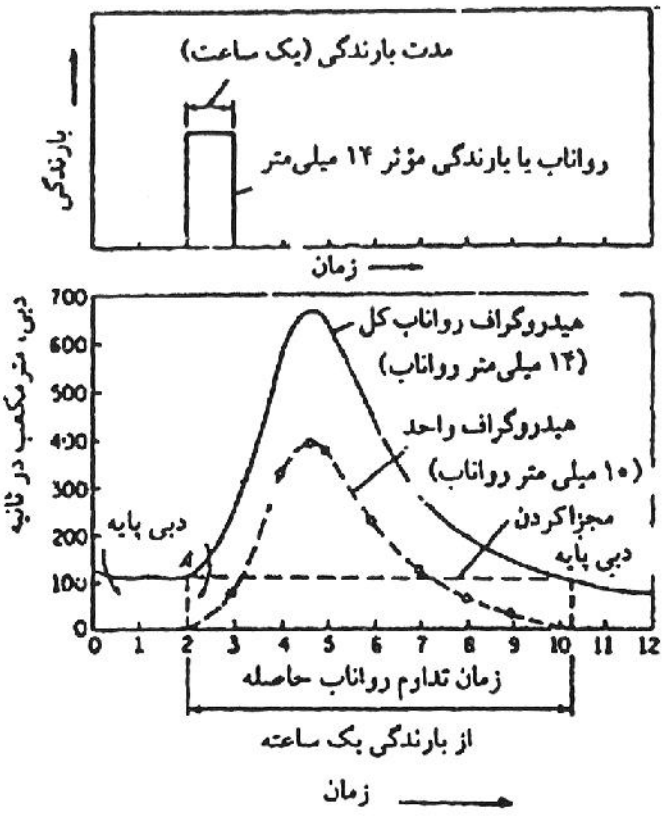


نمودار ۶-۱ روش استخراج هیدروگراف واحد

بدست آوردن هیدروگراف سیلاب طرح از روی هیدروگراف واحد نیز امکان پذیر است که به صورت عکس عمل می شود. برای نمونه اگر در مثال قبل هدف برآورد هیدروگراف سیلاب برای بارش یک ساعته به مقدار ۴۲ میلی متر باشد، با داشتن هیدروگراف واحد یک ساعته (که قبلا استخراج شده است) ابتدا مقدار بارش مازاد (ارتفاع رواناب مستقیم) با کسر تلفات بارش از کل بارش برآورد می شود. ممکن است نسبت بارش مازاد به کل بارش تحت عنوان ضریب رواناب سیلاب در دسترس باشد که در این صورت کافی است این ضریب در مقدار کل بارش ضرب شود تا رواناب مستقیم بدست آید. سپس بررسی شود که مقدار رواناب مستقیم چند برابر رواناب مربوط به هیدروگراف واحد (یعنی ۱۰میلی متر) است. بدین ترتیب، به همان نسبت ابعاد هیدروگراف واحد بزرگ یا کوچک می‌شود. این موضوع در مثال زیر تشریح شده است.

مثال ۶-۱: هیدروگراف واحد یک ساعته حوضه‌ای مطابق ارقام ستون ۵ جدول ۶-۱ است. چنانچه بارش یک ساعته طرح ۴۲ میلی متر و ضریب رواناب حوضه 0.45 باشد، هیدروگراف طرح این حوضه را بدست آورید.

حل: با داشتن 42 mm = کل بارش و 0.45= ضریب رواناب، آنگاه رواناب مستقیم می شود $(42)\times(0.45)=18.9mm$.

بدین ترتیب، ضریب تبدیل هیدروگراف واحد به هیدروگراف طرح عبارت است از 18.9/10=1.89. در اینجا ابعاد هیدروگراف واحد بزرگ تر می شود.

جدول ۶-۲ تهیه هیدروگراف طرح از هیدروگراف واحد

(1)	(2)	(3) = (2) × 1.89
زمان hr	دبی هیدروگراف واحد m^3/s	دبی هیدروگراف طرح m^3/s
0	0	0
1	78.6	148.6
2	328.6	621.1
3	378.6	715.6
4	228.6	432.1
5	128.6	243.1
6	64.3	121.5
7	35.7	67.5
8	8.6	16.3
9	0	0

بنابراین با ضرب ابعاد هیدروگراف واحد در ۱.۸۹، هیدروگراف طرح مطابق ستون سوم جدول ۶-۲ بدست می آید.

