



Το παρόν έργο αδειοδοτείται υπό τους όρους της άδειας Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 4.0. Για να δείτε ένα αντίγραφο της άδειας αυτής επισκεφτείτε το σύνδεσμο: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

Εφαρμογές

Δρ. Βασίλης Μπέλλος

Πιθανότητα υπέρβασης

- Ετήσια σειρά μεγίστων X μεγέθους N
- Κατάταξη κατά φθίνουσα σειρά
- Κατώφλι υπέρβασης x
- Σειρά όπου γίνεται η υπέρβαση m

$$P(X \geq x) = \frac{m}{N} \quad \text{κλειστές σειρές}$$

$$P(X \geq x) = \frac{m}{N + 1} \quad \text{ανοιχτές σειρές}$$

$$P(X \geq x) = \frac{2m - 1}{2N} \quad \text{Hazen (1930)}$$

...

Περίοδος επαναφοράς

- **Μέσο** χρονικό διάστημα T (έτη) στο οποίο η υπό μελέτη μεταβλητή θα εμφανιστεί μία μόνο φορά με τιμή ίση ή μεγαλύτερη από ένα κατώφλι που έχει οριστεί εκ των προτέρων
- Αν η περίοδος επαναφοράς είναι 10 έτη σημαίνει ότι τα επόμενα 10 χρόνια θα γίνει η υπέρβαση; → **ΟΧΙ!**
- Τα επόμενα 1000 χρόνια θα γίνουν περίπου 100 υπερβάσεις

$$P(X \geq x) = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{P(X \geq x)}$$

Υπέρβαση

Πιθανότητα
υπέρβασης

$$\frac{1}{T}$$

Πιθανότητα
μη υπέρβασης

$$1 - \frac{1}{T}$$

Πιθανότητα
μη υπέρβασης
σε N χρόνια ($x=0$)

$$\left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

Πιθανότητα
υπέρβασης
σε N χρόνια ($x=0$)

$$1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

Παράμετροι κατανομής

- Μέσος όρος $\bar{x} = \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{N}$
- Διάμεσος $x_{(N+1)/2}$ (N περιττος), $\frac{1}{2}(x_{(N/2)} + x_{(N/2+1)})$ (N αρτιος)
- Διασπορά $\widehat{\mu}_2 = \sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \bar{x})^2}{N - 1}$
- Τυπική απόκλιση $\hat{\sigma} = (\widehat{\mu}_2)^{1/2} = \left[\sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \bar{x})^2}{N - 1} \right]^{1/2}$

Παράμετροι κατανομής

- Συντελεστής διακύμανσης $c_V = \frac{\hat{\sigma}}{\bar{x}}$
- Συντελεστής ασυμμετρίας $\hat{g} = \frac{\hat{\mu}_3}{\hat{\sigma}^3} = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \bar{x})^3}{\hat{\mu}_2^{3/2}}$
- Συντελεστής κύρτωσης $\hat{q}_4 = \frac{\hat{\mu}_4}{\hat{\sigma}^4}$

Ομοιόμορφη κατανομή

- PDF

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{για } a \leq x \leq b \\ 0 & \text{για } x < a \text{ και } x > b \end{cases}$$

- CDF

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{για } x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{για } a \leq x \leq b \\ 1 & \text{για } x > b \end{cases}$$

Κανονική κατανομή

- PDF

$$p(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right)$$

ανηγμένη μεταβλητή

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

- CDF

$$P(z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) dz$$

Τιμές ανηγμένης μεταβλητής z

$$\mu = 0, \sigma = 1$$

P(z)	z	P(z)	z	P(z)	z	P(z)	z	P(z)	z
0.01	-2.326	0.21	-0.806	0.41	-0.228	0.61	0.279	0.81	0.878
0.02	-2.054	0.22	-0.772	0.42	-0.202	0.62	0.305	0.82	0.915
0.03	-1.881	0.23	-0.739	0.43	-0.176	0.63	0.332	0.83	0.954
0.04	-1.751	0.24	-0.706	0.44	-0.151	0.64	0.358	0.84	0.994
0.05	-1.645	0.25	-0.674	0.45	-0.126	0.65	0.385	0.85	1.036
0.06	-1.555	0.26	-0.643	0.46	-0.100	0.66	0.412	0.86	1.080
0.07	-1.476	0.27	-0.613	0.47	-0.075	0.67	0.440	0.87	1.126
0.08	-1.405	0.28	-0.583	0.48	-0.050	0.68	0.468	0.88	1.175
0.09	-1.341	0.29	-0.553	0.49	-0.025	0.69	0.496	0.89	1.227
0.10	-1.282	0.30	-0.524	0.50	0.000	0.70	0.524	0.90	1.282
0.11	-1.227	0.31	-0.496	0.51	0.025	0.71	0.553	0.91	1.341
0.12	-1.175	0.32	-0.468	0.52	0.050	0.72	0.583	0.92	1.405
0.13	-1.126	0.33	-0.440	0.53	0.075	0.73	0.613	0.93	1.476
0.14	-1.080	0.34	-0.412	0.54	0.100	0.74	0.643	0.94	1.555
0.15	-1.036	0.35	-0.385	0.55	0.126	0.75	0.674	0.95	1.645
0.16	-0.994	0.36	-0.358	0.56	0.151	0.76	0.706	0.96	1.751
0.17	-0.954	0.37	-0.332	0.57	0.176	0.77	0.739	0.97	1.881
0.18	-0.915	0.38	-0.305	0.58	0.202	0.78	0.772	0.98	2.054
0.19	-0.878	0.39	-0.279	0.59	0.228	0.79	0.806	0.99	2.326
0.20	-0.842	0.40	-0.253	0.60	0.253	0.80	0.842		

