARPA Emilia Romagna - Serv. IdroMeteoClima

* annalisa.dipiazza@iasma.it

Riassunto

È stato utilizzato un generatore sintetico di variabili meteorologiche, *RMAWGEN*, per operare il downscaling temporale di scenari di cambiamento climatico. I dati a disposizione per l'applicazione di tale metodo sono serie storiche giornaliere di temperatura, registrate in 41 siti strumentati del Trentino nel periodo 1958-2010. Le serie di temperatura sono state rese omogenee e ricostruite per i dati mancanti. A partire dalla lista degli indici per la valutazione dei cambiamenti climatici suggerita dalla *WMO Commission for Climatology*, si è posta particolare attenzione a quelli di interesse agrometeorologico. Ogni indice è stato calcolato sia per la serie di dati osservati sia per la serie sintetica, sul trentennio di riferimento 1981-2010, al fine di validare la procedura. Sono state, quindi, generate le proiezioni degli indici per i periodi 2021-2050 e 2071-2099 (scenario A1B), utilizzando downscaling di proiezioni di temperatura simulate nel progetto Ensembles. Viene evidenziato un notevole spostamento degli indici a causa del riscaldamento atteso.

Parole chiave: generatore sintetico, weather generator, temperatura, indici climatici, proiezioni climatiche

Introduzione

Generatori stocastici, in grado di produrre serie climatiche giornaliere dal downscaling di serie climatiche mensili previste (Ma and Stratonovic, 2010), sono stati ampiamente sviluppati negli ultimi anni per applicazioni di tipo idrologico, climatologico e agricolo. Il gruppo di esperti sui cambiamenti climatici di World Meteorological Organization Commission for Climatology (WMO-CCL), Research Programme on Climate Variability and Predictability (CLIVAR) e del Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices (ETCCDMI), ha sviluppato una serie di indici (http://ccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/list_27_indices.shtml) (Peterson *et al.*, 2001) per lo studio dell'analisi climatica nei diversi territori per un programma di ricerca internazionale cominciato nel 1995 nell'ambito del World Climate Research Programme. In questo lavoro si sono presi in considerazione alcuni degli indici di maggiore interesse agrometeorologico basati sulla temperatura e tramite questi si sono confrontate le distribuzioni degli indici calcolati ottenuti per il trentennio 1981-2010 dalla serie osservata e dalle serie generate, per calibrare e validare il modello di generazione stocastica.

Materiali e Metodi

L'insieme di dati utilizzato in questo lavoro è costituito da 41 serie trentine giornaliere di temperatura, nel periodo 1958-2010. Le serie storiche di temperatura sono state analizzate e rese omogenee (Eccel *et al.*, 2012), dopo essere state completate nei giorni mancanti con un algoritmo di interpolazione (Inverse Distance Weighting a calibrazione sito-specifica, corretta con la quota). Al fine di analizzare la distribuzione spaziale delle temperature giornaliere osservate nel territorio trentino, si è condotta un'analisi per componenti principali (PCA), applicata solo alle stazioni funzionanti per il 90% dei giorni del periodo di osservazione (21 stazioni, Fig.1). La porzione più significativa della variabilità spaziale delle temperature è descritta dalla prima componente principale della PCA e fornisce una mappa che suddivide la regione in 4 aree in base alla variabilità del campo di temperatura. Si sono presi in considerazione alcuni indici climatici di interesse agrome-

Tabella 1 - Percentuale di successo al test di Kolmogorov-Smirnov per serie generate. P: ordine di autocorrelazione del processo (giorni).

	Kolmogorov - Smirnov							
	P=1		P=3		P=5		P=10	
	T0129	T0139	T0129	T0139	T0129	T0139	T0129	T0139
GSL	97%	100%	100%	100%	93%	100%	100%	100%
TX90p	93%	100%	90%	100%	97%	100%	93%	100%
WSDI	97%	100%	93%	100%	97%	100%	93%	100%

teorologico, calcolati con i dati di temperatura giornalieri del trentennio 1981-2010 su 4 stazioni (Sant'Orsola, Trento, Pieve Tesino, Levico Terme), ciascuna ricadente in una diversa area del pattern di variabilità della temperatura ricavato con la PCA. Per le stesse stazioni e lo stesso periodo, si è proceduto alla generazione stocastica di serie di temperatura, utilizzando modelli vettoriali autoregressivi implementati nel software *RMAWGEN* (Cordano and Eccel, 2011), un weather generator, implementato in R, che fa uso di generatori

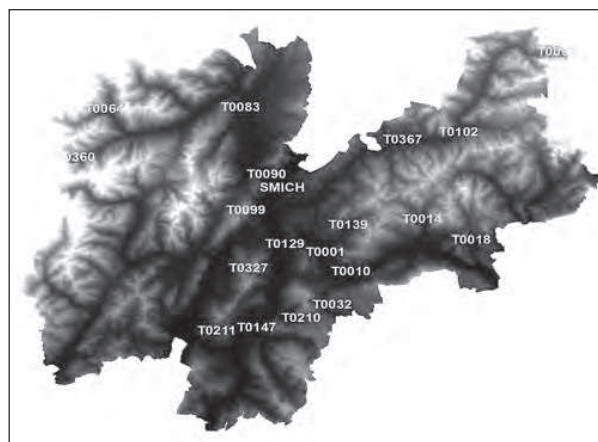


Fig. 1 - Le stazioni utilizzate per lo studio in Trentino.