۶-۱-۳ اشتقاق هیدروگراف واحد از یک بارش مرکب

در این جا نیاز به اشتقاق هیدروگراف واحد از یک بارش مرکب از چند شدت متفاوت، ولی ثابت در تمام گام (ضربان) های زمانی، است. برای این کار، ابتدا از هیدروگراف کلی رواناب جریان پایه را جدا کرده تا هیدروگراف رواناب مستقیم بدست آید. سپس حجم رواناب مستقیم که همان سطح زیر منحنی هیدروگراف رواناب مستقیم است را به دست آورده و به روش حدس و خطا مقدار اندیس Φ (یعنی تلفات بارش) تعیین و روی هیتوگراف بارش مرکب ترسیم می شود تا هیتوگراف بارش مازاد به دست آید. اگر هیتوگراف بارش مازاد دارای M ضربان با تداوم یکسان D ساعته و با شدت‌های ثابت در هر زمان $(I_M, ..., I_3, I_2, I_1)$ باشد، پس حجم رواناب حاصله برابر است با مجموع حجم های ناشی از هر ضربان بارش دارای مقادیر $P_M, ..., P_3, P_2, P_1$ یعنی مجموع $P_M = I_M D, ..., P_3 = I_3 D, P_2 = I_2 D, P_1 = I_1 D$ است. هرگاه $Q_R, ..., Q_3, Q_2, Q_1$ مقادیر دبی هیدروگراف رواناب مستقیم باشد و $U_N, ... U_3, U_1, U_1$ دبی‌های هیدروگراف واحد فرض شود، روابط بین $P_M, ..., P_3, P_2, P_1$ و $U_N, ..., U_3, U_2, U_1$ و $Q_R, ..., Q_3, Q_2, Q_1$ مطابق دستگاه معادلات پیچشی (با نمونه شکل زیر) است. در روش پیچشی، مقادیر P , U معلوم و مقادیر Q مجهول بودند. ولی در اینجا مقادیر Q , P معلوم و بایستی مقادیر U تعیین شوند. این حالت را روش واپیچشی نامند.

$$
\begin{aligned}
Q_1 &= P_1 U_1 \\
Q_2 &= P_2 U_1 + P_1 U_2 \\
Q_3 &= P_3 U_1 + P_2 U_2 + P_1 U_3 \\
Q_4 &= P_3 U_2 + P_2 U_3 \\
Q_5 &= P_3 U_3
\end{aligned}
$$

و بطورکلی: $Q_n = \sum_{m=1}^{n \le M} P_m \; U_{n-m+1} = P_n U_1 + P_{n-1} U_2 + P_{n-2} U_3 + \cdots + P_{n-M+1} U_M \qquad n = 1, 2, ..., N$

که M تعداد ضربان بارش مازاد و N تعداد ضربان رواناب مسقیم مربوطه است. یعنی N معادله برای Q_n $(n=1,2,,\ldots,N)$ می توان نوشت، که تعداد مجهولات هیدروگراف واحد برابر N-M+1 می شود.

با استفاده از دستگاه معادلات یعنی $Q_1 = P_1 U_1$ و با داشتن P_1, Q_1، می‌توان مقدار U_1 را بدست آورد. از طرفی $Q_2 = P_1 U_2 + P_2 U_1$ و باز با داشتن مقادیر P_2, P_1, Q_2 و نیز U_1 (که در گام قبل تعیین شد)، لذا مقدار U_2 تعیین می-شود. با این روش دستگاه معادلات را می‌توان برای تعیین مقادیر $U_N, \ldots U_3, U_2, U_1$ حل نمود.

در این روش حل، فرض اصلی بر این است که بتوان هیتوگراف بارش را، اگرچه با شدت‌های متفاوت، ولی با گام‌های زمانی D برای تمام ضربان ها فرض نمود. این روش اشتقاق هیدروگراف واحد دارای این مشکل است که محاسبه مقدار U در هر مرحله بستگی به مقادیر محاسبه شده U در گام‌های قبلی خود دارد و هرگونه خطایی در محاسبات قبلی باعث ایجاد خطا تا انتهای محاسبات می‌شود. هم چنین خطاهای اندازه گیری در مقادیر شدت بارش و نیز دبی جریان باعث ایجاد خطا در مقادیر هیدروگراف واحد می شود که حتی در برخی موارد باعث ایجاد مقادیر منفی برای هیدروگراف واحد می‌شود.

