● مثال ۱۶-۱

در یک سد مخزنی، سرریز اضطراری آن طوری طراحی شده است که رابطه بین دبی خروجی (O) از آن و ارتفاع آب روی تاج سر ریز (H) به صورت $Q = 110\ H^{1.5}$ است (H برحسب متر و Q برحسب مترمکعب در ثانیه). زمانی که مخزن تا لبهٔ تاج سرریز پر از آب است سطح مخزن ۷/۵ کیلومتر مربع می‌باشد و پس از آن به ازای هر متر افزایش ارتفاع، ۱/۵ کیلومتر مربع بر سطح دریاچه مخزن افزوده می‌شود. در همین زمانی که مخزن تا لبهٔ تاج سرریز پر از آب است، سیلی که هیدروگراف آن مثلثی شکل است وارد مخزن می‌شود. زمان پایهٔ هیدروگراف ۳۶ ساعت، دبی اوج آن ۳۶۰ مترمکعب در ثانیه و زمان وقوع دبی اوج ۱۲ ساعت پس از شروع سیل است. دبی اوج هیدروگراف خروجی از سرریز و زمان وقوع آن را از شروع سیل در هیدروگراف ورودی حساب کنید.

$$S = \int_0^H A\,dh = \int_0^H 10^6\,(7.5 + 1.5h)\,dh$$

$$= 10^6\,(7.5\,H + 0.75\,H^2)$$ مترمکعب

$$O = 110\,H^{1.5}$$ مترمکعب در ثانیه

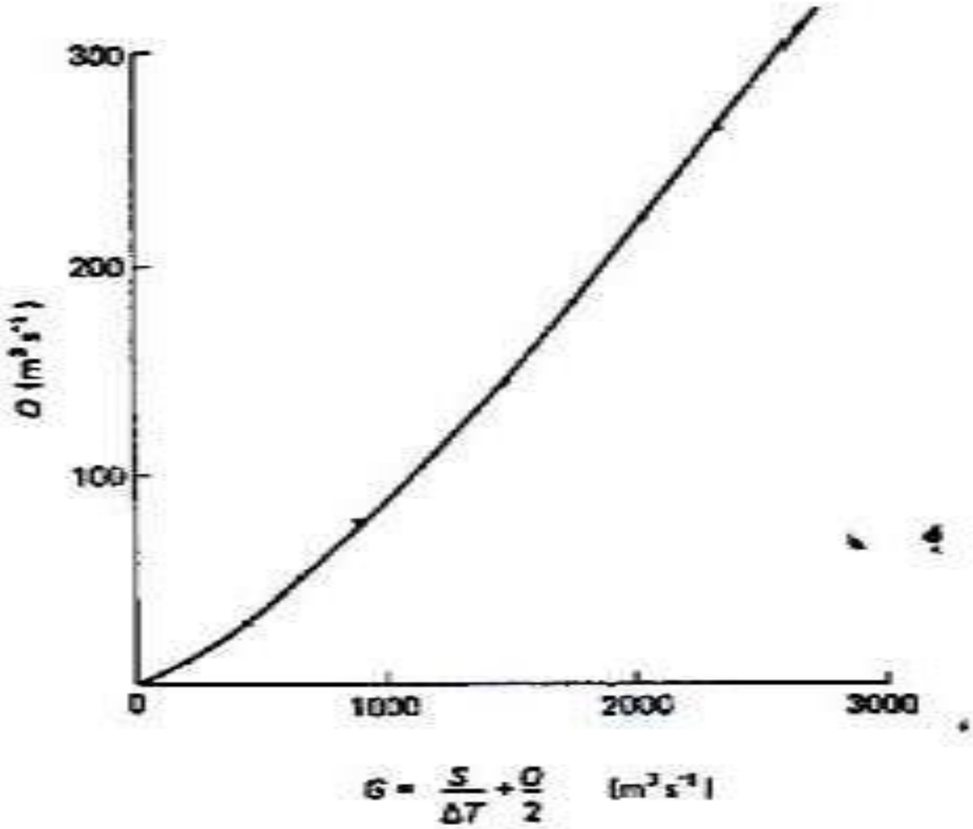
$$G = \frac{S}{\Delta T} + \frac{O}{2}$$

$$G = \frac{10^6}{7200}(7.5\,H + 0.75\,H^2) + \frac{110}{2}\,H^{1.5}$$

$$G = 104\,H(10 + 0.53\sqrt{H} + H)$$

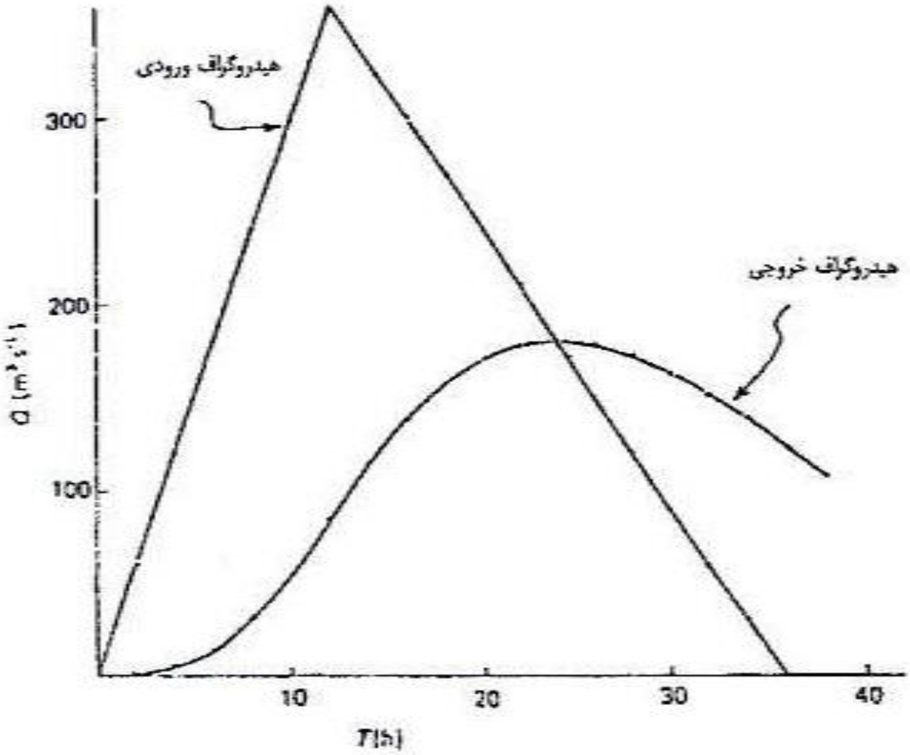
جدول ۱۶-۲

H	O	104H	0.53 √H	(10+0.53 √H+H)	G
0.2	10	20.8	0.24	10.26	213
0.4	28	41.6	0.34	10.38	432
0.6	51	62.4	0.41	10.47	653
0.8	79	83.2	0.47	10.55	878
1.0	110	104.0	0.53	11.53	1199
1.2	144	124.8	0.58	11.78	1470
1.4	182	145.6	0.63	12.03	1752
1.6	223	166.4	0.67	12.27	2042
1.8	265	187.0	0.71	12.51	2339
2.0	312	208.0	0.75	12.75	2652



جدول ۱۶-۳

T (hr)	I (m^3/s)	Im (m^3/s)	O (m^3/s)	Im-O (m^3/s)	G (m^3/s)
0	0		0		0
		30		30	
2	60		1		30
		90		89	
4	120		6		119
		150		144	
6	180		14		163
		210		196	
8	240		31		459
		270		239	
10	300		55		698
		330		275	
12	360		85		973
		345		260	
14	330		114		1233
		315		201	
16	300		138		1434
		285		147	
18	270		158		1581
		288		97	
20	240		171		1678
		225		54	
22	210		178		1732
		195		17	
24	180		180		1749
		165		-15	
26	150		178		1734
		135		-43	
28	120		173		1691
		105		-68	
30	90		163		1623
		75		-88	
32	60		152		1535
		45		-107	
34	30		139		1328
		15		-124	
36	0		123		1304
		0		-123	
38			108		1181



● مثال ۱۶-۲

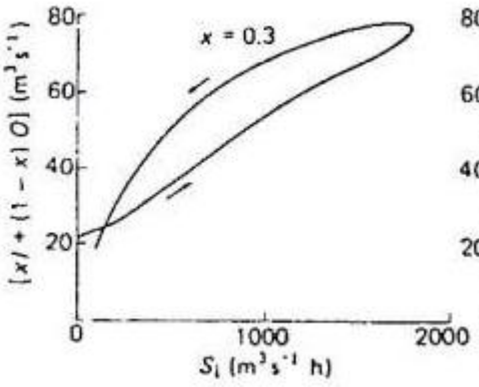
در دو نقطه از مسیر یک رودخانه در هنگام وقوع سیل اندازه‌گیری دبی به عمل آمده است. آمار هیدروگراف سیل ورودی و خروجی بین دو نقطه در جدول ۱۶-۴ نشان داده شده است. باتوجه به این اطلاعات ضرایب x و k را برای این قطعه از رودخانه محاسبه نمایید. باداشتن ضرایب x و k هیدروگراف سیل ورودی را روندیابی کنید.

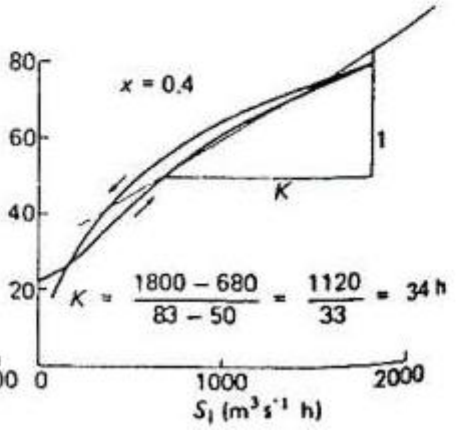
جدول ۱۶-۴

T(hr)	0	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132
$I(m^3s^{-1})$	22	35	103	109	86	59	39	28	22	20	19	18
$O(m^3s^{-1})$	22	21	34	55	75	85	80	64	44	30	22	20

جدول ۱۶-۵

T (hr)	I (m^3s^{-1})	O (m^3s^{-1})	I - O (m^3s^{-1})	Si $(m^3s^{-1}h)$	0.3(I)+0.7(O) (m^3s^{-1})	0.4(I)+0.6(O) (m^3s^{-1})
0	22	22	0	0	22	22
12	35	21	14	168	25	27
24	103	34	69	996	55	62
36	109	55	54	1644	71	77
48	86	75	11	1776	78	75
60	59	85	-26	1464	77	75
72	39	80	-41	972	68	64
84	28	64	-36	540	54	50
96	22	44	-22	276	37	35
108	20	30	-10	156	27	26
120	19	22	-3	120	21	21
132	18	20	-2	96	19	19





$$xI + (1 - x)O$$

$$S = k[xI + (1 - x)O]$$

$$C_1 = \frac{\Delta T + 2kx}{\Delta T + 2k - 2kx} = \frac{12 + 2 \times 34 \times 0.4}{12 + 2 \times 34 - 2 \times 34 \times 0.4} = \frac{39.2}{52.8} = 0.74$$

$$C_2 = \frac{\Delta T - 2kx}{\Delta T + 2k - 2kx} = \frac{12 - 2 \times 34 \times 0.4}{12 + 2 \times 34 - 2 \times 34 \times 0.4} = \frac{-15.2}{52.8} = -0.29$$

$$C_3 = 1 - C_1 - C_2 = 1 - 0.74 + 0.29 = 0.55$$

(کنترل $C_3 = \frac{-\Delta T + 2k - 2kx}{\Delta T + 2k - 2kx} = \frac{28.8}{52.8} = 0.55$)

$$O_2 = C_1 I_1 + C_2 I_2 + C_3 O_1$$

$$O_2 = 0.74 I_1 - 0.29 I_2 + 0.55 O_1$$

جدول ۱۶-۶

t(hr)	0	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132
$I(m^3s^{-1})$	22	35	103	109	86	59	39	28	22	20	19	18
O روندیابی شده	22	18	6	48	82	92	83	66	51	38	30	25

● مثال ۱۳-۹

در یک رودخانهٔ دبی سیل در زمانهای مختلف اندازه‌گیری و ارقام زیر بدست آمده است.

t(ساعت)	6	5.5	5	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0
Q(مترمکعب در ثانیه)	0	1	2	3	5	7	10	13	18	23	8	3	0

این سیل ناشی از باران یک ساعته‌ای است که شدت بارندگی در نیم ساعت اول ۲۰ و در نیم ساعت بعد ۱۵ میلی‌متر در ساعت است. مشخصات سیل را به دست آورید. مساحت حوضه ۲۵ کیلومترمربع است.