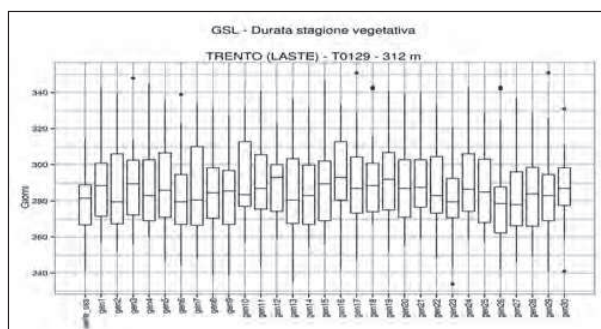


Fig. 2 - Boxplot delle distribuzioni delle serie dell'indice GSL calcolato sulla serie osservata (primo boxplot) e sulle serie generate (seguenti).

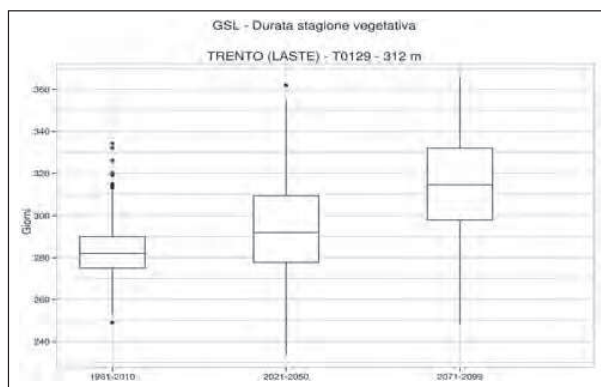


Fig. 3 - Boxplot del valore dell'indice GSI nei tre periodi climatici esaminati.

randomici di variabili normalizzate. Si sono quindi calcolati gli indici climatici sulle generazioni e si sono messe a confronto le distribuzioni delle serie osservate con quelle delle 30 serie generate.

Risultati e Discussione

Tra l'elenco degli indici climatici suggerita dalla WMO CCL, si sono prese in considerazione per questo studio: *GSL* (durata della stagione vegetativa), *TX90p* (giorni estivi), *WSDI* (durata ondata di calore). Per validare la procedura di generazione stocastica, gli indici sono stati calcolati sul trentennio '81-'10 utilizzando come periodo di base il '90-'02. Si è proceduto quindi alla generazione stocastica con RMAWGEN utilizzando diversi valori dell'ordine di autocorrelazione (P - "memoria temporale" del processo) e per ciascuna generazione si sono calcolati gli stessi indici. Le distribuzioni delle serie degli indici, calcolati sulle serie osservate e su quelle generate, sono state messe a confronto con il test di Kolmogorov-Smirnov, per valutare la bontà delle serie generate. Per brevità in tabella si mostreranno i risultati di due stazioni (Trento - T0129, 312 m, Sant'Orsola - T0139, 930 m) e nelle figure si farà riferimento a una sola stazione e un solo indice.

Come si può notare in tabella 1, la maggior parte delle generazioni, per ciascun indice, risulta avere la stessa distribuzione della serie degli indici calcolati sulla serie osservata già con $P=1$. Il confronto tra le distribuzioni è mostrato in Fig. 2 per l'indice *GSL*.

Conclusioni

Le generazioni dei trentenni 2021-2050 e 2071-2099 (scenario A1B) sono state ottenute utilizzando $P=1$ e rigenerando le serie di variabili randomiche con gli stessi parametri utilizzati in fase di validazione, inclusa la perturbazione stocastica. I valori climatici tipici dei due periodi derivano da downscaling statistico ottenuto per i progetti ACE-SAP ed ENVIROCHANGE, da output multi-modello del progetto Ensembles (metodologia sviluppata da Tomozeiu *et al.*, 2007). Dall'analisi delle distribuzioni degli indici presi in considerazione, calcolati sulle generazioni dei tre periodi, si possono trarre utili considerazioni. Limitandosi all'indice *GSL*, si nota un aumento della deviazione standard (11.7 g per '81-'10, 23.1 g per '21-'50 e 23.7 g per '71-'99), un aumento dello intervallo di variazione interquartile (15 g per '81-'10, 31 g per '21-'50 e 34 g per '71-'99), una diminuzione del coefficiente di asimmetria (0.5 per '81-'10, 0.33 per '21-'50, -0.09 per '71-'99) e un netto aumento del valore mediano (valori di giorno giuliano pari a 282 per '81-'10, 292 per '21-'50, 314.5 per '71-'99), di circa 22 giorni dalla situazione odierna a quella simulata per fine secolo.

Ringraziamenti

Si ringrazia la Pr. Aut. di Trento per aver fornito le serie di temperatura. Lavoro cofinanziato dai progetti CLITRE.50, ACE-SAP ed ENVIROCHANGE (PAT). Gli scenari climatici sono stati simulati da ARPA-SIMC all'interno della convenzione tra FEM e ARPA-SIMC Emilia-Romagna."

Bibliografia

- Cordano E., Eccel, E., 2011. RMAWGEN (R Multi-site Auto-regressive Weather GENERator): a package to generate daily time series from monthly mean values. <http://CRAN.R-project.org/package=RMAWGEN>
- Eccel, E. *et al.* 2012. Data reconstruction and homogenization for reducing uncertainties in high-resolution climate analysis in Alpine regions. *Th. Appl. Clim.*, DOI 10.1007/s00704-012-0624-z.
- Ma, S., Stratonovic, P., 2010. Use of of multi-model ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts. *Clim Res.*, 41(1), 1-14, 10.3354-cr00836.
- Peterson, T.C. *et al.* 2001. Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001. *WMO, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, Geneve, Switzerland*, 143pp.
- Tomozeiu, R. *et al.* 2007. Climate change scenarios for surface temperature in Emilia-Romagna (Italy) obtained using statistical downscaling models. *Th. Appl. Clim.* 90, 25-47.