

STIMA DELLA DEFINIZIONE DELLO IETD PER DETERMINARE EVENTI PLUVIOMETRICI INDIPENDENTI (Luigi Fanizzi – ECOACQUE®)

L'obiettivo di questo studio è quello di esaminare i metodi di stima dello **IETD** (*Inter-Event Time Definition*), che separa le precipitazioni continue, in eventi pluviometrici indipendenti. L'IETD è stato ampiamente utilizzato per distinguere tra eventi pluviometrici indipendenti (Balistrocchi e Bacchi 2011; Raimondi et al. 2023). Se il periodo di non precipitazione (cd periodo di tempo secco) tra due eventi pluviometrici consecutivi è più breve dell'IETD, questi due eventi non possono essere considerati come eventi pluviometrici indipendenti. Al contrario, se il periodo di non precipitazione tra due eventi pluviometrici consecutivi è più lungo dell'IETD, i due eventi possono essere considerati come due eventi pluviometrici indipendenti. Pertanto, confrontando il periodo di non precipitazione tra gli eventi pluviometrici con l'IETD, possiamo esaminare l'indipendenza di due eventi pluviometrici, come mostrato nella Fig. 1 (Kim, 2018).

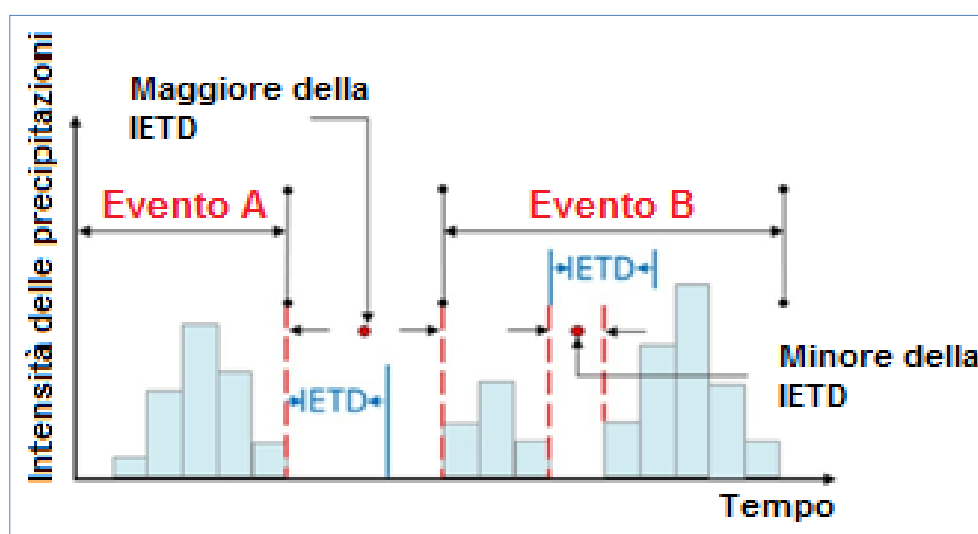


Fig. 1 – Identificazione di eventi pluviometrici indipendenti utilizzando l'IETD (Kim, 2018).

Utilizzando il concetto di IETD, definiamo degli eventi pluviometrici. Sono state sviluppate numerose metodologie per stimare l'IETD (Joo et al. 2014; Medina-Cobo et Al. 2016; Lee e Kim, 2018). Tra questi, tre metodi di stima sono ampiamente utilizzati: la funzione di autocorrelazione (ACF), il coefficiente di variazione (CV) ed il NMAE ossia il Numero Medio Annuale di Eventi (Fig. 2). Il metodo **ACF** calcola l'IETD sulla base dell'autocorrelazione tra gli eventi pluviometrici. Questo metodo presuppone che gli eventi pluviometrici siano autocorrelati e l'IETD è identificato come il **tempo di ritardo (Lag Time)** in cui il coefficiente di autocorrelazione degli eventi pluviometrici converge a zero (**Durata Critica o CD**). Ciò indica che gli eventi pluviometrici indipendenti non hanno alcuna correlazione (Adams e Papa, 2000).

$$AFC_{ki} = \frac{\sum(y_t - y_m) \cdot (y_{t-k} - y_m)}{\sum(y_t - y_m)^2}$$

dove y_t è una serie temporale di precipitazioni, y_m è la media degli eventi di pioggia e k è il tempo di ritardo (*Lag Time*) ed AFC_{ki} è Coefficiente di Autocorrelazione, corrispondente ad un campione di osservazioni (y_t al tempo t), per un fissato tempo di ritardo pari a k .

