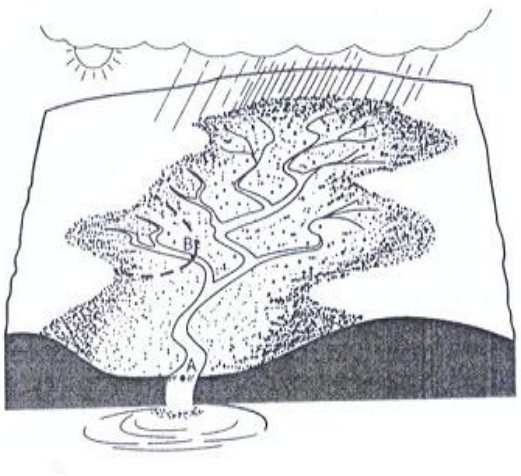
نقطه خارج می‌شود و بخش دیگر به داخل حوضه مجاور حرکت می‌کند. به طور کلی مرز حوضهٔ آبریز یا اصطلاحاً خط تقسیم آب (Water Divides) در هیچ نقطه‌ای به جز نقطهٔ خروجی، رودخانه یا آبراهه را قطع نمی‌کند.



شکل ۲-۱: حوضه آبریز در خروجی A و یکی از زیرحوضه های آن در خروجی B

از تعریف حوضهٔ آبریز مشخص می‌شود که مرزهای آن با توجه به عکس‌العمل منطقه نسبت به بارش و تبدیل آن به رواناب سطحی و خروجی آن از یک نقطهٔ مشخص تعیین می‌شود، لذا حرکت و مرز آب‌های زیرزمینی می‌تواند از مرز حوضه‌های آبریز تبعیت نکرده و آب‌های زیرزمینی یک حوضه به حوضه دیگر وارد و یا از آن خارج شود. بحث محدودهٔ آبخوان‌های زیرزمینی و تعیین حدود و مرزهای آن در فصل آب‌های زیرزمینی به تفصیل بیان گردیده است.

۲-۲ خصوصیات حوضه‌های آبریز

خصوصیات حوضه‌های آبریز مجموعهٔ پارامترهای فیزیکی است که مقادیر آنها برای هر حوضهٔ تقریباً ثابت بوده و نشان دهندهٔ وضع ظاهری حوضه است. این خصوصیات در فرایند تبدیل بارش به رواناب تاثیر گذار است. بعضی از خصوصیات مهم یک حوضه عبارتنداز نوع پوشش/ کاربری اراضی، جنس خاک، و ویژگی های هندسی آن شامل مساحت، محیط، طول ابراهه اصلی، شکل حوضه، شیب متوسط، ارتفاع متوسط و تراکم آبراهه ای آن. در زیر این خصوصیات تشریح می‌شود.

۲-۲-۱ مساحت حوضه آبریز

مساحت حوضه مهم‌ترین شاخص هندسی حوضه جهت طراحی است که به ویژه در برآورد حجم و شدت سیلاب تاثیر اصلی را در روابط هیدرولوژیکی دارد. مساحت حوضه براساس نقشه‌های توپوگرافی مسطحاتی دارای مقیاس مشخص به دست می آید. امروزه نرم‌افزارهای کامپیوتری متعددی برای محاسبهٔ مساحت اشکال نامنظم وجوددارد که با دقت بالا مساحت برآورد می شود. مساحت حوضه‌ها عموماً بر حسب ha یا Km^2 سنجیده می‌شود.

۲-۲-۲ محیط حوضه آبریز

محیط حوضه نیز براساس نقشه‌های مسطحاتی با مقیاس معلوم قابل محاسبه است و نشانگر طول جداکننده حوضه از حوضه‌های مجاور است. محیط اشکال نامنظم حوضه‌ها نیز توسط نرم‌افزارهای کامپیوتری به سادگی قابل محاسبه است.

