

PREVISIONE DELL'EVAPOTRASPIRAZIONE DI RIFERIMENTO MEDIANTE METODI NUMERICI E TECNICHE DI ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Arca B.¹, Duce P.¹, Spano D.², Fiori M.³, Snayder R.L.⁴

¹ CNR, Istituto per il Monitoraggio degli Agroecosistemi, B.Arca@ibimet.cnr.it

² Dipartimento di Economia e Sistemi Arborei, Università di Sassari, spano@uniss.it

³ Servizio Agrometeorologico Regionale della Sardegna M.Fiori@sar.sardegna.it

⁴ University of California, Dept. of Land, Air and Water Resources, Davis, CA, rlsnyder@ucdavis.edu

Riassunto

L'evapotraspirazione di riferimento può essere calcolata mediante l'utilizzo di modelli analitici e di previsioni meteorologiche fornite dai modelli numerici. Una tecnica alternativa consiste nell'utilizzo di serie storiche dell'evapotraspirazione o delle grandezze meteorologiche di influenza. I modelli autoregressivi integrati a media mobile (ARIMA) e le reti neurali (RN) rappresentano due tra i più diffusi strumenti per la modellizzazione delle serie storiche a fini previsionali. Lo scopo principale di questo studio è stato quello di analizzare e confrontare le prestazioni delle tecniche succitate nella previsione a breve termine dell'evapotraspirazione oraria e giornaliera. L'utilizzo dei dati previsionali forniti dai modelli meteorologici ad area limitata ha consentito di ottenere una soddisfacente accuratezza delle previsioni di ETo a scala oraria e giornaliera, superiori a quelle ottenibili con i metodi statistici di analisi delle serie storiche.

Introduzione

La disponibilità di previsioni delle componenti del bilancio idrico quali l'evapotraspirazione, le precipitazioni e lo scorrimento superficiale è di importanza cruciale per la gestione della risorsa idrica; più in particolare, l'evapotraspirazione rappresenta uno dei principali parametri per la pianificazione degli interventi irrigui e la disponibilità di dati previsionali relativi a questa grandezza consentirebbe di ottimizzare lo sfruttamento della risorsa idrica, soprattutto in quelle colture che richiedono frequenti interventi irrigui; inoltre, occorre evidenziare la riduzione dei costi che si potrebbe ottenere semplificando la rete di stazioni meteorologiche necessarie per ottenere una stima a livello locale dell'evapotraspirazione.

L'evapotraspirazione di riferimento può essere calcolata mediante l'utilizzo dei dati meteorologici forniti dai modelli numerici e l'applicazione dei metodi empirici o analitici (Hargreaves, Penman, Penman-Monteith) per la stima dell'evapotraspirazione di riferimento (ETo). Una tecnica alternativa consiste nell'utilizzo di tecniche statistiche per l'analisi delle serie storiche dell'evapotraspirazione o delle grandezze meteorologiche di influenza. I modelli autoregressivi integrati a media mobile (ARIMA) e le reti neurali (RN) rappresentano due tra i più diffusi strumenti per la modellizzazione delle serie storiche a fini previsionali. Nei modelli ARIMA il valore di una variabile prevista al tempo t viene definita attraverso la combinazione lineare dei valori e degli errori assunti dalla variabile in istanti di tempo precedenti; l'applicazione di questo metodo è preceduta dall'individuazione e dalla rimozione di componenti stagionali o periodiche, attraverso tecniche di differenziazione. I modelli ARIMA sono stati ampiamente impiegati in campo meteorologico e ambientale; in relazione all'ETo, i modelli ARIMA sono stati utilizzati per la sua previsione medio termine, decennale e mensile (Mariño *et al.*, 1993; Mohan e Arumugam, 1995; Raghuwanshi e Wallender, 1999); tuttavia, diversi studi hanno evidenziato i limiti di

questa metodologia, che risiedono principalmente dalla natura lineare di tali modelli, inadeguata a descrivere il comportamento complesso di alcune serie storiche. L'introduzione dei modelli basati sulle RN ha come obiettivo anche quello di migliorare le previsioni di fenomeni complessi caratterizzati da un elevato grado di non linearità (Mihalakakou *et al.*, 1998; Govindaraju and Ramachandra Rao, 2000).

Lo scopo principale di questo studio è quello di analizzare e confrontare le prestazioni delle tecniche succitate nella previsione a breve termine dell'evapotraspirazione oraria e giornaliera.