ترسیم هیدروگراف سیل

حل

چنانچه دبی را نسبت به زمان در یک دستگاه محور مختصات رسم کنیم (شکل ۱۳-۹) هیدروگراف سیل به دست می‌آید. از روی هیدروگراف مشخصات سیل به شرح زیر قابل استخراج است:

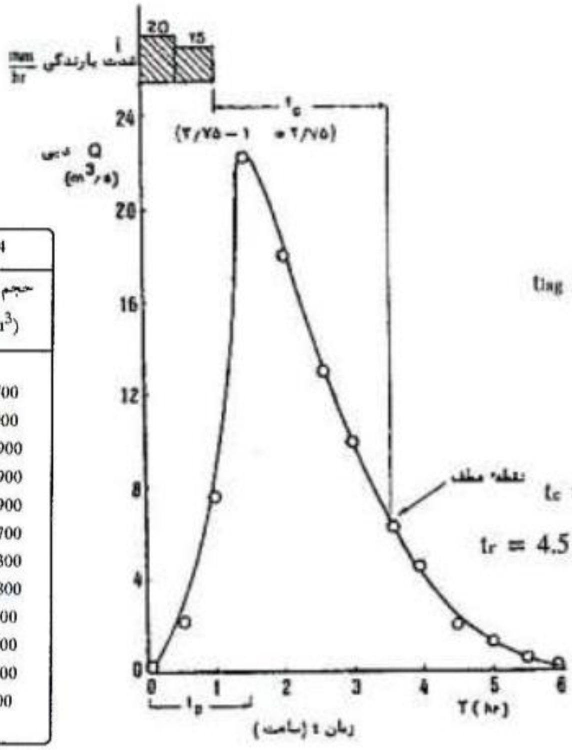
ارتفاع بارندگی: ۱۷.۵ میلی متر
ضریب رواناب ۳۷٪

حجم سیل: ۱۶۷۴۰۰ متر مکعب
ارتفاع سیل: ۶.۵ میلی متر

- زمان شروع بارندگی t = 0 hr
- زمان شروع سیل t = 0 hr
- زمان خاتمهٔ بارندگی t = 1 hr
- زمان خاتمهٔ سیل t = 6 hr
- تداوم سیل t_b = 6 hr
- زمان تاخیر سیل t_{lag} = (1.5 - 0.5 = 1) 1 hr
- زمان پایه هیدروگراف t_b = 6 hr
- زمان رسیدن به اوج t_p = 1.5 hr
- دبی اوج (حداکثر) Q_{max}= 23 m³/sec
- زمان تمرکز t_c = 2.75 hr (3.75 - 1 = 2.75)
- زمان فروکش کردن سیل t_r = 4.5 hr (6 - 1.5 = 4.5)

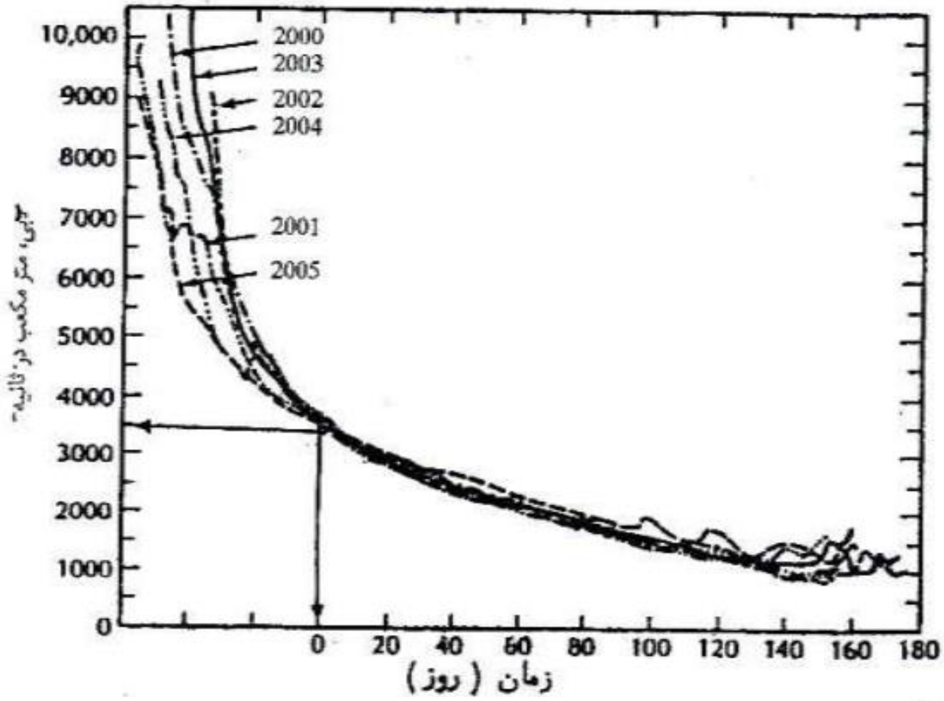
جدول ۱۳-۴

1	2	3	4
t (hr)	دبی m³/sec	متوسط دبی (m³/sec)	حجم آب (m³)
0	0	1.5	2700
0.5	3	5.5	9900
1	8	15.5	27900
1.5	23	20.5	36900
2	18	15.5	27900
2.5	13	11.5	20700
3	10	8.5	15300
3.5	7	6	10800
4	5	4	7200
4.5	3	2.5	4500
5	2	1.5	2700
5.5	1	0.5	900
6	0		



● مثال ۱۳-۱۰

بازوی پایین رونده هیدروگراف سالانه رودخانه‌ای در مدت ۶ سال پیاپی مطابق با شکل ۱۳-۱۰ بوده است. با توجه به این شکل ضریب ثابت a برای این حوضه را در رابطه با معادله فروکش سیل به‌دست آورید. دبی رودخانه ۴۰ روز پس از شروع فرونشینی چه مقدار پیش‌بینی می‌شود؟ در شکل ۱۳-۱۰ قسمت فرونشینی سیل در سالهای مختلف نشان داده شده است.



حل

منحنی فروکش سیل

$$Q = Q_0 e^{-at}$$

$$e^{-at} = Q/Q_0$$

$$-at = \ln Q/Q_0$$

$$a = -\frac{1}{t} \ln\frac{Q}{Q_0}$$

از روی شکل ۱۳-۱۰ مقدار $Q_0 = 3500\ m^3/sec$ (در زمان $t = 0$) و در زمان $t = 100$ مقدار دبی $Q = 1500\ m^3/sec$ می‌باشد لذا با داشتن این دو نقطه می‌توانیم a را محاسبه کنیم.

$$a = -\frac{1}{100} \ln \frac{1500}{3500} = 8.47 \times 10^{-3}$$

بنابراین معادلهٔ فرونشینی سیل در این رودخانه به صورت زیر است:

$$Q = Q_0 e^{-at}$$

$$Q = 3500\ e^{-(8.47 \times 10^{-3})t}$$

و پس از ۴۰ روز از شروع فرونشینی دبی عبارت خواهد بود از:

$$Q = 3500\ e^{-(8.47 \times 10^{-3})(40)}$$

$$Q = 2490\ m^3/sec$$

● مثال ۱۳-۱۱

در یک حوضه آبریز به وسعت $6500\ km^2$ بارانی به مدت ۱۲ ساعت رخ داده و اندازه‌گیری دبی در محل خروجی حوضه طی مدت ۱۵ ساعت به صورت جدول زیر (۱۳-۵) بوده است:

جدول ۱۳-۵

دبی (m^3/sec)	زمان (روز)	دبی (m^3/sec)	زمان (روز)
2800	9	1600	1
2200	10	1550	2
1850	11	5000	3
1600	12	11300	4
1330	13	8600	5
1300	14	6500	6
1280	15	5000	7
		3800	8

با روشهای مختلف دبی پایه را جدا و هیدروگراف جریان مستقیم را بدست آورید.

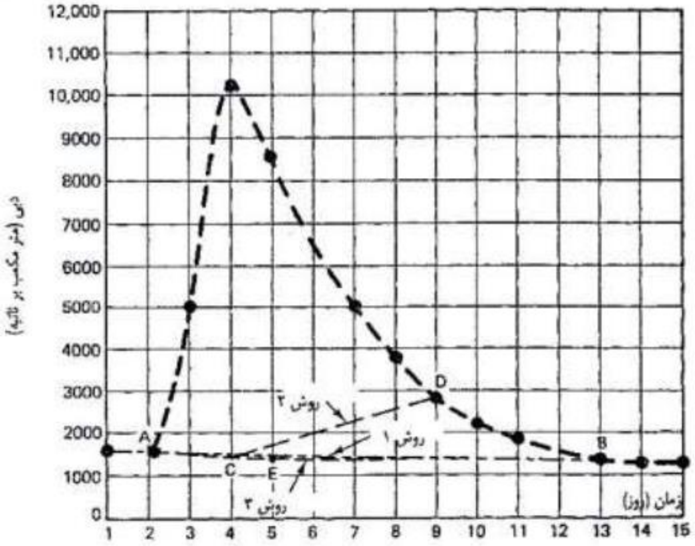
تجزیه هیدروگراف

$$N = 0.83(A)^{0.2}$$

$$N = 0.83(6500)^{0.2} \approx 5\ days$$

جدول ۱۳-۶ مجزا کردن دبی پایه با روشهای مختلف

زمان (روز)	رواناب، متر مکعب در ثانیه		
	روش ۱	روش ۲	روش ۳
1	0	0	0
2	0	0	0
3	3480	3520	3500
4	9600	9900	9850
5	7150	6900	7200
6	5050	4550	5100
7	3550	2700	3600
8	2400	1250	2400
9	1420	0	1420
10	820	0	820
11	470	0	470
12	250	0	250
13	0	0	0



تهیه هیدروگراف واحد واقعی

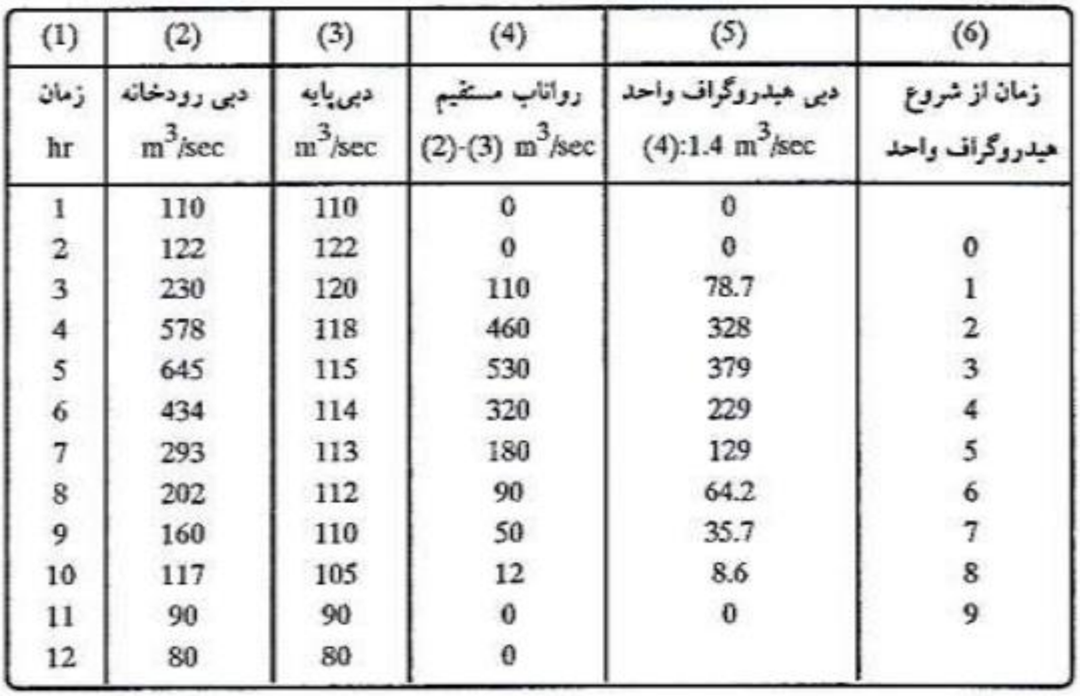
مدت بارندگی 1 ساعت
دبی کل رودخانه طی 12 ساعت

6696000 m3

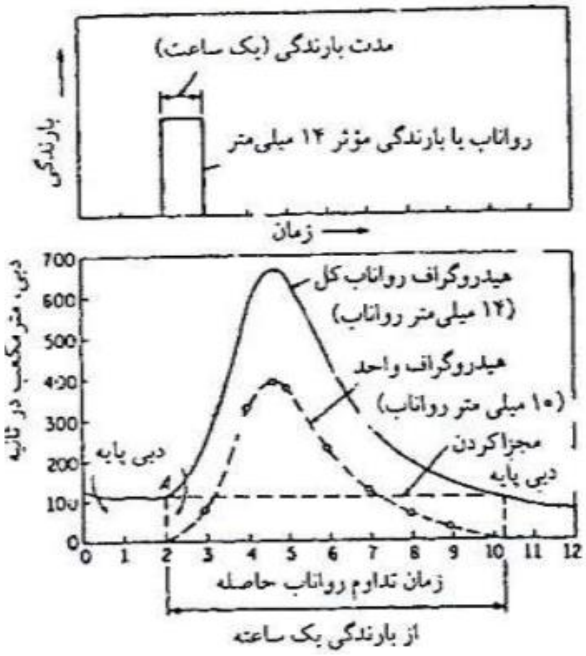
478 km2

$$\frac{6696000}{478000000} = 0.014\ m$$

جدول ۱۵-۱ تعیین ابعاد هیدروگراف واحد



(1) زمان hr	(2) دبی رودخانه m^3/sec	(3) دبی پایه m^3/sec	(4) رواناب مستقیم (2)-(3) m^3/sec	(5) دبی هیدروگراف واحد (4):1.4 m^3/sec	(6) زمان از شروع هیدروگراف واحد
1	110	110	0	0	
2	122	122	0	0	0
3	230	120	110	78.7	1
4	578	118	460	328	2
5	645	115	530	379	3
6	434	114	320	229	4
7	293	113	180	129	5
8	202	112	90	64.2	6
9	160	110	50	35.7	7
10	117	105	12	8.6	8
11	90	90	0	0	9
12	80	80	0		



تهیه هیدروگراف واحد واقعی

● مثال ۱۵-۳

بارانی به مدت دو ساعت روی حوضه‌ای که مساحت آن ۵۰ کیلومترمربع است صورت گرفته ارتفاع بارش در این مدت ۱۲۸ میلی‌متر بوده است. دبی سیل ناشی از این بارندگی نیز اندازه‌گیری شده و مقادیر آن به شرح جدول زیر می‌باشد، هیدروگراف واحد ۲ ساعته این حوضه را بدست آورید. با فرض این که دبی پایه صفر باشد ضریب رواناب چقدر است.

t (hr)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Q (m^3/sec)	0	5	12.9	34.9	48.1	42.3	31.5	20.8	13.3	8.3	4.8	3	0

جدول ۱۵-۴ استخراج هیدروگراف واحد ۲ ساعته

1	2	3	4	5
زمان ساعت	دبی m^3/sec	متوسط دبی در دوره زمانی m^3/sec	حجم آب در هر دوره زمانی m^3/sec	ابعاد هیدروگراف واحد (m^3/sec)
0	0			0
		2.5	45,000	
5	5			0.6
		8.95	161,100	
10	12.9			1.6
		26.15	470,700	
15	39.4			4.8
		43.75	787,500	
20	48.1			5.8
		45.20	813,600	
25	42.3			5.1
		36.90	664,200	
30	31.5			3.8
		26.15	470,700	
35	20.8			2.5
		17.05	306,900	
40	13.3			1.6
		10.80	194,400	
45	8.3			1.0
		6.55	117,900	
50	4.8			0.6
		3.90	70,200	
55	3			0.4
		1.50	27,000	
60	0			0
			Σ = 4,129,200	

$$\text{ارتفاع رواناب} = \frac{\text{حجم رواناب}}{\text{سطح حوضه}} \times 1000 = \frac{4129200 \times 1000}{50 \times 10^6} = 82.5 \text{ mm}$$

● هیدروگراف واحد استاندارد اشنایدر

وسعت یک حوضه آبریز ۵۰۰ کیلومترمربع، طول آبراهه اصلی آن ۲۵ کیلومتر و فاصله مرکز ثقل حوضه تا نقطه خروجی آن ۱۰ کیلومتر می‌باشد با فرض $C_t = 1.6$ و $C_p = 0.16$ هیدروگراف واحد مصنوعی ۴ ساعته این حوضه را به روش اشنایدر طوری بدست آورید که سطح زیرمنحنی برابر یک میلی‌متر رواناب باشد.