۲-۲-۳ طول آبراهه اصلی حوضه آبریز

طول آبراهه اصلی عبارتست از فاصلهٔ طولی آبراههٔ اصلی از نقطه خروجی حوضه تا دورترین نقطهٔ تقسیم آب روی محیط حوضه، که عملاً از این نقطه که دورترین نقطه به خروجی است آب شروع به جریان یافتن می‌کند. لازم به ذکر است که منظور از طول آبراهه اصلی، طول آبراهه با در نظر گرفتن کلیهٔ منحنی‌های آن بوده و لذا نیاز به محاسبهٔ طول قوس‌ها و منحنی‌ها در طی مسیر آبراهه‌هاست. عملاً براساس این تعریف طول آبراهه اصلی بیانگر طول حوضه نیز می‌باشد.

۲-۲-۴ شکل حوضه آبریز

بطور کلی حوضه دارای شکل هندسی نیست. برخی از حوضه‌ها گردواره و برخی کشیده‌اند. شکل حوضه‌ها می‌تواند در دبی اوج و رژیم رواناب در خروجی حوضه آبریز تأثیر داشته باشد. مثلا دو حوضه آبریز با مساحت یکسان، شیب یکسان، کاربری اراضی یکسان و بارش یکسان، حوضه گردواره دارای دبی اوج بیشتری نسبت به دیگری دارد. اغلب شکل حوضه به طور مستقیم در طراحی‌های هیدرولوژیکی وارد نمی‌شود، بلکه خصوصیات شکل حوضه به طور غیرمستقیم وارد برآورد ها می‌شود. این خصوصیات شامل فاصله مقطع خروجی تا مرکز ثقل حوضه، ضریب شکل، نسبت دایره‌ایCircularity Ratio، نسبت کشیدگیElongation Ratio و ضریب گراویلیوسGravelius Factor است. در زیر هرکدام تشریح می شود.

فاصله تا مرکز ثقل حوضه آبریز (L_{ca})

طولی از آبراههٔ اصلی که ابتداء آن نقطهٔ خروجی حوضه و انتهاء آن نقطه‌ای از آبراهه مقابل مرکز ثقل حوضه باشد.

ضریب شکل حوضه آبریز (L_l)

ضریب شکل حوضه آبریز بر حسب km از رابطه زیر قابل برآورد است از (L طول آبراهه اصلی برحسب کیلومتر):

$$L_l=(LL_{ca})^{0.3} \qquad (۱-۲)$$

نسبت دایره‌ای حوضه آبریز (R_c)

عبارتست از نسبت مساحت حوضه (A) به مساحت دایرهٔ فرضی A_0 که محیط آن برابر با محیط حوضه است:

$$R_c = A/A_0 \qquad (۲-۲)$$

نسبت کشیدگی حوضه آبریز (R_e)

عبارت است از نسبت قطر دایرهٔ معادل مساحت حوضه به بزرگ‌ترین طول حوضه در جهت موازی با آبراهه اصلی:

$$Re=2/L_m*(A/\pi)^{0.5} \qquad (۳-۲)$$

که A مساحت حوضه برحسب کیلومترمربع و L_m بزرگ‌ترین طول حوضه (موازی با آبراهه اصلی) برحسب کیلومتر است.

ضریب گراویلیوس حوضه آبریز *(C)*

عبارتست از نسبت محیط حوضه *(P)* به محیط دایرهٔ فرضی *(P')* که مساحت آن برابر با مساحت حوضه باشد:

$$C=P/P' \quad \text{یا} \quad C = 0.28P/\sqrt{A} \qquad (A \text{ مساحت برحسب } Km^2) \qquad (۴-۲)$$

۲-۲-۵ شیب آبراهه و حوضه آبریز

در بسیاری از محاسبات هیدرولوژیکی و هیدرولیکی مقدار شیب آبراهه در حوضه مستقیماً در معادلات وارد می‌شود. لذا تعیین شیب آبراهه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چنانچه شیب آبراهه در طول حوضه نسبتاً یکنواخت باشد، شیب آبراهه عبارت است از نسبت اختلاف ارتفاع بالاترین نقطهٔ آبراهه از پائین‌ترین نقطهٔ آن *(ΔE)* به طول کلی آبراهه:

$$S_c=\Delta E/L_c \qquad (۵-۲)$$

در حوضه‌هایی که شیب آبراهه در طول حوضه یکنواخت نیست، می‌توان شیب متوسط را به صورت وزنی محاسبه نمود. در چنین حوضه‌هایی شیب متوسط آبراهه از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$S_i=(n/k)^2 \qquad (۶-۲)$$