Il metodo **CV** presuppone che la funzione di densità di probabilità dei *periodi non piovosi* segue una distribuzione esponenziale. Il tempo di ritardo è determinato, quindi, in base a dove il coefficiente di variazione è uguale ad **1** (uno), (Bedient e Huber, 1988).

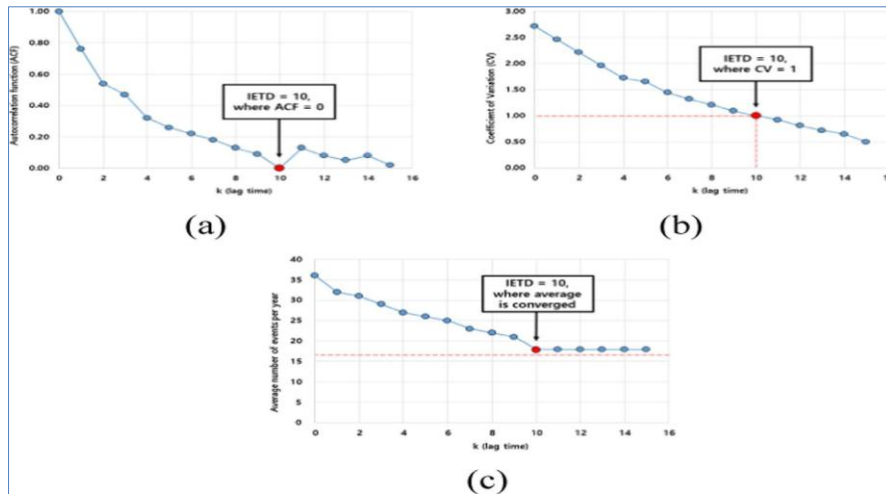


Fig. 2 – Metodi di stima dello IETD: ACF, CV e NMAE.

Questo perché la distribuzione esponenziale ha gli stessi valori di *media* e *deviazione standard*.

$$CV = \frac{\sigma}{\mu}$$

dove μ e σ sono, rispettivamente, la *media* e la *deviazione standard* dei periodi non piovosi, tra gli eventi piovosi. Nel metodo **NMAE** ossia del numero medio annuo di eventi, il numero di eventi pluviometrici indipendenti viene identificato in base ai tempi di ritardo e viene quindi calcolato il numero medio annuo di eventi pluviometrici. La IETD è determinata come il tempo di ritardo al quale la media annuale degli eventi diventa costante, indipendentemente dall'aumento del tempo di ritardo. Questo metodo utilizza la relazione tra IETD ed il numero medio annuo di eventi e dimostra risultati migliori rispetto ad altri metodi, riflettendo le caratteristiche delle precipitazioni (Lee e Kim, 2018). Si riporta, infine, in Fig. 4, un'applicazione del metodo **ACF**, ai dati pluviometrici (totali mensili), registrati in un quarantennio di osservazioni, alla Stazione Pluviometrica di Bari Osservatorio (Bacino Murge; Fig. 3), eseguita su un foglio elettronico (Excel, by Microsoft; Fig. 4) per l'applicazione ai valori significativi delle coppie "IETD-ACF".