Κατανομή Gumbel

Ακραίων τιμών τύπου I

- PDF

$$p(y) = \exp[\mp y - \exp(\mp y)] dy$$

(+) μέγιστα, (-) ελάχιστα

ανηγμένη μεταβλητή

- CDF

$$y = \frac{x - \beta}{\alpha}$$

$$P(y) = \exp(-\exp(-y)) \quad \text{μέγιστα}$$

$$P(y) = 1 - \exp(-\exp(y)) \quad \text{ελάχιστα}$$

Μέθοδος ροπών

- Κανονική κατανομή $\rightarrow$ θεωρούμε ότι οι παράμετροι της εμπειρικής κατανομής είναι ίσες με τις παραμέτρους της θεωρητικής κατανομής
 - Μέσος όρος $\mu = \bar{x}$
 - Τυπική απόκλιση $\sigma = \hat{\sigma}$
- Κατανομή Gumbel

$$\hat{a} = \frac{\hat{\sigma}}{1.283} \quad \hat{\beta} = \bar{x} \mp 0.45\hat{\sigma} \quad (-) \text{ μέγιστα, } (+) \text{ ελάχιστα}$$

Μέθοδος παράγοντα συχνότητας

- Το μέγεθος του γεγονότος περιόδου επαναφοράς T είναι συνάρτηση του μέσου όρου, του συντελεστή διακύμανσης και του παράγοντα συχνότητας

$$x_T = \bar{x}(1 + c_V k_T)$$

- Κανονική κατανομή $k_T = z$

- Κατανομή Gumbel ($N > 100$) $k_T = \mp 0.7797 \left[0.5772 + \ln \left(\ln \frac{T}{T-1} \right) \right]$

- Κατανομή Gumbel ($N < 100$) $k_T = \frac{\mp \left[\ln \left(\ln \frac{T}{T-1} \right) + \bar{y}_N \right]}{\sigma_N}$

(-) μεγιστα, (+) ελαχιστα

Παράμετροι $y_N \sigma_N$

n	$\bar{y}_n$	σ_n	n	$\bar{y}_n$	σ_n	n	$\bar{y}_n$	σ_n
8	0.4843	0.9043	35	0.5403	1.1285	64	0.5533	1.1793
9	0.4902	0.9288	36	0.5410	1.1313	66	0.5538	1.1814
10	0.4952	0.9497	37	0.5418	1.1339	68	0.5543	1.1834
11	0.4996	0.9676	38	0.5424	1.1363	70	0.5548	1.1854
12	0.5035	0.9833	39	0.5430	1.1388	72	0.5552	1.1873
13	0.5070	0.9972	40	0.5436	1.1413	74	0.5557	1.1890
14	0.5100	1.0095	41	0.5442	1.1436	76	0.5561	1.1906
15	0.5128	1.0206	42	0.5448	1.1458	78	0.5565	1.1923
16	0.5157	1.0316	43	0.5453	1.1480	80	0.5569	1.1938
17	0.5181	1.0411	44	0.5458	1.1499	82	0.5572	1.1953
18	0.5202	1.0493	45	0.5463	1.1519	84	0.5576	1.1967
19	0.5220	1.0566	46	0.5468	1.1538	86	0.5580	1.1980
20	0.5236	1.0628	47	0.5473	1.1557	88	0.5583	1.1994
21	0.5252	1.0696	48	0.5477	1.1574	90	0.5586	1.2007
22	0.5268	1.0754	49	0.5481	1.1590	92	0.5589	1.2020
23	0.5283	1.0811	50	0.5485	1.1607	94	0.5592	1.2032
24	0.5296	1.0864	51	0.5489	1.1623	96	0.5595	1.2044
25	0.5309	1.0915	52	0.5493	1.1638	98	0.5598	1.2055
26	0.5320	1.0961	53	0.5497	1.1653	100	0.5600	1.2065
27	0.5332	1.1004	54	0.5501	1.1667	150	0.5646	1.2253
28	0.5343	1.1047	55	0.5504	1.1681	200	0.5672	1.2360
29	0.5353	1.1086	56	0.5508	1.1696	250	0.5688	1.2429
30	0.5362	1.1124	57	0.5511	1.1708	300	0.5699	1.2479
31	0.5371	1.1159	58	0.5515	1.1721	400	0.5714	1.2545
32	0.5380	1.1193	59	0.5518	1.1734	500	0.5724	1.2588
33	0.5388	1.1226	60	0.5521	1.1747	750	0.5738	1.2651
34	0.5396	1.1255	62	0.5527	1.1770	1000	0.5745	1.2685

