

Confronto fra le distribuzioni di Weibull e generalizzata di Pareto nell'analisi delle altezze d'onda estreme

Massimiliano Ventroni

Università Degli studi di Cagliari – DICAAR, Via Marengo, 2 – 09123 Cagliari
m.ventroni@unica.it

La definizione degli eventi estremi per le onde misurate al largo delle coste costituisce una fase importante nella definizione dell'altezza d'onda di progetto per un'opera di difesa dei litorali o per una costruzione marittima, così come nel processo di valutazione del rischio da inondazione costiera associato a prefissati tempi di ritorno. Negli ultimi anni, quella generalizzata di Pareto (GPA) (Pickands, 1975, Hosking e Wallis, 1987) è stata una delle distribuzioni maggiormente utilizzate (Thompson, 2009; Arns, et al., 2013) e raccomandate (Haweke, et al., 2008) per la stima delle condizioni estreme delle variabili marine. Tuttavia, secondo i risultati di Goda et al., (2010), la GPA soffre di un'inerte sottostima nella valutazione dei quantili, tale che lo stesso autore ne sconsiglia l'utilizzo ai fini progettuali per l'analisi delle altezze d'onda estreme. D'altra parte, la distribuzione di Weibull (WBL) è una delle forme funzionali storicamente adottate in ambito applicativo e consigliate nell'ambito costiero (Mathiesen, et al., 1994). Nel presente lavoro, in particolare, sono state valutate le performance delle distribuzioni di WBL e GPA, all'interno di un modello POT-Poisson (Mazas e Hamm, 2011), che è stato implementato per studiare l'analisi statistica delle onde estreme estratte dal database della stazione RON (Rete Ondametrica Nazionale) di Alghero. Il primo passo dell'analisi è costituito dalla procedura di identificazione di tutte le mareggiate (*declustering* dei dati), a partire da una serie storica di dati opportunamente validata. L'indipendenza del campione di dati, costituito dalle singole altezze al colmo, è stata determinata assumendo un ritardo temporale di almeno 48 ore tra due eventi consecutivi (Mathiesen, et al, 1994) inoltre, si è adottato un criterio di omogeneità direzionale, seguendo le indicazioni di Corsini, et al, (2004) così che, per il campione di dati a disposizione, sono stati individuati tre settori direzionali omogenei. A partire dalla serie dei picchi indipendenti ed omogenei, l'applicazione efficace del metodo POT dipende dalla scelta di una soglia opportuna che tenga conto del bilancio tra bias e varianza di stima. La soglia è stata selezionata in funzione delle proprietà della GPA usando metodi mono-soglia, di tipo soggettivo (Coles, 2001, pagg. 79 e 83) ed automatico (Thompson, et al., 2009, Mazas e Hamm, 2011); inoltre, è stato esplorato un metodo multi-soglia, proposto in ambito idrologico (Deidda, 2010). Gli stimatori dei parametri sono stati calcolati per stima puntuale, attraverso il metodo della massima verosimiglianza, ML (Coles, 2001), gli L-moments (Hosking e Wallis, 1990; Goda, et al., 2010), il metodo dei minimi quadrati ordinario (OLS) e pesato (ELS) (Goda, 2010). Le performance dei modelli sono state valutate sulla base di criteri parametrici – diagramma rapporti L-moments (Hosking e Wallis, 1990), Criterio di Informazione Bayesiana (BIC), Criterio di Informazione di Akaike (AIC) (Mazas e Hamm, 2011); Minimo Residuo del Coefficiente di correlazione valutato sui diagrammi di probabilità e sul diagramma quantile - quantile (MIR – PPC e MIR - QQC) (Goda, 2011) – e su metriche di tipo non parametrico – norma di errore (Li, et al., 2008). In particolare, si è provveduto a modificare i criteri MIR e la norma di errore in funzione di ciascuno dei metodi di stima e del tipo di distribuzione, usando appropriati stimatori di *plotting position* non distorti, seguendo le indicazioni di Goda (2010, 2011). Infine, sono stati stimati i quantili per assegnati tempi di ritorno e calcolati i rispettivi intervalli di confidenza secondo una procedura Monte Carlo, per le seguenti combinazioni fra funzioni di distribuzione e stimatori: WBL-ML, WBL-LM, WBL-OLS, WBL-ELS e GPA-ML, GPA-LM.