		REGIONE PUGLIA SEZIONE PROTEZIONE CIVILE Centro Funzionale Decentrato BARI (Osservatorio)																																					
		latitudine 41° 7' 2.14" N												longitudine 16° 52' 18.61" E																									
ANNO	IET (mm)	Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile		Maggio		Giugno		Luglio		Agosto		Settembre		Ottobre		Novembre		Dicembre															
		ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET	ET														
1970	25.0	4.17	6	24.0	6.00	4	26.0	5.20	5	26.0	5.20	5	30.0	30.00	0	28.0	9.33	3	30.0	30.00	1	26.0	6.50	4	24.0	3.43	7	26.0	6.50	4	26.0	6.50	4	27.0	8.75	4			
1971	21.0	2.10	10	18.0	1.80	10	19.0	1.58	12	26.0	6.50	4	26.0	14.00	2	26.0	5.20	5	28.0	2.75	8	30.0	30.00	1	22.0	2.75	8	30.0	30.00	1	26.0	6.50	4	27.0	8.75	4			
1972	21.0	2.10	10	19.0	2.11	9	27.0	6.75	4	23.0	3.29	7	29.0	14.50	2	29.0	29.00	1	27.0	6.75	4	24.0	3.43	7	18.0	1.58	12	19.0	1.58	12	27.0	8.75	4	27.0	8.75	4			
1973	18.0	1.58	13	26.0	2.50	8	19.0	1.58	12	24.0	4.00	6	29.0	14.50	2	24.0	4.00	6	30.0	30.00	1	28.0	9.33	3	24.0	4.00	6	29.0	14.50	2	25.0	5.00	5	24.0	3.43	7			
1974	22.0	2.44	9	14.0	1.00	14	25.0	4.17	6	21.0	2.33	9	26.0	5.20	5	27.0	9.00	3	29.0	14.50	2	27.0	9.00	3	19.0	1.58	12	19.0	1.58	12	26.0	6.50	4	29.0	14.50	2			
1975	30.0	30.00	1	22.0	3.67	6	24.0	3.43	7	28.0	14.00	2	24.0	3.43	7	26.0	14.00	2	28.0	9.33	3	28.0	9.33	3	29.0	29.00	1	24.0	3.43	7	20.0	2.00	10	24.0	3.43	7			
1976	27.0	8.75	4	22.0	3.67	6	22.0	2.44	9	19.0	1.73	11	22.0	2.44	9	26.0	6.50	4	24.0	3.43	7	28.0	9.33	3	29.0	29.00	1	23.0	2.88	8	15.0	1.00	15	24.0	3.43	7			
1977	25.0	4.17	6	26.0	13.00	2	25.0	9.33	3	28.0	9.33	3	28.0	9.33	3	25.0	5.00	5	29.0	14.50	2	30.0	30.00	1	21.0	2.33	9	30.0	30.00	1	23.0	3.29	7	24.0	3.43	7			
1978	24.0	3.43	7	22.0	3.67	6	22.0	2.44	9	21.0	2.33	9	27.0	8.75	4	26.0	6.50	4	31.0	31.00	0	28.0	9.33	3	23.0	3.29	7	23.0	3.29	7	21.0	2.10	10	28.0	14.00	2	28.0	14.00	2
1979	22.0	2.44	9	26.0	2.50	8	21.0	2.33	9	27.0	8.75	4	21.0	2.33	9	27.0	8.75	4	27.0	9.00	3	27.0	8.75	4	27.0	8.75	4	26.0	6.50	4	19.0	1.73	11	24.0	3.43	7			
