

APPLICAZIONE DI TECNICHE DI INTERPOLAZIONE SPAZIALE PER L'ELABORAZIONE DI MAPPE DI RISCHIO CLIMATICO: IL CASO DI STUDIO DEL MAROCCO

Simona Canu¹, Andrea Motroni¹, Pierpaolo Duce²

¹ARPA Sardegna - Dipartimento Specialistico Regionale Idrometeorologico, Sassari, scanu@arpa.sardegna.it - amotroni@arpa.sardegna.it

²Istituto di Biometeorologia, CNR-IBIMET, Sassari, P.Duce@ibimet.cnr.it

Abstract

Attraverso l'uso della tecnologia GIS sono state studiate alcune tecniche di interpolazione spaziale di grandezze climatiche allo scopo di elaborare mappe di rischio per il territorio del Marocco. Come indicatore di rischio climatico è stata utilizzata la variazione nel tempo della *Land Capability climatica*, che consente di individuare le aree di un territorio maggiormente vocate per l'uso agricolo in relazione alle principali grandezze meteorologiche. In paesi come il Marocco, in cui l'agricoltura è per lo più condotta in asciutto, la lunghezza del periodo di crescita (LGP) è la variabile fondamentale per definire le classi di vocazionalità agricola. Per valutare il rischio climatico futuro, nella prima fase di tale metodologia sono stati applicati scenari climatici che richiedono il passaggio dalla scala globale dei Modelli a Circolazione Generale (GCMs) ad una scala spaziale di maggior dettaglio. Successivamente, l'elaborazione di mappe di rischio climatico per l'agricoltura è stata possibile attraverso le tecniche di spazializzazione messe a punto sui dati climatici e validate dal punto di vista statistico.

Introduzione

Questo lavoro è parte di uno studio finalizzato ad implementare delle metodologie di *Land Evaluation* (FAO, 1976) per la valutazione del rischio climatico a differenti scale spaziali e temporali. Come indicatore di rischio climatico è stata utilizzata la variazione nel tempo della *Land Capability climatica*, che consente di individuare le aree di un territorio maggiormente vocate per l'uso agricolo in relazione alle principali grandezze meteorologiche. Tale approccio è stato utilizzato anche per valutare il rischio climatico futuro, utilizzando gli scenari climatici futuri.

L'esigenza di una rappresentazione regolare nello spazio delle principali grandezze meteorologiche al fine di avere una copertura continua del territorio, dipende dal fatto che tali informazioni sono di tipo puntuale, provenendo da stazioni meteorologiche distribuite sul territorio con una risoluzione spaziale non sempre sufficiente

L'interpolazione spaziale dei dati consiste nello stimare il più fedelmente possibile, a partire da valori noti delle variabili in alcune posizioni, i valori incogniti della stessa variabile su aree distribuite su un grigliato regolare. Pertanto, si è condotto uno studio, esteso a tutto il territorio del Marocco, basato sull'implementazione di differenti tecniche di interpolazione spaziale del dato climatico, che ha permesso di individuare il metodo statisticamente più rispondente per le diverse grandezze considerate.

Definite le migliori tecniche di interpolazione spaziale dei dati, sono state elaborate e prodotte le carte delle medie mensili e delle medie annuali climatiche delle seguenti grandezze meteorologiche: temperatura massima, temperatura minima, temperatura media e precipitazioni (Cossu *et al.*, 2005). Le stesse tecniche sono state applicate e validate anche sul *downscaling* degli scenari climatici futuri per poter procedere all'elaborazione delle relative mappe di rischio climatico.

Materiali e metodi

Lo studio si è basato sui valori medi mensili di temperatura massima e minima e di precipitazione del periodo 1973-2006, relativi a 26 stazioni meteorologiche, 5 delle quali al di fuori del territorio del Marocco (3 in Algeria, 1 in Mauritania e una nel territorio del Western Sahara).