حل

(۱)- زمان تأخیر حوضه (t_l) را محاسبه می‌کنیم.

$$t_R = 4\ \text{hr}$$

$$t_l = C_t(L.L_{ca})^{0.3}$$

$$t_l = 1.6(25 \times 10)^{0.3}$$

$$t_l = 8.38\ \text{hr}$$

(۲)- دبی‌پیک به ازاء زمان تأخیر ۸/۳۸ ساعت محاسبه می‌شود.

$$Q_p = (C_p)\frac{A}{t_l}$$

$$Q_p = 0.16\,\frac{500}{8.38}$$

$$Q_p = 9.55\ \text{m}^3/\text{sec}$$

$$q_p = 0.278\, C_p \frac{A}{T_P}$$

$$\swarrow$$

$$C_P = 0.15\ to\ 0.19$$

$$Q_p = \frac{2.78\, C_p A}{t_p}$$

$$\swarrow$$

$$C_P = 0.56\ to\ 0.69$$

$$W_{50} = \frac{5.87\ (A)^{1.08}}{(Q_p)^{1.08}}$$

$$W_{75} = \frac{3.354\ (A)^{1.08}}{(Q_p)^{1.08}}$$

(۳)- زمان پایه هیدروگراف از فرمول ۱۵-۱۷ محاسبه می‌شود.

$$t_b = 24\left(3 + \frac{t_l}{8}\right)$$

$$t_b = 24\left(3 + \frac{8.38}{8}\right) = 97\ \text{hr}$$

(۴)- زمان استاندارد تداوم بارندگی (t_D) از معادله ۱۵-۱۳ محاسبه می‌شود.

$$t_D = \frac{t_l}{5.5}$$

$$t_D = \frac{8.38}{5.5} = 1.5\ \text{hr}$$

$$t_{lR} = t_l + 0.25(t_R - t_D)$$

$$t_{lR} = 8.38 + 0.25(4 - 1.5) = 9\ \text{hr}$$

$$Q_{pR} = Q_p\left(\frac{t_l}{t_{lR}}\right)$$

$$Q_{pR} = 9.55\left(\frac{8.38}{9}\right) = 8.89\ \text{m}^3/\text{sec}$$

(۷) زمان رسیدن به دبی پیک (t_p) از معادله ۱۵-۱۸ بدست می‌آید که در آن بجای t_D باید t_R و بجای t_l مقدار t_{lR} را قرار داد.

$$t_p = \frac{t_R}{2} + t_{lR}$$

$$t_p = \frac{4}{2} + 9 = 11 \text{ hr}$$

(۸) تعیین عرض هیدروگراف در نقطه‌ای که دبی آن ۵۰ درصد دبی پیک است.

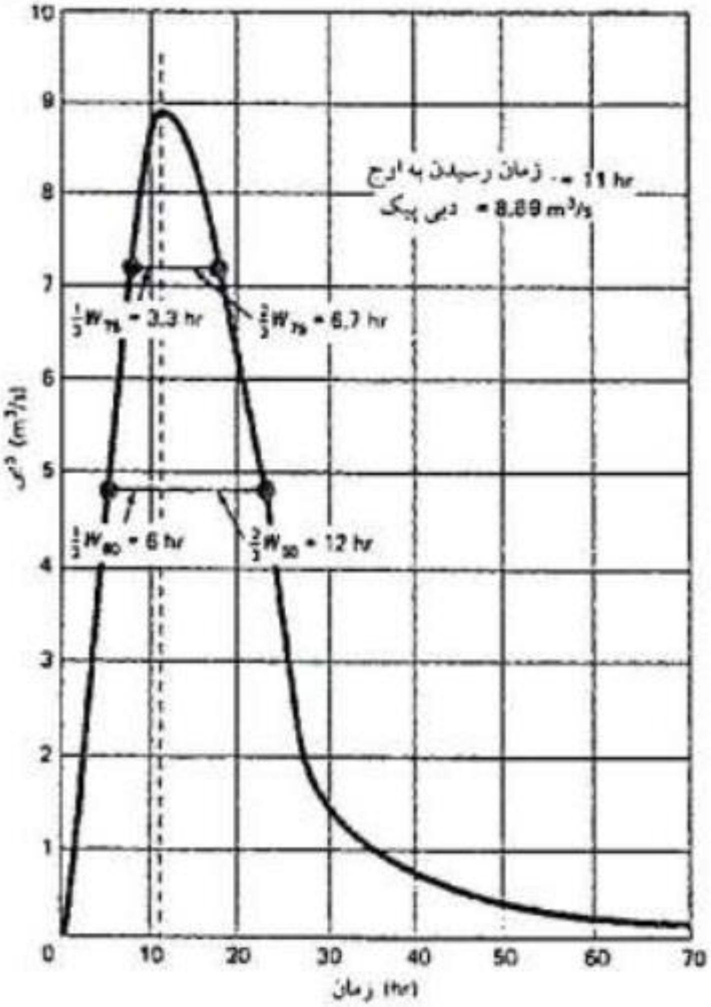
$$W_{50} = 0.23\,\frac{A^{1.08}}{Q_{PR}^{1.08}}$$

$$W_{50} = 0.23\left(\frac{500}{8.89}\right)^{1.08} = 18 \text{ hr}$$

(۹) تعیین عرض هیدروگراف واحد در نقطه‌ای که دبی آن ۷۵ درصد دبی پیک می‌باشد

$$W_{75} = 0.13\,\frac{A^{1.08}}{(Q_{PR})^{1.08}}$$

$$W_{75} = 0.13\left(\frac{500}{8.89}\right)^{1.08} = 10 \text{ hr}$$



هیدروگراف واحد بی بعد scs

برای وضعیتی که در مثال ۱۵-۷ آورده شده است هیدروگراف واحد ۴ ساعته حوضه (t = 4hr) را به روش SCS بدست آورید.

حل

زمان تأخیر حوضه براساس معادله ۱۵-۱۱ که در مثال قبل بدست آمد ۸/۳۸ ساعت است

$$t_l = C_t(L.L_{ca})^{0.3}$$

$$t_l = 1.6(25 \times 10)^{0.3}$$

$$t_l = 8.38 \text{ hr}$$

$$t_l = \frac{L^{0.8}(S+1)^{0.7}}{(1900)y^{0.5}}$$

$$t_l = t_c / 1.66$$

$$t_l = 8.38 \text{ hr}$$

$$D = 4 \text{ hr}$$

$$t_p = \frac{D}{2} + t_l$$

$$t_p = \frac{4}{2} + 8.38 = 10.38 \# 10.5 \text{ hr}$$

$$Q_p = \frac{0.208\ A}{t_p} = \frac{0.208(500)}{10.5} = 9.90 \text{ m}^3/\text{sec}$$

جدول ۱۵-۱۱ استخراج هیدروگراف واحد ۴ ساعته به روش SCS

$Q(m^3/s)$	Q/Q_p(از جدول)	t(hr)	t/t_p
(4)	(3)	(2)	(1)
0	0	0	0
0.74	0.075	2.1	0.2
4.26	0.43	5.25	0.5
8.81	0.89	8.4	0.8
9.90	1.00	10.5	1.0
6.54	0.66	15.75	1.5
3.17	0.32	21.0	2.0
0.74	0.075	31.5	3.0
0.18	0.018	42.0	4.0
0.04	0.004	52.5	5.0

● مثال ۱۵-۱۳

برای یک بارش ۳۰ دقیقه‌ای در حوضه‌ای به مساحت ۱۲/۵ کیلومتر مربع که زمان تمرکز آن ۲/۵ ساعت است. هیدروگراف واحد را به روش SCS بدست آورید.

حل

$D = 30 \text{ min} = 0.5 \text{ hr}$

$t_c = 2.5 \text{ hr}$

زمان رسیدن به دبی پیک = $t_p = \frac{D}{2} + t_l$

زمان تاخیر = $t_l = t_c / 1.66 = \frac{2.5}{1.66} = 1.5 \text{ hr}$

$t_p = \frac{0.5}{2} + 1.5 = 1.75$

$Q_p = \frac{2.08}{t_p} = \frac{2.08\,(12.5)}{1.75} = 14.85 \text{ Cumec}$

جدول ۱۵-۱۲ ابعاد هیدروگراف واحد

t/t_p	Q/Q_p	t 1.75 × (ستون ۱)	Q 14.85 × (ستون ۲)
(1)	(2)	(3)	(4)
0	0	0	0
0.1	0.015	0.175	0.222
0.2	0.075	0.350	1.113
0.3	0.16	0.525	2.376
0.4	0.28	0.7	4.158
0.5	0.43	0.875	6.682
0.6	0.60	1.05	8.916
0.7	0.77	1.225	11.434
0.8	0.89	1.40	13.216
0.9	0.97	1.575	14.404
1.0	1.0	1.750	14.85
1.1	0.98	1.925	14.553
1.2	0.92	2.10	13.662
1.3	0.84	2.275	12.474
1.4	0.75	2.45	11.137
1.5	0.66	2.625	9.801
1.6	0.56	2.80	8.316
1.8	0.42	3.15	6.237
2.0	0.32	3.5	4.752
3.0	0.075	5.25	1.113
4.0	0.018	7.0	0.267
5.0	0.004	8.75	0.059
∞	0	∞	0

● مثال ۱۵-۱۴

در حوضه‌ای که مساحت آن ۶ میل مربع است زمان تمرکز برابر ۱ ساعت تخمین زده شده است. هیدروگراف واحد مثلثی این حوضه را برای یک بارش $\frac{۳}{۴}$ ساعته بدست آورید.

حل

$$Q_{pk} = \frac{484\ AR}{0.5\ t + 0.6\ t_c}$$

$t = 3/4\ \text{hr} = 0.75\ \text{hr}$

$t_c = 1\ \text{hr}$

هیدروگراف واحد مثلثی برای یک اینچ رواناب

$A = 6\ \text{mile}^2$

$R = 1\ \text{inch}$

$$Q_{pk} = \frac{484\ (6)\ (1.0)}{0.5(0.75) + 0.6\ (1.0)} = 2978\ \text{cfs}$$

از معادله ۱۵-۳۱ خواهیم داشت:

$T_1 = 0.5t + 0.6t_c$

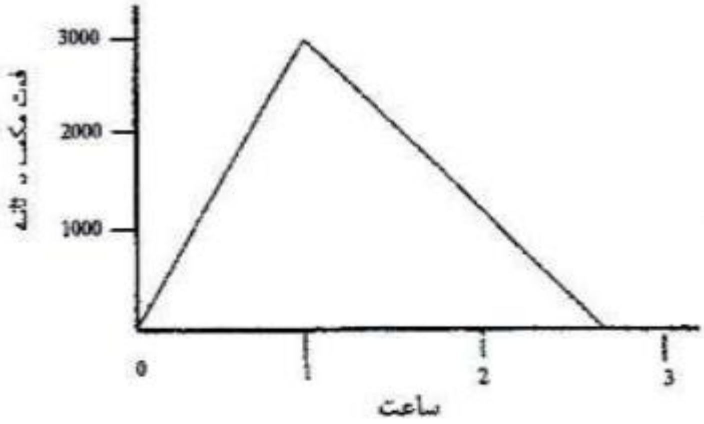
$T_1 = 0.5\ (0.75) + 0.6\ (1)$

$T_1 = 0.975\ \text{hr}$

از معادله ۱۵-۳۹ زمان پایه برابر است با:

$T_b = 1.34t + 1.6\ t_c$

$T_b = 1.34\ (0.75) + 1.6\ (1.0) = 2.6\ \text{hr}$



● مثال ۱۵-۱

هیدروگراف واحد یک ساعته حوضه‌ای مطابق ارقام ستون ۵ جدول ۱۵-۱ می‌باشد. چنانچه باران یک ساعته طرح ۴۲ میلی‌متر و ضریب رواناب حوضه ۰/۴۵ باشد هیدروگراف یک ساعته طرح در این حوضه را بدست آورید

حل

کاربرد هیدروگراف واحد

بارندگی = 42 mm

ضریب رواناب = 0.45

رواناب مستقیم = (42) × (0.45) = 18.9 mm

ضریب تبدیل هیدروگراف واحد به هیدروگراف طرح $= \frac{18.9}{10} = 1.89$

جدول ۱۵-۱ تعیین ابعاد هیدروگراف واحد

(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
زمان از شروع هیدروگراف واحد	دبی هیدروگراف واحد (4):1.4 m^3/sec	رواناب مستقیم (2)-(3) m^3/sec	دبی پایه m^3/sec	دبی رودخانه m^3/sec	زمان hr
	0	0	110	110	1
0	0	0	122	122	2
1	78.7	110	120	230	3
2	328	460	118	578	4
3	379	530			
4	229	320			
5	129	180			
6	64.2	90			
7	35.7	50			
8	8.6	12			
9	0	0			
		0			

جدول ۱۵-۲ تهیه هیدروگراف طرح از هیدروگراف واحد

(3) = (2) × 1.89	(2)	(1)
دبی هیدروگراف طرح m^3/sec	دبی هیدروگراف واحد m^3/sec	زمان hr
0	0	0
148.6	78.7	1
619.92	328	2
716.31	379	3
432.81	229	4
243.81	129	5
121.33	64.2	6
67.47	35.7	7
16.25	8.6	8
0	0	9

