

# ANALISI COMPARATA DI ALCUNI METODI DI INTERPOLAZIONE SPAZIALE DI TEMPERATURA MINIMA DI GELATA

Antolini G.<sup>1</sup>, Marletto V.<sup>1</sup>, Zinoni F.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ARPA-SIM (Servizio IdroMeteorologico, ARPA Emilia-Romagna), Viale Silvani 6, Bologna

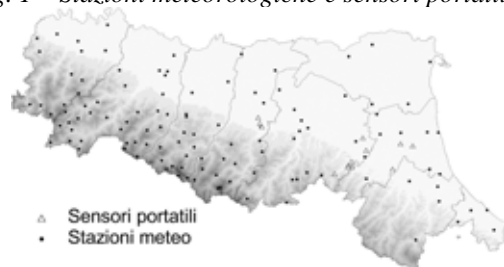
## Riassunto

Nell'ambito di alcuni progetti di ricerca per la valutazione del rischio da gelata, ARPA-SIM ha sviluppato un modello topoclimatico di interpolazione spaziale della temperatura minima giornaliera in occasione di gelata radiativa. Tale metodo combina il kriging ordinario con un modello di regressione multipla che consente di tener conto di alcune variabili orografiche legate alla variabilità spaziale del fenomeno gelata. Il metodo è stato valutato sulla base di un confronto visivo con mappe derivate da altri metodi di interpolazione semplice e con immagini telerilevate. Una valutazione quantitativa è stata operata calcolando alcuni indicatori statistici sui residui, considerando come campioni indipendenti sottoinsiemi di stazioni scelte in maniera casuale, ed effettuando un'analisi di convalida incrociata (cross-validation). I risultati sono stati valutati valutando gli errori assoluti e la distribuzione spaziale dei residui.

## Introduzione

Le gelate sono un fenomeno in cui i fenomeni alla microscala giocano un ruolo essenziale nell'evolversi dei processi fisici che portano al raffreddamento notturno. Tali fenomeni sono strettamente dipendenti dalla conformazione del territorio, pertanto la variabilità spaziale della temperatura minima in queste circostanze è legata all'orografia ed è necessario sviluppare metodi di spazializzazione accurati e idonei che includano tali informazioni. Numerosi studi di topoclimatologia hanno trattato questo tema, in generale elaborando modelli che combinano metodi di interpolazione ordinari (kriging, inverse distance, thin plate spline, polinomial regression) con funzioni che mettano in relazione grandezze meteorologiche con variabili geografiche [Jarvis e Stuart, 2001]. ARPA-SIM ha sviluppato un modello topoclimatico di questo tipo per il territorio dell'Emilia-Romagna in base alla climatologia delle gelate, che è stato recentemente ricalibrato e convalidato.

Fig. 1 – Stazioni meteorologiche e sensori portatili.



## Materiali e metodi

I dati utilizzati per l'interpolazione sono i valori giornalieri di temperatura minima del 23 marzo 2003, per le 147 stazioni disponibili della rete di osservazione afferente ad ARPA-SIM (fig. 1). Il modello topoclimatico combina il kriging ordinario con una regressione multipla calcolata su base semi-statistica sui dati climatologici dell'Emilia-Romagna. La regressione consiste in una relazione lineare tra temperatura minima giornaliera e le variabili geografiche che più ne influenzano la variabilità spaziale: altezza relativa sul versante (in collina) e indice di rugosità superficiale (in

pianura). Nella relazione è compreso anche un termine legato alla variazione termica con la quota, in base ai profili rilevati da radiosondaggio. Inoltre, è possibile introdurre nel calcolo anche l'effetto climatizzante del mare. I residui calcolati in base alla regressione sono interpolati e successivamente sommati agli strati relativi alle due variabili menzionate, per reintrodurre il "trend" orografico.

I dati grezzi NOAA-AVHRR per la realizzazione della mappa di temperatura terrestre superficiale sono stati estratti presso il LSIT (Laboratoire des Sciences de l'Image, de l'Informatique et de la Télédétection) dell'Università di Strasburgo. Si riferiscono allo stesso giorno, ore 03:39 UTC, e al satellite NOAA 12. Le tecniche utilizzate comprendono il TISI (Thermal Infrared Spectral Index, da Becker e Li, 1995), che consente di calcolare l'emissività superficiale in base ad una coppia di immagini (notturna-diurna) nell'infrarosso termico, il modello di scambio radiativo Modtran, e il metodo Split Window per il calcolo della temperatura superficiale terrestre.

Gli altri interpolatori utilizzati in questo studio sono: point ordinary kriging, block ordinary kriging e multiquadratic radial basis function. Il confronto tra i diversi metodi si è realizzato seguendo diverse procedure. In primo luogo, si è variata la risoluzione della griglia di calcolo per verificare fino a che punto l'informazione orografica contenuta nel modello topoclimatico consente di migliorare la stima rispetto ad una semplice interpolazione. Come dataset indipendenti per il confronto statistico tra dati stimati e interpolati abbiamo utilizzato:

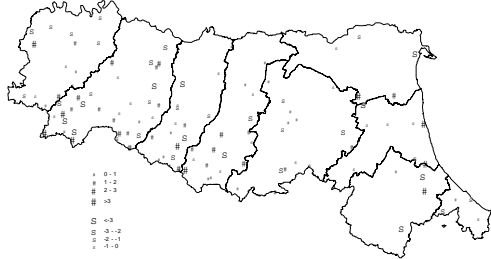
- dati da 15 sensori portatili di temperatura (tiny tag) collocati presso aziende sperimentali (fig. 1);
- sottoinsiemi semi-indipendenti casuali di più stazioni (in numero di 10, 20, 30) non inseriti nel processo di interpolazione;
- sottoinsiemi semi-indipendenti costituiti da una singola stazione (convalida incrociata).