Tale scelta è stata determinata dalla particolare configurazione orografica e morfologica del Marocco, caratterizzato dalla presenza di una catena montuosa, l'Atlante, che attraversa il Paese lungo la diagonale nord-sud, creando con le sue alte vette (anche oltre i 4000 metri) una barriera ai regimi piovosi provenienti dall'Atlantico. Per l'interpolazione dei dati meteorologici, tale barriera presenta non pochi problemi, e pertanto si è reso necessario l'infittimento con dati provenienti da stazioni ubicate nei Paesi limitrofi. In questo modo, si tengono in considerazione le condizioni tipicamente desertiche e subdesertiche delle regioni situate a est dell'Atlante, che, se assenti, vanno ad inficiare la corretta interpolazione spaziale dei campi di temperatura e precipitazione del territorio oggetto di studio

I valori medi mensili di temperatura massima e minima e di precipitazione sono stati spazializzati su un grigliato con risoluzione di 250 metri con tecnologia GIS.

Per ottenere le mappe mensili di temperatura è stata adottata una procedura basata sulla relazione statistica tra i dati misurati e i parametri geomorfologici del territorio, i cui valori derivano dal modello digitale del terreno (DEM) con una risoluzione di 250 m. Tale approccio, ampiamente adottato nella letteratura specifica recente, è stato preventivamente messo a confronto con altri metodi quali il Kriging, il Co-Kriging e IDW, risultando il più idoneo, in termini di accuratezza e coefficiente di correlazione, per descrivere il campo della temperatura. Nello specifico è stato studiato il modello di regressione lineare multipla tra i dati medi mensili della grandezza in

esame e, come variabili indipendenti, 4 parametri geografici e morfologici quali quota, distanza dal mare, latitudine e longitudine. Si sono infine calcolate le statistiche del modello di regressione, ottenendo in ultima analisi le relazioni da adottare per ciascun parametro e per ciascun mese (Fig. 1).

Attraverso la tecnologia della Map Algebra, l'applicazione di tali relazioni ha consentito di realizzare le mappe di temperatura minima e massima mensile. Le mappe mensili sono state elaborate per ottenerne una sintetica e rappresentativa dell'anno medio climatico.

Le precipitazioni, come è noto, presentano una distribuzione spaziale e temporale molto irregolare per cui è difficile trovare una buona correlazione tra questa grandezza e le caratteristiche geomorfologiche del territorio. Per tale motivo, dopo la preliminare fase di confronto tra i diversi metodi di interpolazione spaziale, si è optato per la tecnica geostatistica del kriging ordinario, che in questo caso ha fornito i risultati migliori (Fig. 1).

Per la generazione delle serie climatiche relative agli scenari futuri, con proiezioni al 2050 e 2100, si è utilizzato un generatore stocastico di dati meteorologici (*Stochastic Weather Generator SWG*), sviluppato dalla FAO. A tali dati sono state applicate le stesse tecniche di interpolazione spaziale implementate per i dati climatici, dimostrandosi, anche in questo caso, valide da un punto di vista geostatistico.

Mese	Temperatura Massima		Temperatura Minima		Precipitazione	
	Regressione lineare multipla				Kriging ordinario	
	R ²	F	R ²	F	RMSE	modello
Gennaio	0.88	0.000000002	0.86	0.00000001	0.86	Sferico
Febbraio	0.82	0.000000191	0.82	0.00000011	0.82	Sferico
Marzo	0.78	0.000001151	0.79	0.00000074	0.79	Sferico
Aprile	0.80	0.000000402	0.71	0.00001900	0.71	Sferico
Maggio	0.81	0.000000245	0.65	0.00012691	0.65	Sferico
Giugno	0.83	0.000000084	0.67	0.00008001	0.67	Sferico
Luglio	0.77	0.000001446	0.84	0.00000006	0.84	Sferico
Agosto	0.73	0.000009270	0.81	0.00000026	0.81	Sferico
Settembre	0.70	0.000027226	0.78	0.00000109	0.78	Sferico
Ottobre	0.68	0.000049565	0.83	0.00000010	0.83	Sferico
Novembre	0.81	0.000000313	0.85	0.00000002	0.85	Sferico
Dicembre	0.89	0.000000001	0.87	0.00000001	0.87	Sferico

Fig.1 - Analisi statistica dei metodi interpolazione spaziale per le principali grandezze meteorologiche e per i diversi mesi dell'anno del periodo 1973 - 2006.