مثال ۶-۲: هیتوگراف بارش مازاد بر حوضه‌ای به مدت ۱۲ ساعت و با شدت‌های ۲، ۰.۷۵ و ۴ سانتی متر در ساعت دارای تداوم‌های یکسان ۴ ساعته است. دبی‌های هیدروگراف رواناب مستقیم ناشی از این بارش مرکب با فواصل ۴ ساعته به ترتیب عبارتست از: ۱۶۰، ۳۰۰، ۵۷۰، ۶۳۶، ۴۰۴، ۲۳۴، ۱۰۵ و ۴۸ m^3/s. مطلوب است محاسبه هیدروگراف واحد ۴ ساعته این حوضه به روش واپیچشی.

حل: براساس داده‌های مسئله که $D = 4(\text{hr})$ است داریم:

$$I_1 = 2.0(\frac{cm}{hr}), \quad I_2 = 0.75(\frac{cm}{hr}), \quad I_3 = 4.0(\frac{cm}{hr})$$

$$P_1 = I_1 D = 2 \times 4 = 8(cm), \quad P_2 = I_2 D = 3(cm), \quad P_3 = I_3 D = 16.0(cm)$$

$$Q_1 = 160, \quad Q_2 = 300, \quad \ldots, \quad Q_8 = 48(\frac{m^3}{s}), \quad M = 3, \quad R = 8$$

لذا هیدروگراف واحد ۴ ساعته دارای $6\ (N = R + 1 - M = 8 + 1 - 3 = 6)$ مولفه دبی خواهد بود.

$$Q_1 = P_1 U_1 = 8U_1 = 160 \qquad U_1 = \frac{Q_1}{P_1} = \frac{160}{8} = 20(\frac{m^3}{s}/cm)$$

$$Q_2 = P_1 U_2 + P_2 U_1 = 8U_2 + 3 \times 20 = 8U_2 + 60 = 300$$

$$U_2 = \frac{Q_2 - 60}{8} = \frac{300 - 60}{8} = 30(\frac{m^3}{s}/cm)$$

$$Q_3 = P_1 U_3 + P_2 U_2 + P_3 U_1 = 8U_3 + 3 \times 30 + 16 \times 20 = 8U_3 + 410 = 570$$

$$U_3 = \frac{Q_3 - 410}{8} = \frac{570 - 410}{8} = 20(\frac{m^3}{s}/cm)$$

$$Q_4 = P_1U_4 + P_2U_3 + P_3U_2 = 8U_4 + 3\times 20 + 16\times 30 = 8U_4 + 540 = 636$$

$$U_4 = \frac{Q_4 - 540}{8} = \frac{636 - 540}{8} = 12(\frac{m^3}{s} / cm)$$

$$Q_5 = P_1U_5 + P_2U_4 + P_3U_3 = 8U_5 + 3\times 12 + 16\times 20 = 8U_5 + 356 = 404$$

$$U_5 = \frac{Q_5 - 356}{8} = \frac{404 - 356}{8} = 6(\frac{m^3}{s} / cm)$$

$$Q_6 = P_1U_6 + P_2U_5 + P_3U_4 = 8U_6 + 3\times 6 + 16\times 12 = 8U_6 + 210 = 234$$

