

USO DEI WEATHER GENERATORS NEGLI STUDI DI IMPATTO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Pierpaolo Zara¹, Martin Dubrovsky² e Pierpaolo Duce¹

¹ Istituto di Biometeorologia, CNR-IBIMET, Sassari – P.Zara@ibimet.cnr.it – P.Duce@ibimet.cnr.it

² Institute of Atmospheric Physics ASCR, Prague, Czech Republic – dub@ufa.cas.cz

Abstract

I *Weather Generators* (WGs) sono spesso utilizzati per il *downscaling* degli scenari climatici futuri dalla scala regionale alla scala locale. Un esempio è dato dall'utilizzo dei dati "sintetici" prodotti dai WGs come input nei modelli di simulazione di crescita delle colture agrarie.

La capacità dei WGs di riprodurre le caratteristiche statistiche (struttura) delle serie meteorologiche è fortemente influenzata dalla qualità delle serie misurate, dal modello generatore usato dal WG e dall'accuratezza della sua calibrazione. La valutazione delle serie prodotte dai WGs può essere effettuata tramite una validazione diretta e indiretta. Nella validazione diretta, i parametri statistici (indici) delle variabili meteorologiche misurate sono confrontate con quelle sintetiche. Tra le grandezze in esame sono incluse frequenza e intensità delle piogge e frequenza e durata dei periodi di siccità. Nella validazione indiretta, invece, sono confrontati gli output dei modelli di simulazione ottenuti dalle serie misurate con quelli delle serie sintetiche.

Questo lavoro è parte di uno studio sulla stima degli impatti dei cambiamenti climatici sulle produzioni cerealicole in Marocco. In questa sede, sono presentati i risultati della validazione dei dati sintetici utilizzati nello studio e prodotti dal *Weather Generator* M&Rfi. La validazione diretta, effettuata utilizzando sia serie annuali sia serie limitate al periodo di crescita della coltura, mostra la capacità del WG di riprodurre la struttura delle serie misurate. La validazione indiretta evidenzia le significatività delle differenze fra le strutture climatiche e le incertezze introdotte dall'uso del WG.

Introduzione

I Weather Generators (WGs) producono serie sintetiche di dati meteorologici di lunghezza illimitata basate sulle caratteristiche statistiche di serie di dati misurati. La decisione di utilizzare un WG negli studi sull'impatto dei cambiamenti climatici può essere determinata dalla necessità di disporre di serie più lunghe di quelle misurate o di serie di dati per analisi spaziali (interpolanti) o, ancora, per sfruttare la capacità dei WGs di replicare la variabilità climatica a diversa scala temporale nelle serie derivate da scenari.

In letteratura sono reperibili diverse metodologie per la validazione degli output dei WGs per applicazioni specifiche – rischio idrologico, produzioni agricole, ecc. – ma molte di queste sono strettamente legate alle caratteristiche dei siti o delle aree indagate.

Nell'ambito di un'attività di ricerca finalizzata alla stima delle possibili variazioni nelle produzioni cerealicole del Marocco determinate dai cambiamenti climatici, è stata sviluppata una metodologia di valutazione e validazione degli output dei WG.

Materiali e Metodi

Le serie meteorologiche misurate in 16 stazioni situate in altrettante aree agricole del Marocco sono state elaborate utilizzando M&Rfi, WG stocastico sviluppato da Dubrovsky (2007). Una versione dimostrativa del software e i manuali sono scaricabili gratuitamente dal sito: www.ufa.cas.cz/dub/wg/marfi/marfi.htm

Nella sua configurazione base M&Rfi elabora dati giornalieri di radiazione globale (SRAD), temperatura dell'aria minima e massima (TMIN e TMAX) e precipitazione (PREC).

Gli eventi piovosi sono determinati utilizzando il metodo della catena di Markov (1, 2 o 3 ordine) e la quantità di pioggia attraverso la distribuzione Gamma. Le deviazioni di TMIN, TMAX e SRAD dal loro valore medio è calcolata attraverso un modello autoregressivo di primo ordine: deviazioni e medie sono condizionate dal verificarsi o meno di un evento piovoso.

La metodologia di validazione adottata si sviluppa in due fasi successive: la validazione diretta e indiretta.

La validazione diretta consiste innanzi tutto nel confronto delle principali statistiche (media, deviazione standard, ecc.) delle singole variabili meteorologiche delle serie osservate con quelle generate dal WG (serie sintetiche), considerando sia le serie annuali complete sia quelle della sola stagione di crescita della coltura. In entrambi i casi, in relazione alle necessità del modello di simulazione scelto e del calcolo di variabili derivate dai dati meteorologici, il confronto è stato eseguito su dati a diversa scala temporale (giornaliera, settimanale, decadale e mensile). A questa fase segue l'analisi della frequenza e dell'intensità delle piogge e della frequenza e durata dei periodi di siccità nelle serie misurate e in quelle sintetiche.

La validazione indiretta è stata condotta confrontando le principali statistiche delle variabili derivate da quelle meteorologiche, come l'evapotraspirazione di riferimento o indici del bilancio idrico del suolo, delle serie misurate con quelle delle serie sintetiche. Lo stesso confronto è stato effettuato sui risultati del modello di stima delle rese (weather-yield function, WYF) ottenuti utilizzando come input le serie misurate e quelle sintetiche. La WYF utilizzata è stata ottenuta correlando le rese con indici di bilancio idrico del suolo, calcolati per tutto e parti del

ciclo vegetativo della coltura, tramite la tecnica “multiple stepwise regression”.

