

Tavola 2.4² Piogge puntuali estreme di durate e tempi di ritorno diversi

Introduzione

La tavola 2.4² si pone come un complemento della tavola 2.4. Le carte sulle precipitazioni intense differiscono dalle precedenti unicamente per il metodo d'interpolazione impiegato. L'inserimento di questo foglio integrativo si giustifica per i seguenti motivi:

Come si evince dal testo della tavola 2.4 [1], per l'interpolazione dei quantili (valore di precipitazione per un determinato tempo di ritorno) si è fatto ricorso al procedimento di Kriging, detto anche d'interpolazione ottimale. Si è ammesso di conoscere con precisione il valore del quantile presso ciascuna stazione di misura. In altre parole, nel modello illustrato si ammette che i dati da interpolare non siano affetti da errori di sorta. In realtà, i dati riportati non corrispondono a rilevamenti esatti, bensì a stime dei quantili effettivi che sono sconosciuti. Solo tenendo conto in modo obiettivo delle incertezze delle stime si può ottenere ciò che in senso matematico può definirsi come un'interpolazione ottimale. Il procedimento di Kriging permette di farlo [2,3]. In definitiva, per il tracciamento delle carte della tavola 2.4² si è eseguita una nuova interpolazione che fa capo ai medesimi valori del precedente foglio 2.4, laddove però si è tenuta in debita considerazione l'incertezza delle misure.

La differenza saliente tra i due procedimenti

Qualora non sussistano o non vengano considerati errori nei dati, l'interpolatore di Kriging riproduce i valori delle stazioni di rilevamento. Questo significa che quando il sito d'interpolazione tende verso una stazione il valore interpolato si approssima al dato in essa rilevato, sempreché quest'ultimo venga coinvolto nel calcolo. Quando invece l'approccio di Kriging ingloba anche la varianza degli errori, allora il valore interpolato differisce in generale da quello osservato. Con maggior precisione, il valore interpolato risulta avere tanto meno attinenza con quello misurato da una stazione, quanto più ingente è la varianza degli errori di quella stessa stazione.

Il risultato

L'estensione del procedimento dà luogo a una superficie interpolante che si adatta meno bene ai valori elevati di certe stazioni. Questi risultano da stime condotte sulla base di brevi periodi di rilevamento e pertanto denotano incertezze maggiori rispetto alle valutazioni che si rifanno a lunghi periodi di misura. La nuova superficie mostra un andamento più regolare, con massimi locali meno spiccati, da ritenersi peraltro poco plausibili da un punto di vista meteorologico (fig. 1).

Si osservi che non è stato operato alcun livellamento dei valori. Si è eseguita l'interpolazione per punti, mediante l'approccio di Kriging sotto descritto, senza alcuna elaborazione a posteriori. Non si può nemmeno tenere conto di un effetto pepita, poiché esso agirebbe uniformemente su tutte le stazioni. L'effetto pepita non risente delle differenti precisioni che, per via di periodi di riferimento diseguali, denotano i rilevamenti delle varie stazioni.

Applicazione

Le modifiche del procedimento interpolativo non hanno alcun influsso sulle modalità d'impiego delle carte, già descritte nel testo della tavola 2.4.

Tipi di errori

Gli scarti di misura presso una stazione sono dati sostanzialmente da due componenti:

Innanzitutto, esiste un «errore effettivo», ingenerato da varie possibili imprecisioni (errori di misura, non-rappresentatività delle stazioni, errori di elaborazione). Esiste poi uno «scarto casuale», da

ricondersi all'andamento aleatorio del clima durante il periodo di rilevamento.

Gli scarti casuali compaiono quando le stazioni si rapportano a brevi periodi di riferimento oppure quando stazioni vicine si rifanno a periodi reciprocamente piuttosto sfasati. Sebbene le singole discrepanze siano ignote, si può tenere conto nel procedimento interpolativo della varianza degli scarti casuali e_i , in talune condizioni, anche della loro covarianza.

Ragguagli sul procedimento

Z_i : Quantile effettivo presso la stazione i -esima, $i = 1, \dots, N$

$Z_i + e_i$: Stima di Z_i (in luogo della misura non disponibile) condotta sulla base dei massimi annuali di precipitazione in una serie di anni («periodo di riferimento»)

e_i : Scarto della stima rispetto al quantile effettivo ignoto

Z_0 : Quantile effettivo presso il sito d'interpolazione

Date le soprastanti indicazioni, l'interpolatore \hat{Z}_0 di Z_0 si scrive come segue:

$$\hat{Z}_0 = \sum_{i=1}^N \lambda_i (Z_i + e_i)$$

Ammettendo, oltre alle abituali ipotesi del metodo di Kriging, che valga anche $\text{Cov}(Z_i, e_k) = 0$ per tutte le i e le k (si noti che la varianza di e_i può dipendere da Z_i), si ottiene il seguente sistema di equazioni che determina i pesi λ_i dell'interpolazione:

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i (\text{Cov}(Z_i, Z_k) + \text{Cov}(e_i, e_k)) - \mu = \text{Cov}(Z_0, Z_k) \quad , k = 1, \dots, N$$

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1$$

Nella formula della covarianza (e varianza) degli errori è stato introdotto il parametro α che tiene conto dell'errore effettivo:

$$\text{Cov}(e_i, e_k) = (1 + \alpha \delta_{ik}) \sigma_i \sigma_k \rho_{ik} \quad \text{con } \delta_{ik} = 1 \text{ per } i = k \text{ e } 0 \text{ per } i \neq k$$

Nel caso in cui l'errore sia da imputare solo alle condizioni climatiche bisogna porre $\alpha = 0$. σ_i indica la radice della varianza degli scarti dovuti agli effetti climatici. Questo valore dipende dalla distribuzione del massimo annuale di precipitazione e dalla durata del periodo di riferimento. Per la funzione di correlazione spaziale ρ_{ik} si è fatto capo alla relazione:

$$\rho_{ik} = e^{-\beta h_{ik}} s_{ik} / v_{ik}$$

h_{ik} indica la distanza dell'intervallo medio, s_{ik} la sua lunghezza, mentre v_{ik} indica la lunghezza dell'intervallo unificato dei periodi di riferimento delle stazioni i e k . Il parametro β determina l'attenuazione della correlazione nella distanza.