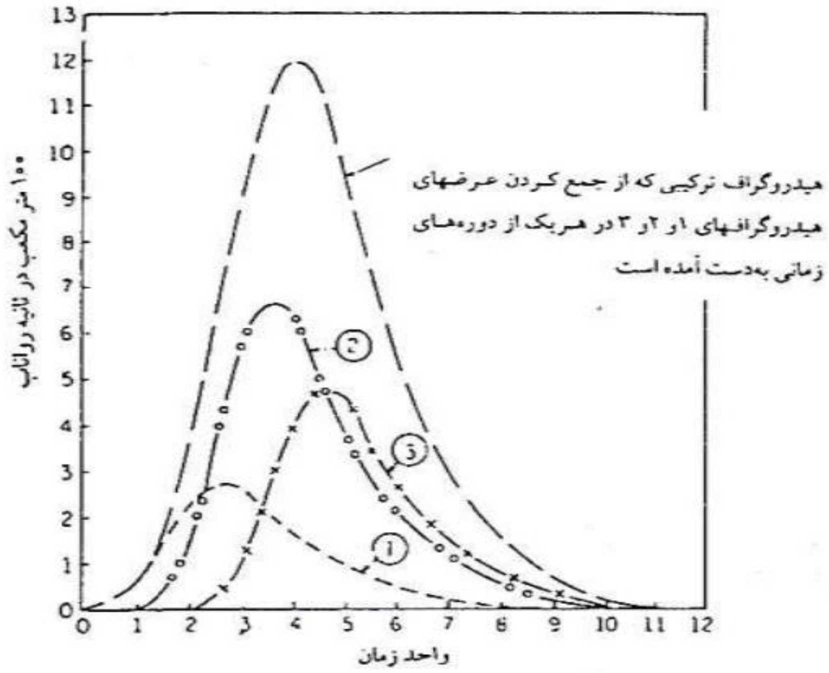
کاربرد هیدروگراف واحد

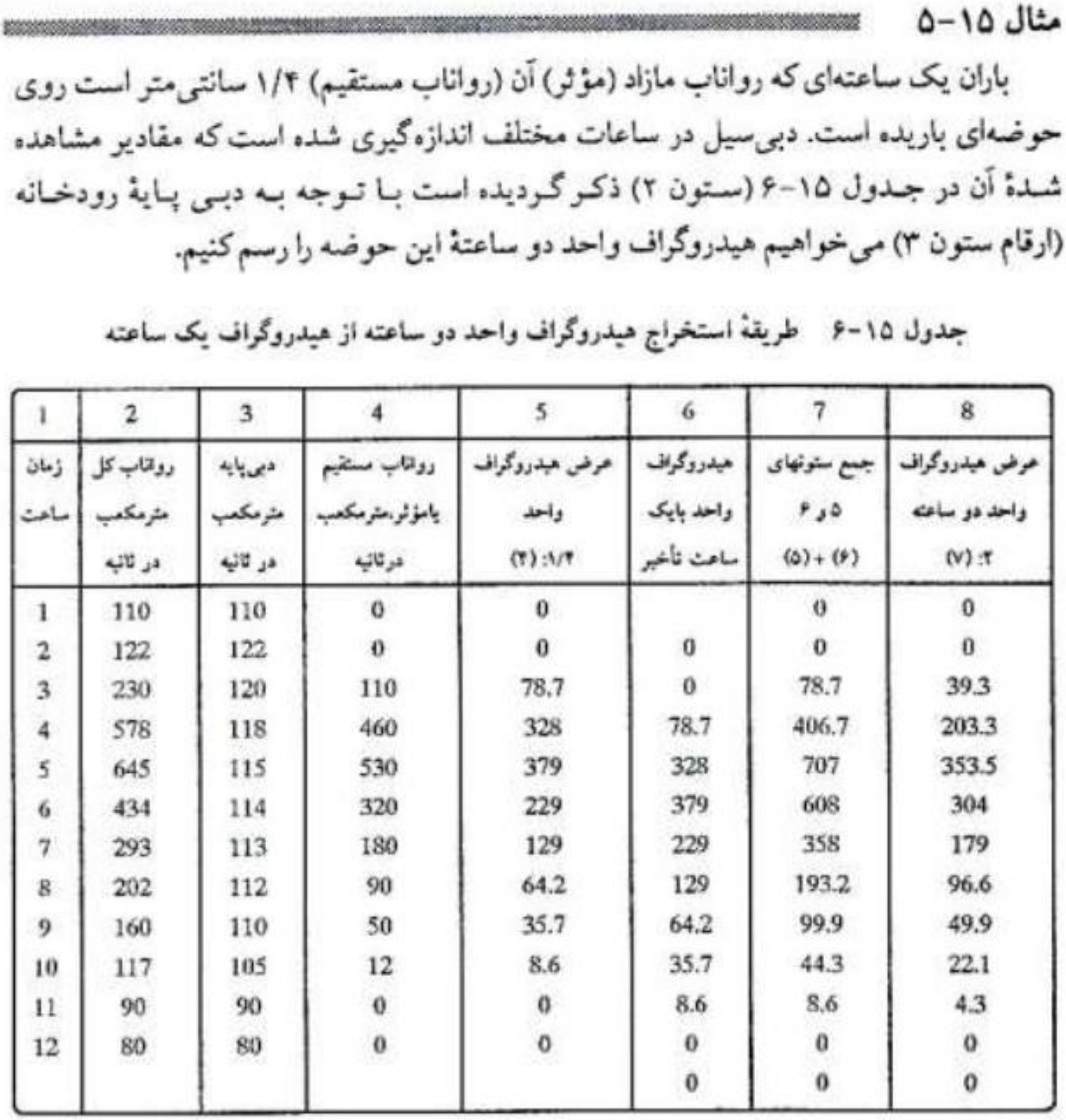
● مثال ۱۵-۲

در جدول ۱۵-۱ هیدروگراف واحد یک ساعته برای حوضه‌ای استخراج شده است (ارقام ستون ۵). چنانچه سه رگبار متوالی که تداوم هر کدام یک ساعت ولی مقادیر رواناب آنها به ترتیب ۰/۷، ۱/۷ و ۱/۲ سانتی‌متر باشد در حوضه اتفاق افتد هیدروگراف کلّی حاصله از این سه بارندگی را بدست آورید.

جدول ۱۵-۳ کاربرد هیدروگراف واحد

عرض نقاط هیدروگراف برای بارانهای ۱ و ۲ و ۳ ومجموع							
(۸) مجموع	(۷) باران ۳	(۶) باران ۲	(۵) باران ۱	(۴) رواناب مازاد	(۳) شماره رگبار	(۲) ابعاد هیدروگراف واحد	(۱) زمان
0			0			0	0
55		0	55	0.7	1	78.7	1
362.8	0	133.8	229	1.7	2	328	2
917.0	94.4	557.6	265	1.2	3	379	3
1197.6	393.6	644	160			229	4
934.6	454.8	389.3	90.5			129	5
539.0	274.8	219.3	44.9			64.2	6
288.7	154.8	109.1	24.8			35.7	7
143.7	77	60.7	6			8.6	8
57.4	42.8	14.6	0			0	9
10.3	10.3	0					





مثال ۱۵-۵

باران یک ساعته‌ای که رواناب مازاد (مؤثر) آن (رواناب مستقیم) ۱/۴ سانتی‌متر است روی حوضه‌ای باریده است. دبی‌سیل در ساعات مختلف اندازه‌گیری شده است که مقادیر مشاهده شدهٔ آن در جدول ۱۵-۶ (ستون ۲) ذکر گردیده است با توجه به دبی پایهٔ رودخانه (ارقام ستون ۳) می‌خواهیم هیدروگراف واحد دو ساعتهٔ این حوضه را رسم کنیم.

جدول ۱۵-۶ طریقهٔ استخراج هیدروگراف واحد دو ساعته از هیدروگراف یک ساعته

8	7	6	5	4	3	2	1
عرض هیدروگراف واحد دو ساعته ۲: (۷)	جمع ستونهای ۵ و ۶ (۵) + (۶)	هیدروگراف واحد بایک ساعت تأخیر	عرض هیدروگراف واحد ۱/۴: (۴)	رواناب مستقیم یامؤثر، مترمکعب درثانیه	دبی‌پایه مترمکعب در ثانیه	رواناب کل مترمکعب در ثانیه	زمان ساعت
0	0		0	0	110	110	1
0	0	0	0	0	122	122	2
39.3	78.7	0	78.7	110	120	230	3
203.3	406.7	78.7	328	460	118	578	4
353.5	707	328	379	530	115	645	5
304	608	379	229	320	114	434	6
179	358	229	129	180	113	293	7
96.6	193.2	129	64.2	90	112	202	8
49.9	99.9	64.2	35.7	50	110	160	9
22.1	44.3	35.7	8.6	12	105	117	10
4.3	8.6	8.6	0	0	90	90	11
0	0	0	0	0	80	80	12
0	0	0					

استخراج هیدروگراف واحد با مدت بارش بیشتر از روی هیدروگراف واحد با مدت بارش کمتر

استخراج هیدروگراف واحد با مدت بارش بیشتر از روی هیدروگراف واحد با مدت بارش کمتر

هیدروگراف واحد ۲ ساعته برای حوضه‌ای به شرح زیر در اختیار است هیدروگراف واحد ۶ ساعته این حوضه را به روش منحنیS بدست آورید.

زمان (hr)	0	1	2	3	4	5	6
Q (m^3/sec)	0	1.42	8.50	11.30	5.66	1.45	0

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
زمان (hr)	Q m^3/sec	UH× 1 با ۲ ساعت تأخیر	UH × 1 با ۲ ساعت تأخیر	هیدروگراف مجموع	هیدروگراف مجموع با ۶ ساعت تأخیر	هیدروگراف ۶ ساعت	هیدروگراف واحد ۶ ساعت
0	0			0		0	0
1	1.42			1.42		1.42	0.47
2	8.50	0		8.50		8.50	2.83
3	11.30	1.42		12.72		12.72	4.24
4	5.66	8.50	0	14.16		14.16	4.72
5	1.45	11.30	1.42	14.17		14.17	4.72
6	0	5.66	8.50	14.16	0	14.16	4.72
7		1.45	11.3	14.16	1.42	11.3	3.77
8		0	5.66	14.16	8.50	5.66	1.89
9			1.45	14.16	12.72	1.45	0.48
10			0	14.16	14.16	0	0
11					14.17	0	0
12					14.16		
13					14.16		
14					14.16		
15					14.16		
16					14.16		

ستون ۶: هیدروگراف مجموع که از جمع تعداد زیادی هیدروگراف با ۲ ساعت تأخیر بدست آمده است.

ستون ۷: هیدروگراف مجموع با ۶ ساعت تأخیر

معادلات نفوذ

$$f = K(H_o + S_w + L)/L$$

$$f = \frac{A}{F} + B$$

$$f = f_c + (f_o - f_c)e^{-kt}$$

$$t = \frac{-1}{k \log e} \log(f - f_c) + \frac{1}{k \log e} \log(f_o - f_c)$$

$$i = at^{b} + 0.6985$$

● مثال ۸-۲

در یک حوضه آبریز برای تعیین اجزاء معادله گرین ـ آمپت آزمایش نفوذ انجام گرفته و نتایج زیر بدست آمده است.

نفوذ تجمعی (سانتی‌متر)	سرعت نفوذ (سانتی‌متر در ساعت)	زمان (ساعت)
۰	۲	۰
۰/۸۵	۱/۴۱	۰/۵
۱/۴۷	۱/۰۹	۱
۲/۳۶	۰/۶۹	۲
۳/۵۸	۰/۵۳	۴

ضرایب A و B را در این معادله بدست آورده و مقدار نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ را پس از ۶ ساعت بارندگی محاسبه کنید.

حل

مختصات دو نقطه از جدول فوق راگرفته و در معادله ۸-۵ قرار می‌دهیم.

نقطه اول در زمان ۰/۵ ساعت $(f = 1.41, F = 0.85)$

نقطه دوم در زمان ۴ ساعت $(f = 0.53, F = 3.58)$

بنابراین با دو معادله و دو مجهول که از فرمول ۸-۵ بدست می‌آید A و B را بدست می‌آوریم

$$1.41 = \frac{A}{0.85} + B$$

$$0.53 = \frac{A}{3.58} + B$$

که از حل آن دو مقادیر A و B بدست می‌آید.

$$A = 0.98\ \mathrm{cm^2/hr}$$

$$B = 0.26\ \mathrm{cm/hr}$$

لذا معادله گرین ـ آمپت برای این حوضه بصورت زیر خواهد بود.

$$f = \frac{0.98}{} + 0.26$$

● مثال ۸-۳

در یک آزمایش نفوذپذیری خاک مقادیر سرعت نفوذ آب در طی ۲ ساعت آزمایش به صورت زیر بوده است.

سرعت نفوذ (f) mm/hr	زمان شروع آزمایش (دقیقه)
۱۰۴	۰
۵۶	۱۵
۳۲	۳۰
۲۱	۴۵
۱۵	۶۰
۱۲	۷۵
۱۱	۹۰
۱۰	۱۰۵
۱۰	۱۲۰

معادلهٔ سرعت نفوذ را به دست آورید.