Sui residui si sono calcolati indici statistici complessivi quali il coefficiente di correlazione (CORR), l'errore quadratico medio (RMSE), l'errore medio assoluto (MAE) e lo scarto medio (MBE), e se ne è studiata la distribuzione spaziale.

## Risultati

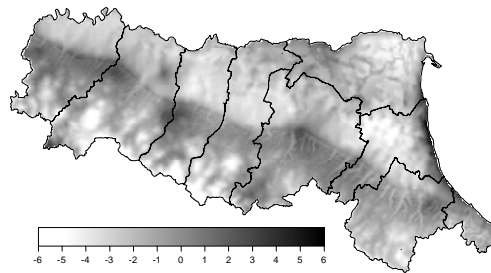
Come già osservato in precedenti ricerche [Jarvis e Stuart, 2001], il metodo di interpolazione è secondario rispetto all'utilizzo di adeguate covariabili di interpolazione. Anche in questo caso, soprattutto utilizzando una griglia di calcolo molto fitta (100m),

Fig. 2 – Distribuzione spaziale dei residui da cross-validation.



kriging puntuale, block kriging e multiquadratic radial basis function, producono gli stessi risultati. Il modello

Fig. 3 – Mappa di temperatura minima (°C) ottenuta con il modello topoclimatico.



topoclimatico, rispetto al point ordinary kriging, sembra mantenere visibile la variabilità orografica anche con griglie di calcolo più grossolane, utilizzando per esempio come dimensione della cella la distanza media tra le stazioni per il giorno in esame (circa 5km). Il forte BIAS presente tra dati osservati con i sensori portatili (situati a 1m di altezza, rispetto ai 2m delle stazioni standard) e i dati interpolati non consente di esprimere giudizi definitivi sulla performance dei diversi metodi, anche se il modello topoclimatico sembra effettuare una stima migliore, in termini di coefficiente angolare e coefficiente di determinazione della retta di regressione, e di coefficiente di correlazione (tab. 1). Anche l'utilizzo di campioni semi-indipendenti conferma la migliore performance del modello topoclimatico. Tuttavia, eliminando 30 stazioni, l'errore è pressoché simile (tab. 2). La convalida incrociata fornisce risultati migliori per il modello topoclimatico, anche se in maniera contenuta (tab. 3). L'analisi della distribuzione spaziale dei residui (fig. 2) evidenzia come gli errori maggiori si commettono in alta montagna, oltre che nei pressi di barriere artificiali (es. strade, canali pensili), e vicino a fonti di calore (es. aeroporti, centri urbani). Il confronto tra la mappa ottenuta dal modello topoclimatico (fig. 3) e quella realizzata a partire dai dati NOAA, anche se effettuato non su base statistica ma puramente visiva, ha

permesso di evidenziare simili strutture spaziali. D'altra parte, è evidente la forte influenza delle isole di calore legate ai complessi urbani, non ancora inseriti come covariabile nel modello di interpolazione.

## Conclusioni

L'analisi comparata dei diversi metodi ha evidenziato il miglioramento della stima della temperatura minima incorporando opportune covariabili geografiche nel processo di interpolazione. È altresì evidente che il modello topoclimatico va ulteriormente sviluppato, per incorporare altri elementi rilevanti nella stima, in particolare l'effetto delle fonti di calore di origine antropica.

## Bibliografia

- Jarvis C.H., Stuart N., 2001. A comparison among strategies for interpolating maximum and minimum temperatures. Part I and II. *J. Appl. Met.*, 40: 1060 – 1084.
- Becker F., Li Z.L., 1995. Surface temperature and emissivity at various scales: definition, measurement and related problems. *Remote Sensing Reviews*, vol. 12, 225-253.

	CORR	MAE	MBE	RMSE
ptc	0.80	3.20	-3.20	3.35
btc	0.80	3.52	-3.52	3.65
pkp	0.61	3.20	-3.20	3.45
radmq	0.61	3.20	-3.20	3.45

Tab. 1 - Indici statistici per diversi metodi di interpolazione (confronto con sensori portatili). Ptc: modello topoclimatico con point ordinary kriging; btc: modello topoclimatico con block ordinary kriging; pkp: point ordinary kriging; radmq: multiquadratic radial basis function. Per gli indici v. testo.

	CORR	MAE	MBE	RMSE
-10				
pkp	0.33	1.73	-1.01	2.31
ptc	0.65	1.66	-0.51	2.02
-20				
pkp	0.49	1.94	0.28	2.62
ptc	0.79	1.60	0.73	1.98
-30				
pkp	0.21	1.89	-0.73	2.34
ptc	0.26	1.83	-0.51	2.32

Tab. 2 - Indici statistici per vari metodi di interpolazione (confronto con campioni semi-indipendenti). Simboli come in tab. 1.

	CORR	MAE	MBE	RMSE
pkp	0.34	1.73	-0.08	2.17
ptc	0.52	1.64	-0.04	2.06

Tab. 3 - Indici statistici per diversi metodi di interpolazione (cross-validation). Simbologia come in tab. 1.