Παράμετροι για όρια εμπιστοσύνης

- Εκτίμηση ορίων $x_{T,max} = x_T + z_{1-\alpha/2} \delta \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{N}}$ $x_{T,min} = x_T - z_{1-\alpha/2} \delta \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{N}}$
- Κανονική κατανομή $\delta = \left(1 + \frac{k_T^2}{2}\right)^{1/2}$
- Κατανομή Gumbel $\delta = \sqrt{1 + 1.3k_T + 1.1k_T^2}$
- Επίπεδο εμπιστοσύνης $1-\alpha$ (%)
 - 99 $z_{1-\alpha/2} = 2.576$
 - 95 $z_{1-\alpha/2} = 1.960$
 - 90 $z_{1-\alpha/2} = 1.645$

Έλεγχος χ^2

- Κατανομή με αριθμό παραμέτρων p
- Χωρίζεται το δείγμα σε k κλάσεις $k = 1 + 3.3 \log N$
- O_i ο εμπειρικός αριθμός παρατηρήσεων
- E_i αναμενόμενος αριθμός παρατηρήσεων
- Υπολογισμός $\chi^2 \rightarrow \chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
- Θεωρητικό χ^2 , συνάρτηση του επιπέδου εμπιστοσύνης και των βαθμών ελευθερίας $\rightarrow$ σύγκριση με το παραπάνω

Θεωρητικό χ^2

- Βαθμοί ελευθερίας= $k-p-1$

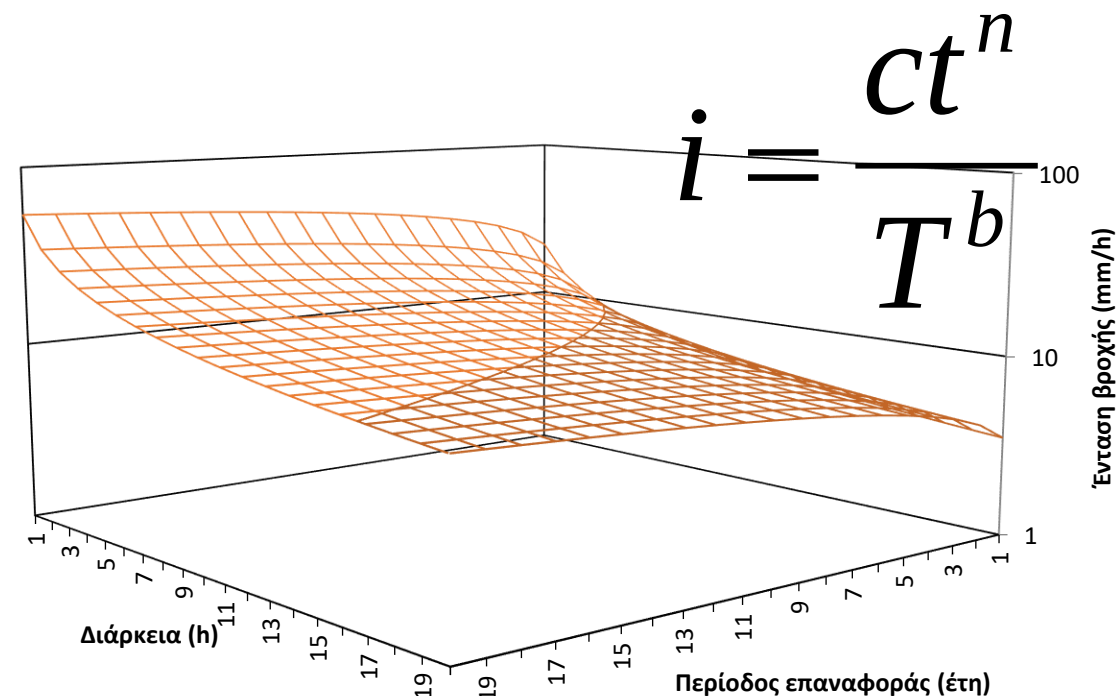
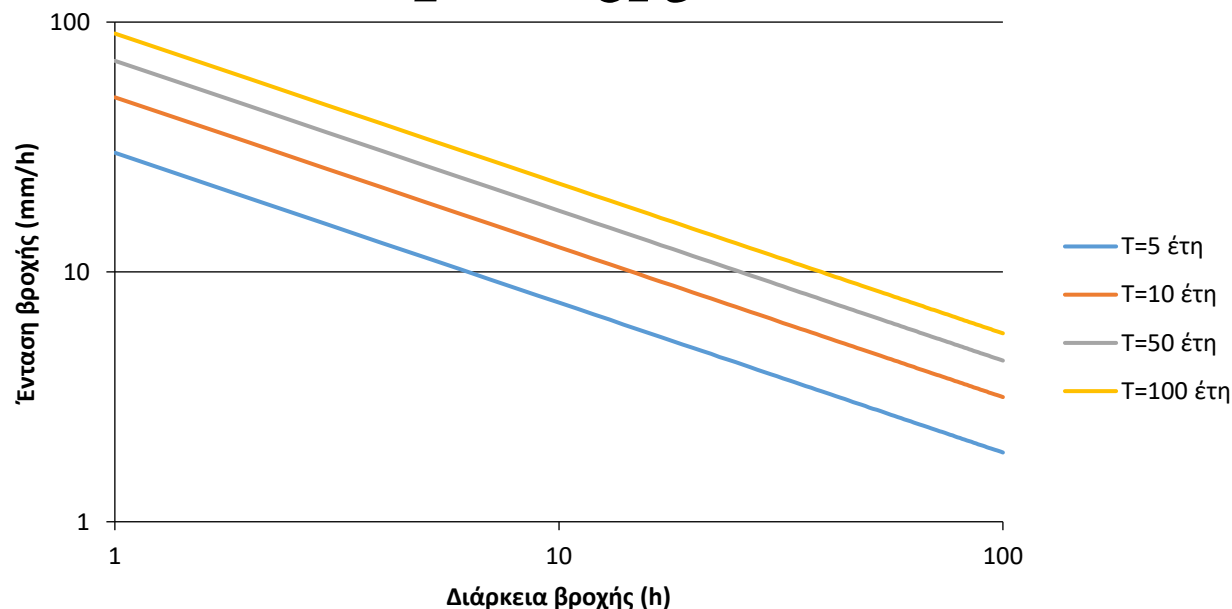
- k αριθμός κλάσεων
- p αριθμός παραμέτρων κατανομής