Risultati

La metodologia di valutazione e validazione adottata mostra che M&Rfi è capace di riprodurre correttamente le principali caratteristiche della struttura climatica delle serie misurate e di esprimere la maggior parte della variabilità della temperatura (Figura 1) e della radiazione solare a diverse scale temporali. La deviazione standard delle temperature riportate in Figura 1 varia fra 1.9 e 6.1 per la serie sintetica (entrambe le temperature) mentre quella delle serie misurate è compresa fra 1.4 e 5.3. D'altra parte mentre le serie sintetiche descrivono bene gli andamenti e le intensità medie di quelle misurate (Tabella 1), esse non contengono sufficienti informazioni sugli eventi estremi come piogge molto intense o lunghi periodi di siccità.

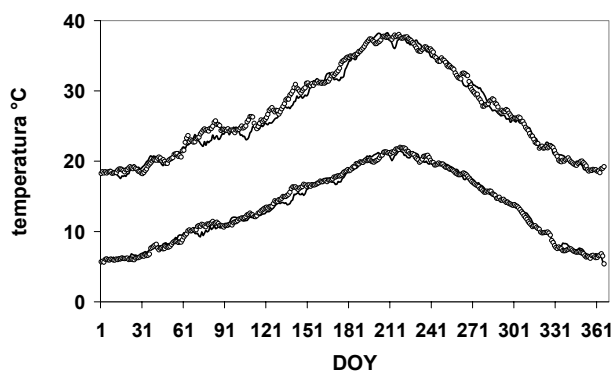


Fig. 1 – Valori medi delle temperature minime e massime giornaliere misurate in 33 anni a Marrakech (—) e valori giornalieri medi di una serie sintetica di 1.000 anni generata da M&Rfi (○).

Tab. 1 – Precipitazioni medie e giorni con pioggia utile nel periodo di crescita del grano duro a Marrakech.

	Misurati	Sintetici
Piogge (mm per decade)	7.64	7.35
Giorni piovosi (%)	11.93	11.46

Il confronto fra le rese osservate e quelle ottenute dalla WYF usando le serie meteorologiche misurate e quelle sintetiche (Tabella 2) è stato usato per stimare l'errore indotto dall'uso del WG.

Conclusioni

L'applicazione di uno schema di validazione diretta e indiretta degli output prodotti dai WGs è necessaria per comprendere meglio quali incertezze vengono introdotte dall'uso di questi strumenti nel *downscaling* degli scenari climatici e nell'analisi degli impatti.

I risultati ottenuti introducendo le serie prodotte dai WGs nei modelli di simulazioni, o come in questo caso, nella WYF, dipendono dalla qualità e dalla lunghezza delle serie meteorologiche misurate che vengono utilizzate per la calibrazione del WG, dalle caratteristiche climatiche

maggiormente influenti lo sviluppo e la produzione della coltura e dalla capacità dei modelli, di simulare i processi di crescita della coltura.

Tab. 2 – Rese del grano duro osservate nella provincia di Marrakech e stimate tramite WYF utilizzando serie misurate e sintetiche.

Rese (ton ha ⁻¹)	Osservate	Stimate (misurate)	Stimate (sintetiche)
Media	0.73	0.72	0.70
Dev. Standard	0.38	0.17	0.12
Errore medio	0.31	0.14	0.10

Per esempio, la corretta riproduzione della frequenza e intensità delle precipitazioni assume una grande importanza quando l'analisi è incentrata su colture non irrigue, specialmente nelle regioni aride o semiaride come quelle del bacino del Mediterraneo.

L'abilità dei WGs di riprodurre la lunghezza dei periodi di siccità e la struttura climatica delle precipitazioni è una delle caratteristiche che può determinare la scelta del WG o della calibrazione più performante.

La validazione diretta, eseguita su serie annuali o stagionali a diverse scale temporali, evidenzia la capacità dei WGs di riprodurre la struttura climatica delle serie misurate. La validazione indiretta è il metodo attraverso il quale viene valutato l'effetto delle differenze fra le strutture climatiche sugli output derivati dalle serie misurate e osservate immesse nei modelli di simulazione. Inoltre permette di quantificare le incertezze introdotte dal WG nella stima degli impatti dei cambiamenti climatici o della variabilità climatica sulle produzioni agricole.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto di cooperazione internazionale CLIMED – *Operational tools to assess climatic risk of Mediterranean agricultural areas*, cofinanziato dalla Regione Autonoma della Sardegna (L.R. n. 19/96, “Norme in materia di cooperazione con i Paesi in via di sviluppo e di collaborazione internazionale”).

Lo sviluppo del Weather Generator M&Rfi è stato co-sponsorizzato dalla FAO ed è attualmente in fase di sviluppo come parte del progetto IAA300420806 finanziato dalla Accademia delle Scienze della Repubblica Ceca.

Bibliografia

- Dubrovsky, M., 2007: M&Rfi weather generator. 34pp. dub@ufa.cas.cz
 Dubrovsky M., Buchtele J., Zalud Z., 2004. High-Frequency and Low-Frequency Variability in Stochastic Daily Weather Generator and Its Effect on Agricultural and Hydrologic Modelling. *Climatic Change* 63 (No.1-2), 145-179.
 Dubrovsky M., Zalud Z., Stastna M., 2000. Sensitivity of CERES-Maize yields to statistical structure of daily weather series. *Climatic Change*, 46: 447- 472.
 Greiser J., 2007. Investigation of Climate Change Impact on Agriculture - Application of the FAO Strategy to Cereals in Morocco, draft report.