رواناب سطحی

Surface run-off

رواناب سطحی

موقعی اتفاق می افتد که شدت بارندگی و ریزش های جوی بیشتر از ذخیره سطحی و سرعت نفوذ باشد که مازاد آب به صورت جریان سطحی یا روان آب در سطح زمین جاری می گردد.

$$P - R - G - E.T = \triangle S$$

یعنی مقدار ذخیره ای که از نظر آب بوجود می آید تفاضل بین مقدار آب های ورودی (بارندگی، روان آب، آب های زیرزمینی و مقدار خروجی مثل تبخیر و تعرق)

رواناب سطحی

هرگاه شدت بارندگی از ظرفیت نفوذ آب به داخل خاک بیشتر باشد بخشی از آب حاصله از بارندگی در سطح حوضه باقی می‌ماند. این آب پس از پرکردن گودیهای سطح زمین که به آن چالاب گفته می‌شود، در امتداد شیب زمین جریان پیدا کرده و از طریق شبکه آبراهه‌ها و سپس رودخانهٔ اصلی از حوضه خارج می‌گردد. به‌این بخش از بارندگی که می‌توان مقدار آن را در رودخانه‌ها اندازه‌گیری کرد ***رواناب سطحی*** (surface run-off) می‌گویند. اصولاً جریانی که در سطح زمین پس از بارندگی بصورت ورقه‌ی راه می‌افتد قبل از آنکه به اولین رده آبراهه برسد ***جریان روی زمینی*** (overland flow) گفته می‌شود.

رواناب سطحی

جریان روی زمینی (Overland flow)

اصولاً جریانی که در سطح زمین پس از بارندگی بصورت ورقه‌ی راه می‌افتد قبل از آنکه به اولین رده آبراهه برسد جریان روی زمینی (overland flow) گفته می‌شود. اگر تراکم شبکه آبراهه‌های حوضه Da کیلومتر در هر کیلومتر مربع باشد متوسط طول جریان روی زمینی 0.50/Da خواهد بود. مثلاً با توجه به مثال ۱۲-۱ چنانچه تراکم شبکه رودخانه‌ها در حوضه ۲/۶۳ کیلومتر در هر کیلومتر مربع باشد طولی راکه رواناب بصورت جریان روی زمینی قبل از رسیدن به آبراهه‌ها طی می‌کند بطور متوسط ۰/۱۹ کیلومتر یا ۱۹۰ متر می‌باشد.

رواناب سطحی

ارتفاع رواناب

استفاده از فرمول ها، جداول و یا منحنی های تجربی

روش استفاده از خصوصیات نفوذ آب در حوضه

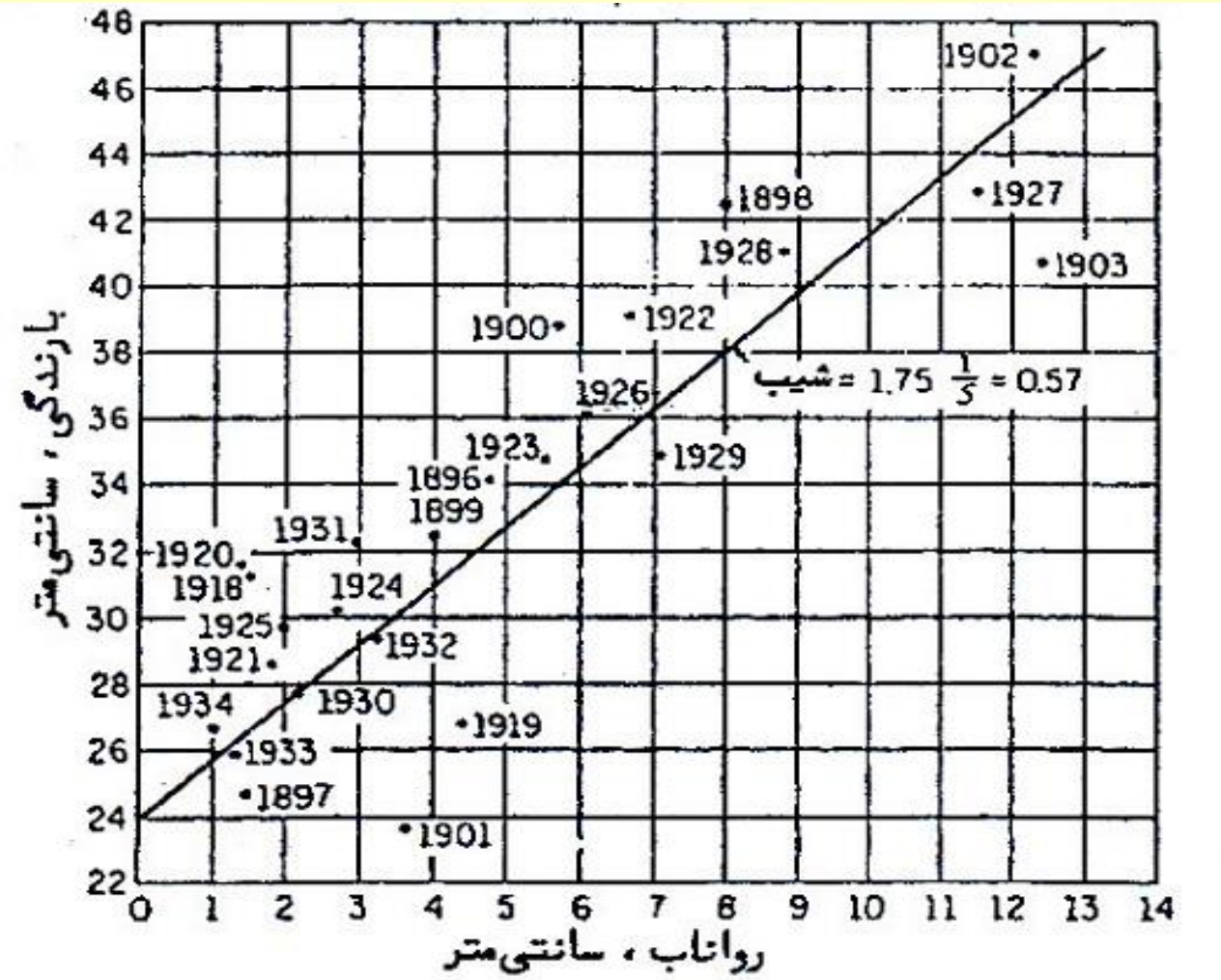
روش های استدلالی

روش هیدروگراف جریان آب

روش هیدروگراف واحد

رواناب سطحی

رابطه رواناب و بارندگی



شکل ۱۳-۱ رابطه بین بارندگی و رواناب سطحی

رواناب سطحی

رابطه رواناب و بارندگی

در شکل ۱۳-۱ معادلهٔ خط را به صورت $R = S(P - P_a)$ که در آن S شیب خط نسبت به محور عرض‌ها می‌باشد نیز می‌توان نوشت که در این صورت با توجه به آنچه روی شکل مشاهده می‌شود این معادله به وضعیت $R = 0.57(P - 24)$ خواهد بود. اگر مثلاً بارندگی در یک سال ۳۴ سانتی‌متر باشد مقدار رواناب از روی شکل یا معادله ۵/۷ سانتی‌متر تخمین زده می‌شود. استخراج چنین رابطه‌هایی برای حوضه‌ها در هیدرولوژی با اهمیت بوده و می‌تواند از نظر تخمین آورد سالانه رودخانه‌ها مفید باشد، اما بدست آوردن این نوع رابطه تنها در صورتی امکان پذیر است که داده‌های اندازه‌گیری شده بارندگی و رواناب در حوضه وجود داشته باشد.