$$U_6 = \frac{Q_6 - 210}{8} = \frac{234 - 210}{8} = 3(\frac{m^3}{s} / cm)$$

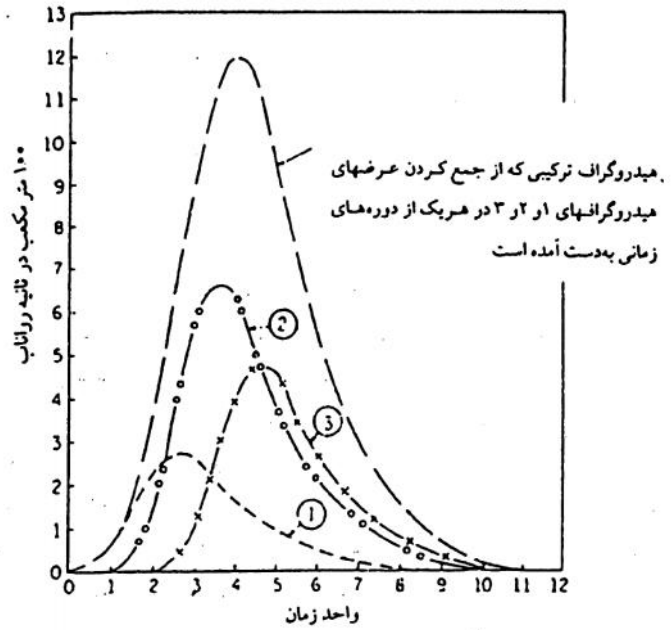
لذا مختصات هیدروگراف واحد ۴ ساعته حوضه با گام زمانی ۴ ساعت به ترتیب ۲۰، ۳۰، ۲۰، ۱۲، ۶ و ۳ cms/cm است.

مثال ۶-۳: در جدول ۶-۳ هیدروگراف واحد یک ساعته برای حوضه‌ای استخراج شده است (ارقام ستون ۲). چنانچه سه رگبار متوالی، که تداوم هر کدام یک ساعت و مقادیر بارش مازاد آن ها به ترتیب ۰.۷، ۱.۷ و ۱.۲ سانتی متر باشد، روی حوضه روی دهد هیدروگراف رواناب مستقیم حاصله از این سه بارش مازاد را بدست آورید.

حل: ستون ۳ شماره رگبارها در ساعت وقوعشان و ستون ۴ مقادیر بارش مازاد هر کدام از رگبارها است. چنانچه مقادیر هر کدام با توجه به موقعیت زمانی خود که در ساعتهای ۱، ۲ و۳ اتفاق افتاده‌اند بطور جداگانه در ابعاد هیدروگراف واحد ضرب شوند، ارقام ستونهای ۵ و۶ و۷ بدست می‌آید. مثلا ارقام ستون ۵ از حاصل ضرب ارقام ستون ۲ در 0.7 بدست آمده و ارقام ستون ۶ حاصل ضرب ارقام ستون ۲ در 1.7 است که با یک ساعت تاخیر نسبت به ستون ۱ نوشته شده است و همین طور ارقام ستون ۷ حاصل ضرب ستون دوم در 1.2 است که با یک ساعت تاخیر نسبت به ارقام ستون ۶ در نظر گرفته شده است. ستون هشتم این جدول مجموع ستونهای ۵، ۶ و۷ است که هیدروگراف رواناب مستقیم حاصل از سه رگبار یک ساعته را نشان می‌دهد. ترکیب نموداری این هیدروگراف‌ها در نمودار ۶-۲ آمده است.

جدول ۶-۳ جدول کاربرد هیدروگراف واحد

(۱) زمان	(۲) ابعاد هیدروگراف واحد	(۳) شماره رگبار	(۴) بارش مازاد	(۵) بارش ۱	(۶) بارش ۲	(۷) بارش ۳	(۸) مجموع
0	0			0			0
1	78.7	1	0.7	55	0		55
2	328	2	1.7	229	133.8	0	362.8
3	379	3	1.2	265	557.6	94.4	917.0
4	229			160	644	393.6	1197.6
5	129			90.5	389.3	454.8	934.6
6	64.2			44.9	219.3	274.8	539.8
7	35.7			24.8	109.1	154.8	288.7
8	8.6			6	60.7	77	143.7
9	0			0	14.6	42.8	57.4
					0	10.3	10.3



نمودار ۶-۲ ترکیب هیدروگراف‌های حاصله از هیدروگراف واحد به روش نموداری

مثال ۶-۴: بارشی به مدت دو ساعت روی حوضه‌ای با مساحت ۵۰ km^2 صورت گرفته است. ارتفاع بارش در این مدت ۱۲۸ میلی متر بوده است. دبی سیل ناشی از این بارش نیز اندازه گیری شده و مقادیر آن به شرح جدول زیر است. هیدروگراف واحد ۲ ساعته این حوضه را بدست آورید. با فرض صفر بودن دبی پایه، ضریب رواناب سیلاب چقدر است؟

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

حل: برای استخراج هیدروگراف واحد ابتدا ارتفاع رواناب مستقیم حاصله محاسبه می‌شود. حجم رواناب مطابق جدول زیر قابل محاسبه است. در این جدول ارقام ستون اول زمان، ستون دوم دبی هیدروگراف، ستون سوم متوسط دبی در هر دوره (۵ ساعته) و ستون چهارم حجم رواناب در هر ۵ ساعت است که از حاصل ضرب ارقام ستون ۳ در ۱۸۰۰۰ ثانیه (۵×۳۶۰۰) بدست آمده است. ارتفاع رواناب مستقیم از تقسیم حجم رواناب بر سطح حوضه به دست می‌آید.