که *n* تعداد بازه‌هایی از آبراهه است که دارای شیب تقریباً یکنواختی است و مقدار *k* از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$K = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\left(\frac{\Delta e_i}{L_i}\right)^{0.5}} \qquad (۷-۲)$$

که *i=* شمارهٔ بازه، Δe_i= اختلاف ارتفاع بالاترین نقطه و پائین‌ترین نقطهٔ در بازهٔ *i* ام، و L_i= طول بازهٔ i ام می‌باشد. اگر چه روش‌های متعددی جهت برآورد شیب متوسط حوضه وجود دارد، ولی مانند محاسبهٔ شیب ابراهه، در صورت یکنواختی شیب در طول حوضه از رابطه (۲-۵) و در صورت نایکنواختی از روابط (۲-۶) و (۲-۷) استفاده می‌شود. در این صورت حوضه به جای تقسیم به بازه‌های مختلف به چند زیرحوضه تقسیم می شودکه در هر کدام شیب آن تقریباً ثابت باشد. در مورد معرفی دیگر خصوصیات حوضه آبریز مانند منحنی هیپسومتریک به کتب هیدرولوژی مراجعه نمایید.

۲-۳- خصوصیات آبراهه‌های حوضه آبریز

سرعت جریان آب در آبراهه‌ها معمولاً بیشتر از سرعت جریان در سطح اراضی حوضه است. در حوضه‌های با تراکم آبراهه ای زیاد، زمان پیمایش آب عمدتاً براساس زمان حرکت آب در آبراهه‌ها برآورد می‌شود. هرچه تراکم آبراهه‌ها کمتر شود، زمان پیمایش رواناب بر روی اراضی در زمان پیمایش کلی آب در حوضه، که ترکیبی از زمان پیمایش رواناب و زمان

حرکت آب در آبراهه‌هاست، مطرح می شود. لذا الگوی زهکشی رواناب سطحی که به خصوصیات و تراکم آبراهه‌ها بستگی دارد می‌تواند در میزان جریان سطحی مؤثر باشد. پارامترهای متعددی جهت نشان دادن الگوی آبراهه‌ها در حوضه‌های آبریز ارائه شده که در این قسمت به آن پرداخته می‌شود.

۲-۳-۱- قوانین هورتون (Horton's Laws) در حوضه آبریز

هورتون مجموعه‌ای از قوانین جهت بیان خصوصیات ریخت‌شناسی (Geomorphology) حوضه‌ها ارائه کرد. در مورد آبراهه های حوضه آبریز، وی مرتبهٔ آبراهه را به عنوان میزان شاخه‌های درخت آبراهه‌ها در حوضهٔ آبریز معرفی نمود. هر قسمت از آبراهه‌ها با یک مرتبه (برای نمونه مرتبه اول، دوم، سوم) بیان می‌شود. آبراههٔ مرتبه اول به سرشاخه‌های هر آبراهه گویند و آبراههٔ مرتبه دوم از اتصال حداقل دو آبراهه مرتبه اول تشکیل می‌شود. آبراهه مرتبه سوم از حداقل دو آبراهه مرتبه دوم حاصل می شود. به طورکلی آبراههٔ مرتبهٔ nام از حداقل ۲ آبراهه مرتبهٔ (n-۱)ام به وجود می‌آید. مرتبهٔ آبراهه‌ای حوضه آبریز براساس مرتبهٔ آبراهه اصلی تعیین می‌شود. مثلا حوضه آبریز شکل ۲-۲ دارای مرتبهٔ آبراهه‌ای ۴ است.

ایدهٔ مرتبه آبراهه جهت محاسبهٔ مشخصات زهکشی حوضه‌ها کاربرد دارد. نسبت انشعاب R_b= Bifurcation Ratio به صورت نسبت تعداد آبراهه‌های هر مرتبه به تعداد آبراهه‌های مرتبه بعدی است، که عموماً این نسبت بین ۲ تا ۴ است. در شکل ۲-۳ آبراهه‌های هم مرتبهٔ شکل ۲-۲ به صورت مجزا نشان داده شده است، که نشانگر ۱۷ آبراهه مرتبهٔ اول، ۶ آبراهه مرتبه دوم، ۲ آبراهه مرتبه سوم و یک آبراهه مرتبه چهارم است. لذا نسبت انشعاب برای مرتبهٔ ۱ به ۲،۲ به ۳ و ۳ به ۴ به ترتیب برابر با ۲.۸۳، ۳.۰ و ۲.۰ است و به طور میانگین معادل ۲.۶ است.