رواناب سطحی

ارتفاع رواناب

استفاده از فرمول ها، جداول و یا منحنی های تجربی

رواناب حاصله از بارندگی را می‌توان بر حسب ارتفاع یا حجم توصیف کرده و آن را به‌روشهای مختلف برآورد نمود. از جمله روشهای معمول در هیدرولوژی روش پیشنهادی سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) است که برای حوضه‌هایی که در آنها داده‌های اندازه‌گیری دبی رواناب وجود ندارد بکار می‌رود. در روش SCS ارتفاع رواناب حاصله از یک بارندگی بصورت زیر محاسبه می‌شود :

$$R = \frac{(P - 0.2\,S)^2}{(P + 0.8\,S)} \qquad (۲-۱۳)$$

که در آن:

R = ارتفاع رواناب برحسب اینچ

P = ارتفاع بارندگی (اینچ)

S = عامل مربوط به نگهداشت آب در سطح زمین است که مقدار آن برابر است با:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \qquad (۳-۱۳)$$

دراین معادله CN شماره منحنی مربوط به مقدار نفوذ آب در حوضه می‌باشد که روش بدست آوردن آن در فصل قبل بحث شده است. با داشتن مقادیر بارندگی (P) و شماره منحنی حوضه (CN) می‌توان از روی معادلات فوق ارتفاع رواناب را بدست آورد.

رواناب سطحی

ارتفاع رواناب

استفاده از فرمول ها، جداول و یا منحنی های تجربی

سیستم متریک (میلی متر)

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

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

رواناب سطحی

ضریب رواناب (run-off coefficient)

تقسیم ارتفاع رواناب بر ارتفاع بارندگی را ضریب رواناب گویند

. اطلاعات زیر در مورد حوضهٔ آبریز رودخانه ای موجود می باشد؟

مساحت حوضه ۳۰۰ کیلومتر متر مربع ، میزان بارش ۱۰ میلیمتر، ضریب رواناب ۰/۵ ، حجم رواناب چند متر مکعب است؟

الف. ۱/۵۰۰/۰۰۰ ب. ۷۵۰/۰۰۰ ج. ۵۰۰/۰۰۰ د. ۱/۰۰۰/۰۰۰

رواناب سطحی

ارتفاع رواناب

استفاده از فرمول ها، جداول و یا منحنی های تجربی

مسئله

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.

CN = 78

رواناب سطحی

ارتفاع رواناب

استفاده از فرمول ها، جداول و یا منحنی های تجربی

مسئله

مقدار CN در یک حوضه برابر ۶۹ می‌باشد، چنانچه بارندگی ۷۵ میلی‌متر باشد ارتفاع رواناب را محاسبه کنید. اگر سطح حوضه ۲۰ کیلومترمربع باشد حجم رواناب چقدر است؟

رواناب سطحی

ارتفاع رواناب

استفاده از فرمول ها، جداول و یا منحنی های تجربی

مسئله

رابطه بین بارندگی و رواناب برخلاف تصور همیشه خطی نیست مگر این که نگهداشت سطحی (S) در حوضه ناچیز باشد (CN = 100) که در این صورت منحنی (رابطه بارندگی- رواناب) از مرکز مختصات نیز می‌گذرد، اما برای حوضه‌هایی که در آنها نگهداشت سطحی زیاد است اولاً این رابطه بصورت یک منحنی نمایی است، ثانیاً با افزایش نمایه S منحنی از مرکز مختصات نیز فاصله گرفته و بخش زیادی از بارندگی بدون آن که جاری شود در سطح حوضه نگهداشته می‌شود. در عمل ضریب رواناب حوضه بعنوان درصدی از بارندگی که به رواناب تبدیل می‌شود مشخص و ارتفاع رواناب با فرمول ساده زیر تخمین زده می‌شود:

$$R = C \cdot P \qquad (۴-۱۳)$$

که در آن C ضریب رواناب، P مقدار ارتفاع بارندگی و R مقدار ارتفاع رواناب است.

رواناب سطحی

ضریب رواناب

جدول ۱۳-۱ ضریب رواناب (C) در حوضه‌های مختلف

نوع پوشش سطح حوضه	شیب زمین		
	0-5%	5-10%	10-30%
اراضی مرتعی			
خاک شنی لومی	0.1	0.16	0.22
خاک رسی لومی	0.3	0.36	0.42
خاک رسی سنگین	0.4	0.55	0.60
اراضی جنگلی			
خاک شنی لومی	0.1	0.25	0.3
خاک رسی لومی	0.3	0.35	0.5
خاک رسی سنگین	0.4	0.50	0.6
اراضی کشاورزی			
خاک شنی لومی	0.3	0.4	0.52
خاک رسی لومی	0.5	0.6	0.72
خاک رسی سنگین	0.6	0.7	0.82
اراضی شهری			
30% آسفالت	0.4	0.5	
50% آسفالت	0.55	0.65	
70% آسفالت	0.65	0.80	

رواناب سطحی

مثال ۱ : در یک حوضه آبریز که مساحت آن ۲۵۰۰ کیلومترمربع است. میانگین سالانه بارندگی ۱۳۰۰ میلیمتر (۱۳۰ سانتیمتر) و متوسط جریان خروجی از حوضه در طول سال ۳۰ مترمکعب در ثانیه برآورد شده است. مقدار تلفات آبی را که مجموعاً بصورت تبخیر و تعرق و نفوذ (جریان زیرزمینی) از سطح حوضه خارج می شود بدست آورید؟ در ضمن مقدار رواناب سطحی که به رودخانه این حوضه وارد می شود چند سانتیمتر است؟ ضریب رواناب (درصدی از بارندگی که به رواناب سطحی تبدیل می گردد) چقدر است؟

فرض: دوره زمانی یک سال و تغییرات ذخیره برابر صفر می باشد.

حل :

$$P-R-G-E-T=\Delta S=0 \quad \Longrightarrow \quad P-R=G+ET$$

$$G+ET = ۱۳۰\ cm - \frac{۳۰ m^3/s \times ۸۶۴۰۰ sec/day \times ۳۶۵\ day \times ۱۰۰ cm/m}{۲۵۰۰ km^2 \times (۱۰۰۰ m/km)^2}$$

$G + ET = ۱۳۰-۳۷/۹ = ۹۲/۱$ cm مقدار تلفات

$۱۳۰ - ۹۲/۱ = ۳۷/۹$ مقدار رواناب

$\frac{R}{P} = \frac{۳۷/۹}{۱۳۰} = ۰/۲۹ =$ ضریب رواناب ۲۹٪

رواناب سطحی

مثال ۲ : مقدار بارندگی طی ۲ ماه از سال در یک حوضه آبریز به مساحت ۶۵ کیلومترمربع که در بالادست یک سد مخزنی واقع شده است، ۲۵۴ میلیمتر پیش بینی گردیده است. تصور می شود، ۸۵ میلیمتر آن صرف تبخیر و تعرق و ۲۰ میلیمتر به داخل خاک نفوذ کرده و بقیه جاری و وارد مخزن گردد. مقدار رواناب چند مترمکعب و یا چند لیتر خواهد بود؟ اگر مصرف سرانه هر نفر برای شرب و بهداشت در روز ۱۶۰ لیتر باشد، با این رواناب نیاز آبی چند نفر بمدت ۲ ماه تأمین خواهد شد؟ (فرض $\Delta S=0$)