سطح حوضه $= 50\,km^2 = 50\times10^6\,m^2$ حجم رواناب $= 4129200\,m^3$

$$\text{DirectRunoff Height} = \frac{\text{Direct Runoff Volume}}{\text{Catchment Area}}\times1000 = \frac{4129200\times1000}{50\times10^6} = 82.5\,\text{mm}$$

ملاحظه می‌شود که ارتفاع رواناب مستقیم ۸۲.۵ میلی متر است. چون این ارتفاع در هیدروگراف واحد ۱۰ میلی متر یا ۱ سانتی متر تعریف می‌شود، لذا ارقام ستون دوم جدول زیر را بر $(82.5/10) = 8.25$ تقسیم نموده در ستون پنجم می آید. دیده می‌شود بارشی معادل ۱۲۸ mm، روانابی برابر ۸۲/۵ میلی متر تولید نموده و لذا ضریب رواناب سیلاب $C = 82.5/128 = 0.64$ (۶۴ درصد) است.

جدول ۶-۴ استخراج هیدروگراف واحد ۲ ساعته

1	2	3	4	5
زمان ساعت	دبی m^3/s	متوسط دبی در دوره زمانی m^3/s	حجم آب در هر دوره زمانی m^3	ابعاد هیدروگراف واحد (m^3/s)
0	0			0
5	5	2.5	45000	0.6
10	12.9	8.95	161100	1.6
15	39.4	26.15	470700	4.8
20	48.1	43.75	787500	5.8
25	42.3	45.20	813600	5.1
30	31.5	36.90	664200	3.8
35	20.8	26.15	470700	2.5
40	13.3	17.05	306900	1.6
45	8.3	10.80	194400	1.0
50	4.8	6.55	117900	0.6
55	3	3.90	70200	0.4
60	0	1.50	27000	0
			∑= 4129200	

مثال ۶-۵: در حوضه‌ی به وسعت ۵۰ km^2 (مثال قبلی) با هیدروگراف واحد دو ساعته آمده در ستون ۵ جدول ۶-۴، بارشی به مدت ۲ ساعت با ارتفاع ۶۲ mm می‌بارد. مطلوب است هیدروگراف رواناب مستقیم ناشی از این بارش.

حل: با توجه به ابعاد هیدروگراف آمده در ستون دوم این جدول، ارقام ستونهای ۳و۴ آن جدول، حجم رواناب برآورد شده (ستون ۴) به مقدار ۴۱۲۹۲۰۰ متر مکعب و وسعت حوضه (۵۰ کیلومتر مربع)، ارتفاع رواناب مستقیم ۸۲.۵ میلی متر و ضریب رواناب سیلاب ۰.۶۴ می شود. لذا از ۶۲ میلی متر بارش ۳۹.۶ میلی متر (۳۹.۶=۰.۶۴×۶۲) یا حدود ۴۰ میلی متر به رواناب مستقیم تبدیل می‌شود که این مقدار ۴ برابر ارتفاع هیدروگراف واحد ۲ ساعته حوضه است. بدین ترتیب، برای برآورد ابعاد هیدروگراف سیل ناشی از این بارش، ارقام ستون ۵ جدول در ۴ ضرب نمود تا هیدروگراف رواناب مستقیم سیل ۲ ساعته مورد نظر بدست آید (جدول ۶-۵). به دلیل صفر بودن جریان پایه هیدروگراف طراحی برابر با آن است.

جدول ۶-۵ استخراج هیدروگراف طرح از هیدروگراف واحد ۲ ساعته

زمان hr	دبی هیدروگراف واحد (m^3/s)	دبی هیدروگراف طرح m^3/s
0	0	0
5	0.6	2.4
10	1.6	6.4
15	4.8	19.2
20	5.8	23.2
25	5.1	20.4
30	3.8	15.2
35	2.5	10
40	1.6	6.4
45	1.0	4
50	0.6	2.4
55	0.4	1.6
60	0	0

ارقام ستون سوم این جدول از حاصلضرب اعداد ستون دوم در ۴ بدست آمده‌اند.