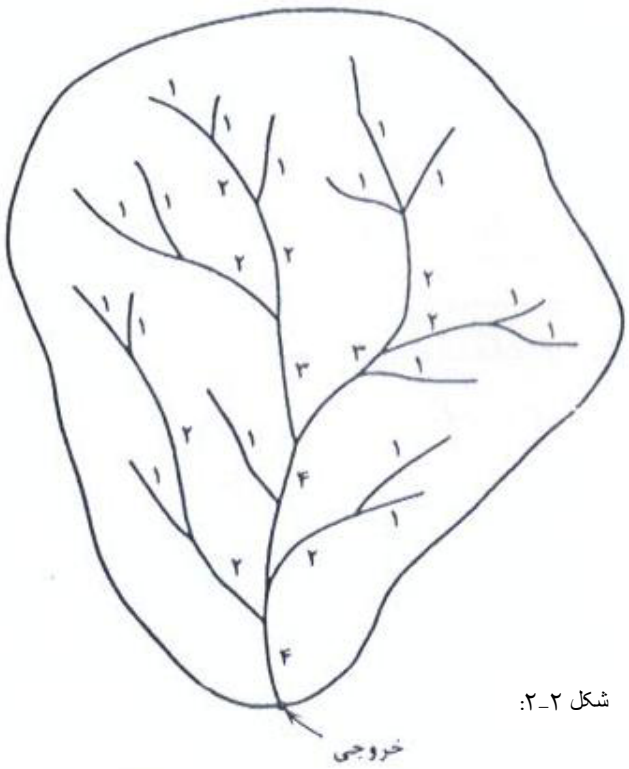
۲-۳-۲- تراکم زهکشی حوضه آبریز

تراکم زهکشیDrainage Density (D_d) عبارتست از طول کل آبراهه‌ها به مساحت کل حوضهٔ آبریز و لذا واحد تراکم زهکشی، معکوس واحد طول است. مقدار زیاد این شاخص، نشانگر تراکم زیاد آبراهه‌ها در حوضه و لذا پاسخ سریع حوضه نسبت به بارش است.