Degrees of Freedom	Probability of a larger value of χ^2								
	0.99	0.95	0.90	0.75	0.50	0.25	0.10	0.05	0.01
1	0.000	0.004	0.016	0.102	0.455	1.32	2.71	3.84	6.63
2	0.020	0.103	0.211	0.575	1.386	2.77	4.61	5.99	9.21
3	0.115	0.352	0.584	1.212	2.366	4.11	6.25	7.81	11.34
4	0.297	0.711	1.064	1.923	3.357	5.39	7.78	9.49	13.28
5	0.554	1.145	1.610	2.675	4.351	6.63	9.24	11.07	15.09
6	0.872	1.635	2.204	3.455	5.348	7.84	10.64	12.59	16.81
7	1.239	2.167	2.833	4.255	6.346	9.04	12.02	14.07	18.48
8	1.647	2.733	3.490	5.071	7.344	10.22	13.36	15.51	20.09
9	2.088	3.325	4.168	5.899	8.343	11.39	14.68	16.92	21.67
10	2.558	3.940	4.865	6.737	9.342	12.55	15.99	18.31	23.21
11	3.053	4.575	5.578	7.584	10.341	13.70	17.28	19.68	24.72
12	3.571	5.226	6.304	8.438	11.340	14.85	18.55	21.03	26.22
13	4.107	5.892	7.042	9.299	12.340	15.98	19.81	22.36	27.69
14	4.660	6.571	7.790	10.165	13.339	17.12	21.06	23.68	29.14
15	5.229	7.261	8.547	11.037	14.339	18.25	22.31	25.00	30.58
16	5.812	7.962	9.312	11.912	15.338	19.37	23.54	26.30	32.00
17	6.408	8.672	10.085	12.792	16.338	20.49	24.77	27.59	33.41
18	7.015	9.390	10.865	13.675	17.338	21.60	25.99	28.87	34.80
19	7.633	10.117	11.651	14.562	18.338	22.72	27.20	30.14	36.19
20	8.260	10.851	12.443	15.452	19.337	23.83	28.41	31.41	37.57
22	9.542	12.338	14.041	17.240	21.337	26.04	30.81	33.92	40.29
24	10.856	13.848	15.659	19.037	23.337	28.24	33.20	36.42	42.98
26	12.198	15.379	17.292	20.843	25.336	30.43	35.56	38.89	45.64
28	13.565	16.928	18.939	22.657	27.336	32.62	37.92	41.34	48.28
30	14.953	18.493	20.599	24.478	29.336	34.80	40.26	43.77	50.89
40	22.164	26.509	29.051	33.660	39.335	45.62	51.80	55.76	63.69
50	27.707	34.764	37.689	42.942	49.335	56.33	63.17	67.50	76.15
60	37.485	43.188	46.459	52.294	59.335	66.98	74.40	79.08	88.38