۶-۱-۴ کاربرد هیدروگراف واحد

هیدروگراف واحد در بسیاری از طرح‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی کاربرد دارد، از جمله:

الف- در استخراج هیدروگراف سیلاب از بارش طرح در طراحی سازه‌های هیدرولیکی

ب- در مدل‌های شبیه سازی حوضه‌های آبریز

ج- در مطالعات پیش بینی سیلاب و سیستم‌های اعلام خطر آن

د- در طرح‌های مهندسی رودخانه اعم از مدیریتی و سازه‌ای

در کاربرد هیدروگراف واحد، همواره باید به محدودیت‌های آن (آمده در بخش های قبل) توجه نمود و همراه با قضاوت‌های مهندسی از آن استفاده کرد. به هر حال تبدیل بارش به رواناب یک فرآیند کاملا خطی نبوده و فرض خطی سیستم آن با تئوری هیدروگراف واحد می‌تواند در برخی موارد خطاهای زیادی را در پیش بینی جریان سطحی ایجاد نماید. شیوه استفاده از هیدروگراف واحد در استخراج هیدروگراف کلی رواناب سطحی را می‌توان براساس گام‌های زیر انجام داد:

الف- هیتوگراف بارش طرح، با تخمین میزان تلفات و تعیین مقدار Φ به هیتوگراف بارش مازاد تبدیل می‌شود.

ب- هیتوگراف بارش مازاد به ضربان‌های تقریبا یکسان از نظر زمان تداوم تقسیم بندی می‌شود. سعی می‌شود زمان تداوم هر رگبار برابر با زمان هیدروگراف واحدی باشد که از حوضه در دسترس است.

ج- هیدروگراف رواناب مستقیم (DRH) هر شدت بارش موثر، با استفاده از هیدروگراف واحد آن حوضه برآورد می‌شود.

د- هیدروگراف‌های رواناب مستقیم (DRH) به دست آمده گام قبل را با در نظر گرفتن زمان تاخیر آن ها ترکیب و هیدروگراف کلی رواناب مستقیم حوضه برای کل هیتوگراف بارش مازاد به دست می]ید.

هـ- جریان پایه تخمینی به هیدروگراف رواناب مستقیم اضافه می شود تا هیدروگراف کلی جریان به دست آید.

مثال ۶-۶: بارشی با شدت‌های ۰.۷۵، ۲.۲۵ و ۱.۲۵ cm/h روی حوضه آبریزی با مشخصات زیر می‌بارد. تداوم هر شدت بارش ۴ ساعت است. با فرض وجود جریان پایه به میزان $10(m^3/s)$ به طور ثابت در مقطع خروجی آبراهه اصلی حوضه و مقدار اندیس نفوذ $\Phi = 2.5(mm/h)$، مطلوب است هیدروگراف سیلاب کل ناشی از این بارش.

حل: تداوم گام‌های زمانی هیتوگراف بارش ۴ ساعت است، لذا از هیدروگراف واحد ۴ ساعته حوضه استفاده می‌شود. بارش مازاد در هر ۴ ساعت از رابطه $(I-Q)\times 4$ بدست می آید. بنابراین، در ۴ ساعت اول $(0.75-0.25)\times 4 = 2(cm)$ و در چهار ساعت دوم $(2.25-0.25)\times 4 = 8(cm)$ و در چهار ساعت آخر $(1.25-0.25)\times 4 = 4(cm)$ است. پس هیدروگراف کل جریان مطابق محاسبات آمده در **جدول ۶-۵-الف** بدست می‌آید.

مثال ۶-۷: اگر فقط از هیدروگراف واحد ۴ ساعته در محاسبه دبی اوج رواناب مستقیم استفاده شود، مطلوب است درصد خطای تخمین دبی اوج.

حل: با فرض مقادیر بارش ۱.۵، ۵ و ۲ cm در گامهای ۴ ساعته و استفاده از هیدروگراف واحد ۴ ساعته (**جدول ۶-۵-ب**)، دبی اوج $Q_P = 530.8\left[m^3/s\right]$ برآورد می‌شود. مقدار خطای نسبی برابر است با $E = \frac{530.8 - 513.85}{530.8} = \%3.2$.

جدول ۶-۵-الف

محاسبه هیدروگراف سیلاب براساس بارش طرح و هیدروگراف واحد حوضه (دبی ها برحسب cms)						
زمان (hr)	هیدروگراف واحد ۴ساعته (cms/cm)	رواناب مستقیم برای بارش‌های مختلف و جمع آن ها			جریان پایه(cms)	هیدروگراف کل(cms)
		۲ (cm)	۸ (cm)	۴ (cm)	جمع دبی‌ها		
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)=(۳)+(۴)+(۵)	(۷)	(۸)=(۶)+(۷)
۰	۰	۰	–	–	۰	۱۰	۱۰
۲	۱۲.۵۲	۲۵.۰۴	–	–	۲۵.۰۴	۱۰	۳۵.۰۴
۴	۲۱.۳۲	۴۲.۶۴	۰	–	۴۲.۶۴	۱۰	۵۲.۶۴
۶	۲۳.۵۴	۴۷.۰۸	۱۰۰.۱۶	–	۱۴۷.۲۴	۱۰	۱۵۷.۲۴
۸	۱۷.۸۴	۳۵.۶۸	۱۷۰.۵۶	–	۲۰۶.۲۴	۱۰	۲۱۶.۲۴
۱۰	۱۴.۷۹	۲۹.۵۸	۱۸۸.۳۲	۵۰.۰۸	۲۶۷.۹۸	۱۰	۲۷۷.۹۸
۱۲	۱۲.۱۸	۲۴.۳۶	۱۴۲.۷۲	۸۵.۲۸	۲۵۲.۳۶	۱۰	۲۶۲.۳۶
۱۴	۱۰.۰۴	۲۰.۰۸	۱۱۸.۳۲	۹۴.۱۶	۲۳۲.۵۶	۱۰	۲۴۲.۵۶
۱۶	۸.۲۶	۱۶.۵۲	۹۷.۴۴	۷۱.۳۶	۱۸۵.۳۲	۱۰	۱۹۵.۳۲
۱۸	۶.۵۱	۱۳.۰۲	۸۰.۳۲	۵۹.۱۶	۱۵۲.۵۰	۱۰	۱۶۲.۵۰
۲۰	۴.۹۸	۹.۹۶	۶۶.۰۸	۴۸.۷۲	۱۲۴.۷۶	۱۰	۱۳۴.۷۶
۲۲	۳.۹۵	۷.۹۰	۵۲.۰۸	۴۰.۱۶	۱۰۰.۱۴	۱۰	۱۱۰.۱۴
۲۴	۳.۰۵	۶.۱۰	۳۹.۸۴	۳۳.۰۴	۷۸.۹۸	۱۰	۸۸.۹۸
۲۶	۲.۲۶	۴.۵۲	۳۱.۶۰	۲۶.۰۴	۶۲.۱۶	۱۰	۷۲.۱۶
۲۸	۱.۶۰	۳.۲۰	۲۴.۴۰	۱۹.۹۲	۴۷.۵۲	۱۰	۵۷.۵۲
۳۰	۱.۰۷	۲/۱۴	۱۸/۰۸	۱۵/۸۰	۳۶/۰۲	۱۰	۴۶.۰۲
۳۲	۰.۵۱۳	۱.۰۶	۱۲.۸۰	۱۲.۲۰	۲۶.۰۶	۱۰	۳۶.۰۱۶
۳۴	۰	۰	۸.۵۶	۹.۰۴	۱۷.۶۰	۱۰	۲۷.۶۰
۳۶			۴.۲۴	۶.۴۰	۱۰.۶۴	۱۰	۲۰.۶۴
۳۸			۰	۴.۲۸	۴.۲۸	۱۰	۱۴.۲۸
۴۰				۲.۱۲	۲.۱۲	۱۰	۱۲.۱۲
۴۲				۰	۰	۱۰	۱۰