$$D_d = L_T / A$$

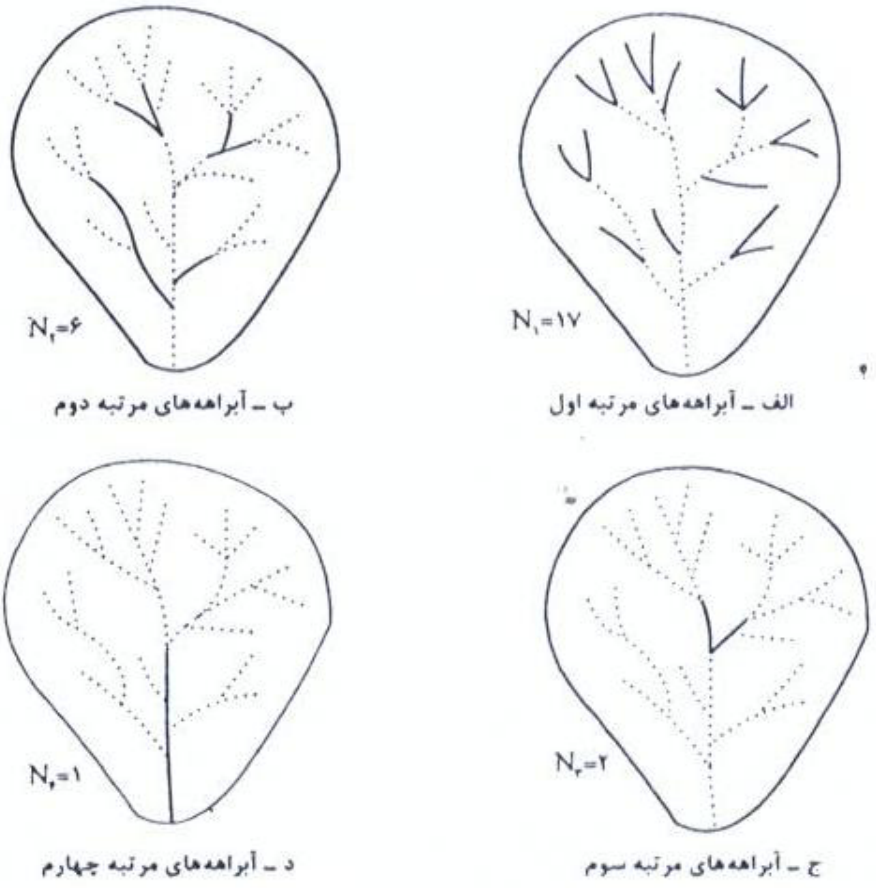
۲-۴- زمان تمرکز حوضه آبریز

سازه‌های هیدرولیکی معمولا براساس یک دبی سیلابی طراحی می‌شود. در مقدار دبی سیلابی خروجی، حوضه‌های آبریز، خصوصیات حوضه و نیز مؤلفه‌های هواشناسی موثرند. از جمله مشخصات حوضه‌های آبریز مؤثر در دبی های سیلاب، زمان تمرکز (Time of Concentration=t_C) می‌باشد. دو تعریف اصلی برای t_C وجود دارد که در زیر می آید.



شکل ۲ـ۲:

شکل ۶ـ۶ رتبه‌بندی آبراهه‌ها در یک حوضهٔ آبریز فرضی



الف ـ آبراهه‌های مرتبه اول

ب ـ آبراهه‌های مرتبه دوم

ج ـ آبراهه‌های مرتبه سوم

د ـ آبراهه‌های مرتبه چهارم

شکل ۲-۳: جداسازی مرتبهٔ آبراهه‌ها برای برآورد نسبت انشعاب

الف- مدتی است که یک قطرهٔ آب از دورترین فاصلهٔ هیدرولیکی حوضه به نقطهٔ خروجی حوضه یا نقطه طراحی برسد. منظور از دورترین فاصلهٔ هیدرولیکی، دورترین فاصلهٔ هندسی نبوده بلکه ممکن است به دلیل شیب کمتر بخشی از حوضه، دورترین نقطه به لحاظ زمان تمرکز دارای فاصلهٔ هندسی کمتری نسبت به خروجی یا نقطهٔ طراحی داشته باشد. براساس این تعریف معادلات تجربی مختلفی برحسب مشخصات حوضه‌های آبریز ارائه شده است.

ب- براساس هیتوگراف بارش مشاهداتی و هیدروگراف رواناب مشاهداتی ناشی از آن بارش انجام می شود. یعنی به ترتیب از آن ها، میزان بارش مازاد (Rainfall excess) و رواناب مستقیم(Direct runoff) محاسبه می‌شود. زمان تمرکز، فاصلهٔ زمانی بین مرکز جرم بارش مازاد و نقطهٔ عطف در بازوی کاهشی هیدروگراف است. در برخی از موارد نیز زمان تمرکز را به عنوان تفاوت زمانی بین انتهای بارش مازاد و نقطهٔ عطف بازوی کاهش هیدروگراف در نظر می‌گیرند. تعریف دوم که در فصول بعد تشریح می شود معمولا به عنوان جایگزین تعریف اول مورد استفاده قرار می گیرد.

روش‌های مبتنی بر تعریف الف می‌تواند به دلیل تقریب در پارامترها و ثابت نبودن این پارامترها در دبی‌های سیلابی مختلف و یا تغییر این پارامترها با زمان، دارای تفاوت در تخمین زمان تمرکز حوضه باشد. روش دوم نیز دارای مشکلاتی است از آن جمله اینکه روش یگانه‌ای جهت برآورد رواناب مستقیم وجود ندارد (در فصول بعدی خواهد آمد). لذا در مجموع روش واحدی جهت تعیین t_C وجود نداشته و باتوجه به شرایط حوضهٔ آبریز با فرضیاتی که در هر روش تجربی ارائه شده روش مناسب انتخاب می شود. لذا بایستی توجه ویژه‌ای به فرضیات مورد نظر در بهره برداری از هر روش نمود.