حل

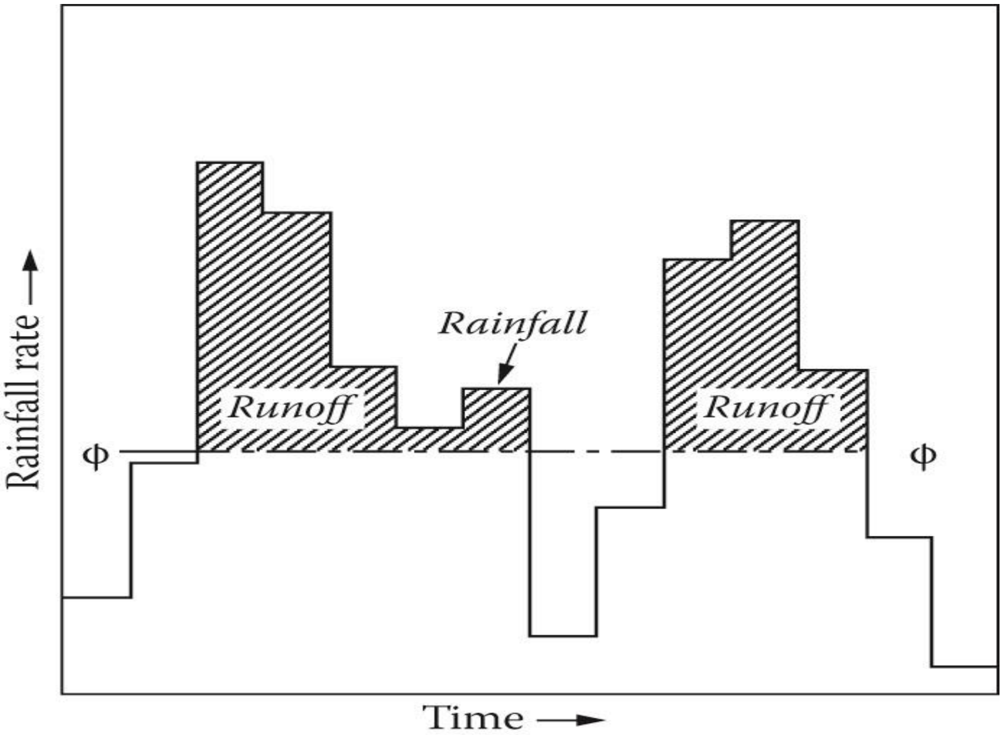
ملاحظه می‌شود که سرعت اولیهٔ نفوذ $f_o = 104$ mm/hr و سرعت نهایی نفوذ در حد $f_c = 10$ mm/hr ثابت شده است. حال به تشکیل جدول زیر می‌پردازیم.

t(min)	۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰
f(mm/hr)	۱۰۴	۵۶	۳۲	۲۱	۱۵	۱۲	۱۱	۱۰	۱۰
$f - f_c$	۹۴	۴۶	۲۲	۱۱	۵	۲	۱	۰	۰
$\log (f - f_c)$	۱/۹۷	۱/۶۶	۱/۳۴	۱/۰۴	۰/۶۹	۰/۳۰	۰	-	-

اگر در یک دستگاه محور مختصات t را در ستون عمودی و $\log(f - f_c)$ را در محور افقی قرار دهیم شکل ۸-۷ حاصل می‌شود. شیب این خط برابر است با:

$$m = -\frac{1}{k(0.434)} = -0.76 \quad \Rightarrow \quad -\frac{1}{k(0.434)} = -0.76 \quad \Rightarrow \quad k = 3.03$$

نمایه های نفوذ



$$\Phi - index = \frac{P_e - Q}{T_e}$$

$$\mathrm{w} - index = \frac{P_e - Q - S}{T_e}$$

● مثال ۸-۷

در یک حوضه آبریز به وسعت ۵۰۰ هکتار بارانی بمدت ۱۵۰ دقیقه رخ داده است. شدت‌های بارندگی در دوره‌های ۳۰ دقیقه‌ای به ترتیب ۴/۵، ۳، ۲، ۳/۵ و ۲ سانتی‌متر در ساعت بوده است. حجم رواناب حاصله از این بارندگی ۱۶۹۰۰۰ متر مکعب بوده است. نمایه Φ را برای این حوضه بدست آورید.

حل

الف – مقدار بارندگی در طول دوره بارش را بدست می‌آوریم

مقدار بارندگی $=(4.5+3+2+3.5+2)\left(\frac{30}{60}\right)$

مقدار بارندگی $=7.5$ cm

مقدار رواناب بر حسب سانتیمتر

$$\frac{169000}{500,000} = 0.338\ m = 3.38\ cm$$

نمایه فی:

$$7.5\ - 3.38 = \frac{4.12\ cm}{150\ min}.\frac{60\ min}{1\ h} = 1.64$$

● مثال ۸-۸

با استفاده از نمایه Φ که در مثال قبل محاسبه شد رواناب حاصله از بارندگی ۷۰ دقیقه‌ای زیر را بدست آورید.

شدت رواناب (سانتی‌متر در ساعت)	شدت بارندگی (سانتی‌متر در ساعت)	زمان (دقیقه)
$0.5 - 1.64 = 0$	0.5	0 - 10
$2.0 - 1.64 = 0.36$	2.0	10 - 20
$6.5 - 1.64 = 4.86$	6.5	20 - 30
$5.0 - 1.64 = 3.36$	5.0	30 - 40
$0.9 - 1.64 = 0.26$	0.9	40 - 50
$2.0 - 1.64 = 0.36$	2.0	50 - 60
$3.0 - 1.64 = 1.36$	3.0	60 - 70

حل

الف - شدت‌های رواناب را محاسبه می‌کنیم:

شدت رواناب = شدت بارندگی − Φ_{index}

در این صورت شدت‌های رواناب برابر خواهد بود با:

$$\text{ارتفاع رواناب} = (0.36)\left(\frac{10}{60}\right) + (4.86)\left(\frac{10}{60}\right) + (3.36)\left(\frac{10}{60}\right) + (0.36)\left(\frac{10}{60}\right) + (1.36)\left(\frac{10}{60}\right)$$

$$= (10.3)\left(\frac{10}{60}\right) = 1.71 \text{ cm}$$

● مثال ۸-۱۰

نمایه Φ را برای بارانی با مشخصه زیر بدست آورید

زمان بارش (hr)	15	18	21	24	03	06
بارندگی (cm)	1.2	1.5	0.9	2.2	0.2	

6 cm

وسعت حوضه = ۴۳۰ کیلومتر مربع

حجم رواناب = ۱۰/۷۵ میلیون مترمکعب

$$6 - 2.5 = 3.5$$

$$\Phi = \frac{3.5}{15} = 0.23 \frac{cm}{h}$$

حل

ابتدا عمق رواناب را محاسبه می‌کنیم.

$$5.8 - 2.5 = 3.3$$

$$\text{عمق رواناب} = \frac{(10.75 \times 10^6 \times 100)}{(430 \times 10^6)} = 2.5 \text{ cm} = 25 \text{ mm}$$

$$\frac{3.3}{12} = 0.275$$

سپس جدول زیر را تشکیل می‌دهیم.

دوره زمانی	عمق بارندگی (mm)	شدت بارندگی (mm/h)	بارش اضافی با فرض $\Phi = 2.8$ mm/h [(ستون ۲ منهای ۲/۸، ضربدر ۳)]	بارش اضافی با فرض $\Phi = 2.75$ mm/h [(ستون ۲ منهای ۲/۷۵ ضربدر ۳)]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
15-18	12	4	3.6	3.75
18.21	15	5	6.6	6.75
21-24	9	3	0.6	0.75
0-3	22	7.33	13.6	13.75
3-6	2	0.67	-	
			24.4	25

بطوریکه ملاحظه می‌شود اگر $\Phi = 2.75$ باشد مقدار رواناب محاسبه شده با اندازه‌گیری شده برابر خواهد بود. لذا $\Phi = 2.75 \frac{mm}{hr}$ می‌باشد.

● مثال ۸-۱۱

بارانی‌به مدت ۸ ساعت و به میزان ۲۰ سانتی‌متر روی حوضه‌ای ریزش نموده و مقدار رواناب اندازه‌گیری شده در این حوضه ۱۱/۶ سانتی‌متر بوده است. با توجه به مقدار بارندگی در ساعات مختلف که به شرح زیر می‌باشد نمایه Φ را محاسبه کنید

زمان (ساعت)	1	2	3	4	5	6	7	8
مقدار بارندگی در هر ساعت (سانتی‌متر)	0.8	1.8	3.0	4.6	3.6	3.2	2.0	1.0

$$\frac{20-11.6}{8}=1.05$$

حل

مقدار نفوذ آب در خاک برابر است با

$$\frac{18.2-11.6}{6}=1.1$$

20 - 11.6 = 8.4 cm

حل مسأله بر این اساس استوار است که دوره بارندگی مؤثر را بصورت آزمون و خطا بدست آوریم. در ابتدا فرض می‌کنیم که تمام این ۸ ساعت در رواناب موثر بوده‌اند در این صورت نمایه – Φ برابر خواهد بود:

Φ-index = (8.4)/(8) = 1.05 cm/h

چنانچه نمایه Φ را برابر ۱/۰۵ در نظر بگیریم مقدار محاسبه شده رواناب برابر خواهد بود با:

زمان (ساعت)	بارندگی (cm)	نمایه - Φ	رواناب (cm)
1	0.8	1.05	0
2	1.8	1.05	0.75
3	3.0	1.05	1.95
4	4.6	1.05	3.55
5	3.6	1.05	2.55
6	3.2	1.05	2.15
7	2.0	1.05	0.95
8	1.0	1.05	0
جمع	20		11.9

● مثال ۸-۱۵

در طی یک بارندگی ۶ ساعته شدت بارش به شرح زیر بود است.

زمان(h)	0		1		2		3		4		5		6	
شدت(cm/h)		0.5		1.5		1.2		0.3		1		0.5		5 cm

مقدار رواناب ناشی از این بارندگی در حوضه ۲ سانتی‌متر تخمین زده می‌شود نمایه Φ چقدر است؟

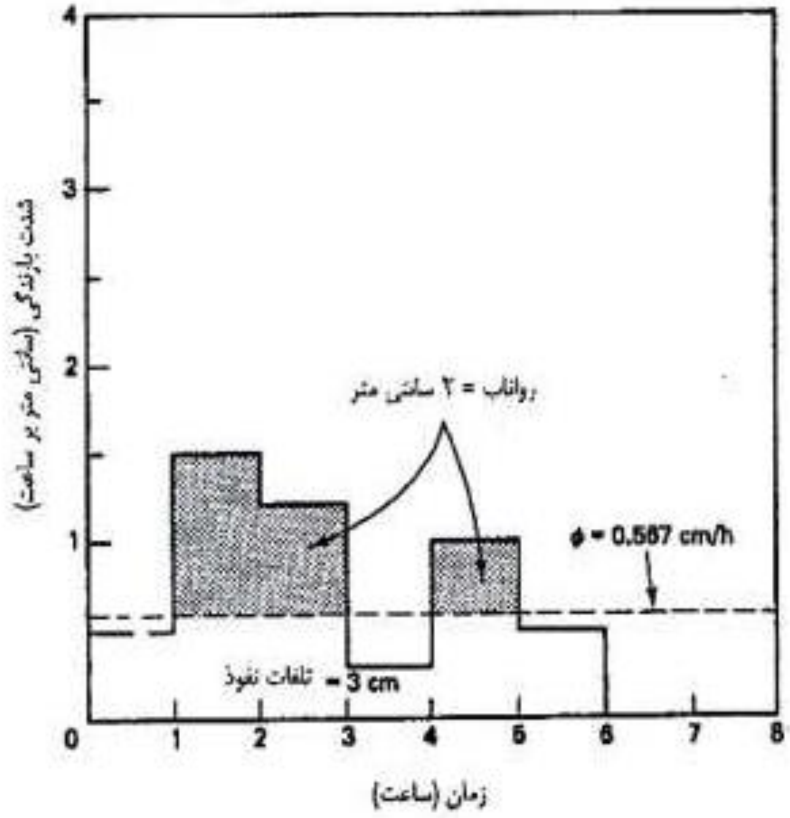
3.7-2 = 1.7 1.7/3 = 0.567

حل

چنانچه هیستوگرام بارندگی را رسم کنیم مشاهده می شود که ارتفاع کل بارندگی ۵ سانتی‌متر و رواناب ۲ سانتی‌متر است لذا تلفات ناشی از نفوذ ۳ سانتی‌متر می‌باشد. با آزمون و خطا مقدار نمایه Φ قابل محاسبه است. اگر فرض کنیم نمایه Φ بین ۰/۵ تا ۱ سانتی‌متر در ساعت است معادله توازن بارش عبارت خواهد بود از:

$$(1.5 - \Phi) \times 1 + (1.2 - \Phi) \times 1 + (1.0 - \Phi) \times = 2 \text{ cm}$$

از این معادله $\Phi = 0.567$ cm/h بدست می‌آید. حال می‌توان بررسی کرد که آیا $\Phi = 0.567$ نمایه صحیحی است یا خیر در غیر این صورت عدد آبگیری را بر Φ در نظر می‌گیریم تا سرانجام مقدار رواناب که در شکل بالای خط Φ قرار می‌گیرد برابر ۲ سانتی‌متر باشد.



● مثال ۸-۱۲

در یک حوضه آبریز که مساحت آن ۲۵ کیلومتر مربع است دو باران ۴ ساعته پشت سر هم اتفاق می‌افتد که مقدار بارش آن‌ها به ترتیب ۳/۵ و ۲/۵ سانتی‌متر است. این دو باران روانابی را ایجاد می‌کنند که طی ۶۶ ساعت اندازه‌گیری دبی سیل حاصله عبارت بوده است از:

زمان از شروع باران (h)	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66
دبی سیل (m^3/s)	6	12	25	20	18	11	8	6	5	5	4.5	4.5
	1	7	20	15	13	6	3	1				

چنانچه دبی پایه رودخانه قبل از شروع سیل ۵ متر مکعب در ثانیه بوده باشد و در تمام مدت سیل این دبی وجود داشته باشد مقدار رواناب حاصله از این بارش‌ها چقدر بوده است و نمایه نفوذ Φ در این حوضه چقدر است.