Όμβριες καμπύλες

- Σύνδεση έντασης-διάρκειας-περιόδου επαναφοράς
- Στατιστική επεξεργασία μετρήσεων

$$i = at^n$$



Ελληνική νομοθεσία

- Γενικευμένη σχέση με βάση τη ΓΑΤ → λ' , κ , ψ' , θ , η
- Οι παράμετροι υπάρχουν για σταθμούς σε όλη την Ελλάδα
- floods.ypeka.gr

$$i(t, T) = \frac{\lambda' (T^\kappa - \psi')}{\left(1 + \frac{t}{\theta}\right)^\eta}$$

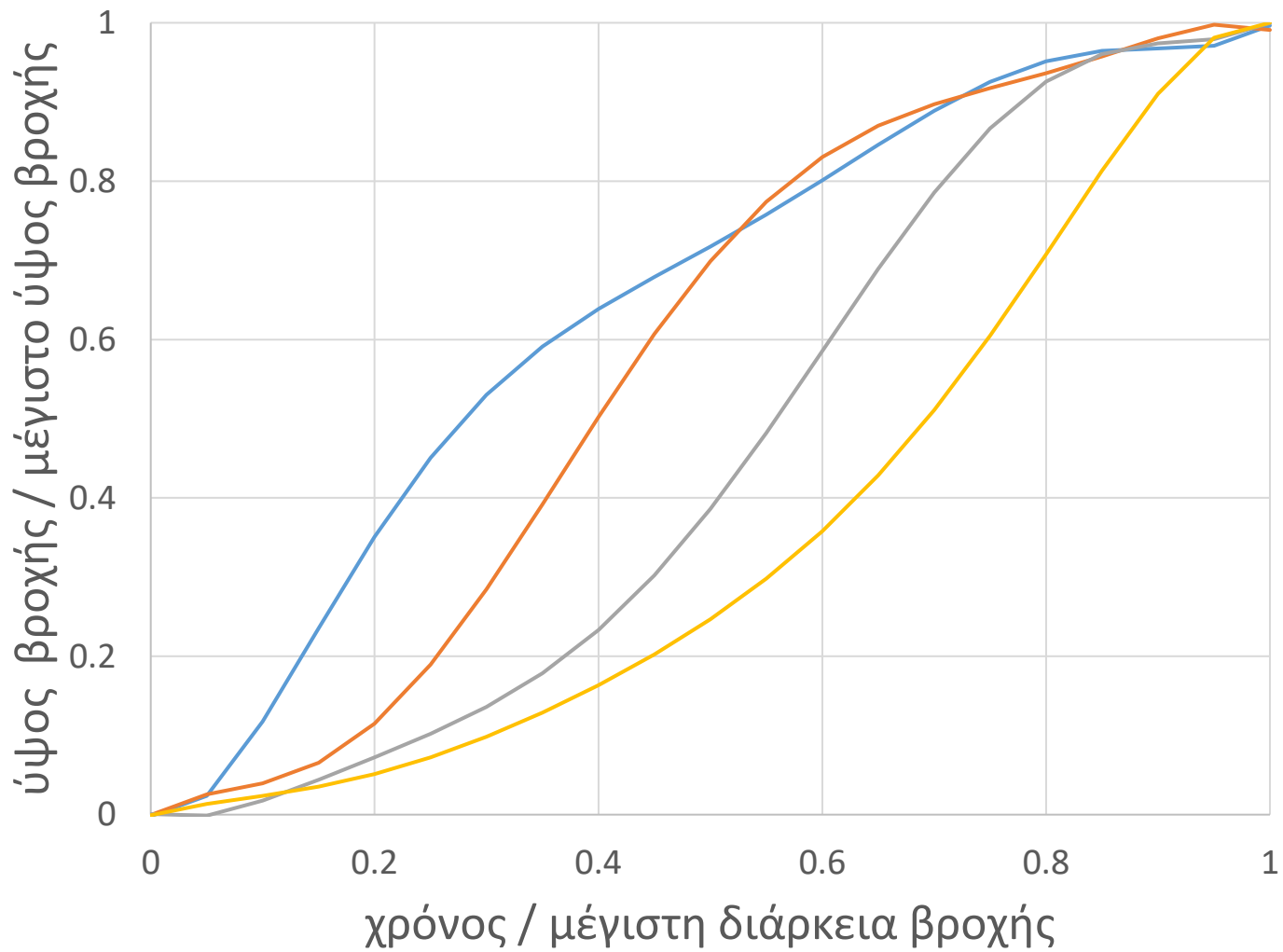


Yδ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΟΝΟΜΑ	X	Y	Z	κ	λ'	ψ'	θ	η
1	GR01	1 ΑΜΥΓΔΑΛΙΑ	330744.3	4179447.1	804	0.057	930.4	0.837	0.089	0.724
2	GR01	2 ΑΝΔΑΛΗΝΗ	319161.41	4098792	34.2	0.113	409	0.607	0.089	0.724
3	GR01	3 ΑΝΘ ΚΑΡΥΕΕ	323111.69	4144855.75	977	0.113	431.8	0.52	0.089	0.724
4	GR01	4 ΑΝΘ ΛΟΥΙΣΟΙ	336479.31	4207266	1082.3	0.057	714.2	0.8	0.089	0.724
5	GR01	5 ΑΝΘ ΜΕΛΠΕΙΑ	318239.81	4133597.68	630	0.113	446	0.564	0.089	0.724
6	GR01	6 ΑΡΑΧΑΜΙΤΕΣ	344470.5	4145094.75	744.8	0.113	474.4	0.75	0.089	0.724
7	GR01	7 ΑΧΛΑΔΙΝΗ	303702.7	4177167.3	649.4	0.057	717	0.73	0.089	0.724
8	GR01	8 ΒΑΣΙΛΑΚΙΟ	302188.5	4168749.5	256.9	0.113	427.2	0.52	0.089	0.724
9	GR01	9 ΒΥΤΙΝΑ	340054.81	4170528	1010.9	0.057	618.3	0.717	0.089	0.724
10	GR01	10 ΔΑΦΝΗ	347146	4136602.25	638.8	0.113	430.3	0.642	0.089	0.724
11	GR01	11 ΔΑΦΝΗ	326082.81	4185713	582.7	0.057	983	0.863	0.089	0.724
12	GR01	12 ΔΕΣΙΝΟ	323165.41	4199962	844.8	0.057	651.2	0.738	0.089	0.724
13	GR01	13 ΔΙΑΒΟΛΙΤΣΙ	319604.7	4129633.6	97.5	0.113	520.6	0.684	0.089	0.724
14	GR01	14 ΔΩΡΙΟ	309733.8	4128694	165.3	0.113	413.6	0.639	0.089	0.724
15	GR01	15 ΖΑΤΟΥΝΑ	325474.59	4162010	900	0.057	905.7	0.806	0.089	0.724
16	GR01	16 ΖΩΝΗ	333348.6	4147468.7	510	0.113	334.7	0.514	0.089	0.724