۲-۴-۱- روش‌های تجربی تخمین زمان تمرکز (با تعریف اول)

روابط بسیار متعددی جهت تخمین زمان تمرکز با استفاده از مشخصات حوضه های آبریز نظیر شیب، ابعاد حوضه یا طول آبراهه اصلی، ضریب زبری آبراهه و میزان نفوذناپذیری سطح حوضه ارائه شده که در اینجا به یازده رابطهٔ معمول اشاره می‌شود. این یازده رابطهٔ تجربی به طور خلاصه در جدول ۲-۱ ارائه گردیده است. آنچه که مهم است این که هر روش در چه شرایطی باید به کار رود و اصولاً هر روش برای چه شرایطی توسعه یافته است. پنج روش: FAA- Federal Aviation Agency، موج سینماتیکی، Kerby-Hathaway، SCS Lag و SCS Velocity در مواقعی قابل کاربرد است که جریان اصولاً در حوضه به صورت سطحیOverland Flow و یا دو بعدی صورت گیرد. سه روش: کارتر و دو رابطهٔ کرپیچ با فرض جریان غالب در آبراهه به دست آمده است. دو روش: اسپی- وینسلو و فون سیکل براساس جریان ترکیبی از سطحی و آبراهه‌های توسعه یافته و تنها روش ایگلسون برای حوضه‌هایی که دارای شبکه‌های جمع آوری آب‌های سطحی با لوله‌گذاری است توسعه یافته و لذا عمدتاً در حوضه‌های آبریز شهری به کار می‌رود.

در تحقیقی با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده از شهر واشینگتن با کالیبره کردن داده‌ها برای حوضه‌های شهری و متغیرهای طول آبراهه و شیب آبراهه اصلی، رابطهٔ خود را مطابق جدول ۲-۱ ارائه نمود. لازم به ذکر است که داده‌های جمع‌آوری شده مربوط به حوضه‌های آبریز شهری تا مساحت ۲۰ کیلومتر مربع و طول آبراهه اصلی ۱۱ کیلومتر و شیب کمتر از ۰.۰۰۵ بوده است. همچنین ضریب زبری مانینگ آبراهه از ۰.۰۱۳ تا ۰.۰۲۵ بوده است.

جدول ۲-۱: روابط تجربی برای تخمین زمان تمرکز

نام روش	معادله
کارتر	$t_c = 1.278\, L_m^{0.6}\, S_m^{-0.3}$
ایگلسون	$t_c = 0.000275\, L_f\, n R_h^{-\frac{2}{3}}\, S_f^{-\frac{1}{2}}$
اسپی- وینسلو	$t_c = 0.734\, \phi L_f^{0.29}\, S_f^{-0.145} I^{-0.6}$
ادارهٔ هوانوردی آمریکا	$t_c = 0.0236\, (1..1 - C)\, L_m^{0.5}\, S_f^{-0.333}$
موج سینماتیکی	$t_c = 0.11657\, L^{0.6} n^{0.6} i^{-0.4} S_f^{-0.33}$
کرباى – هاتاوى	$t_c = 0.0241\, L_f^{0.47} n^{0.47} S_f^{-0.235}$
کرپیچ (PA)	$t_c = 0.0000541\, L_f^{0.77} S_f^{-0.5}$
کرپیچ (TN)	$t_c = 0.000325\, L_f^{0.77} S_f^{-0.385}$
SCS با زمان تأخیر	$t_c = 0.000142\, L_f^{0.8} (\frac{25400}{CN} - 228.6)^{0.7} S^{-0.5}$
SCS با تخمین سرعت	$t_c = 0.0002778 \sum (L_f\, K S^{-0.5})$
فون سیکل	$t_c = 0.01248\, L_t^{0.13} L_m^{0.13} S_f^{-0.065}$

در معادلات فوق:

$\mathbf{t_C}$ =زمان تمرکز (hr)، L_m =طول آبراهه اصلی (km)، S_m =شیب میانگین آبراهه اصلی، L_f= طول کانال (m)، n=ضریب زبری مانینگ، R_h=شعاع هیدرولیکی (m)، S_f=شیب کانال، I=درصد سطوح نفوذناپذیر، Φ=عامل کانال، C=ضریب سیلاب در روش منطقی (استدلالی)، L=طول آبراهه اصلی (m)، S=شیب آبراهه اصلی (برحسب درصد)، i=شدت بارش mm/h، CN=شمارهٔ منحنی در روش *SCS*، K=ضریب تابع نوع کاربری اراضی، L_t =مجموع طول آبراهه‌های فرعی یا لوله های فرعی (m) و L_m =طول حوضه (m) است.