حل :

$$R = P - G - ET \quad \Longrightarrow \quad R = ۲۵۴ - ۲۰ - ۸۵ = ۱۴۹ \text{ mm}$$

$$R = \frac{۱۴۹\ mm}{۱۰۰۰\ mm/m} \times ۶۵\ km^۲ \times \left(۱۰^۶\ m^۲/km^۲\right) = \frac{۹}{۶۸۵} \times\ ۱۰^۶ m^۳$$

$$R = ۹/۶۸۵ \times ۱۰^۹ lit$$

مصرف آب برای هر نفر در طی مدت ۲ ماه : $۲\times ۳۰ \times ۱۶۰\ lit$

$$N = \frac{۹/۶۸۵\times۱۰^۹ lit}{۲\times۳۰\times۱۶۰\ lit} = ۱۰۰۰۰۰۰ \text{ نفر}$$

رواناب سطحی

کلیات

مثال ۳ : حجم کل بارندگی روی یک کشور با مساحت ۹۸۶۵۲۳ کیلومترمربع، سالانه معادل ۳۸۹ میلیارد مترمکعب تخمین زده می شود. متوسط بارندگی روی این کشور چند میلیمتر می باشد.

حل :

مساحت کشور= ۹۸۶۵۲۳ km^2 = ۹/۸۶۵۲۳ × ۱۰^{۱۲} m^2

حجم بارندگی= ۳۸۹× ۱۰^{۹} m^3

عمق بارندگی = $\frac{\text{حجم}}{\text{مساحت}} = \frac{۳۸۹\times۱۰^{۹} m^3}{۹/۸۶۵۲۳\times۱۰^{۱۲} m^2}$ = ۰/۰۳۹ m = ۰/۰۳۹× ۱۰۰۰ = ۳۹ mm

رواناب سطحی

تخمین آبدهی سالانه حوزه

رواناب سالانه یک رودخانه (آورد سالانه) از مهمترین پارامترهائی است که انتظار بدست آوردن آن از یک هیدرولوژیست می‌رود. این موضوع در رودخانه‌هائی که دارای ایستگاه اندازه‌گیری آب می‌باشند کار چندان دشواری نیست اما برآورد آن برای حوضه‌های فاقد ایستگاه نسبتاً مشکل است. امروزه مدل‌های کامپیوتری به انجام این امر کمک فراوان کرده‌اند اما در طرحهای کوچک اگر دسترسی به این مدل‌ها وجود نداشته باشد می‌توان از روشهای ساده تجربی استفاده کرد.

رواناب سطحی

تخمین آبدهی سالانه حوزه

روش جاستین

در این روش ابتدا در منطقه مورد نظر یک حوضه آبریز راکه دارای آمار اندازه‌گیری آب بوده و مشخصات زیر در آن معلوم باشد در نظر می‌گیریم :

- مساحت حوضه ، A (کیلومتر مربع)
- حداکثر ارتفاع حوضه، H_{max} (کیلومتر)
- حداقل ارتفاع حوضه، H_{min} (کیلومتر)
- آبدهی سالانه، W (میلیون متر مکعب)
- متوسط بارش سالانه در حوضه، P (سانتی متر)
- متوسط دمای سالانه هوا، T (سانتی گراد)

حال با داشتن این مشخصه‌ها محاسبات زیر را انجام و ضریب K راکه بنام ضریب جاستین معروف می‌باشد برای این حوضه بدست می‌آوریم.

$$S = \frac{H_{max} - H_{min}}{\sqrt{A}} \qquad (۶-۱۳)$$

$$R = \frac{W}{A} \qquad (۷-۱۳)$$

$$K = \frac{R(1.8\,T + 32)}{S^{0.155}\,P^{2}} \qquad (۸-۱۳)$$

پس از بدست آوردن ضریب K برای حوضه مذکور با انجام عمل عکس آبدهی سالانه (W) را برای‌حوضه‌موردنظرکه در همان منقطه اقلیمی واقع شده است مطابق مثال زیر بدست می‌آوریم.

رواناب سطحی

تخمین آبدهی سالانه حوزه

مسئله

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

- مساحت حوضه $A = 3230\ km^2$
- حداکثر ارتفاع از سطح دریا $H_{max} = 2787\ m$
- حداقل ارتفاع از سطح دریا $H_{min} = 1100\ m$
- متوسط بارش سالانه $P = 166\ mm$
- 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 $A = 2070\ km^2$
- حداکثر ارتفاع حوضه رودخانه سالار $H_{max} = 2700\ m$
- حداقل ارتفاع حوضه رودخانه سالار $H_{min} = 1230\ m$
- آبدهی سالانه رودخانه سالار بر اساس اندازه‌گیریهای موجود ۴۰ میلیون متر مکعب
- متوسط بارش سالانه در حوضه سالار $P = 250\ mm$
- متوسط دمای سالانه $T = 13.7\ ^{\circ}C$

رواناب سطحی

تخمین آبدهی سالانه حوزه

مسئله

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.

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

$$S = 0.03231$$

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

$$K = \frac{R(1.8\,T + 32)}{S^{0.155}\,P^2}$$

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

رواناب سطحی

تخمین آبدهی سالانه حوزه

مسئله

حال با داشتن این ضریب مقدار آبدهی حوضه مورد نظر قابل محاسبه است. بدین ترتیب که با انجام عمل عکس خواهیم داشت:

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

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

$$R = \frac{K\,(S)^{0.155}\,P^2}{(1.8T + 32)}$$

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

$$W = A \,.\, R$$

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

$$W = 28.42 \text{ Mm}^3$$

بنابراین مقدار آورد سالانه این حوضه ۲۸/۴۲ میلیون متر مکعب در سال تخمین زده می‌شود.

رواناب سطحی

حداکثر دبی رواناب

در طراحی سازه‌های آبی علاوه بر حجم یا ارتفاع رواناب حاصل از بارندگیها حداکثر شدت لحظه‌ای رواناب نیز مورد نظر می‌باشد. ساده‌ترین رابطه‌ای که برای تخمین حداکثر دبی رواناب می‌توان نوشت معادله *استدلالی* (rational) است. چنانچه بارانی با شدت i روی حوضه ببارد و مساحت حوضه معادل A باشد اگر شدت بارندگی ثابت و مدت بارندگی برابر زمان تمرکز حوضه یا بیشتر از آن باشد با فرض این که بارندگی تمام سطح A را در برگرفته باشد حداکثر دبی رواناب با توجه به ضریب رواناب C برابر خواهد بود با،

$$Q = \frac{1}{36} C i A \qquad (۱۳-۱۳)$$

در این معادله:

i = شدت بارندگی برحسب (سانتی‌متر بر ساعت)

A = سطح حوضه (هکتار)

C = ضریب رواناب (از جدول ۱۳-۱)

Q = حداکثر دبی رواناب (مترمکعب در ثانیه)

چنانچه شدت بارندگی برحسب میلی‌متر در ساعت و مساحت حوضه برحسب کیلومترمربع باشند دبی خروجی (Q) برحسب مترمکعب در ثانیه عبارت خواهد بود از:

$$Q = 0.278\ C i A \qquad (۱۴-۱۳)$$

رواناب سطحی

حداکثر دبی رواناب

مسئله

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:

$$R = C \cdot P = 0.16(15) \times 1.5 = 3.6 \text{ mm}$$

و حداکثر دبی رواناب برابر است با:

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

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

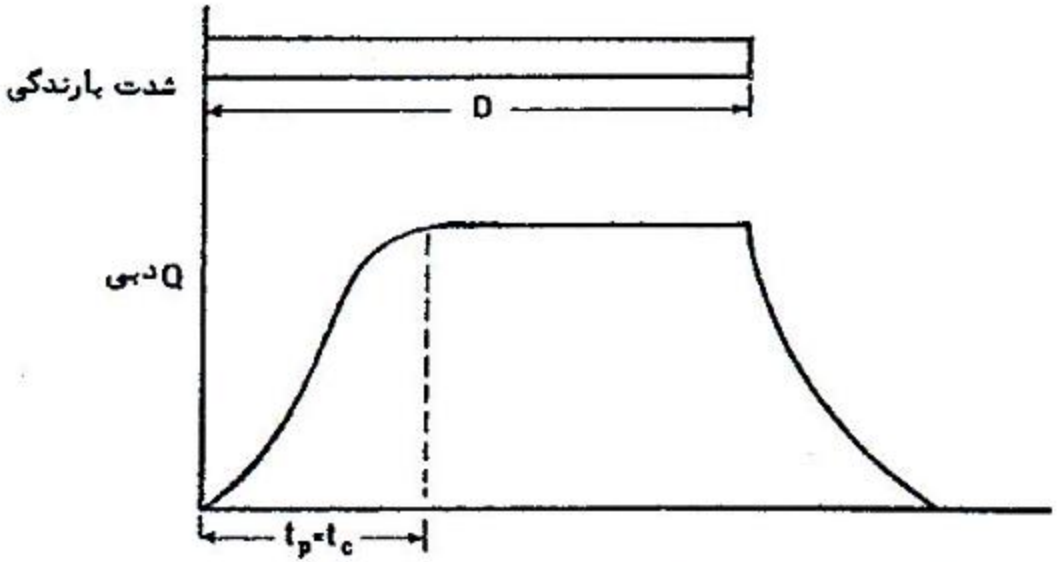
رواناب سطحی

هیدروگراف

هیدروگراف نموداری است که تغییرات دبی رواناب را نسبت به زمان نشان می‌دهد. در قسمت قبل گفته شد که اگر روی یک حوضهٔ آبریز که زمان تمرکز آن t_c است باران یکنواختی به مدت D ساعت ببارد و $D > t_c$ باشد دبی خروجی از حوضه بتدریج افزایش می‌یابد و در زمانی که برابر زمان تمرکز حوضه است به حداکثر خود می‌رسد. سپس تا زمانی که بارندگی ادامه دارد دبی ثابت باقی مانده ولی بلافاصله پس از قطع باران دبی نیز تقلیل می‌یابد. چنین منحنی که تغییرات دبی را در زمانهای مختلف نشان می‌دهد هیدروگراف گویند. شکل ۱۳-۵ تیپ هیدروگراف‌هایی است که در آن تداوم بارندگی (D) از زمان تمرکز حوضه (t_c) بیشتر است. در چنین وضعیتی زمان رسیدن به اوج هیدروگراف (t_p) با زمان تمرکز برابر خواهد بود ($t_p = t_c$).

رواناب سطحی

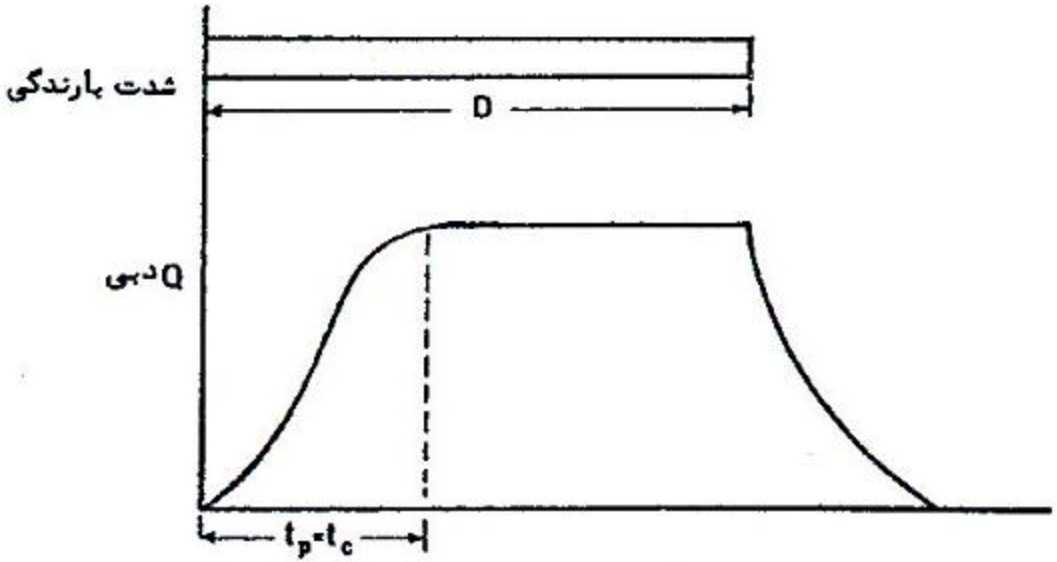
هیدروگراف



شکل ۱۳-۵ نمونه یک هیدروگراف برای وضعیّت بارندگیهای با شدت ثابت که در آنها مدت بارندگی طولانی‌تر از زمان تمرکز است.

رواناب سطحی

هیدروگراف



شکل ۱۳-۵ نمونه یک هیدروگراف برای وضعیّت بارندگیهای با شدت ثابت که در آنها مدت بارندگی طولانی‌تر از زمان تمرکز است.

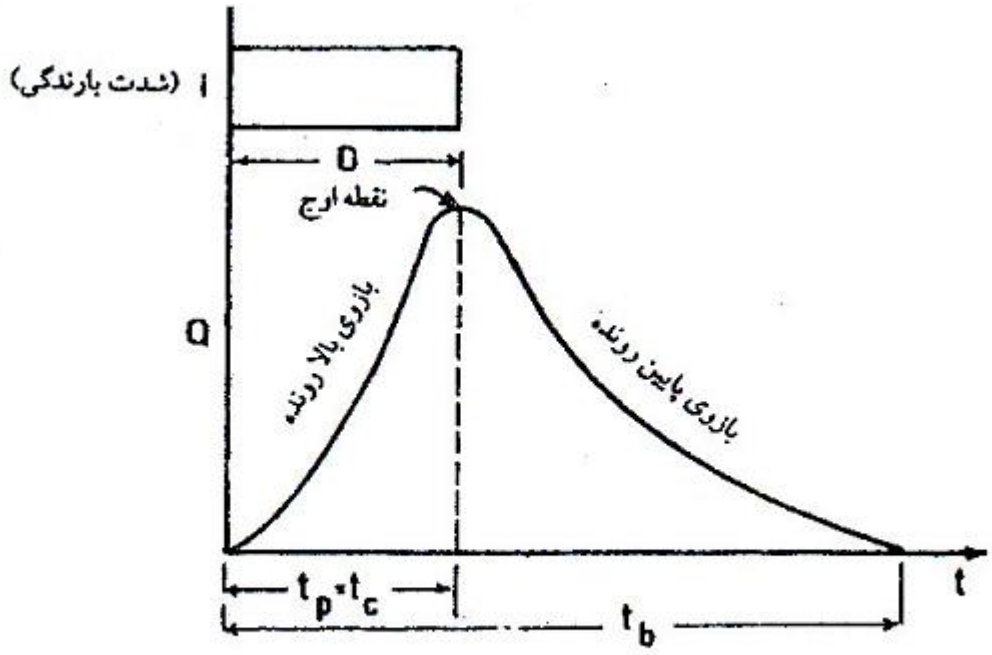
رواناب سطحی

هیدروگراف

اما اگر مدت بارندگی برابر زمان تمرکز حوضه ($D = t_c$) باشد در شکل هیدروگراف تغییراتی بوجود می‌آید و قسمت اوج آن از حالت پهن بودن خارج شده و شکل قله‌ای بخود می‌گیرد. بطوریکه هیدروگراف بلافاصله پس از رسیدن به اوج دوباره نزول کرده و منحنی شکل مثلثی یا زنگوله‌ای پیدا می‌کند. در چنین وضعیتی چون تداوم بارندگی دقیقاً برابرزمان تمرکز حوضه است زمان رسیدن به اوج نیز برابر زمان تمرکز خواهد بود. که این وضعیت در شکل ۱۳-۶ نشان داده شده است. این شکل برای وضعیتی است که زمان تمرکز حوضه (t_c) و تداوم بارندگی (D) با هم برابر بوده‌اند. ($t_c = D$). در نتیجه هیدروگراف در زمانی به اوج خود می‌رسد (t_p) که بارندگی به اتمام رسیده باشد. در این وضعیت زمان رسیدن به اوج در هیدروگراف برابر زمان تمرکز و تداوم بارندگی است ($t_p = t_c = D$).

رواناب سطحی

هیدروگراف



شکل ۱۳-۶ نمونه یک هیدروگراف برای وضعیّتی‌که زمان بارندگی مساوی زمان تمرکز است.

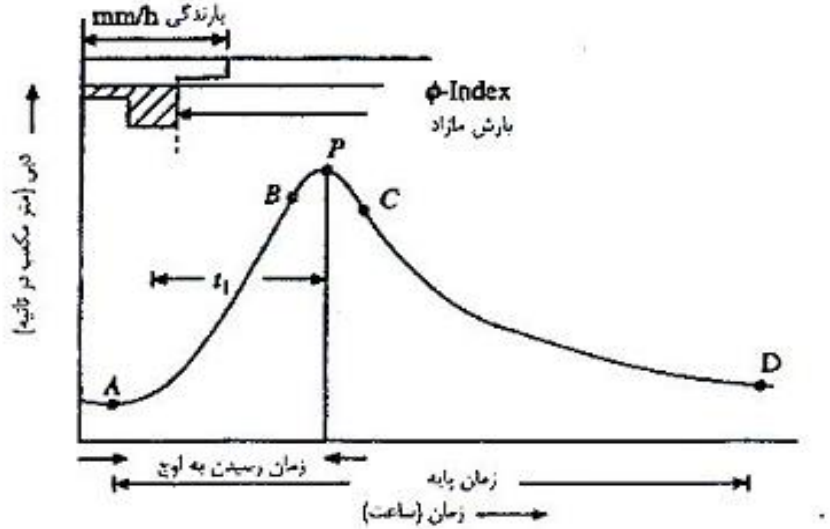
رواناب سطحی

هیدروگراف

اگر مدت بارندگی کوتاهتر از زمان تمرکز حوضه باشد باز هم هیدروگراف شکل زنگوله‌ای خود را حفظ خواهد کرد ولی هیدروگراف پس از یک تأخیر زمانی به نقطه اوج می‌رسد (شکل ۱۳-۷). فاصله زمانی بین مرکز بارندگی تا نقطه اوج هیدروگراف را زمان تأخیر (lag time) می‌گویند. (ti در شکل ۱۳-۷ و یا t_{lag} در شکل ۳-۸).

رواناب سطحی

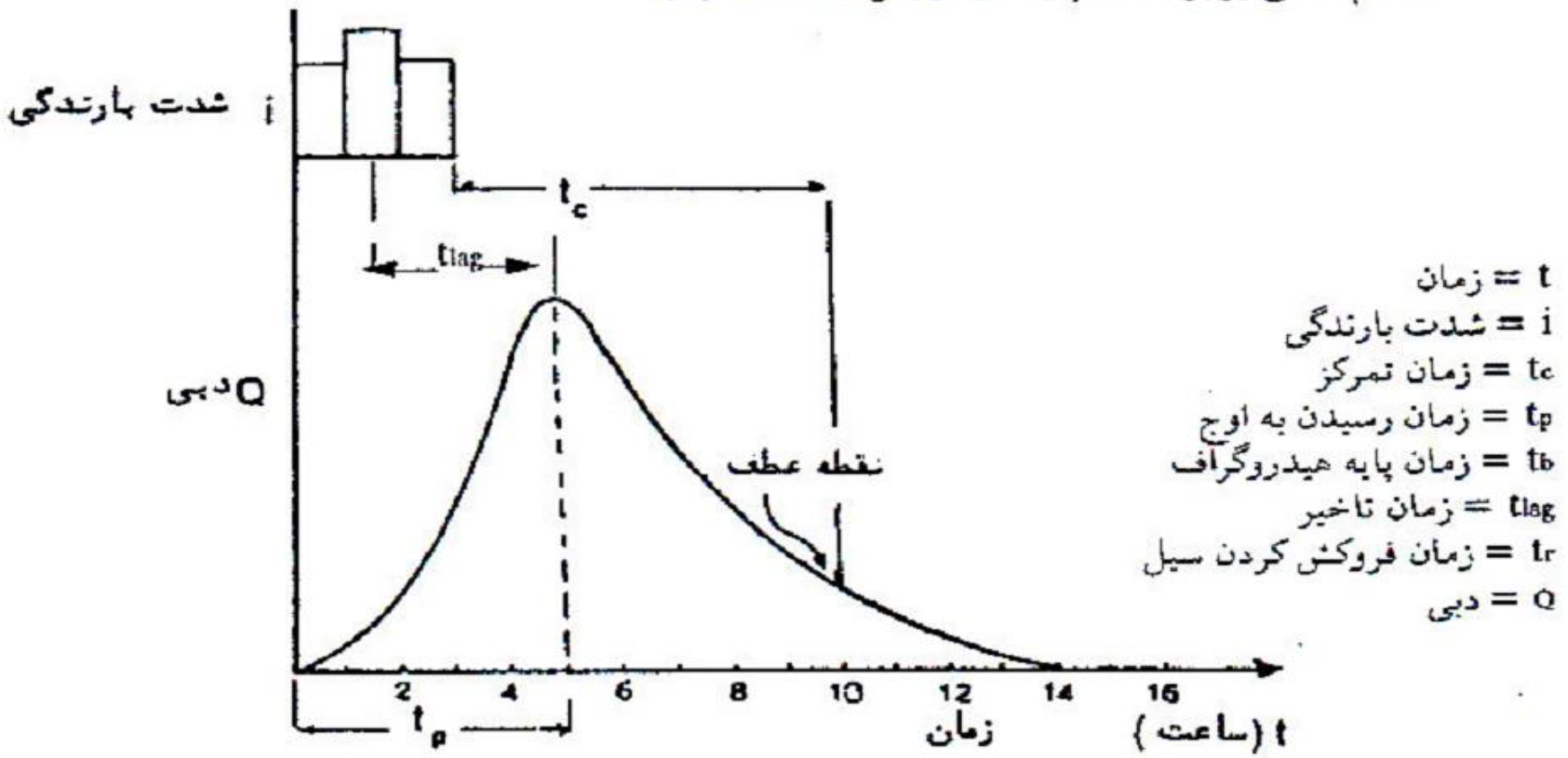
هیدروگراف



شکل ۱۳-۷ وضعیت هیدروگراف در شرایطی که مدت بارندگی کوتاهتر از زمان تمرکز حوضه باشد.

کاربرد هیدروگراف

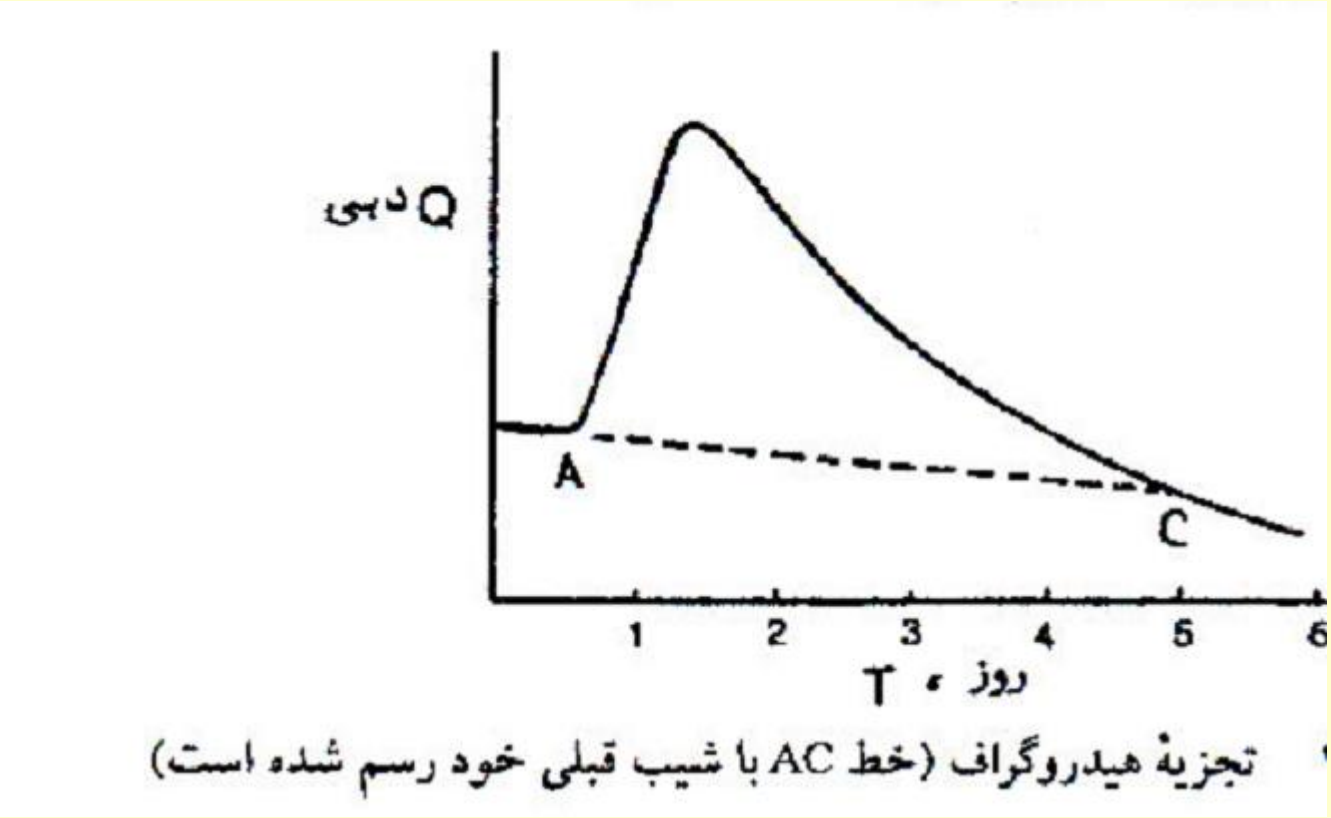
- از هیدروگراف می‌توان زمان شروع و پایان سیل را نسبت به آغاز بارندگی مشخص کرد.
- دبی اوج سیل و زمان وقوع آن از روی هیدروگراف قابل تشخیص است.
- شکل بازوی بالارونده و پایین روندهٔ هیدروگراف مشخص کنندهٔ چگونگی افزایش و فروکش کردن سیل است.
- حجم سیلاب را می‌توان از روی سطح زیر منحنی هیدروگراف محاسبه کرد.
- تداوم سیل برابر زمان پایهٔ هیدروگراف است (t_b).



t = زمان
i = شدت بارندگی
t_c = زمان تمرکز
t_p = زمان رسیدن به اوج
t_b = زمان پایه هیدروگراف
t_{lag} = زمان تاخیر
t_r = زمان فروکش کردن سیل
Q = دبی

رواناب سطحی

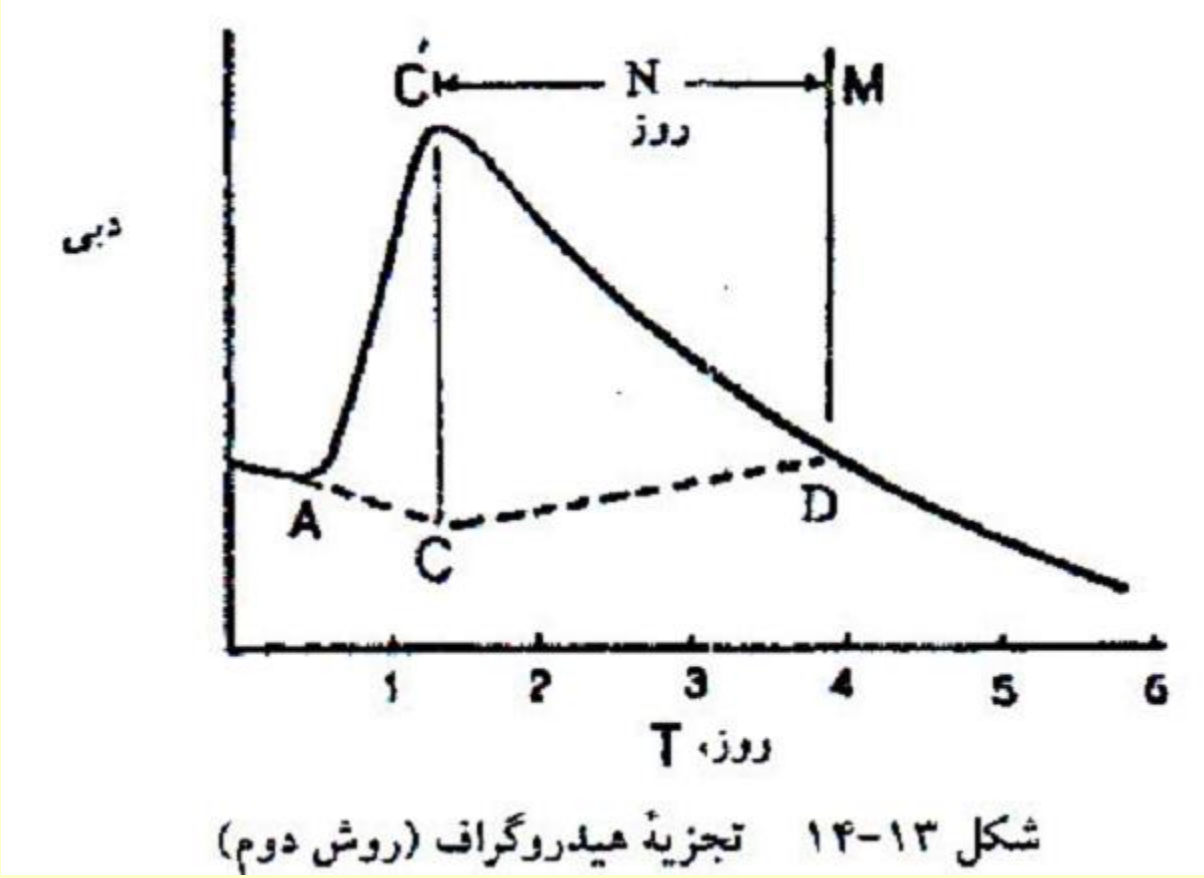
مجزا کردن هیدروگراف



تجزیهٔ هیدروگراف (خط AC با شیب قبلی خود رسم شده است)

رواناب سطحی

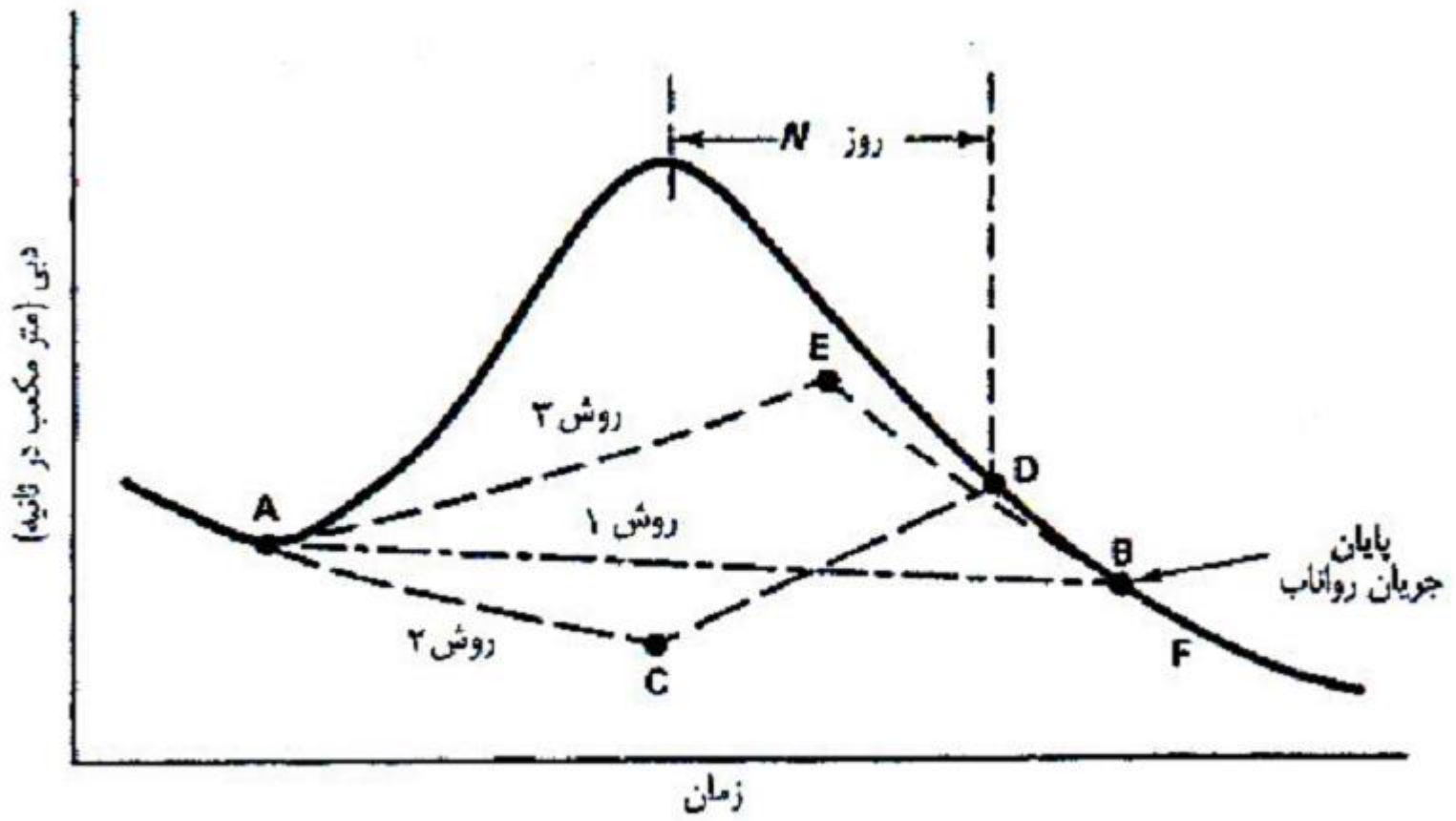
مجزا کردن هیدروگراف



شکل ۱۳-۱۴ تجزیهٔ هیدروگراف (روش دوم)

رواناب سطحی

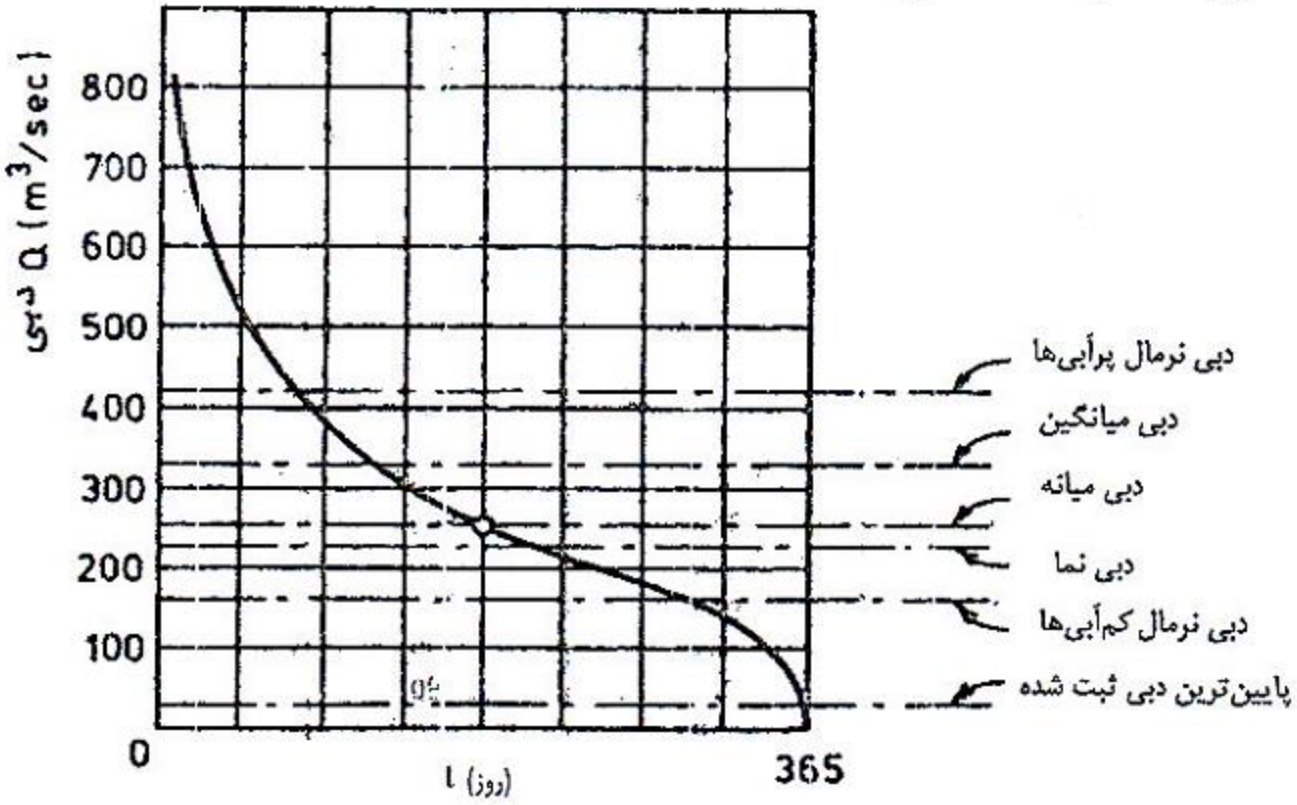
مجزا کردن هیدروگراف



شکل ۱۳-۱۵ روشهای مجزا کردن دبی پایه از هیدروگراف

منحنی تداوم جریان

یکی‌ازپارامترهای‌مهم‌درهیدرولوژی منحنی تداوم جریان یا دبی کلاسه در رودخانه است. این منحنی از رسم دبی رودخانه نسبت به زمان (تجمعی) به دست می‌آید.



شکل ۱۳-۱۷ نمونه‌ای از منحنی تداوم جریان (دبی کلاسه)

مشخصهٔ رودخانه

(۱)- **دبی نرمال در حالت پرآبی** : مقدار جریانی است که در $\frac{۱}{۴} \times ۳۶۵ = ۹۱$ روز از سال دبی مساوی یا بالاتر از آن باشد.

(۲)- **دبی نرمال در حالت کم‌آبی** : مقدارجریانی است که در $\frac{۳}{۴} \times ۳۶۵ = ۲۷۴$ روز از سال دبی رودخانه مساوی یا بالاتر از آن است.

(۳)- **دبی عادی** (normal) : مقدار جریانی است که نیمی از روزهای سال یعنی $\frac{۱}{۲} \times ۳۶۵ = ۱۸۲$ روز دبی مساوی یا بالاتر از آن است.

(۴)- **دبی میانگین** (mean): مقدار جریانی است که از حاصل‌جمع حجم آبی که از رودخانه عبور می‌کند و تقسیم آن بر زمان عبور $(\frac{\Sigma V}{t})$ به‌دست می‌آید. مثلاً اگر حجم کل آب‌رودخانه در سال (m^3) را بر $۳۶۵ \times ۸۶۴۰۰ = ۳۱۵۳۶۰۰۰$ ثانیه تقسیم کنیم دبی‌میانگین به دست می‌آید.

(۵)- **دبی میانه** (median) : اگر دبی هر روز را به ترتیب نزولی ردیف کنیم متوسط دبی در روزهای ۱۸۲ و ۱۸۳ دبی میانه خواهد بود.

(۶)- **دبی نما** (mode) : مقدار جریان یا محدوده‌ای از دبی است که بالاترین فراوانی وقوع را در طول سال داشته باشد.

رواناب سطحی

هیدروگراف واحد

هیدروگراف واحد (UH) هیدروگرافی است که ارتفاع رواناب در آن به اندازه یک واحد طول باشد. یعنی اگر حجم رواناب این هیدروگراف را برسطح حوضه تقسیم کنیم ارتفاع حاصله از آن یک واحد گردد. این واحد می‌تواند سانتی‌متر، میلی‌متر و یا اینچ انتخاب شود. در تعریف هیدروگراف واحد لازم است مدت بارندگی نیز مشخص گردد، بطوریکه معلوم باشد ارتفاع یک واحد رواناب، مربوط به چه مدت از بارندگی است. بنابراین هیدروگراف واحد می‌تواند مثلاً ۱، ۲، ۳ و یا چند ساعته باشد. لذا هیدروگراف واحد t ساعته یعنی هیدروگرافی که از t ساعت بارندگی حاصل شده و در ضمن ارتفاع رواناب آن نیز مثلاً یک میلی‌متر باشد. شرمن برای ارتفاع رواناب واحد اینچ را بکار برد اما واحدهای سانتی‌متر و حتی میلی‌متر هم به کار برده می‌شود.

رواناب سطحی

هیدروگراف واحد

بنابراین در سیستم متریک هیدروگراف واحد هیدروگرافی است که رواناب ان یک سانتی‌متر یا یک میلی‌متر باشد. توجه داشته باشید که در هیدروگراف واحد ارتفاع رواناب موردنظر است نه ارتفاع بارندگی، منظور از رواناب در این جا بارندگی مازاد است که به جریان سطحی تبدیل شده باشد و اگر رودخانه قبلاً دارای دبی پایه بوده است نباید آن را به‌عنوان رواناب مازاد بارندگی به حساب آورد. در این تعریف چون برای مدت بارندگی (t) مقداری مشخص نشده است پس هر حوضه می‌تواند بی‌نهایت هیدروگراف واحد داشته باشد، مانند هیدروگراف واحد یک ساعته، هیدروگراف واحد ۲ ساعته و ... .

رواناب سطحی

هیدروگراف واحد

ویژگی هیدروگراف واحد آن است که اگر برای یک حوضه هیدروگراف واحد را داشته باشیم قادر خواهیم بود از روی آن هیدروگراف طرح را که قرار است سازه آبی براساس آن طراحی شود، به شرط آنکه مدت بارندگی برابر همان مدت هیدروگراف واحد در نظر گرفته شود، بدست آوریم. بنابراین تهیه هیدروگراف واحد حوضه برای تداومهای مختلف از اقدامات اساسی در هیدرولوژی است. هیدروگراف واحد یا از روی هیدروگراف‌های معمولی حوضه که قبلاً اندازه‌گیری شده‌اند استخراج می‌شود و یا در صورت عدم وجود این هیدروگراف باید بصورت مصنوعی اقدام به تهیه آن نمود.