Dalle analisi condotte si è potuto stabilire che sia la distribuzione WBL sia la GPA si adattano bene ai dati a disposizione. Tuttavia, in accordo con (Goda et al., 2010) la GPA denota una sottostima nei quantili per alti tempi di ritorno; inoltre, risulta meno efficiente nella stima dei parametri. Come indicazione generale, quindi, almeno in ambito progettuale, è opportuno tener conto di un criterio di sicurezza, adottando come ottimale il modello che si dimostri essere più robusto sia nella stima dei parametri sia nella stima dei quantili. Sviluppi futuri esploreranno la possibilità di un approccio combinato GEV – GPA, al fine di favorire sia un generale irrobustimento della stima dei parametri della GEV, utilizzando le relazioni esistenti fra parametro di scala e parametro di forma della GPA e della GEV (Coles, 2001), sia di collegare l'approccio POT a quello dei massimi annuali. In tal modo, si pensa di poter migliorare il problema della valutazione dei quantili ottenuto con la singola GPA.

Ringraziamenti

Il presente lavoro è stato prodotto durante la frequenza del corso di dottorato in Ingegneria del Territorio dell'Università degli Studi di Cagliari, a.a 2013/2014 – XXVIII ciclo, con il supporto di una borsa di studio finanziata con le risorse del P.O.R. SARDEGNA F.S.E. 2007-2013 – Obiettivo competitività regionale e occupazione, Asse IV Capitale umano, Linea di Attività I.3.1 “Finanziamento di corsi di dottorato finalizzati alla formazione di capitale umano altamente specializzato, in particolare per i settori dell'ICT, delle nanotecnologie e delle biotecnologie, dell'energia e dello sviluppo sostenibile, dell'agroalimentare e dei materiali tradizionali”. Si ringrazia l'Istituto Superiore per la Ricerca sull'Ambiente Costiero (ISPRA) per aver reso disponibili i dati.

Bibliografia

- Arns A., Wahl T., Haigh I. D., Jensen J., Pattiaratchi C. (2013) - *Estimating extreme water level probabilities: a comparison of the direct methods and recommendations for best practise*. Coastal Engineering, 81: 51 - 66.
- Coles S. (2001) - *An introduction to statistical modeling of extreme values*. London, Springer-Verlag.
- Corsini S., Inghilesi R., Franco L., Pisocopia R. (2004) - *Atlante delle onde nei mari italiani. Italian wave atlas*. Roma, ISPRA, Università degli Studi Roma Tre.
- Deidda R. (2010) - *A multiple threshold method for fitting the generalized Pareto distribution to rainfall time series*. Hydrology and Earth System Sciences, 14: 2559-2575.
- Goda Y. (2010) - *Random seas and design of maritime structures. Advanced Series on Ocean Engineering*. World Scientific Advanced Series on Ocean Engineering, 3° Ed, Vol. 33, pp. 732
- Goda Y. (2011) - *Plotting position estimator for the L-Moment method and quantile confidence interval for the GEV, GPA, and Weibull distributions applied for extreme wave analysis*. Coastal Engineering Journal, 53: 111-149.
- Goda Y., Kudaka M., Kawai H. (2010) - *Incorporation of Weibull distribution in L-Moments method for regional frequency analysis of PeaksOver-Threshold wave heights*. s.l., Proceedings of 32nd International Conference on Coastal Engineering, pp.1-11
- Hawkes P. J., Gonzalez-Marco D., Sanchez-Arcilla A., Prinos P. (2008) - *Best practice for the estimation of extremes: a review*. JHR, 46 (Extra Issue 2): 324-332.
- Hosking J. R. M. (1990) - *L-Moments: analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics*. Journal of the Royal Statistical Society, Series B (Methodological), 52: 105-124.
- Hosking J. R. M., Wallis J. R. (1987) - *Parameter and Quantile Estimation for the Generalized Pareto Distribution*. Technometrics, 29: 339-349.
- Li Y., Simmonds D., Reeve D. (2008) - *Quantifying uncertainty in extreme values of design parameters with resampling techniques*. Ocean Engineering, pp. 1029-1038.
- Mathiesen J. et al. (1994) - *Recommended practice for extreme wave analysis. Journal of Hydraulic Research*, Journal of Hydraulic Research, 32: pp. 803-814.
- Mazas F., Hamm L. (2011) - *A multi-distribution approach to POT methods for determining extreme wave heights*. Coastal Engineering, Vol. 58: 385-394.
- Pickands J. (1975) - *Statistical inference using extreme order statistics*. The Annals of Statistics, 3(1), pp. 119-131.
- Thompson P., Cai Y., Reeve D., Stander J. (2009) - *Automated threshold selection methods for extreme wave analysis*. Coastal Engineering, Vol. 56: 1013-1021.
- Weibull W. (1951) - *A statistical distribution function of wide applicability*. Journal of Applied Mechanics. Vol. 18: 293-297.