Risultati

Come indicatore di rischio climatico è stata utilizzata la variazione nel tempo della *Land Capability* climatica, che consente di individuare le aree di un territorio maggiormente vocate per l'uso agricolo in relazione alle principali grandezze meteorologiche. In paesi come il Marocco, in cui l'agricoltura è per lo più condotta in asciutto, la lunghezza del periodo di crescita (LGP, *Length of Growing Period*) è un dato importante per definire la vocazionalità agricola del territorio. Una stima semplificata di LGP è stata effettuata su base mensile, attraverso l'utilizzo di tecniche GIS, calcolando il numero di giorni consecutivi in cui il rapporto tra le precipitazioni

mensili e la metà dell'evapotraspirazione mensile era maggiore di 1: $P/(ET_0/2) > 1$.

Circa i 2/3 del territorio del Marocco presentano condizioni sfavorevoli a qualsiasi tipo di attività agricola. Del resto, la zona desertica pre-sahariana e la regione sul versante est della catena montuosa dell'Atlante ricevono scarsissime precipitazioni e sono caratterizzate da condizioni di estrema aridità. Le aree maggiormente vocate dal punto di vista climatico sono quelle interessate dai regimi di precipitazione che arrivano dall'Atlantico o dalla Penisola Iberica e che possono sfruttare l'azione mitigante del mare sulla temperatura.

Le classi di LCA sono state ricalcolate utilizzando i dati di temperatura e precipitazione degli scenari climatici A1B e A2 al 2050 e al 2100, per cui è stato possibile analizzare il rischio climatico attuale e futuro attraverso il confronto delle mappe di *Land Capability* dei diversi periodi.

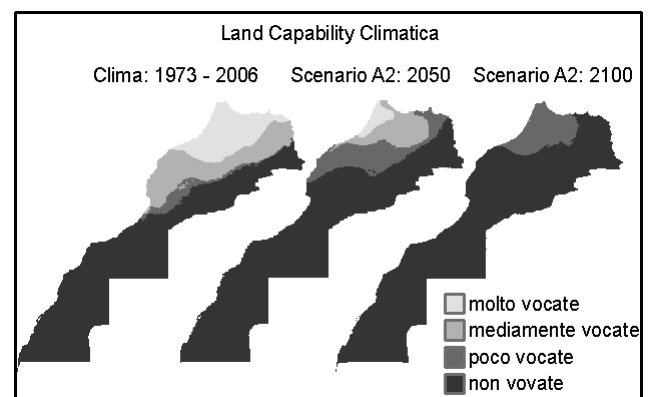


Fig.2 - Analisi del rischio climatico attraverso il confronto tra la mappa di *Land Capability* climatica attuale e quelle relative allo scenario climatico futuro A2 per il 2050 e il 2100.

Conclusioni

L'utilizzo della tecnologia GIS e della geostatistica ha consentito l'implementazione di diverse metodologie di interpolazione spaziale dei dati climatici. È stato quindi possibile elaborare mappe derivate di ETo e di LGP applicando le formule classiche su dati raster (mappe di temperatura e precipitazione) e non su dati puntuali, evitando, così, di interpolare i risultati finali con tecniche non idonee.

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).

Bibliografia

- Collins F. C. 2001. *A comparison of spatial interpolation techniques in temperature estimation. Proceedings of the Third International Conference Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling. January 21-25 2001, Santa Fe, New Mexico, USA.*
- Cossu A., Fiori M., Canu S. (2005). *Comparison of spatial interpolation techniques for agroclimatic zoning of Sardinia (Italy). Workshop on climatic analysis and mapping for agriculture (Bologna, Italy, 14-17 June 2005) FAO - WMO - COST 71*
- FAO, 1976. *A framework for land evaluation. FAO Soils Bulletin 32.*