17	GR01	17 ΚΑΛΑΜΑΤΑ	324055.8	4104082.2	6.3	0.113	436.7	0.682	0.089	0.724
18	GR01	18 ΚΑΡΑΤΟΥΛΑ	339141	4147786	800	0.113	333.2	0.541	0.089	0.724
19	GR01	19 ΚΑΡΚΑΛΟΥ	330947.09	4166888.25	985.9	0.057	1123.2	0.895	0.089	0.724
20	GR01	20 ΚΑΡΥΤΑΙΝΑ	326644.5	4150203.75	498.4	0.113	279.5	0.405	0.089	0.724
21	GR01	21 ΚΑΣΤΕΛΛΙΟ	328419.5	4197095	791.7	0.057	868.9	0.801	0.089	0.724
22	GR01	22 ΚΕΝΤΡΙΚΟ	319997.41	4127572.5	81.1	0.113	341.1	0.547	0.089	0.724
23	GR01	23 ΚΕΦΑΛΗΝΟΣ	309813.09	4118518.5	455.3	0.113	353.1	0.453	0.089	0.724
24	GR01	24 ΚΡΕΜΜΥΔΙΑ	302792.8	4095997.1	341.5	0.113	404.7	0.61	0.089	0.724
25	GR01	25 ΛΥΚΟΥΡΙΑ	342934	4192114	1100	0.057	641.1	0.855	0.089	0.724
26	GR01	26 ΛΥΚΟΥΡΙΑ	342603	4191581.5	758.1	0.057	1017.9	0.89	0.089	0.724
27	GR01	27 ΜΑΛΑΚΙΤΑ	338998	4140389	600	0.113	385.2	0.584	0.089	0.724
28	GR01	28 ΜΑΤΕΣΙ	316394.3	4155585	486	0.113	255	0.7	0.089	0.724
29	GR01	29 ΜΕΘΟΝΗ	295120.2	4077635.2	61.6	0.113	444.8	0.729	0.089	0.724
30	GR01	30 ΜΟΥΖΑΚΙ	296559.1	4107504.2	461	0.113	398	0.57	0.089	0.724
31	GR01	31 ΝΕΔΟΥΣΑ	342906	4112566	730	0.113	537.3	0.5	0.089	0.724
32	GR01	32 ΝΕΟΧΩΡΙ ΜΑΝΤΙΝΕΙΑΣ	328795	4134800	690	0.113	392.7	0.552	0.089	0.724
33	GR01	33 ΠΑΓΡΑΤΑΙΚΑ ΚΑΛΥΒΙΑ	336414.09	4187688	502.8	0.057	550.9	0.763	0.089	0.724
34	GR01	34 ΠΑΝΑΓΙΤΣΑ	343176.3	4181658.8	509.3	0.057	595.5	0.794	0.089	0.724
35	GR01	35 ΠΑΠΑΡΗΣ	346307	4136551	760	0.113	337.1	0.468	0.089	0.724
36	GR01	36 ΠΕΡΙΔΙΚΟΝΕΡΙ	323026.69	4178096.25	836.6	0.057	721.7	0.757	0.089	0.724
37	GR01	37 ΠΕΥΚΑΙ	295973.81	4171877	259.2	0.113	447	0.747	0.089	0.724
38	GR01	38 ΠΙΔΑΗΜΑ	326197.31	4112429.75	36.3	0.113	473.2	0.687	0.089	0.724