1980	18.0	1.58	12	26.0	2.50	8	21.0	2.33	9	28.0	14.00	2	18.0	1.58	13	27.0	9.00	3	28.0	9.33	3	29.0	14.50	2	28.0	14.00	2	28.0	14.00	2	23.0	2.88	8	22.0	2.75	8	21.0	2.10	10
1981	23.0	2.88	8	15.0	1.15	13	26.0	2.50	5	28.0	14.00	2	27.0	8.75	4	28.0	14.00	2	28.0	9.33	3	28.0	9.33	3	24.0	4.00	6	26.0	5.20	5	23.0	3.29	7	22.0	2.44	9			
1982	25.0	4.17	6	21.0	3.00	7	22.0	2.44	9	29.0	29.00	1	26.0	14.50	2	30.0	30.00	0	30.0	30.00	0	24.0	3.43	7	27.0	9.00	3	23.0	2.88	8	24.0	4.00	6	21.0	2.10	10			
1983	27.0	8.75	4	21.0	3.00	7	23.0	2.88	8	25.0	5.00	5	28.0	9.33	3	22.0	2.75	8	28.0	9.33	3	26.0	5.20	5	25.0	5.00	5	25.0	4.17	6	24.0	4.00	6	26.0	1.82	11			
1984	24.0	3.43	7	17.0	1.55	11	24.0	3.43	7	21.0	2.33	9	25.0	4.17	6	24.0	4.00	6	31.0	31.00	0	27.0	8.75	4	22.0	2.75	8	22.0	2.75	8	21.0	2.10	10	27.0	8.75	4			
1985	22.0	2.44	9	24.0	6.00	4	21.0	2.33	9	26.0	6.50	4	24.0	3.43	7	30.0	30.00	0	30.0	30.00	0	28.0	9.33	3	29.0	29.00	1	24.0	3.43	7	17.0	1.51	13	30.0	30.00	1			
1986	23.0	2.88	8	14.0	1.00	14	23.0	2.88	8	26.0	6.50	4	30.0	30.00	1	24.0	4.00	6	29.0	14.50	2	31.0	31.00	0	29.0	14.50	2	29.0	14.50	2	27.0	8.75	4	26.0	6.50	4	27.0	8.75	4
1987	21.0	2.10	10	26.0	2.50	8	16.0	1.07	15	27.0	9.00	3	21.0	2.10	10	25.0	5.00	5	28.0	9.33	3	29.0	14.50	2	29.0	29.00	1	27.0	8.75	4	22.0	2.75	8	23.0	2.88	8			
1988	21.0	2.10	10	21.0	3.00	7	24.0	3.43	7	27.0	9.00	3	27.0	8.75	4	25.0	5.00	5	31.0	31.00	0	30.0	30.00	1	25.0	5.00	5	25.0	4.17	6	20.0	2.00	10	25.0	4.17	6			
1989	28.0	9.33	3	26.0	13.00	2	27.0	8.75	4	24.0	4.00	6	25.0	4.17	6	25.0	5.00	5	22.0	2.44	9	29.0	14.50	2	22.0	2.44	9	26.0	6.50	4	23.0	2.88	8	23.0	2.88	8			
1990	27.0	8.75	4	24.0	4.00	6	27.0	8.75	4	23.0	3.29	7	27.0	8.75	4	26.0	6.50	4	30.0	30.00	1	26.0	6.50	4	25.0	4.17	6	23.0	3.29	7	17.0	1.51	14	24.0	3.43	7			
1991	28.0	9.33	3	22.0	3.67	6	31.0	31.00	0	21.0	2.33	9	24.0	3.43	7	29.0	29.00	1	26.0	5.20	5	31.0	31.00	0	28.0	14.00	2	28.0	9.33	3	23.0	3.29	7	24.0	3.43	7			
1992	29.0	14.50	2	23.0	4.00	6	28.0	5.20	5	22.0	2.75	8	30.0	30.00	1	22.0	2.75	8	26.0	5.20	5	31.0	31.00	0	26.0	6.50	4	26.0	5.20	5	24.0	3.43	7	24.0	3.43	7			