1+7/2 = 4 m3/s * 6 * 60 * 60 = 86400 m3

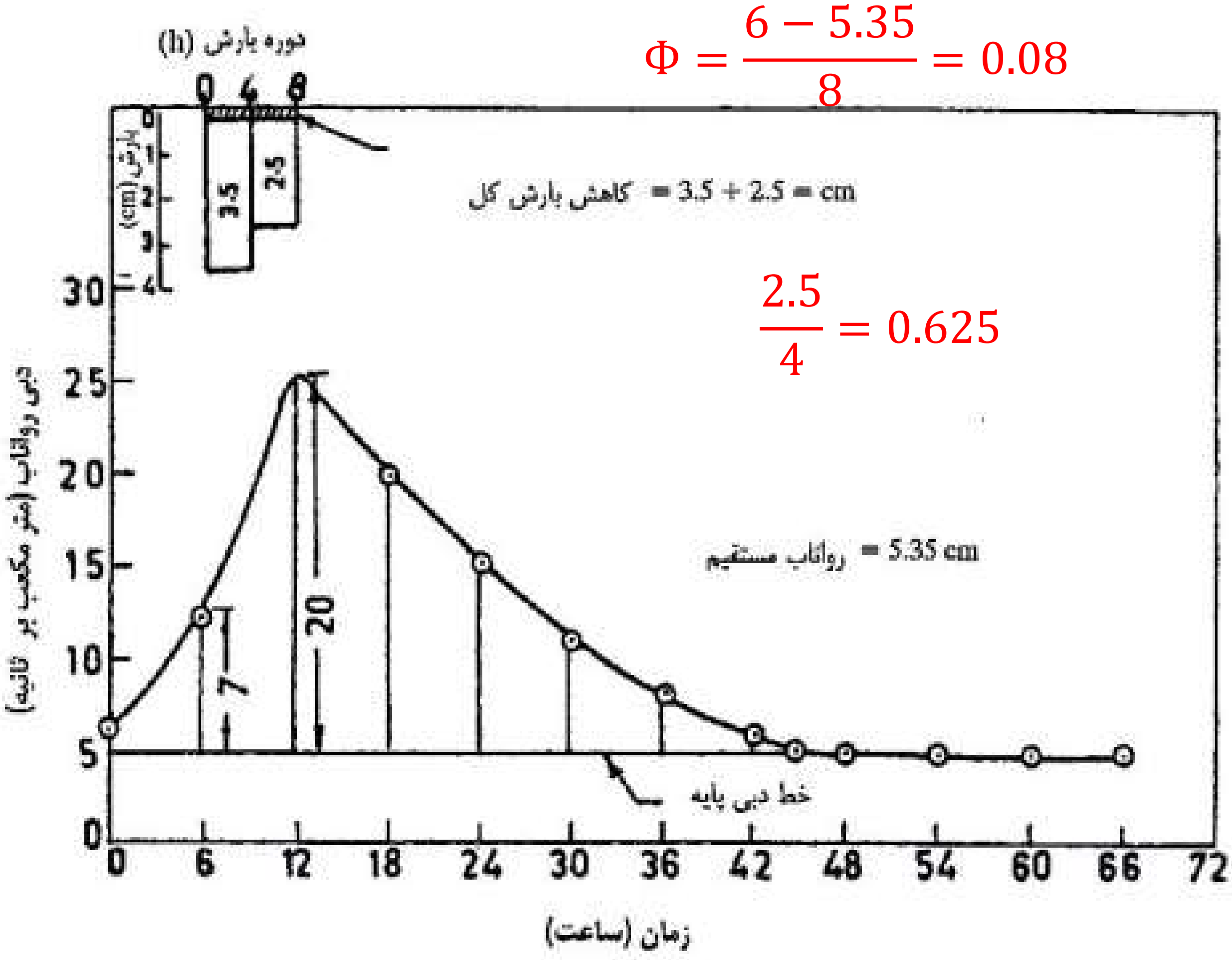
= 1.339 * 10^6 m3 ➡ =5.35 cm

حل:

اگر تغییرات دبی رودخانه را نسبت به زمان رسم کنیم شکلی مشابه زیر خواهد داشت.

$$\Phi = \frac{6-5.35}{8} = 0.08$$

$$\frac{2.5}{4} = 0.625$$



● مثال ۸-۱۳

بارانی به مدت ۱۴ ساعت روی حوضه‌ای به مساحت ۲۵ کیلومتر مربع ریزش داشته است مقادیر تجمعی باران اندازه‌گیری شده با دستگاه ثبات بصورت زیر بوده است.

14	12	10	8	6	4	2	0	زمان (h)
10.0	9.0	8.0	7.7	5.5	3.0	1.0	0	بارش تجمعی (cm)

چنانچه نمایه Φ برابر 0.35 cm/h باشد حجم رواناب حاصله از این بارش چقدر است:

شدت بارندگی → 0.5 - 1 - 1.25 - 1.1 - 0.15 - 0.5 - 0.5

شدت رواناب → 0.15 - 0.65 - 0.9 - 0.75 - 0 - 0.15 - 0.15

حل

با توجه به مقدار بارش در بازه زمانی t = 2h و نمایه Φ جدول زیر را تشکیل می‌دهیم

شدت بارش (cm/h)	بارش اضافی (cm)	تلفات نفوذ (Φ × t) cm	بارش دوبازه زمانی (cm)	بارش تجمعی (cm)	بازه زمانی (2h)
0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0-0
0.15	0.3	0.7	1.0	1.0	0-2
0.65	1.3	0.7	2.0	3.0	2-4
0.90	1.8	0.7	2.5	5.5	4.6
0.75	1.5	0.7	2.2	7.7	6-8
0.00	0.0	0.7	0.3	8.0	8-10
0.15	0.3	0.7	1.0	9.0	10-12
0.15	0.3	0.7	1.0	10.0	12-14

بر اساس این جدول حجم رواناب برابر خواهد بود با

حجم رواناب = $2(0 + 0.15 + 0.65 + 0.9 + 0.75 + 0.0 + 0.15 + 0.15)$ (مساحت حوضه)

حجم رواناب = (5.5 cm) (مساحت حوضه)

حجم رواناب = $(0.055\ \mathrm{m})(25 \times 10^6)$

حجم رواناب = $1.375 \times 10^6\ \mathrm{m}^3$

● مثال ۱۳-۱

مقدار رواناب حاصله از ۲ اینچ بارندگی (۵۰ میلی‌متر) روی سطح یک پارک به‌وسعت ۴ هکتار راکه قسمت اعظم آن پوشیده از چمن می‌باشد حساب کنید. وضعیت خاک این حوضه در گروه هیدرولوژیک B قرار می‌گیرد و خاک به دلیل بارندگی‌های قبل مرطوب است.

نوع پوشش	شماره‌منحنی‌برای‌گروههای‌هیدرولوژیکی‌خاک			
نوع پوشش و شرایط هیدرولوژیکی	A	B	C	D
مناطق شهری کاملاً توسعه‌یافته (فضای سبزایجاد شده‌است.)				
مناطق‌باز(فضای‌سبز،پارکها،زمینهای‌گلف)قبرستان‌هاوغیره				
شرایط بد (پوشش علفی < ۵۰٪)	۶۸	۷۹	۸۶	۸۹
شرایط متوسّط (پوشش علفی ۵۰٪ تا ۷۵٪)	۴۹	۶۹	۷۹	۸۴
شرایط خوب (پوشش علفی > ۷۵٪)	۳۹	۶۱	۷۴	۸۰
سطوح نفوذناپذیر				

$$CN_I = \frac{4.2 \times CN_{II}}{10 - 0.058 \times CN_{\mathrm{II}}}$$

$$CN_{(III)} = \frac{23 \times CN_{(II)}}{10 + 0.13 \times CN_{(II)}}$$

→

CN III = 78

$$S = \frac{1000}{78} - 10 = 2.82$$

$$R = \frac{(2 - 0.2 \times 2.82)^2}{(2 + 0.8 \times 2.82)}$$

$$R = 0.4845 \text{ inch} = 12.3 \text{ mm}$$

$$C = \frac{0.48}{2} = 0.24 \; OR \; 24\%$$

$$Q = \frac{12.3}{1000}(4 \times 10{,}000) = 492 \text{ m}^3$$

$$\boxed{S = \frac{25400}{CN} - 254}$$

● مثال ۱۳-۳

بارانی بمدت ۶ ساعت روی حوضه‌ای که شماره منحنی اراضی آن ۸۰ است رخ داده است. **مقادیر بارش در هر ساعت بر اساس اندازه‌گیری‌های باران نگاری مطابق اعداد ستون ۱ و ۲ جدول ۱۳-۲** بوده است. حساب کنید مقادیر بارش مازاد (رواناب) در هر ساعت را.

جدول ۱۳-۲

(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
ارتفاع بارش مازاد (mm)	ارتفاع تجمعی بارش مازاد (mm)	ارتفاع بارش تجمعی (mm)	ارتفاع رگبار (mm)	زمان (hr)
0	0	0	0	0
0	0	15	15	1
8.2	8.2	40	25	2
12	20.2	60	20	3
7	27.2	70	10	4
5.9	33.1	78	8	5
4.6	37.7	84	6	6
3.1	40.8	88	4	7
1.6	42.4	90	2	8

حل

الف - ارتفاع تجمعی باران را محاسبه می‌کنیم (ارقام ستون ۳ جدول ۱۳-۲)

ب - ارتفاع بارش مازاد تجمعی را در هر ساعت محاسبه می‌کنیم (ارقام ستون ۴ جدول) مثلاً برای بارش ۴۰ میلی‌متر در ساعت دوم خواهیم داشت:

$$S = \left(\frac{1000}{CN} - 10\right) 25.4$$

$$S = \left(\frac{1000}{80} - 10\right) 25.4 = 63.5$$

$$R = \frac{(P - 0.2\,S)^2}{P + 0.8\,S}$$

$$R = \frac{[40 - 0.2\,(63.5)]^2}{40 + 0.8\,(63.5)} = 8.2^{Y}$$

● مثال ۱۳-۴

در یک حوضه آبریز به مساحت ۶۰ هکتار داده‌های زیر بدست آمده است.

- مقدار بارندگی ۱۰۰ میلی متر
- وضعیت رطوبت خاک قبل از بارندگی خشک می‌باشد
- پوشش زمین با گیاهان ردیفی ۴۰ هکتار با گروه هیدرولوژیکی متوسط (از نوع B در جدول ۱۲-۳)
- پوشش زمین با گیاهان جنگلی ۲۰ هکتار و گروه هیدرولوژیکی متوسط (از نوع B در جدول ۱۲-۳)

روز بعد از بارندگی ۱۰۰ میلی‌متری باران دیگری به میزان ۵۰ میلی‌متر ریزش می‌کند. حساب کنید مقدار رواناب حاصله از حوضه و ضریب رواناب را در روزهای اول و دوم.

حل

با توجه به ارقام جدول ۱۲-۴ مقادیر زیر را برای CN در نظر می‌گیریم.

CN برای پوشش زمین زراعی در شرایط متوسط = ۸۲

CN برای پوشش زمین جنگلی در شرایط متوسط = ۵۵

در صورتی که CN را برای شرایط خاک خشک اصلاح کنیم مقادیر فوق بر اساس ارقام جدول ۱۲-۵ به ترتیب به ۶۵ و ۳۶ اصلاح خواهند شد در این صورت میانگین وزنی CN عبارت است از:

$$CN = \frac{(65 \times 40) + (36 \times 20)}{60} = 55$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 = 207 \text{ mm}$$

$$R = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} = \frac{(100 - 0.2 \times 207)^2}{100 + (0.8 \times 207)} = \frac{3434}{265} = 13 \text{ mm}$$

ضریب رواناب از حاصل بخش ۱۳ بر ۱۰۰ بدست می‌آید که برابر ۱۳ درصد می‌باشد $(C = 0.13)$.

برای روز دوم لازم است CN متوسط به CN مربوط به خاک مرطوب تبدیل شود که با توجه به ارقام جدول ۱۲-۵ مقادیر CN برای اراضی زراعی ۹۳ و برای اراضی جنگلی ۷۴ در نظر گرفته می‌شود و مقدار وزنی آن عبارت خواهد بود از:

$$CN = \frac{(93 \times 40)\ (74 \times 20)}{60} = 86.5$$

$$S = \frac{25400}{86.5} - 254 = 39.64 \text{ mm}$$

برای ۵۰ میلی‌متر بارندگی در روز دوم مقدار رواناب برابر است با:

$$R = \frac{[(50 - (0.2 \times 39.64)]^2}{50 + (0.8 \times 39.64)} = 21.66 \text{ mm}$$

در این وضعیت ضریب رواناب برابر است با:

$$C = 21.66 \div 50 = 0.43$$

● مثال ۱۳-۵

روش جاستین

می‌خواهیم آبدهی سالانه را در یک حوضه در منطقه بیرجند که مشخصات فیزیکی آن به شرح زیر است تخمین بزنیم:

- مساحت حوضه $A = 3230 \text{ km}^2$
- حداکثر ارتفاع از سطح دریا $H_{max} = 2787 \text{ m}$
- حداقل ارتفاع از سطح دریا $H_{min} = 1100 \text{ m}$
- متوسط بارش سالانه $P = 166 \text{ mm}$
- دمای متوسط سالانه حوضه $T = 12.2\ ^\circ C$

در یک حوضه دیگر بنام حوضه رودخانه سالار واقع در همین منطقه مشخصه‌های فیزیکی و آبدهی سالانه آن به شرح زیر معلوم می‌باشد:

- مساحت حوضه رودخانه سالار $A = 2070 \text{ km}^2$
- حداکثر ارتفاع حوضه رودخانه سالار $H_{max} = 2700 \text{ m}$
- حداقل ارتفاع حوضه رودخانه سالار $H_{min} = 1230 \text{ m}$
- آبدهی سالانه رودخانه سالار بر اساس اندازه‌گیریهای موجود ۴۰ میلیون متر مکعب
- متوسط بارش سالانه در حوضه سالار $P = 250 \text{ mm}$
- متوسط دمای سالانه $T = 13.7\ ^\circ C$

حل

ابتدا ضریب K را برای حوضه رودخانه سالار با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه می‌کنیم و آن را به رودخانه مورد نظر تعمیم می‌دهیم.

$$S = \frac{H_{max} - H_{min}}{\sqrt{A}} = \frac{2.700 - 1.230}{\sqrt{2070}}$$

$$S = 0.03231$$

$$R = \frac{W}{A} = \frac{40 \times 10^6}{2070 \times 10^6} = 0.0193 \text{ m} = 1.93 \text{ cm}$$

$$K = \frac{R(1.8\,T + 32)}{S^{0.155}\,p^2} \qquad K = \frac{1.93\,(1.8 \times 13.7 + 32)}{(0.03231)^{0.155}\,(25)^2} = 0.2979$$

$$S = \frac{2.787 - 1.100}{\sqrt{3230}} = 0.0296$$

$$R = \frac{0.2979\,(0.02968)^{0.155}(16.6)^2}{(1.8 \times 12.2 + 32)} = 0.88 \text{ cm}$$

$$W = (3230 \times 10^6) \times (0.88 \times 10^{-2}) = 28.42 \times 10^6 \text{ m}^3$$

● مثال ۱۳-۶

با اطلاعات مربوط به مثال قبل، آبدهی سالانه حوضه را به روش کتاین بدست آورید.

حل

روش کوتاین

$$\lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14\,T}$$

$$\lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14 \times 12.2} = 0.398$$

$$D = P - \lambda\, p^2$$

$$D = 0.166 - 0.398\,(0.166)^2 = 0.155 \text{ m} = 155 \text{ mm}$$

$$R = P - D$$

$$R = 166 - 155 = 11 \text{ mm}$$

$$W = R\,(A)$$

$$W = \frac{11}{1000}\,(3230 \times 10^6) = 35500000$$

$W = 35.5$ mcm(میلیون متر مکعب)

● مثال ۱۳-۷

از یک حوضهٔ آبریز که خاک آن از نوع شنی لومی است به عنوان مرتع استفاده می‌شود. بارانی بشدت ۱۵ میلی‌متر در ساعت به مدت ۱/۵ ساعت روی این حوضه می‌بارد. ارتفاع رواناب و دبی آن را محاسبه کنید. شیب اراضی حوضه ۷ درصد است و مساحت حوضه ۲/۵ کیلومترمربع می‌باشد.