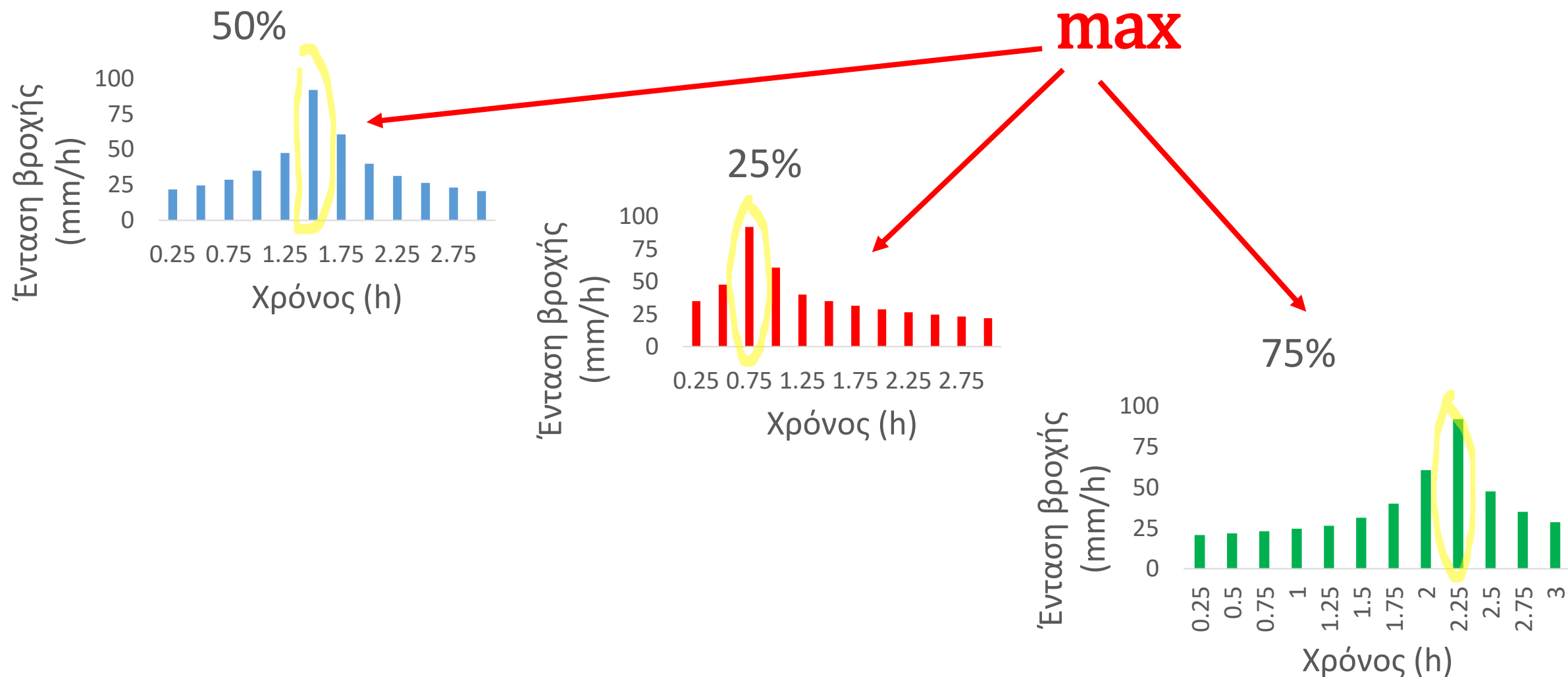
Κατανομή βροχής

- Η ένταση βρίσκεται θεωρώντας ότι η διάρκεια βροχής είναι ίση με το χρόνο συγκέντρωσης → ορθολογική μέθοδος
- Θεωρητικές κατανομές βροχής
- Μέθοδος εναλασσόμενων μπλοκ