Mediante controllo incrociato si valutano dapprima grossolanamente i parametri α e β , laddove l'errore d'interpolazione (noto) $Z_0 + e_0 - \hat{Z}_0$ presso la stazione attuale viene normalizzato,

dividendolo per la sua deviazione standard τ_0 (la stazione attuale viene indicata qui con 0, dato che non viene assunta come appoggio per la propria interpolazione). Il quadrato della deviazione standard fornisce:

$$\tau_0^2 = \text{Var}(Z_0) + \text{Var}(e_0) + \mu - \sum_{i=1}^N \lambda_i (\text{Cov}(Z_i, Z_0) + 2\text{Cov}(e_i, e_0))$$

La normalizzazione rende il procedimento più affidabile nei confronti dei valori discosti, ma non consente di ottenere una soluzione univoca. A questo scopo occorre calibrare i parametri nel variogramma empirico della funzione affetta da errore.

Posto che $2\gamma_z$ indichi il variogramma del quantile esatto Z, allora per il variogramma del quantile affetto da errore si ha:

$$\text{Var}(Z_i + e_i - Z_k - e_k) = 2\gamma_z + \text{Var} e_i + \text{Var} e_k - 2\text{Cov}(e_i, e_k)$$

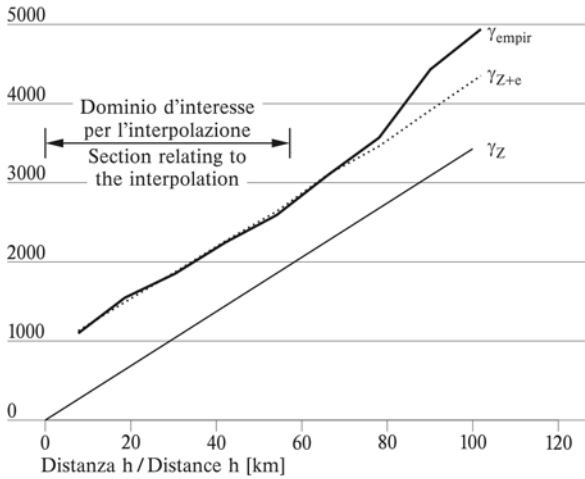
Nel dominio d'interesse (0–60 km) il variogramma empirico manifesta un andamento lineare, così che si può porre $\gamma_z(h) = c \cdot h$ (fig. 2). Si tratta pertanto di calibrare tre parametri ignoti. A seconda dell'intervallo di sommatoria e del tempo di ritorno si ottengono i valori:

1 ora, 2.33 anni:	$c = 0.38$	$\alpha = 3.0$	$\beta = 0.1$
1 ora, 100 anni:	$c = 4.7$	$\alpha = 0.4$	$\beta = 0.1$
24 ore, 2.33 anni:	$c = 6.6$	$\alpha = 2.0$	$\beta = 0.1$
24 ore, 100 anni:	$c = 34.0$	$\alpha = 0.2$	$\beta = 0.1$

Fig. 2

**Semivariogramma dei quantili - Durata di precipitazione: 24 ore,
Tempo di ritorno: 100 anni**
**Semivariogram for the quantile - Rainfall period: 24 hours,
return period: 100 years**

Semivariogramma / Semivariogram [mm²]



- γ_{empir} Incrementi quadratici medi all'interno delle varie classi distanziometriche
Mean values incremental squares within the various distance divisions
- γ_{Z+e} Medie dei valori attesi degli incrementi quadratici all'interno delle varie classi distanziometriche
Mean expected values incremental squares within the various distance divisions
- γ_Z Semivariogramma stimato del quantile effettivo non affetto da errori
Estimated semivariogram for the correct (true) quantile

I parametri del modello per la covarianza sono stati scelti in modo da ottenere una sostanziale coincidenza di γ_{empir} e γ_{Z+e} . Si osservi comunque che per l'interpolazione non vengono impiegati i valori medi γ_{Z+e} , bensì valori singoli relativi a coppie di stazioni.

The parameters for the covariance model were chosen in such a way that γ_{empir} and γ_{Z+e} are as close as possible. It should be noted, however, that the individual values for each pair of stations were used for the interpolation, and not the mean values γ_{Z+e} .

Bibliografia

- [1] **Geiger, H. et al. (1992):** Extreme Punktregen unterschiedlicher Dauer und Wiederkehrperioden 1901–1970. In: Hydrologischer Atlas der Schweiz, Tafel 2.4. Bern.
- [2] **Jensen, H. (1986):** Regionalisierung der Verteilungsfunktion des jährlichen Maximums des Tagesniederschlages im Kanton Zürich. Zürcher Geographische Schriften, Nr.27. Zürich.
- [3] **Villeneuve, J.–P. et al. (1979):** Kriging in the Design of Streamflow Sampling Networks. In: Water Resources Research Vol.15, No. 6:1833–1840, Washington, D.C.