حل

با فرض این که زمان تمرکز حوضه ۱/۵ ساعت باشد ابتدا از جدول ۱۳-۱ مقدار ضریب رواناب $C = 0.16$ به دست می‌آید.

ارتفاع رواناب: $R = C \,.\, P = 0.16(15) \times 1.5 = 3.6 \text{ mm}$

و حداکثر دبی رواناب برابر است با:

$$Q = \frac{1}{36} C\, i\, A$$

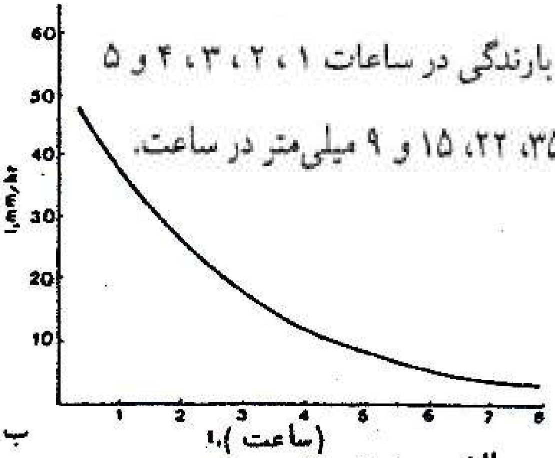
$$Q = \frac{1}{36} \times 0.16 \times \frac{15}{10} \times 250 \quad = 1.67 \text{ m}^3/\text{sec}$$

روش ضریب رواناب و
روش استدلالی

● مثال ۱۳-۸

زمان تمرکز یک حوضهٔ آبریز ۵ ساعت برآورد شده است. با توجه به منحنی شدت-مدت بارندگی و خطوط هم-پیمایش حوضه که در شکل ۱۳-۳ رسم شده است حداکثر دبی که از این حوضه در اثر بارندگی ۸ ساعته خارج خواهد شد چقدر است (ضریب رواناب را ۰/۶ در نظر بگیرید).

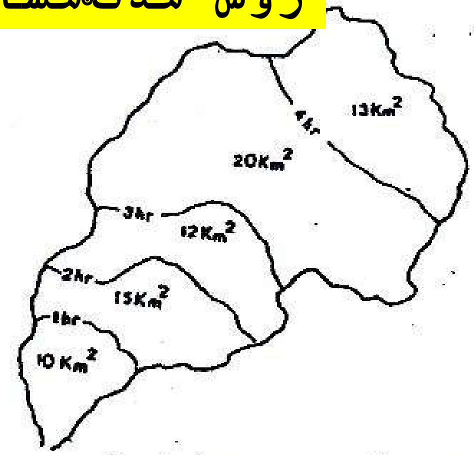
روش مدت‌مساحت



شدت بارندگی در ساعات ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵

۴۵، ۳۵، ۲۲، ۱۵ و ۹ میلی‌متر در ساعت.

الف ـ منحنی شدت ـ مدت



ب ـ حوضه آبریز و منحنیهای ایزوکرون

پس از Δt (یک ساعت):

$$Q_1 = 0.278(0.6)(45)(10) = 75 \text{ m}^3/\text{sec}$$

پس از $2\Delta t$ (۲ ساعت):

$$Q_2 = 0.278(0.6)[(35)(10)+(45)(15)] = 170 \text{ m}^3/\text{sec}$$

پس از $3\Delta t$ (۳ ساعت):

$$Q_3 = 0.278(0.6)[(22)(10)+(35)(15)+(45)(12)] = 214 \text{ m}^3/\text{sec}$$

پس از $4\Delta t$ (۴ ساعت):

$$Q_4 = 0.278(0.6)[(15)(10)+(22)(15)+(35)(12)+(45)(20)] = 300 \text{ m}^3/\text{sec}$$

پس از $5\Delta t$ (۵ ساعت):

$$Q_5 = 0.278(0.6)[(9)(10)+(15)(15)+(22)(12)+(35)(20)+(45)(13)] = 310 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q_6 = 0.278(0.6)[(7)(10)+(9)(15)+(15)(12)+(22)(20)+(35)(13)] = 213 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q_7 = 0.278(0.6)[(6)(10)+(7)(15)+(9)(12)+(15)(20)+(22)(13)] = 143 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q_8 = 0.278(0.6)[(5)(10)+(6)(15)+(7)(12)+(9)(20)+(15)(13)] = 100 \text{ m}^3/\text{sec}$$

روش کریگر

مثال ۲-۱۱:

در حوزه‌ای با مساحت ۸۰۰ کیلومتر مربع دبی اوج سیل ۱۷۵۰ مترمکعب بر ثانیه اندازه‌گیری شده است. با استفاده از فرمول کریگر دبی اوج حوزه مجاور آن با مساحت ۱۲۰۰ کیلومتر مربع را بدست آورید.

$$Q = 46\,C\,A^{\left(0.894\,A^{-0.048}\right)}$$

حل:

با استفاده از جداول ضمیمه ۴ و ۵ ابتدا مساحت و دبی را برحسب مایل مربع و فوت مکعب برثانیه بدست می‌آوریم:

$$C = \frac{Q1}{46\,.\,A1^{\left(0.894\,A1^{-0.048}\right)}}$$

$$C = \frac{Q2}{46\,.\,A2^{\left(0.894\,A2^{-0.048}\right)}}$$

$$A_{\text{۱}} = \text{۸۰۰}\,\mathrm{Km}^{\text{۲}} \times \text{۰٫۳۸۶۱} = \text{۳۰۸٫۸۸}\ \mathrm{mi}^{\text{۲}}$$

$$A_{\text{۲}} = \text{۱۲۰۰}\,\mathrm{Km}^{\text{۲}} \times \text{۰٫۳۸۶۱} = \text{۴۶۳٫۳۲}\ \mathrm{mi}^{\text{۲}}$$

$$Q_{\text{۱}} = \text{۱۷۵۰} \times \text{۳۵٫۳۱۵} = \text{۶۱۸۰۱٫۲۵}\ \frac{\mathrm{ft}^{\text{۳}}}{\mathrm{s}}$$

$$\frac{\text{۶۱۸۰۱/۲۵}}{Q_{\text{۲}}} = \frac{\text{۳۰۸/۸۸}^{\left(\text{۰/۸۹۴} \times \text{۳۰۸/۸۸}^{-\text{۰/۰۴۸}}\right)}}{\text{۴۶۳/۳۲}^{\left(\text{۰/۸۹۴} \times \text{۴۶۳/۳۲}^{-\text{۰/۰۴۸}}\right)}}$$

$$\frac{Q1}{46\,.A1^{\left(0.894\,A1^{-0.048}\right)}} = \frac{Q2}{46\,.A2^{\left(0.894\,A2^{-0.048}\right)}}$$

$$Q_{\text{۲}} = \text{۷۵۰۹۷٫۴۱}\ \mathrm{ft}^{\text{۳}}/_{\mathrm{s}}$$

$$Q_{\text{۲}} = \text{۷۰۵۹۷٫۴۱} \times \text{۰٫۰۲۸۳۱۷} = \text{۲۱۲۶٫۵}$$ مترمکعب بر ثانیه

روش فولر

مثال ۲-۱۲:

در حوزه‌ای به مساحت ۱۰۰۰۰ هکتار، دبی اوج لحظه‌ای پنجاه ساله را با در نظر گرفتن مقدار C برابر با ۲ و ضریب طغیان منطقه برابر با ۰/۸، بدست آورید.

$$Q_P = Q_{24}\left(1 + 2.66\,A^{-0.3}\right)$$

$$Q_{24} = C\,A^{0.8}\left(1 + \beta \log T\right)$$

حل:

دبی اوج ۲۴ ساعته به مترمکعب‌برثانیه $Q_{\max} = \text{۲} \times \text{۱۰۰}^{\text{۰/۸}}\left(\text{۱} + \text{۰/۸}\log \text{۵۰}\right) = \text{۱۸۷٫۸}$

دبی‌اوج‌لحظه‌ای‌به‌مترمکعب‌برثانیه $Q_{\mathrm{p}} = \text{۱۸۷٫۸} \times \left[\text{۱} + \left(\text{۲٫۶۶} \times \text{۱۰۰}^{-\text{۰٫۳}}\right)\right] = \text{۳۱۳٫۲۸}$

روش کوک

مثال ۲-۱۳ :

در حوزه‌ای به مساحت ۱۰۰ هکتار در منطقهٔ نیمه خشک با بارندگی سالانه ۲۶۰ میلی‌متر که به صورت تپه ماهورهای با شیب ۲۵ درصد است، خاک از نوع رسی بوده و ۵۰ درصد پوشش گیاهی دارد و ذخیرهٔ چالابی آن ناچیز است. دبی اوج ۲۵ سالهٔ آنرا بدست آورید.

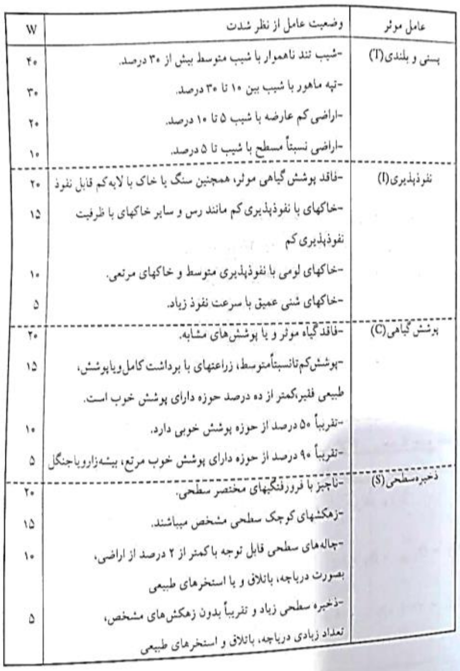
حل:

$$\Sigma W = ۳۰ + ۱۵ + ۱۰ + ۲۰ = ۷۵$$

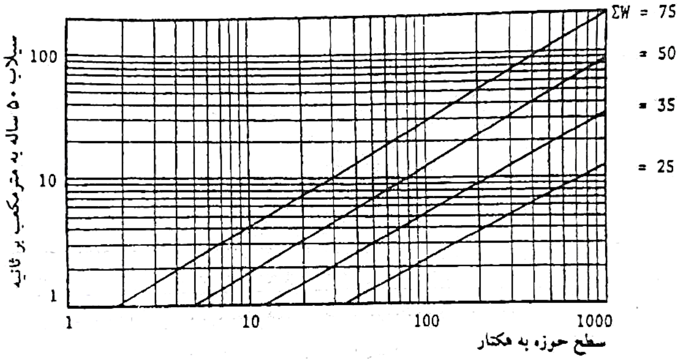
با مراجعه به شکل ۲-۲۳ ، دبی اوج ۵۰ ساله برابر با ۲۸ مترمکعب بر ثانیه بدست می‌آید. ضریب اصلاحی R برابر ۰/۷ در نظر گرفته می‌شود و ضریب F با توجه به جمع مقدار W نفوذپذیری و پوشش گیاهی یعنی ۲۵ و بارش متوسط سالانهٔ منطقه و با استفاده از جدول ۲-۱۵ برابر با ۰/۶ است. در نتیجه، دبی اوج ۲۵ سالهٔ این حوزه برابر خواهد بود با:

$$Q_T = Q_{max۵۰} \times R_T \times F_T$$

$$Q_{۲۵} = ۲۸ \times ۰/۷ \times ۰/۶ = ۱۱/۷۶$$ مترمکعب‌برثانیه



عامل موثر	وضعیت عامل از نظر شدت	W
پستی و بلندی(T)	-شیب تند ناهموار با شیب متوسط بیش از ۳۰ درصد.	۴۰
	-تپه ماهور با شیب بین ۱۰ تا ۳۰ درصد.	۳۰
	-اراضی کم عارضه با شیب ۵ تا ۱۰ درصد.	۲۰
	-اراضی نسبتاً مسطح با شیب تا ۵ درصد.	۱۰
نفوذپذیری(I)	-فاقد پوشش گیاهی موثر، همچنین سنگ یا خاک با لایه‌کم قابل نفوذ	۲۰
	-خاکهای با نفوذپذیری کم مانند رس و سایر خاکهای با ظرفیت نفوذپذیری کم	۱۵
	-خاکهای لومی با نفوذپذیری متوسط و خاکهای مرتعی.	۱۰
	-خاکهای شنی عمیق با سرعت نفوذ زیاد.	۵
پوشش گیاهی(C)	-فاقد گیاه موثر و یا پوشش‌های مشابه.	۲۰
	-پوشش‌کم‌تانسبتاً‌متوسط، زراعتهای با برداشت کامل‌ویاپوشش، طبیعی فقیر،کمتر از ده درصد حوزه دارای پوشش خوب است.	۱۵
	-تقریباً ۵۰ درصد از حوزه پوشش خوبی دارد.	۱۰
	-تقریباً ۹۰ درصد از حوزه دارای پوشش خوب مرتع، بیشه‌زارویاجنگل	۵
ذخیره‌سطحی(S)	-ناچیز با فرورفتگیهای مختصر سطحی.	۲۰
	-زهکشهای کوچک سطحی مشخص میباشند.	۱۵
	-چاله‌های سطحی قابل توجه با کمتر از ۲ درصد از اراضی، بصورت دریاچه، باتلاق و یا استخرهای طبیعی	۱۰
	-ذخیره سطحی زیاد و تقریباً بدون زهکش‌های مشخص، تعداد زیادی دریاچه، باتلاق و استخرهای طبیعی	۵



روش لانـگـبـیـن

مثال ۲-۱۴:

برای دمای متوسط سالانه ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد و بارش متوسط سالانه برابر ۵۳ سانتی‌متر، مقدار F_θ برابر ۲۶٫۶ خواهد بود. مقدار $\frac{P}{F_\theta}$ برابر ۲ بدست آمده که با توجه به جدول ۲-۱۹ مقدار $\frac{Q}{F_\theta}$ برابر ۰/۰۷۵ می‌باشد. بنابراین ارتفاع رواناب سالانه برابر است با:

$$Q = F_\theta \times \frac{Q}{F_\theta}$$

$$F_\theta = 10^{0.027\,T+0.886}$$

Q = ۲۶/۶ × ۰/۰۷۵ = ۲ سانتی‌متر

جدول ۲-۱۹- برآورد رواناب متوسط سالانه از روش لانگبین اصلاح شده.