1993	24.0	3.43	7	21.0	3.00	7	23.0	2.88	8	27.0	9.00	3	26.0	5.20	5	28.0	14.00	2	29.0	14.50	2	26.0	6.50	4	26.0	6.50	4	16.0	1.14	14	23.0	2.88	8						
1994	23.0	2.88	8	16.0	1.33	12	31.0	31.00	0	23.0	3.29	7	26.0	5.20	5	28.0	14.00	2	30.0	30.00	1	30.0	30.00	1	27.0	9.00	3	24.0	3.43	7	25.0	5.00	5	24.0	3.43	7			
1996	22.0	2.44	9	16.0	1.33	12	21.0	2.10	10	26.0	6.50	4	23.0	2.88	8	27.0	9.00	3	31.0	31.00	0	30.0	30.00	1	18.0	1.50	12	24.0	3.43	7	23.0	3.29	7	26.0	1.82	11			
1997	25.0	4.17	6	26.0	13.00	2	29.0	14.50	2	24.0	4.00	6	31.0	31.00	0	29.0	14.50	2	30.0	30.00	1	27.0	8.75	4	26.0	6.50	4	21.0	2.10	10	17.0	1.51	13	25.0	4.17	6			
1998	25.0	4.17	6	23.0	4.00	6	23.0	2.88	8	27.0	9.00	3	22.0	2.44	9	27.0	9.00	3	29.0	14.50	2	30.0	30.00	1	23.0	3.29	7	23.0	2.88	8	18.0	1.50	12	22.0	2.44	9			
1999	24.0	3.43	7	25.0	9.33	3	26.0	5.20	5	21.0	2.33	9	28.0	9.33	3	26.0	6.50	4	21.0	2.88	8	28.0	9.33	3	24.0	4.00	6	26.0	5.20	5	20.0	2.00	10	25.0	4.17	6			
2000	29.0	14.50	2	19.0	2.11	9	25.0	4.17	6	26.0	6.50	4	28.0	9.33	3	30.0	30.00	1	31.0	31.00	0	27.0	9.00	3	24.0	3.43	7	24.0	3.43	7	25.0	5.00	5	26.0	5.20	5			
2001	21.0	2.10	10	24.0	6.00	4	27.0	8.75	4	22.0	2.75	8	27.0	8.75	4	27.0	9.00	3	30.0	30.00	1	31.0	31.00	0	24.0	4.00	6	29.0	14.50	2	21.0	2.33	9	23.0	2.10	10			
2002	26.0	5.20	5	26.0	8.33	3	25.0	4.17	6	22.0	2.75	8	24.0	3.43	7	29.0	29.00	1	26.0	5.20	5	26.0	5.20	5	26.0	5.20	5	25.0	4.17	6	25.0	5.00	5	18.0	1.38	13			
2004	21.0	2.10	10	25.0	8.33	3	26.0	5.20	5	21.0	2.33	9	25.0	4.17	6	23.0	3.29	7	28.0	9.33	3	29.0	14.50	2	25.0	5.00	5	25.0	4.17	6	21.0	2.33	9	23.0	2.88	8			
2005	21.0	2.10	10	19.0	2.11	9	27.0	4.17	6	25.0	5.00	5	30.0	30.00	1	27.0	9.00	3	30.0	30.00	1	26.0	5.20	5	22.0	2.75	8	22.0	2.44	9	26.0	2.00	10	26.0	1.82	11			
2006	25.0	4.17	6	18.0	1.80	10	23.0	2.88	8	21.0	2.33	9	26.0	6.50	4	25.0	5.20	5	31.0	31.00	0	25.0	4.17	6	22.0	2.75	8	25.0	5.00	5	25.0	4.17	6	25.0	4.17	6			
2007	27.0	8.75	4	26.0	2.50	8	21.0	2.10	10	25.0	5.00	5	24.0	3.43	7	28.0	14.00	2	31.0	31.00	0	31.0	31.00	0	24.0	4.00	6	23.0	2.88	8	24.0	4.00	6	19.0	1.58	12			
2008	25.0	4.17																																					