Materiali e metodi

Lo studio è stato condotto utilizzando i dati previsionali forniti da un modello ad area limitata (BOLAM) sviluppato dall'Istituto di Scienza dell'Atmosfera e del Clima del Consiglio Nazionale delle Ricerche (Buzzi *et al.*, 1994) e reso operativo quotidianamente dal Servizio Agrometeorologico della Sardegna (SAR); i dati previsionali relativi al biennio 2002-2003 forniti dal BOLAM a scala oraria (1-72 ore) su una griglia di 20 km, stati confrontati con i dati meteorologici rilevati da tre stazioni della rete SAR. Sui due set di dati è stato applicato il metodo Penman-Monteith per la stima dell'ETo a scala oraria. I modelli ARIMA sono stati messi a punto utilizzando una serie storica (1996-1999) di dati meteorologici e dei valori di ETo di tre stazioni agrometeorologiche della rete SAR; la realizzazione dei modelli ARIMA ha previsto le fasi di identificazione, stima dei parametri e diagnosi, secondo la procedura proposta da Box e Jenkins (1994). Le stesse serie storiche sono state utilizzate per la messa a punto di RN di tipo feedforward, con algoritmo di apprendimento di tipo backpropagation e funzioni di trasferimento di tipo sigmoide.

I valori di ETo previsti dai differenti metodi previsionali sono stati confrontati mediante il calcolo delle statistiche della regressione e dell'errore di stima.

Ora	b	R ²	RMSE (mm h ⁻¹)	N
12	0.9	0.6	0.11	675
36	0.9	0.5	0.14	665
60	0.9	0.5	0.14	649

Tab. 1 – Statistiche della regressione tra i valori di ET_o misurati e quelli previsti mediante i dati del BOLAM per le 1200 h GMT del primo, secondo e terzo giorno di previsione; intero set di dati.

Ora	b	R ²	RMSE (mm h ⁻¹)	N
12	0.9	0.35	0.13	711
36	0.9	0.26	0.14	708
60	0.9	0.23	0.15	702

Tab. 2 – Statistiche della regressione tra i valori di ET_o misurati e quelli previsti mediante reti neurali per le 1200 h GMT del primo, secondo e terzo giorno di previsione; intero set di dati.

Risultati

I risultati sperimentali hanno evidenziato una maggiore accuratezza delle previsioni fornite dal metodo BOLAM, con valori del RMSE dell'ordine di 0.15 mm per le stime a scala oraria e di circa 1 mm per le stime a scala giornaliera. Il metodo sovrastima del 4-6% i valori di ET_o (tabella 1). L'analisi di sensibilità ha evidenziato che la grandezza che maggiormente limita le prestazioni del metodo è la radiazione globale. I modelli neurali e i modelli ARIMA forniscono generalmente risultati meno soddisfacenti; in particolare si osserva una elevata dispersione (r^2 oscillante tra 0.51 e 0.56) dei valori previsti dai modelli neurali (tabella 2).

Conclusioni

Lo studio ha evidenziato che il metodo basato sull'utilizzo delle previsioni meteorologiche fornite dai modelli ad area limitata è quello che consente di ottenere le migliori stime di ET_o ; una migliore parametrizzazione della previsione della radiazione globale può migliorare ulteriormente l'accuratezza del metodo. I metodi statistici si caratterizzano per una sufficiente accuratezza relativamente ai mesi di picco dell' ET_o ma non forniscono prestazioni soddisfacenti nei periodi caratterizzati da una elevata variabilità della copertura del cielo.

Bibliografia

- Box, G.E.P., Jenkins, G.M. and Reinsel, G.C. 1994. *Time series forecasting: forecasting and control*. Prentice-Hall, London.
- Govindaraju, R.S. and Ramachandra Rao, A. 2000. *Artificial neural networks in hydrology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 329.
- Kumar, M., Raghuwanshi, N.S., Singh, R., Wallender, W.W. and Pruitt, W.O. 2002. *Estimating Evapotranspiration using Artificial Neural Network*. *J. Irrig. Drain. Eng.* 128(4):224-233.
- Mariño, M.A., Tracy, J.C. and Taghavi, S.A. 1993. *Forecasting of reference crop evapotranspiration*. *Agric. Water Manage.* 24:163-187.
- Mihalakakou, G., Santamouris, M. and Asimakopoulos, D. 1998. *Modeling air temperature time series using neural networks*. *J. Geophys. Res.* 103:19509-19517.
- Mohan, S. and Arumugam, N. 1995. *Forecasting weekly reference crop evapotranspiration series*. *Hydrol. Sci.* 40(6):689-702.