$\frac{P}{F_\theta}$	$\frac{Q}{F_\theta}$
۱	۰٫۰۲۶
۲	۰٫۰۷۵
۳	۰٫۲۰
۴	۰٫۴۷۵
۵	۱٫۰
۶	۱٫۹
۷	۲٫۷
۸	۳٫۴
۱۰	۵٫۰
۱۲	۷٫۰
۱۴	۹٫۰

پایان

● مثال ۱-۱۶

در یک سد مخزنی، سرریز اضطراری آن طوری طراحی شده است که رابطه بین دبی خروجی (O) از آن و ارتفاع آب روی تاج سر ریز (H) به صورت $Q = 110\ H^{1.5}$ است (H برحسب متر و Q برحسب مترمکعب در ثانیه). زمانی که مخزن تا لبهٔ تاج سرریز پر از آب است سطح مخزن ۷/۵ کیلومتر مربع می‌باشد و پس از آن به ازای هر متر افزایش ارتفاع، ۱/۵ کیلومتر مربع بر سطح دریاچه مخزن افزوده می‌شود. در همین زمانی که مخزن تا لبهٔ تاج سرریز پر از آب است، سیلی که هیدروگراف آن مثلثی شکل است وارد مخزن می‌شود. زمان پایهٔ هیدروگراف ۳۶ ساعت، دبی اوج آن ۳۶۰ مترمکعب در ثانیه و زمان وقوع دبی اوج ۱۲ ساعت پس از شروع سیل است. دبی اوج هیدروگراف خروجی از سرریز و زمان وقوع آن را از شروع سیل در هیدروگراف ورودی حساب کنید.

$$S = \int_0^H A\,dh = \int_0^H 10^6\,(7.5 + 1.5h)\,dh$$

$$= 10^6\,(7.5\,H + 0.75\,H^2\,)$$ مترمکعب

$$O = 110\,H^{1.5}$$ مترمکعب در ثانیه

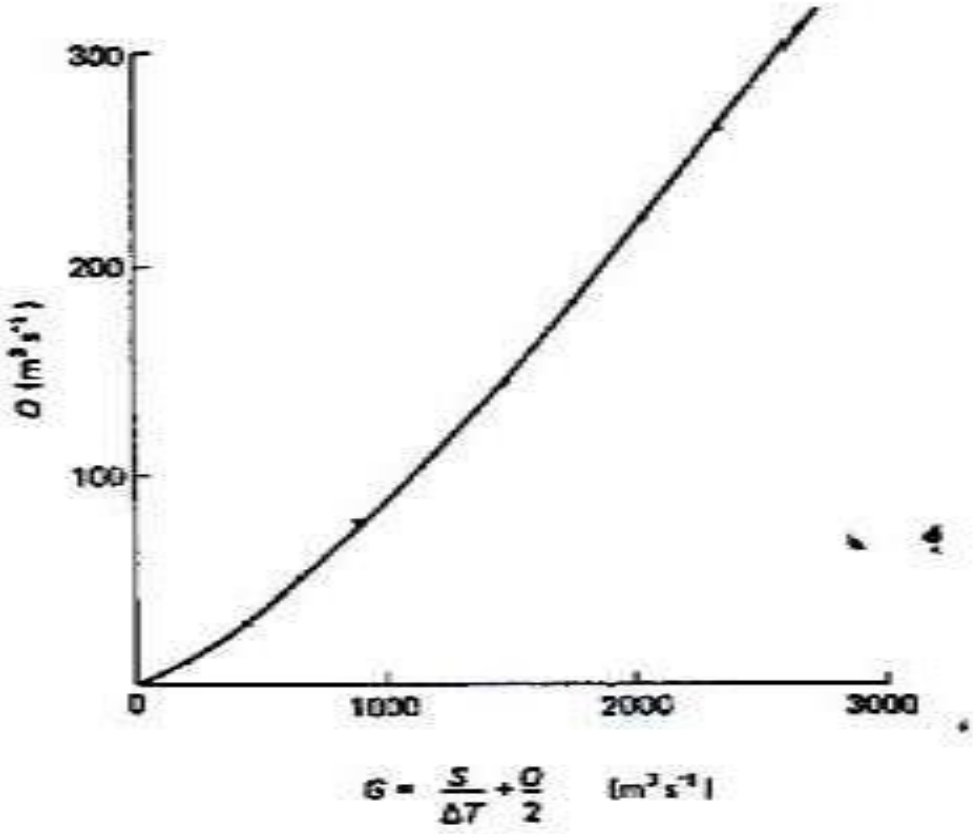
$$G = \frac{S}{\Delta T} + \frac{O}{2}$$

$$G = \frac{10^6}{7200}(7.5\,H + 0.75\,H^2) + \frac{110}{2}\,H^{1.5}$$

$$G = 104\,H(10 + 0.53\sqrt{H} + H)$$

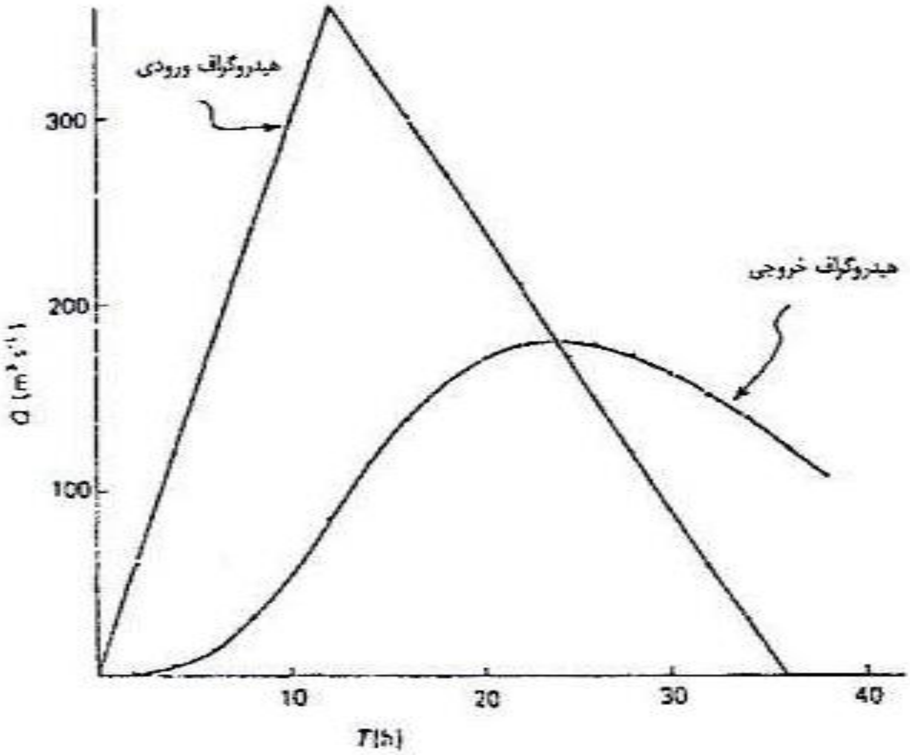
جدول ۲-۱۶

H	O	104H	0.53 √H	(10+0.53 √H+H)	G
0.2	10	20.8	0.24	10.26	213
0.4	28	41.6	0.34	10.38	432
0.6	51	62.4	0.41	10.47	653
0.8	79	83.2	0.47	10.55	878
1.0	110	104.0	0.53	11.53	1199
1.2	144	124.8	0.58	11.78	1470
1.4	182	145.6	0.63	12.03	1752
1.6	223	166.4	0.67	12.27	2042
1.8	265	187.0	0.71	12.51	2339
2.0	312	208.0	0.75	12.75	2652



جدول ۱۶-۳

T (hr)	I (m^3/s)	Im (m^3/s)	O (m^3/s)	Im-O (m^3/s)	G (m^3/s)
0	0		0		0
2	60	30	1	30	30
4	120	90	6	89	119
6	180	150	14	144	163
8	240	210	31	196	459
10	300	270	55	239	698
12	360	330	85	275	973
14	330	345	114	260	1233
16	300	315	138	201	1434
18	270	285	158	147	1581
20	240	288	171	97	1678
22	210	225	178	54	1732
24	180	195	180	17	1749
26	150	165	178	-15	1734
28	120	135	173	-43	1691
30	90	105	163	-68	1623
32	60	75	152	-88	1535
34	30	45	139	-107	1328
36	0	15	123	-124	1304
38		0	108	-123	1181



● مثال ۱۶-۲

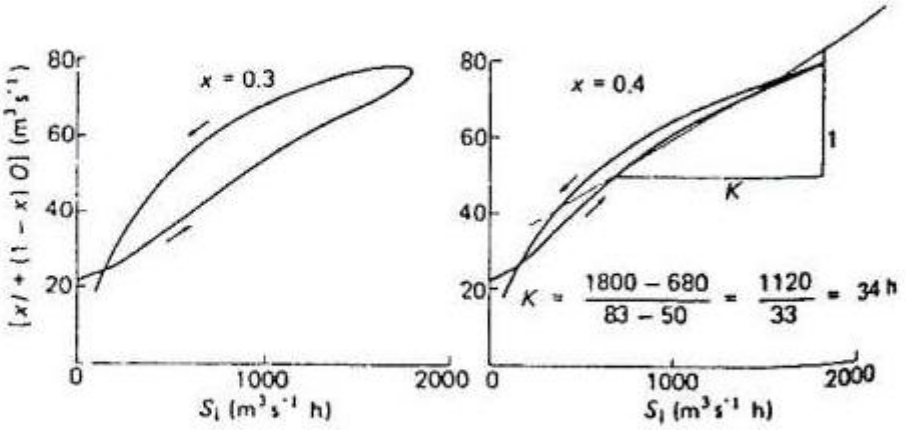
در دو نقطه از مسیر یک رودخانه در هنگام وقوع سیل اندازه‌گیری دبی به عمل آمده است. آمار هیدروگراف سیل ورودی و خروجی بین دو نقطه در جدول ۱۶-۴ نشان داده شده است. باتوجه به این اطلاعات ضرایب x و k را برای این قطعه از رودخانه محاسبه نمایید. باداشتن ضرایب x و k هیدروگراف سیل ورودی را روندیابی کنید.

جدول ۱۶-۴

T(hr)	0	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132
$I(m^3s^{-1})$	22	35	103	109	86	59	39	28	22	20	19	18
$O(m^3s^{-1})$	22	21	34	55	75	85	80	64	44	30	22	20

جدول ۱۶-۵

T (hr)	I (m^3s^{-1})	O (m^3s^{-1})	I - O (m^3s^{-1})	Si $(m^3s^{-1}h)$	0.3(I)+0.7(O) (m^3s^{-1})	0.4(I)+0.6(O) (m^3s^{-1})
0	22	22	0	0	22	22
12	35	21	14	168	25	27
24	103	34	69	996	55	62
36	109	55	54	1644	71	77
48	86	75	11	1776	78	75
60	59	85	-26	1464	77	75
72	39	80	-41	972	68	64
84	28	64	-36	540	54	50
96	22	44	-22	276	37	35
108	20	30	-10	156	27	26
120	19	22	-3	120	21	21
132	18	20	-2	96	19	19



$$xI + (1 - x)O$$

$$S = k[xI + (1 - x)O]$$

$$C_1 = \frac{\Delta T + 2kx}{\Delta T + 2k - 2kx} = \frac{12 + 2 \times 34 \times 0.4}{12 + 2 \times 34 - 2 \times 34 \times 0.4} = \frac{39.2}{52.8} = 0.74$$

$$C_2 = \frac{\Delta T - 2kx}{\Delta T + 2k - 2kx} = \frac{12 - 2 \times 34 \times 0.4}{12 + 2 \times 34 - 2\times34\times0.4} = \frac{-15.2}{52.8} = -0.29$$

$$C_3 = 1 - C_1 - C_2 = 1 - 0.74 + 0.29 = 0.55$$

(کنترل $C_3 = \frac{-\Delta T + 2k - 2kx}{\Delta T + 2k - 2kx} = \frac{28.8}{52.8} = 0.55$)

$$O_2 = C_1 I_1 + C_2 I_2 + C_3 O_1$$

$$O_2 = 0.74 I_1 - 0.29 I_2 + 0.55 O_1$$

جدول ۱۶-۶

t(hr)	0	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132
$I(m^3s^{-1})$	22	35	103	109	86	59	39	28	22	20	19	18
O روندیابی شده	22	18	6	48	82	92	83	66	51	38	30	25

۱۴-۱ در چندین اندازه‌گیری که از محل نصب یک اشل به عمل آمده است نتایج زیر حاصل شده‌است.

دبی اندازه‌گیری شده (m^3/sec)	قرائت اشل (m)
7.846	0.4
10.104	0.445
12.979	0.495
9.838	0.440
13.288	0.50
13.601	0.505
11.608	0.472
12.253	0.483
5.690	0.350

الف - رابطه دبی - اشل را روی کاغذ گراف معمولی رسم کنید.

ب - رابطه دبی - اشل را روی کاغذ لگاریتمی رسم و معادله آن را حساب کنید.

ج - چنانچه در متوسط دبی سالانه این رودخانه قرائت اشل ۰/۴۱۰ متر باشد حجم آبی که در طول سال از این رودخانه می‌گذرد چقدر تخمین زده می‌شود.

۴-۱۴ در اندازه‌گیری دبی از یک جریان داده‌های زیر بدست آمده است. مقدار دبی را محاسبه کنید.

7	6	5	4	3	2	1	0	فاصله‌ازساحل‌چپ(m)
1.78	3.78	5.38	9.0	5.0	3.31	1.35	0	عمق جریان (m)
0.5	0.6	0.8	0.9	0.8	0.6	0.4	0	سرعت در 0.2 d
0.3	0.4	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	0	سرعت در 0.8 d

برای اندازه‌گیری دبی در یک رودخانهٔ کوهستانی مقداری مادهٔ رودامین با غلظت ۲۰،۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر با دبی ثابت ۳ میلی‌لیتر در ثانیه بطور پیوسته وارد رودخانه گردیده و غلظت آن در ۱۵۰۰ متری پایین‌دست اندازه‌گیری شده است که برابر ۰/۰۰۴۲ میلی‌گرم در لیتر بوده است. دبی رودخانه چقدر است؟