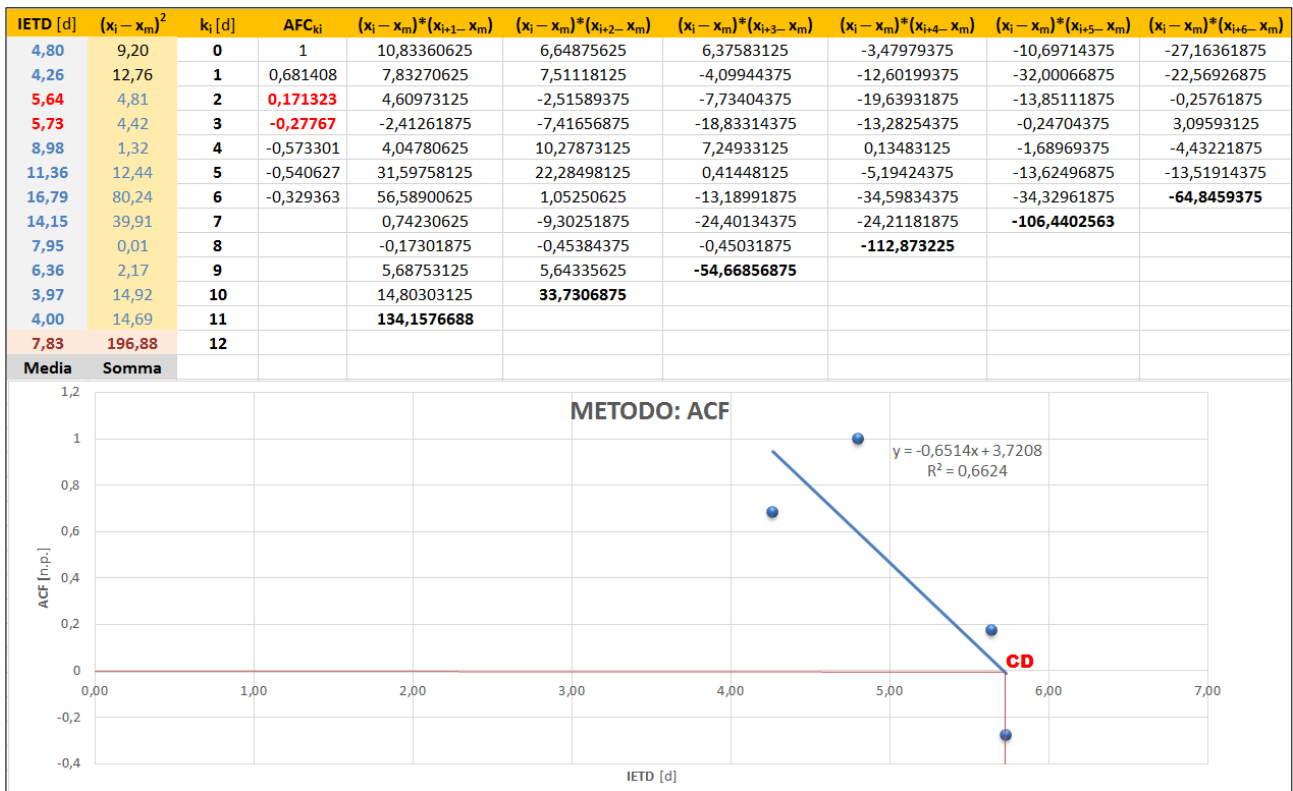


Fig. 4 – Applicazione del Metodo ACF ai dati pluviometrici registrati alla Staz. Pluv. di Bari O.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Adams BJ, Papa F (2000): "Urban Stormwater Management Planning with Analytical Probabilistic Models". John Wiley and Sons, New York.
- [2] Balistrocchi M, Bacchi B (2011): "Modellare la dipendenza statistica delle variabili degli eventi pluviometrici attraverso le funzioni di copula". Hydrol Earth Syst Sci 15:1959-1977.
- [3] Raimondi A, Sanfilippo U, Marchioni M, Di Chiano MG, Becciu G (2023): "Influenza dei parametri climatici sulla progettazione probabilistica di tetti verdi". Sci Total Environ 865:161291.
- [4] Kim, D. (2018): "Sviluppo del modello Consecutive Storm Event Based (ConSEB) Rainfall-Runoff per la simulazione del deflusso a breve termine e la sua applicabilità in presenza di cambiamenti climatici". Tesi di dottorato, Università INHA.
- [5] Lee EH, Kim JH (2018): "Sviluppo di una nuova tecnica di definizione del tempo tra eventi nelle aree urbane". KSCE J Civ Eng 22(10):3764-3771.
- [6] Bedient PB, Huber WC (1988): "Hydrology and floodplain analysis". Addison-Wesley, Reading, Mass Catto JL, Dowdy A (2021): "Understanding compound hazards from a weather system perspective". Weather and Climate Extremes 32:100313.
- [7] Joo J, Lee J, Kim JH, Jo D (2014): "Inter-Event Time Definition Setting Procedure for Urban Drainage Systems". Water 6:45-58.
- [8] Medina-Cobo MT, García-Marín AP, Estévez J, Ayuso-Muñoz JL (2016): "L'identificazione di un appropriato Minimum Inter-event Time (MIT) basato sulla caratterizzazione multifrattale delle serie di dati pluviometrici". Hydrol Process 30(19):3507-3517.