Κατανομές Huff



Εναλασσόμενα μπλοκ



Πιθανοτικός σχεδιασμός

μικρές λεκάνες

- Μορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής
- Επιλογή περιόδου επαναφοράς
- Επιλογή σταθμού και όμβριας καμπύλης → *βροχόπτωση σχεδιασμού*
- Ορθολογική μέθοδος → *πλημμύρα σχεδιασμού*
- Σχεδιασμός

Πιθανοτικός σχεδιασμός

μεσαίες και μεγάλες λεκάνες

- Μορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής
 - Επιλογή περιόδου επαναφοράς
 - Επιλογή σταθμού και όμβριας καμπύλης
 - Κατανομή βροχής
 - Επιλογή μοντέλου απωλειών
 - ΜΥΓ και μοντέλα διόδευσης
 - Σχεδιασμός
- βροχόπτωση σχεδιασμού*
- πλημμύρα σχεδιασμού*

Κατανομή βροχής

μεσαίες και μεγάλες λεκάνες

- **Επιλέγεται η χρονική διάρκεια της βροχής σχεδιασμού**
 - 3 h
 - 6 h
 - 12 h
 - 24 h
- **Επιλέγεται η κατανομή της βροχής**
 - Εναλασσόμενα μπλοκ
 - Κατανομή Huff

Μοντέλα απωλειών

μεσαίες και μεγάλες λεκάνες

- Δείκτης φ
- Horton
- Kostiaikov
- Philip
- SCS
- Green-Ampt

Άσκηση 1

- **Δύο βροχογράφοι A, B λειτουργούν ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον. Το ποσοστό χρόνου λειτουργίας του A είναι 0.85 και του B 0.7, αντίστοιχα. Ποια είναι η πιθανότητα σε δεδομένη χρονική στιγμή**
 - Να λειτουργούν και οι 2
 - Να μη λειτουργεί ο A
 - Να μη λειτουργεί ο B
 - Να μη λειτουργεί κανείς

Άσκηση 2

- **Πιθανότητα εμφάνισης πλημμύρας με περίοδο επαναφοράς 100 έτη μέσα σε 10 χρόνια**
 - Καμία εμφάνιση (πιθανότητα μη υπέρβασης)
 - 1 φορά
 - 2 φορές
 - Τουλάχιστον 1 (πιθανότητα υπέρβασης)

Άσκηση 3

- **Δείγμα ετήσιων όγκων νερού προς άρδευση ακολουθεί την κανονική κατανομή. Ο μέσος όρος είναι $80 \times 10^6 \text{ m}^3$ και η τυπική απόκλιση $22 \times 10^6 \text{ m}^3$**
 - Αν οι ετήσιες ανάγκες σε άρδευση είναι $53 \times 10^6 \text{ m}^3$ να βρεθεί η πιθανότητα αδυναμίας κάλυψης (αστοχία)
 - Αν η επιτρεπόμενη αστοχία είναι $1/8$ ποια η ελάχιστη εγγυημένη διαθέσιμη ποσότητα νερού

Άσκηση 4

- Λεκάνη απορροής $A=5 \text{ km}^2$ με χρόνο συγκέντρωσης 1.25 h και μέ όμβρια καμπύλη

$$i(t, T) = \frac{467.5(T^{0.093} - 0.732)}{\left(1 + \frac{t}{0.082}\right)^{0.708}}$$

- Να βρεθεί το πλημμυρικό υδρογράφημα σχεδιασμού για $T=50$ έτη με την ορθολογική μέθοδο ($C=0.7$)
- Να βρεθεί πλημμυρικό υδρογράφημα για βροχή 6 ωρών και $T=50$ έτη με το συνθετικό ΜΥΓ 1h κατά SCS όταν $\varphi=2 \text{ mm/h}$
 - Κατανομή βροχής $\rightarrow$ εναλασσόμενα μπλοκ
 - Κατανομή βροχής $\rightarrow$ καμπύλη Huff II

Κατά κύριο λόγο, η παρούσα διάλεξη άντλησε πληροφορίες από τα βιβλία «Τεχνική Υδρολογία» των Μ. Μιμίκου και Ε. Μπαλτά (2018, Εκδόσεις Παπασωτηρίου), «Υδατικοί Πόροι: Ι. Τεχνική Υδρολογία & Εισαγωγή στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων» του Γ. Τσακίρη (2013, Εκδόσεις Συμμετρία), «Τεχνική Υδρολογία» των Δ. Κουτσογιάννη και Θ. Ξανθόπουλου - 4^η έκδοση (2016, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα), «Ποτάμια Υδραυλική και Τεχνικά Έργα» του Β. Χρυσάνθου (2015, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα)