دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده کشاورزی

گروه علوم و مهندسی خاک

هیدرولوژی

تهیه و تنظیم
حیدر غفاری

حوضه آبریز[1]

تعریف بسیار مهمی که در هیدرولوژی وجود دارد عبارت حوضه آبریز است. حوضه‌ی آبریز پهنه‌ای است که تمامی رواناب ناشی از بارش باران و ذوب برف بر آن پهنه را یک رودخانه یا دریاچه یا باتلاق دریافت می‌کند. حوضه‌ی آبریز معمولا برای یک رودخانه تعریف می‌شود. خط الرأس تپه‌ها و کوه‌های یک منطقه مرز حوضه‌ی آبریز است که توسط خصوصیات مربوط به خود از حوضه‌ی دیگر جدا می‌شود. کشور ما به شش حوضه‌ی آبریزی اصلی تقسیم می‌شود که این حوضه‌ها را به صورت شماتیک در شکل مشاهده می‌کنید.

در بسیاری از نوشته‌ها فارسی به کلمه دیگری به نام حوضه آبخیز برخورد می‌شود که همین تعریف را دارد. کلمه حوضه را برخی به صورت حوضه و برخی به صورت حوزه می‌نویسند بر اساس واژه‌نامه‌های متعدد فارسی، حوزه مرز یا محیط یک پهنه را تعریف می‌کند و لذا بعد از حوزه بایستی یک اسم بیاید مثل حوزه استحفاظی یک شهر یا استان و یا حوزه نظام وظیفه بنابراین بعد از آن بایستی به صورت حوزه آبریز و یا حوزه آبخیز بیاید. کلمه حوضه مانند حوض است که خود معنی سطح را می‌دهد. مثل حوضه رودخانه کارون، حوضه رودخانه دز و امثالم.
کلمات انگلیسی مترادفی که برای این واژه بکار می‌رود عبارتند از:

بیشتر برای حوضه‌های بزرگ	Basin
حوزه آبریز یا آبخیز (در متون آمریکایی)	Watershed
حوزه آبریز یا آبخیز (در متون انگلیسی UK)	Catchment
بیشتر در مسائل زهکشی	Drainage area
بیشتر در مسائل زهکشی	Drainage basin

مرز حوضه را خط الراس تپه‌ها و کوه‌های یک منطقه مشخص می‌کند و آنرا از حوضه‌های مجاور جدا می‌کند. در هر طرح آبی مانند سد، بند، آبرو، پل، شبکه‌های آب و فاضلاب و دفع آبهای سطحی و زهکشی اراضی، شناخت حوضه آبریز اولین گام در بررسی هیدرولوژیکی است تا بتوان کمیت‌هائی مثل مقدار بارش (با تداوم معین) و رواناب و سیل را در آن تجزیه و تحلیل نمود و یا از روابط و فرمول‌های هیدرولوژیکی برای برآوردها از آنها استفاده نمود.

این سطح عامل تعیین کننده‌ای در حجم آبدهی سالیانه رودخانه، دبی سیل و تداوم جریان و به طور کل نحوه تغییرات دبی در زمان می‌باشد.

یک حوضه آبریز بزرگ خود شامل چندین زیر حوضه است که هر گام دارای مشخصات فیزیکی و مرفولوژیکی می‌باشند. شکل (۳-۱) یک حوضه آبریز را نشان می‌دهد.

برای مشخص کردن یک حوضه آبریز ابتدا از نقشه توپوگرافی با مقیاس مناسب (معمولاً بستگی به مرحله مطالعات یعنی فاز مطالعات دارد) استفاده می‌شود. نقشه‌های توپوگرافی دارای خطوط هم ارتفاع می‌باشند که هر اندازه نقطه کوهستانی و پر شیب باشد، این خطوط بهم نزدیک است در حالیکه در دشت‌ها فاصله منحنی‌های تراز از هم دورتر می‌شوند.

طرز تفکیک زیر حوضه و یا حوضه اصلی بدین صورت است که ابتدا نقطه خروجی مورد نظر به روی رودخانه (مثلاً در محل ایستگاه هیدرومتری و یا نقطه معینی) مشخص می‌گردد و سپس با توجه به خطوط میزان منحنی اطراف آن خط الراس‌ها و یا مرز آنها از یکدیگر تفکیک می‌شود.

حوضه های آبریز ایران

پرآب‌ترین حوضه‌ی آبریز کشور ما حوضه‌ی آبریز خلیج فارس است که رودخانه‌های دز، کارون، جراحی و مارون درون آن جاری هستند و بزرگترین حوضه از لحاظ وسعت حوضه‌ی مرکزی می‌باشد که بیشتر رودهای آن هم به باتلاق‌ها می‌ریزد. در کشور ما که تقسیم‌بندی‌های سیاسی با تقسیم‌بندی های حوضه‌ی آبریز متفاوت است مشکلات زیادی در مورد مدیریت منابع آب وجود دارد. چون جمعیت در مناطق مختلف به صورت غیرمنظم تقسیم شده است و امکانات نیز برای همه‌ی مردم کافی نیست و همچنین جابه‌جایی مردم از جایی با امکانات کم به جایی با امکانات زیاد مشکلاتی را به بار خواهد آورد. بنابراین امروزه بحثی به نام **انتقال آب بین حوضه‌ای** به وجود آمده است. حتی مرزهای سیاسی کشوری هم براساس مرزهای حوضه‌ی آبی نیست. مثلاً قسمتی از حوضه‌ی جنوب شرق در کشور افغانستان قرار دارد. اینجاست که بحث حوضه‌های مشترک به وجود می‌آید.

- **۱ – دریای خزر**
- **۲ – خلیج فارس و دریای عمان**
- **۳ – دریاچه ارومیه**
- **۴ – فلات مرکزی**
- **۵ – شرقی**
- **۶ – قره قوم (سرخس)**

۳-۲- مشخصات حوضه آبریز

ویژگیهای حوضه‌های آبریز را ممکن است به گروه های مختلفی تقسیم نمود. شاید یکی از ساده‌ترین این تقسیم‌بندی را می‌توان به صورت زیر ارایه نمود. این مشخصات به ۵ گروه عمده تقسیم می‌شوند.

الف: ویژگی‌های مرفوتری حوضه

ب: ویژگی‌های اقلیمی حوضه

ج: ویژگی‌های ذاتی و فیزیکی حوضه

د: ویژگی‌های زمانی حوضه

هـ: ویژگی‌های هیدرولوژیکی حوضه

۳-۲-۱- مشخصات مرفومتری حوضه

مشخصات مرفومتری یا هندسی حوضه شامل سطح، محیط، طول حوضه، شکل، موقعیت، طول آبراهه‌ها، شیب حوضه، شیب آبراهه و شبکه آبراهه‌ای می‌باشد که به اختصار در مورد آنها توضیح داده می‌شود.

۳-۲-۱-۱- مساحت حوضه

مساحت حوضه یکی از مشخصه‌های مهم می‌باشد زیرا بزرگی حجم رواناب و شدت جریان یا دبی به آن بستگی دارد. مساحت تصویر افقی حوضه را سطح حوضه می‌گویند معمولاً با علامت نشان می‌دهند.

مساحت حوضه را با پلانی‌متر (مساحت سنج) روی نقشه توپوگرافی با مقیاس مشخصی تعیین می‌شود و بر حسب کیلومترمربع، هکتار و یا مایل مربع بیان می‌شود.

حوضه‌های آبریز را بر اساس سطح به سه گروه کلی حوضه‌های کوچک، متوسط و بزرگ تقسیم می‌کند.

- حوضه‌های کوچک: مساحت حوضه کمتر از ۱۰۰ کیلومتر مربع
- حوضه‌های متوسط: مساحت حوضه بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلومتر مربع
- حوضه‌های بزرگ: مساحت حوضه بیش از ۱۰۰۰ کیلومتر مربع

۳-۲-۱-۲- محیط حوضه

محیط حوضه در واقع طول خط تقسیم یا مرز حوضه است و آنرا از حوضه‌های مجاور جدا می‌کند. اندازه‌گیری محیط حوضه بوسیله منحنی سنج (Curve meter) تعیین و بر حسب کیلومتر و یا مایل و با حرف P بیان می‌شود.

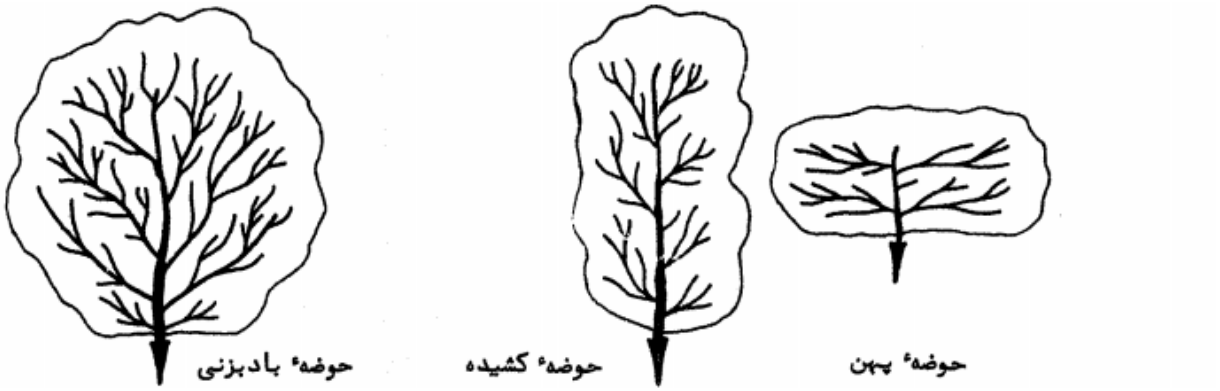
۳-۲-۱-۴- طول حوضه

طول حوضه معمولاً به طول مسیر آبراهه اصلی از نقطه خروجی تا دورترین نقطه روی خط تقسیم آب گفته می‌شود.

به آبراهه‌ای که بیشترین زمان پیمایش را در حوضه داشته باشد، آبراهه اصلی می‌گویند. اندازه‌گیری آن نیز توسط منحنی سنج صورت می‌گیرد و با حرف L بر حسب کیلومتر و یا مایل بیان می‌شود.

۳-۲-۱-۴- شکل حوضه

شکل حوضه آبریز از نظر ظاهری تأثیر زیادی روی رواناب سطحی و شکل هیدروگراف سیل دارد. حوضه‌ها از نظر شکل بسیار متنوع هستند ولی می‌توان آنها را به سه گروه عمده تقسیم نمود که شامل حوضه‌های کشیده، پهن و بادبزنی می‌باشند. افزون بر بیان توصیف شکل حوضه به نامهای ذکر شده در بالا معمولاً آنرا با استفاده از شاخص‌های کمی به صورت شکل (۳-۲) نشان می‌دهند.



شکل (۳-۲) انواع حوضه های آبریز از نظر شکل کلی

الف- ضریب شکل (Form Factor)

عبارت است از نسبت مساحت حوضه (A) به مجذور طول حوضه (L^2) که با علامت FF بیان می‌شود.

$$FF = \frac{A}{L^2} \qquad (۳-۱)$$

اگر حوضه را مستطیل فرض کنید در این صورت:

$$FF = \frac{A}{L^2} = \frac{L \times B}{L^2} = \frac{B}{L} \qquad (۳-۲)$$

این ضریب برای حوضه‌های مربع شکل معادل ۱ و برای حوضه‌های کشیده تا چندین برابر واحد است.

ب- ضریب فشردگی (Compactness)

ضریب فشردگی یا ضریب گراویلیوس (Gravelius) عبارت از نسبت محیط حوضه (P) به محیط دایره فرضی که مساحت آن برابر با مساحت حوضه باشد (P') و به صورت زیر بیان می‌شود.

$$C = \frac{P}{P'} = \frac{0.28P}{\sqrt{A}} \qquad (۳-۳)$$

این ضریب برای حوضه دایره کامل معادل یک و برای حوضه‌های کشیده تا ۲/۵ هم می‌رسد.

ج- نسبت دایره

نسبت دایره حوضه (R_c) عبارت از نسبت مساحت حوضه به مساحت دایره‌ای (A^o) که محیط آن مساوی محیط حوضه باشد:

$$R_c = \frac{A}{A^o} \qquad (۳-۴)$$

در واقع این ضریب عکس ضریب گراویلیوس می‌باشد.

د- نسبت کشیدگی (Elongation Ratio)

نسبت کشیدگی از رابطه زیر بدست می‌آید که در آن A مساحت و $\left[2(\frac{A}{\pi})^{0.5}\right]$ قطر دایره معادل حوضه می‌باشد.

$$R_e = \frac{2}{L_m}(\frac{A}{\pi})^{0.5} \qquad (۳-۵)$$

که در آن L_m طول حوضه در جهت موازی یا بزرگترین آبراهه حوضه است. بنابراین نسبت کشیدگی معادل نسبت قطر دایره فرضی هم مساحت حوضه به طول حوضه است.

هـ- مستطیل معادل

اغلب شکل ظاهری حوضه به صورت یک مستطیل فرضی معادل بنام مستطیل معادل مقایسه می‌شود. این مستطیل دارای سطح، محیط و ضریب گراویلیوس مساوی حوضه اصلی است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود. در روابط زیر C همان ضریب فشردگی یعنی $\frac{P}{P'}$ است.

$$\text{طول مستطیل } L = \frac{C\sqrt{A} + \sqrt{(C^2.A - 1.2544A)}}{1.12} \quad (۳-۶)$$

$$\text{عرض مستطیل } B = \frac{C\sqrt{A} - \sqrt{(C^2A - 1.2544A)}}{1.12} \quad (۳-۷)$$

و- فاصله مرکز ثقل تا خروجی حوضه

هر حوضه آبریز دارای یک نقطه ثقل می‌باشد. فاصله یا طول رودخانه از نزدیک مرکز ثقل حوضه تا محل خروجی آن (L_{ca}) است که روی هیدوگراف خروجی اثر می‌گذارد.

ز- عامل شکل حوضه (Shope Factor)

در هر حوضه عامل شکل حوضه از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$SF=(L \times L_{ca})^{0.3} \quad (۳-۸)$$

که در آن:

SF عامل شکل حوضه، L طول رودخانه اصلی (به مایل) و L_{ca} فاصله مرکز ثقل تا خروجی (به مایل)

۳-۲-۱-۵- توپوگرافی حوضه

توپوگرافی حوضه را معمولاً بوسیله ارتفاع حوضه و منحنی‌های هیپسومتری و آلی‌متری نشان می‌دهند.

الف: ارتفاع متوسط حوضه:

ارتفاعی است که ۵۰ درصد مساحت اراضی حوضه ارتفاعی بالاتر از آن و ۵۰ درصد مساحت حوضه، ارتفاعی کمتر از آن داشته باشد. این ارتفاع با رسم تجمعی تغییرات افزایش سطح حوضه نسبت به ارتفاع مشخص می‌شود. این منحنی بدو صورت رسم می‌شود که هر دو دارای یک مفهوم می‌باشند.

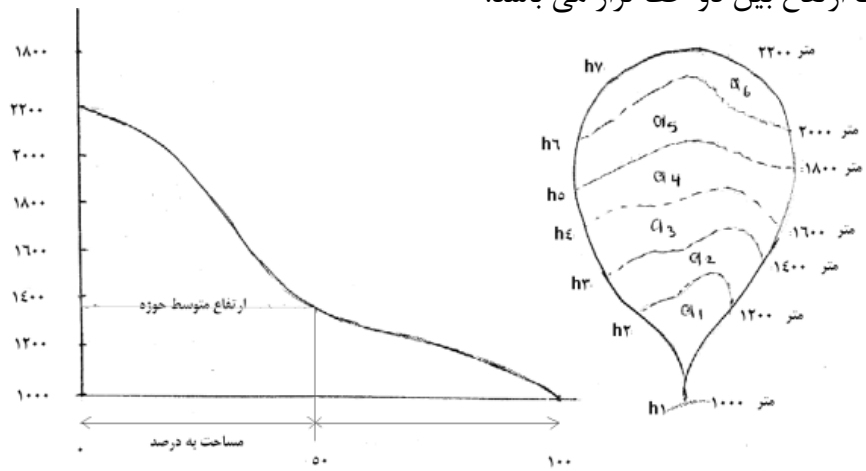
ب: منحنی هیپسومتری (Hypsometry)

مساحت بین دو خط تراز اگر با پلاتی‌متری اندازه‌گیری شود و درصد مساحت آن نسبت کل مساحت بدست آید و سپس بر اساس حدود ارتفاع (یعنی خطوط تراز) رسم شود، منحنی هیپسومتری مطابق شکل (۳-۳) بدست می‌آید.

برای محاسبه ارتفاع متوسط حوضه ($\bar{H}$) کافی است مساحت بین دو خط تراز متوالی (ai) را بدست آورد. سپس طبق معادله روبرو محاسبه میشود.

$$\bar{H} = \frac{\Sigma(a \times H)}{A}$$

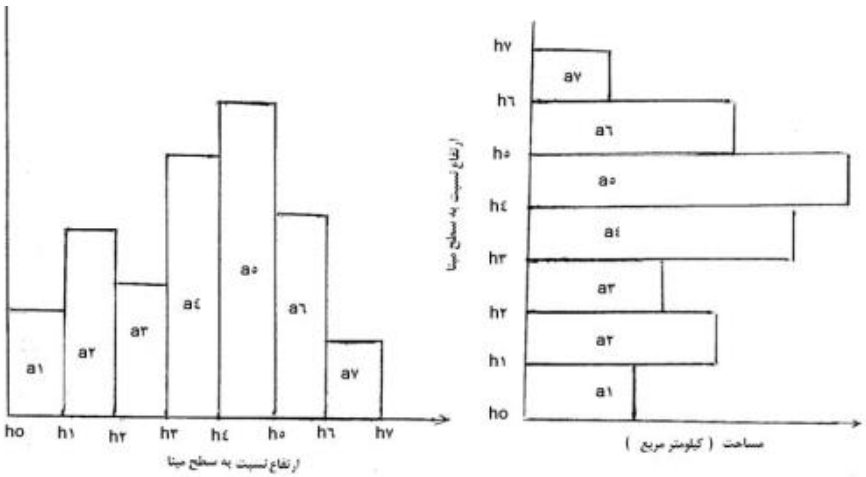
مقدار H متوسط ارتفاع بین دو خط تراز می باشد.



شکل(۳-۴) منحنی هیپسومتری

ج- منحنی آلتی متری حوضه

اگر اطلاعات مربوط به منحنی هیپسومتری به صورت هیستوگرام مطابق شکل (۳-۶) رسم شود، منحنی آلتی متری بدست می‌آید. این منحنی نشان می‌دهد که بیشترین سطح حوضه در چه ارتفاعی واقع شده است.



شکل(۳-۶) منحنی آلتی متری

۳-۲-۱-۶- شیب حوضه

شیب حوضه وضعیت شیب قسمت‌های مختلف یک حوضه را نشان می‌دهد و برای آن یک نقشه به عنوان نقشه شیب حوضه تهیه می‌شود. سه روش برای تعیین شیب حوضه وجود دارد که عبارتند از:

الف: روش هورتون

در این روش پس از تعیین مرز حوضه، برای یک حوضه مثلاً به مساحت A، مجموع طول خطوط تراز منحنی داخل حوضه را که با فاصله ارتفاعی H رسم شده‌اند. توسط منحنی هیپسومتریک تعیین می‌شود $(\sum L)$، در این صورت شیب متوسط حوضه تقریباً برابر است با:

$$S = \frac{H \times \sum L}{A} \qquad (۳-۱۰)$$

که در آن S شیب اراضی حوضه می‌باشد.

ب- روش دوم

اگر حداکثر ارتفاع حوضه معادل H_{max} و حداقل ارتفاع حوضه برابر با H_{min} و مساحت آن A باشد، در این صورت شیب توسط آن برابر است با:

$$S = \frac{H_{max} - H_{min}}{\sqrt{A}} \qquad (۳-۱۱)$$

ج- روش سوم

تهیه نقشه شیب و محاسبه شیب متوسط حوضه

روی نقشه توپوگرافی حوضه که دارای خطوط میزان منحنی مشخصی است، ابتدا شبکه بندی صورت می‌گیرد (روی کاغذ شفاف) آنگاه بدو روش می‌توان شیب را حساب کرد.

۱- طول خصوص عمودی و افقی شبکه داخل حوضه را شمارش و تعداد محل‌هائی که خطوط شبکه و خطوط تراز نقشه یکدیگر را قطع می‌کنند اندازه‌گیری می‌شود و با استفاده از روابط زیر شیب‌ها محاسبه می‌شود.

$$S_H = \frac{(N_H)(H)}{L_H} \qquad (۳-۱۲)$$ شیب افقی (شرقی- غربی)

$$S_V = \frac{(Nv)(H)}{Lv} \qquad (۳-۱۳)$$ شیب عمودی (شمالی- جنوبی)

$$S = \frac{S_H + S_V}{2} \qquad (۳-۱۴)$$ شیب متوسط

که در آن:

S_H، S_V و S شیب‌های افقی، عمودی و متوسط هستند.

N_H تعداد نقاط تلاقی خطوط تراز با خطوط افقی شبکه در محدود حوضه

N_V تعداد نقاط تلاقی خطوط تراز با خطوط عمودی شبکه در محدود حوضه

H فاصله ارتفاعی خطوط تراز (متر)

L_H مجموع طول‌های خطوط افقی شبکه داخل حوضه (متر)

L_V مجموع طول‌های خطوط عمودی شبکه در داخل

۲- پس از شبکه‌بندی نقشه توپوگرافی حوضه، ابتدا بزرگترین شیب داخل هر یک از مربعات حساب می‌شود. این شیب را برای هر چهار گوشه نقشه و هم چنین دو سطح مربع و از روی خطوط تراز در هر محل محاسبه شود. میانگین ۵ نقطه به عنوان شیب متوسط آن مربع حساب و بر اساس آن نقشه شیب حوضه ترسیم می‌شود.

۳-۲-۱-۷- جهت حوضه

این معیار تأثیر زیادی روی پاسخ حوضه و بسیاری از فرآیندهای هیدرولوژیک مانند ذوب برف و تنوع پوشش گیاهی را مشخص می‌سازد. جهات شیب حوضه ممکن است روبه شمال و یا رو به جنوب و یا غرب و شرق باشد. ولی معمولاً از جهات چهارگانه اصلی و گاهی از شبکه جهات هشتگانه استفاده می‌شود. معمولاً شیب و جهت در حوضه به صورت گرافیکی بررسی می‌شود.

۳-۲-۱-۳- شبکه هیدروگرافی

مجموعه آبراهه‌ها و رودخانه‌های یک حوضه آبریز را شبکه هیدروگرافی یا شبکه آبراهه‌ای آن حوضه می‌گویند. آرایش این شبکه و چگونگی الگو و تراکم آن نقش بسزایی در نوع جریانهای رودخانه اصلی در پاسخ حوضه به بارش را دارد. طبقه‌بندی رودخانه‌ها را با توجه به دست حوضه و درجه انشعاب آنها انجام می‌دهند. رده رودخانه را با روش استرالر تعیین می‌کنند. بدین صورت که سرشاخه هر آبراهه را که از ارتفاعات شروع می‌شود.

آبراهه رده ۱ می‌گویند این گونه آبراهه‌ها که هیچگونه آبراهه‌ای وارد نمی‌شود Ordered Basin می‌گویند. از اتصال دو آبراهه یا هر چند آبراهه رده ۱, یک آبراهه رده ۲ بوجود می‌آید و مطابق شکل (۳-۷) سایر رده‌ها تعیین می‌شود.

هر اندازه رده یک رودخانه بزرگتر باشد نشان دهنده تعداد انشعاب بیشتر است و بنابراین سیلاب با سرعت بیشتری به انتهای حوضه می‌رسد و سریعتر تخلیه می‌شود. مجموعه رده‌های مختلف رودخانه‌ها را در یک حوضه آبریز، شبکه آبراهه‌ای و یا شبکه هیدروگرافی می‌گویند که دارای مشخصات زیر می‌باشد.

الف- درجه انشعاب:

با توجه به رده رودخانه اصلی در یک حوضه آبریز می‌توان درجه انشعاب رودخانه[۲۶] آنرا محاسبه کرد. ضریب انشعاب عبارت از تعداد رودخانه‌های یک رده مشخص برتعداد رودخانه‌های رده بالاتر از آن و به صورت زیر بیان می‌شود:

$$B_{ri} = \frac{N_{i-1}}{N_i}$$

اگر در حوضه‌ای n_1 ، n_2 ، n_3 ، ... و n_i به ترتیب تعداد رودخانه‌های ردهٔ ۱ ، ۲ ، ۳ ،...و i باشد برحسب تعریف نسبت انشعاب رودخانه های این حوضه برابر است با:

$$BR = \left(\frac{n_1}{n_2} + \frac{n_2}{n_3} + \frac{n_3}{n_4} + \ldots + \frac{n_{i-1}}{n_i}\right)\frac{1}{i-1} \qquad (۲-۱۲)$$

که در آن:

BR = نسبت انشعاب رودخانه‌هادر حوضه و i = شماره رده رودخانه اصلی حوضه می‌باشد.

ب: تراکم آبراهه‌ای

علاوه بر نسبت انشعاب، تراکم شبکه آبراهه‌ای[۲۷] یک از معیارها برای درجه توسعه رودخانه در یک حوضه آبریز می‌باشد که عبارت از:

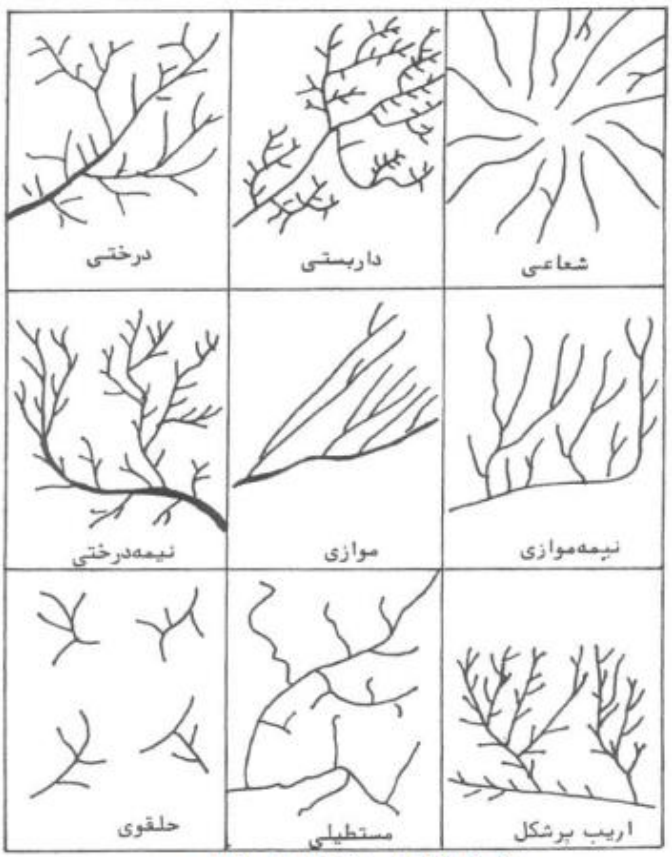
$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^{n} L_i}{A} \qquad (۱۷-۳)$$

که در آن $\sum L_i$ مجموع طول رودخانه‌ها بر حسب کیلومتر و A مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع است. برای اینکار از روی نقشه حوضه طول آبراهه توسط منحنی سنج و یا نخ طول آبراهه‌ها مشخص می‌شود. این ضریب به شدت تابع مقدار و شدت بارندگی، شیب حوضه، جنس خاک حوضه، میزان فرسایش و رسوبگذاری می‌باشد.

ج- الگوی شبکه آبراهه‌ای

رودخانه اصلی و انشعابات آن تشکیل یک الگوی آبراهه ای را برای سرشاخه‌ها و رودخانه ها را می‌دهد. این الگوها شامل ۶ گروه اصلی می‌باشند که عبارتند از:

۱- الگوی درختی، ۲- مستطیلی، ۴- شبکه‌ای، ۴- شعاعی، ۵- مرکزی، ۶- حلقوی، ۷- داربستی، ۳- راست گوشه‌ای را می‌توان نام برد. شکل (۳-۸) الگوهای شبکه آبراهه‌ای را نشان می‌دهد.



شکل (۳-۸) الگوهای شبکه آبراهه‌ای را نشان می‌دهد.

د- شیب رودخانه

نیمرخ طولی (پروفیل طولی) رودخانه اصلی در یک حوضه آبریز اطلاعات خوبی را در مورد سرعت حرکت آب، زمان تمرکز، قدرت جریان و ضعیت فرسایشی رودخانه را به دست می‌دهد. برای اندازه‌گیری شیب رودخانه یا آبراهه اصلی در یک حوضه آبریز، روش‌های مختلفی وجود دارد.

که سه روش از آنها بسیار مرسوم‌تر است که به شرح زیر می‌باشند:

روش اول تعیین شیب رودخانه (روش هورتون)

پس از ترسیم پروفیل طولی رودخانه، ابتدا و انتهای پروفیل طولی را مطابق شکل (۳-۹) بهم وصل کرده تا خط بدست آید، شیب این خط را بعنوان شیب رودخانه اصلی در نظر می‌گیرند.

روش دوم تعیین شیب رودخانه

در این روش بجای ابتدا و انتهای پروفیل طولی دو نقطه را هر کدام برای ۱۰ درص و ۸۵ درصد طول پروفیل رودخانه به ترتیب از ابتدا و انتها در نظر می‌گیرند و پس از اتصال، شیب خط را (مانند خط B در شکل (۳-۱۰) به عنوان شیب آبراهه اصلی در نظر می‌گیرند.

روش سوم تعیین شیب رودخانه

در این روش خطی مانند C از انتهای پروفیل طولی به صورت رسم می‌شود که سطح زیر مثلث رسم شده معادل با مساحت زیر منحنی پروفیل رودخانه باشد. در این صورت شیب این خط را شیب متوسط رودخانه در نظر می‌گیرند.

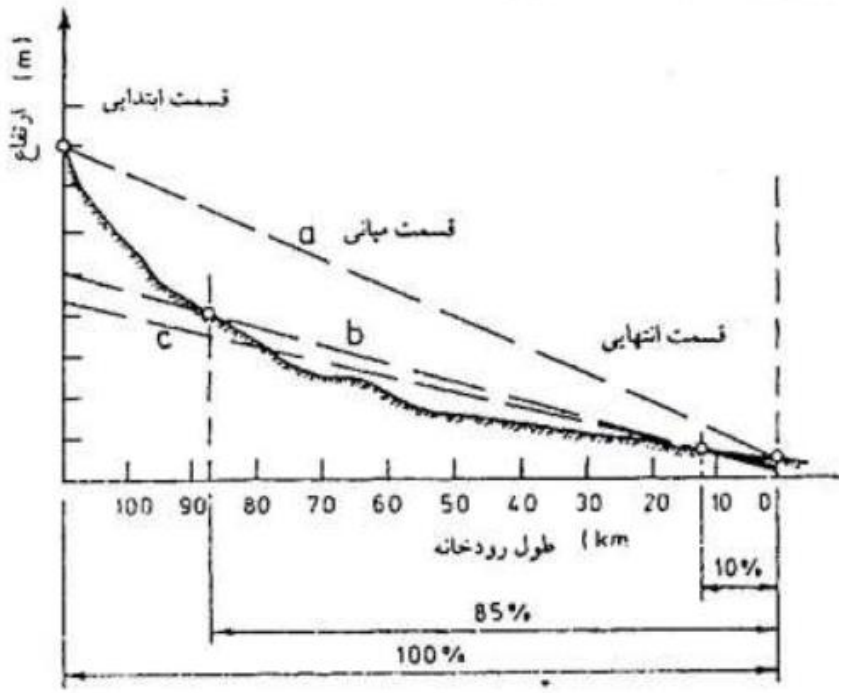
در روش اول اگر اختلاف ارتفاع ابتدا و انتها معادل ΔH و فاصله افقی آنها L باشد شیب رودخانه به صورت $S = \frac{\Delta H}{L}$ می‌باشد.

در روش دوم و سوم نیز همین رابطه ولی با مقدار ΔH و L متفاوت برقرار است.

اصولاً پروفیل طولی رودخانه شامل سه قسمت سراب، میانی و پایاب تقسیم می‌کنند.

قسمت سراب دارای شیب تند و سرعت جریان زیاد است و رودخانه حالت فرسایشی شدیددارد. قسمت میانی دارای شیب کمتر و انشعابات فرعی زیادی به آن می‌ریزند. رودخانه در این قسمت حالت تکامل یافته دارد.

قسمت پایانی دارای شیب ملایم است. در این قسمت اغلب رسوبات حمل شده از بالا است در این بخش ترکیب می‌کنند و رودخانه حالت تکامل یافته‌تری دارد.



۳-۲-۴- ویژگی‌های زمانی حوضه آبریز

۳-۲-۴-۱- زمان تمرکز

طبق تعریف حداکثر زمانی که آب ناشی از بارش (باران یا ذوب برف) از دورترین نقطه حوضه مسیر هیدرولوژیکی خود را طی می‌کند تا به نقطه خروجی حوضه برسد، را زمان تمرکز می‌گویند.
اصولاً فاصله فیزیکی بین دورترین نقطه و خروجی حوضه ممکن است زمان رسیدن آب را به خروجی حوضهٔ شامل نگردد. آنچه مسلم است زمانی که همهٔ نقاط حوضه در تشکیل جریان خروجی حوضه مشارکت کنند (شرط تداوم زمانی کافی برای بارش)، از نظر هیدرولوژیکی مورد نظر است.
روابط تجربی متعددی برای برآورد زمان تمرکز پیشنهاد شده است که کاربرد آنها بستگی به حوضه مورد مطالعه و تشابه آن به محلی است که این فرمول‌ها ابداع شده‌اند. برخی از مهمترین فرمول‌ها به شرح زیر می‌باشند.

۳-۲-۴-۱-۱- معادله کرپیچ

این معادله در سال ۱۹۴۰ با استفاده از داده‌های ۶ حوضه کوچک بدست آمده است و به صورت زیر می‌باشد.

$$t_c=0.0078\ L^{0.77}\ S^{-0.385} \qquad \text{(۳-۲۷ الف)}$$

که در آن:

t_c زمان تمرکز بر حسب دقیقه
L طول بزرگترین آبراهه، کانال و یا مسیر زهکشی به فوت
S متوسط شیب حوضه بر حسب ft/ft

فرمول کرپیچ در سیسم متریک به صورت زیر خواهد بود که زمان برحسب دقیقه، طول به متر و شیب به متر در متر می‌باشد.

$$t_c=0.01947\ L^{0.77}\ S^{-0.385} \qquad \text{(۳-۲۷ ب)}$$

سرویس خدمات حفاظت خاک آمریکا ضریب اصلاحی به شرح زیر را ارایه نموده است.

- برای جریان روی آسفالت و سیمان، اعداد بدست آمده از رابطه بالا در ۰/۴ ضرب شود.
- برای جریان کانالهای بتنی اعداد بدست آمده در ۰/۲ ضرب شود.
- برای جریان روی خاک لخت و جریان در شیارهای حاشیه جاده‌ها این ضریب معادل ۱ است.

این رابطه در سیستم متریک به صورت زیر بیان شده است.

$$t_c = 0.949\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385} \qquad \text{(۳-۲۸)}$$

که در آن t_c بر حسب ساعت، L بر حسب کیلومتر و H اختلاف ارتفاع بین نقطه تمرکز (خروجی) و بلندترین نقطه حوضه و بر حسب متر می‌باشد.

۳-۲-۴-۱-۲- فرمول اداره راه کالیفرنیا

این فرمول بر اساس توسعه معادله کرپیچ و برای حوضه‌های کوهستانی کوچک در کالیفرنیا و برای طراحی آبگذرها (کالورت) ارایه شده است.

$$t_c = 60\left(11.9\frac{L^3}{H}\right)^{0.385} \qquad \text{(۳-۲۹)}$$

t_c = زمان تمرکز بر حسب دقیقه

L = بلندترین طول حوضه به مایل

H = اختلاف ارتفاع بین خط تقسیم آب (در دورترین نقطه) تا محل خروجی به فوت است.

۳-۲-۴-۱-۴- معادله ایزارد

این معادله در ۱۹۴۴ و برای جریان روی سطح جاده‌ها و سطوح مختلف توسط اداره راه آمریکا و در شرایط آزمایشگاه بدست آمده است. این معادله به صورت زیر ارایه شده است:

$$t_c = \frac{\left[0.094 I^{0.33} + 878 \times \left(\frac{K}{I}\right)^{0.67}\right] \times L^{0.67}}{(C \times H^{0.5})^{0.67}} \qquad (۳-۳۰)$$

در این رابطه:

t_c = زمان تمرکز بر حسب ساعت

I = شدت بارندگی به mm/h

K = ضریب مربوط به نوع سطح و مقدار آن به صورت زیر است:

- برای سطح آسفالت K=0.007
- برای سطح بتن K=0.012
- برای سطح اراضی لخت K=0.017
- برای سطح کشاورزی K=0.046
- برای سطح مراتع K=0.060

L = طول مسیر آبراهه اصلی (کیلومتر)

C = ضریب روان آب بر سطوح مختلف که از جدول(۳-۱۰) بدست می‌آید

H = اختلاف ارتفاع ابتدا و انتهای آبراهه اصلی

رابطه ایزارد برای وقتی نتیجه مناسب و دقیقی را می‌دهد که حاصل L × I کمتر از ۳/۸ باشد (I بر حسب mm/h و L بر حسب Km).

جدول (۳-۱۰) ضریب رواناب (C) برای استفاده در فرمول ایزارد

ردیف	وضعیت سطح حوضه	ضریب C	شرایط	توضیحات (علامت+ اضافه شود و (علامت – کم شود)
۱	اراضی کشاورزی	۰/۳۰	–	–
۲	اراضی لخت و بدون پوشش گیاهی	۰/۴۰	برای شیب متر از ۵٪	-۰/۰۵
۳	اراضی دارای پوشش گیاهی	۰/۳۵	برای شیب بیش از ۱۰٪	+۰/۰۵
۴	اراضی جنگلی	۰/۱۸	بارش سالیانه کمتر از mm ۶۰۰	-۰/۰۳
۵	پوشش آسفالت	۰/۷-۰/۹	بارش سالانه بیش از mm۶۰۰	+۰/۰۳
۶	پارک‌ها	۰/۰۵-۰/۱۰	–	–
۷	اراضی مسکونی	۰/۱۸-۰/۲۲	–	–
۸	پشت بام	۰/۷-۰/۹	–	–
۹	چمن‌زار	۰/۱۵-۰/۲۰	برای شیب بیش از ۷ درجه صادق است.	–

۳-۲-۴-۱-۴- فرمول کربای (Kerby)

این معادله برای حوضه‌های بسیار کوچک با حداکثر طول ۴۰۰ تا ۵۰۰ متر ارایه شده است.

$$t_c = 3.03\left(\frac{R.L^{\frac{3}{2}}}{H^{0.5}}\right)^{0.467} \qquad (۳۱-۳)$$

در این معادله: t_c زمان تمرکز بر حسب ..... ، L طول حوضه ، H اختلاف ارتفاع ابتدا و انتهای آبراهه اصلی به و R ضریب مربوط به سطح حوضه و به شرح زیر است:

- سطوح صاف R=0.02
- خاکهای لخت و متراکم R= 0.10
- خاکهای با پوشش گیاهی کم R=0.3
- در سطح مراتع با پوشش خوب R= 0.30
- در سطح مراتع با پوشش معمولی و فقیر R= 0.40

۳-۲-۴-۱-۵- فرمول برانسی بای- ویلیامز

این فرمول برای حوضه‌های کوچک ارایه شده است و پارامترهای و واحدهای آن مانند فرمول ایزارد و مساحت (A) بر حسب کیلومتر مربع، زمان به ساعت، H به متر و L به کیلومتر است.

$$t_c = \frac{0.96L^{1.2}}{H^{0.2} \times A^{0.1}} \qquad (۳۲-۳)$$

۳-۲-۴-۱-۶- فرمول سازمان هوانوردی آمریکا

این رابطه برای زهکشی و تخلیه آبهای سطحی در سطح فرودگاه ها ارایه شده است و به صورت زیر است.

$$t_c = \frac{3.64(1.1-C)L^{0.83}}{H^{0.33}} \qquad (۳۳-۳)$$

۳-۲-۴-۲- زمان تأخیر (Lag Time)

روش‌های را که در مورد زمان تمرکز توضیح داده شد مربوط به حرضه‌های کوچک می‌باشند. البته از روش کرپیچ برای حوضه متوسط و گاهی حوضه‌های بزرگ هم استفاده می‌شود. در خصوص حوضه‌های بزرگ، ابتدا زمان تأخیر حساب می‌شود و سپس زمان تمرکز با استفاده از آن برآورد می‌گردد.

طبق تعریف زمان تأخیر فاصله زمانی بین مرکز بارش (نقطه زمانی وسط بارندگی) تا زمان اوج هیدروگراف (منحنی تغییرات دبی نسبت به زمان) جریان ناشی از بارش می‌باشد و از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$t_{lag} = \frac{L^{0.8}(S+1)^{0.8}}{1900\,y^{0.5}} \qquad (۳۵-۳)$$

T_{lag} = زمان تأخیر حوضه بر حسب ساعت

L = طول رودخانه اصلی حوضه بر حسب فوت

y = شیب متوسط حوضه (درصد) و معمولاً معادل شیب متوسط رودخانه در نظر گرفته می‌شود.

S= ضریب نگهداشت آب در داخل حوضه بر حسب اینچ است و مقدار آن از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \qquad (۳۶-۳)$$

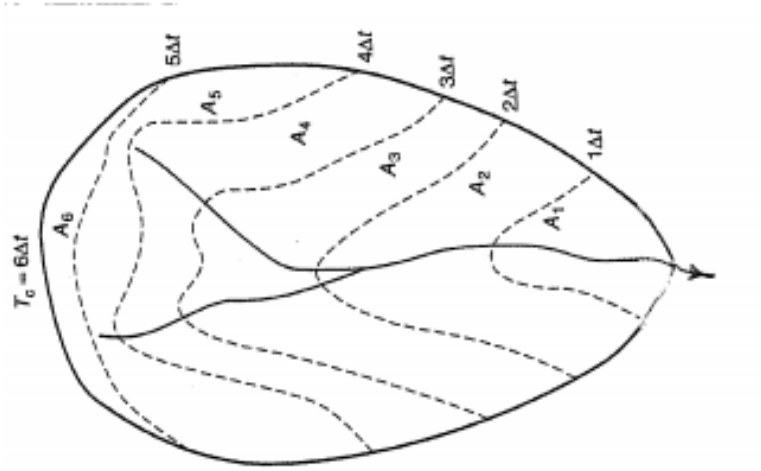
که در آن CN یک مشخصه حوضه از نظر نفوذپذیری است که در ویژگی‌های ذاتی حوضه توضیح داده شده است. برای محاسبه زمان تمرکز از رابطه زیر استفاده می‌شود.

۳-۲-۴-۴- نقشه خطوط هم پیمایش[۲۸]

در محاسبه رواناب و حداکثر دبی لحظه‌ای سیلابی در سطح یک حوضه آبریز و بخصوص استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی استفاده از نقشه خطوط هم پیمایش ضرورت پیدا می‌کند.

طبق تعریف خطوط هم پیمایش مکان هندسی نقاطی است که زمان تمرکز و یا زمان انتقال آنها مساوی باشد. برای این خطوط نیز نقشه‌ای تهیه می‌شود که به آن نقشه خطوط هم پیمایش یا نقشه ایزوکرونال می‌گویند. تهیه نقشه خطوط هم پیمایش مشابه آنچه در مورد نقشه‌های توپوگرافی عمل می‌شود، صورت می گیرد. معمولاً این خطوط با فاصله زمانی یک ساعت رسم می‌شوند.

برای رسم این‌گونه خطوط، معمولاً از نقطه خروجی حوضه به سمت بالا به صورت شعاعی خطوطی رسم می‌شود و با توجه به شیب زمین روی این خطوط، سرعت آب برآورد و سپس زمان پیمایش (یا زمان انتقال جریان) محاسبه شده و تبدیل به زمان می‌شود. شکل (۴-۱۳) یک شماتیک از خطوط هم پیمایش را نشان می‌دهد.



شکل (۳-۱۳) شماتیکی از خطوط هم پیمایش

۳-۲-۴- ویژگیهای ذاتی و فیزیکی حوضه

هر حوضه آبریزی با توجه به مشخصات زمین شناسی به خاکشناسی، پوشش گیاهی، ژئومرفولوژیکی نوع کاربری اراضی و بهره‌برداری از آن دارای ویژگیهائی است که در ترکیب با مشخصات مرفومتری و زمانی نسبت به رویدادهای اقلیمی پاسخ حوضه را به صورت سیستمی تعیین می‌کند و مشخصات هیدرولوژیکی سطحی (رواناب و دبی جریان)، زیرزمینی (تغذیه و تخلیه و بیلان آب)، فرسایش و رسوبدهی، و کمیت آب را مشخص می‌سازد. به طور کلی این ویژگی‌ها طی مطالعات مختلف و توسط متخصصین مربوطه صورت می‌گیرد و افزون بر گزارش هواشناسی و اقلیم و فیزیوگرافی در قالب گزارشهای زیر تدوین می شود.

۳-۲-۵- ویژگی‌های هیدرولوژیکی حوضه آبریز

بررسی ویژگی‌هایی که در بالا به آن اشاره شد در واقع برای درک درستی از خصوصیات هیدرولوژیکی حوضه است زیرا پاسخ حوضه و در واقع خروجی آن بستگی کامل به این ویژگی‌ها دارد. به طور خلاصه ویژگی‌های هیدرولوژیکی را می‌توان در وضعیت تولید رواناب و رسوب، جریان رودخانه و سیلاب، آبهای زیرزمینی و کمیت آب و به طور کلی بیلان مؤلفه‌های مختلف چرخه طبیعی آب در سطح حوضه بکار گرفت. هر یک از این ویژگی‌ها در فصول مربوط به خود ارایه شده است.