جدول ۶-۵-ب

محاسبه دبی اوج هیدروگراف سیلاب با استفاده از هیدروگراف واحد ۴ ساعته - دبی ها برحسب cms است						
زمان (hr)	هیدروگراف واحد ۴ساعته	ناشی از بارش ۱.۵	ناشی از بارش ۵	ناشی از بارش ۲	رواناب مستقیم	دبی پایه	هیدروگراف کل
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)
۰	۰	۰			۰	۱۵	۱۵.۰
۴	۵۴	۸۱	۰		۸۱.۰	۱۵	۹۶.۰
۸	۶۸.۶	۱۰۲.۹	۲۷۰	۰	۳۷۲.۹	۱۵	۳۸۷.۹
۱۲	۴۳.۲	۶۴.۸	۳۴۳	۱۰۸	۵۱۵.۸	۱۵	۵۳۰.۸
۱۶	۲۲.۰	۳۳	۲۱۶	۱۳۷.۲	۳۸۶.۲	۱۵	۴۰۱.۲
۲۰	۱۰.۷	۱۶.۰۵	۱۱۰	۸۶.۴	۲۱۲.۴۵	۱۵	۲۲۷.۴۵

از مطالب بالا نتیجه می‌شود که برای استخراج هیدروگراف واحد حوضه باید حداقل یک هیدروگراف مشاهداتی موجود باشد. یعنی اگر هدف برآورد هیدروگراف واحد یک ساعته حوضه‌ای باشد باید قبلا بارشی چند ساعته در حوضه باریده باشد و آمار اندازه گیری این بارش و هیدروگراف آن موجود باشد تا بتوان هیدروگراف واحد یک ساعته را استخراج کرد. حال اگر هدف برآورد هیدروگراف واحد ۲ ساعته باشد و هیچ وقت بارشی با این گام زمانی و سیلاب آن در سطح حوضه روی نداده باشد (یا در صورت وقوع اندازه گیری نشده و یا در دسترس نباشد) دو حالت مطرح می شود. الف- برای حوضه، هیدروگراف واحد مثلا ۱ ساعته در اختیار است ولی هدف داشتن هیدروگراف واحد ۲ ساعته (یا نیم ساعته) باشد. یعنی هیدروگراف واحدی به غیر از هیدروگراف واحدی که در اختیار است. ب- وقتی هیچگونه هیدروگراف واحدی برای حوضه در اختیار نیست ولی هدف مثلا استخراج هیدروگراف واحد ۲ ساعته آن باشد تا بتوان با داشتن بارش ۲ ساعته این حوضه هیدروگراف سیلاب آن را بدست آورد. در حالت الف، با روشهای آمده در زیر می‌توان مدت هیدروگراف واحد موجود را تغییر داده و از آن یک هیدروگراف واحد بلند مدت‌تر یا کوتاه مدت‌تر ساخت. اما برای حالت دوم باید اقدام به استخراج هیدروگراف‌های واحد مصنوعی کرد.

۶-۲ تغییر مدت هیدروگراف واحد

الف- استخراج هیدروگراف واحد بلند مدت از یک هیدروگراف واحد کوتاه مدت: اگر هیدروگراف حاصله از یک بارش t ساعته حوضه‌ای موجود باشد، این امکان وجود دارد که از روی آن بتوان برای آن حوضه هیدروگراف واحد t ساعته یا nt ساعته بسازیم (n می‌تواند هر عدد صحیحی باشد). مثلا اگر آمار هیدروگراف حاصله از بارش دو ساعته حوضه‌ای در دست باشد ابتدا برای آن حوضه مطابق آنچه در بخش های قبل گفته شد هیدروگراف واحد دو ساعته می‌سازیم و سپس به ترتیبی که در مثال زیر آمده است از روی هیدروگراف واحد دو ساعته می توان هیدروگراف واحد ۴، ۶، ۸، ... و یا بعبارت دیگر $2n$ ساعته حوضه را استخراج نمود. این موضوع با ذکر یک مثال تشریح شده است.

مثال ۶-۸: بارش یک ساعته‌ای که رواناب مازاد (موثر) آن (رواناب مستقیم) ۱.۴ سانتی متر است روی حوضه‌ای باریده است. دبی سیل در ساعات مختلف اندازه گیری شده است که مقادیر مشاهده شده آن در جدول زیر (ستون ۲) ذکر گردیده است. با توجه به دبی پایه رودخانه (ارقام ستون ۳) هدف ترسیم هیدروگراف واحد دو ساعته این حوضه است.

حل: ابتدا هیدروگراف واحد یک ساعته استخراج می شود. مانند قبل، در اینجا نیز عملیات زیر را انجام می‌دهیم.

(۱) دبی پایه از رواناب رودخانه کسر تا رواناب مستقیم حاصل شود. این ارقام در ستون ۴ جدول زیر آمده است.