مثال ۲-۴: مطلوب است برآورد $\mathbf{t_C}$ در حوضهٔ آبریزی با مشخصات جدول ۲-۳ برای دو حالت قبل و بعد از توسعه (با تغییر کاربری اراضی) به روش تخمین سرعت. حوضه قبل از توسعه عمدتا جنگلی به مساحت ۱۶ هکتار با آبراههٔ طبیعی پوشیده از علف و پس از توسعه، یک لوله بتنی به قطر ۴۰۰ میلیمتر جایگزین بخشی از آبراهه طبیعی شده است. راهنمایی: تخمین سرعت در آبراهه با روش مانینگ $\left(V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}\right)$ و در سطح با معادله $V = K S^{1/2}$.

جدول ۲-۲: مقادیر ضریب *K* برای محاسبهٔ سرعت جریان در سطح حوضه با کاربری‌های مختلف

نوع کاربری اراضی	*K*
اراضی جنگلی با زمین‌های لخت	۰.۰۷۶
اراضی کشاورزی	۰.۱۵۲
مراتع با چمن کوتاه	۰.۲۱۳
اراضی کشاورزی با کشت ردیفی	۰.۲۷۴
اراضی بایر با خاک بدون پوشش گیاهی	۰.۳۰۵
آبراهه‌های با پوشش علفی	۰.۴۵۷
سطوح پوشش داده شده	۰.۶۱۰

جدول ۲-۳: شرایط حوضهٔ آبریز قبل و بعد از توسعه (تغییر کاربری اراضی)

شرایط توسعه	شمارهٔ بازه جریان	شیب	طول (m)	کاربری اراضی
قبل از توسعه	۱	۰.۰۱	۴۳	جنگلی
	۲	۰.۰۰۸	۸۰	آبراهه با پوشش علفی
	۳	۰.۰۰۸	۱۴۵	آبراهه کنار جاده
بعد از توسعه (با تغییر کاربری اراضی)	۱	۰.۰۱	۱۵	اراضی با پوشش چمن کوتاه
	۲	۰.۰۱	۱۵	اراضی پوشش داده شده
	۳	۰.۰۰۸	۹۰	آبراهه‌های با پوشش علفی
	۴	۰.۰۰۹	۱۳۰	لولهٔ بتنی به قطر ۴۰۰ mm

حل: در شرایط قبل از توسعه با استفاده از رابطهٔ $V = KS^{1/2}$ و جدول ۲-۲، مقدار سرعت جریان در بازهٔ ۱ جریان ۰.۰۷۶ متر در ثانیه و در بازهٔ ۲ جریان ۰.۴۱ متر در ثانیه به دست می‌آید. برای محاسبهٔ سرعت جریان در آبراهه کنار جاده با ضریب زبری مانینگ n = ۰.۱۵ و شعاع هیدرولیکی ۰.۳ متر خواهیم داشت:

$$V = \frac{1}{0.15} 0.3^{2/3} 0.008^{1/2} = 0.27 \text{ m/s}$$

لذا زمان تمرکز کلی حوضه قبل از توسعه برابر است با:

$$t_c = \frac{43}{0.076} + \frac{80}{0.41} + \frac{145}{0.27} = 1298 \text{ (s)} = 21.6 \text{ (min)}$$

در شرایط پس از توسعه، سرعت در جریان در بازه‌های ۱، ۲ و ۳ جریان به ترتیب معادل ۰.۲۳۱، ۰.۶۱ و ۰.۵۴ متر در ثانیه بدست می آید. با ضریب مانینگ n = ۰.۰۱۱ برای لولهٔ بتنی و شعاع هیدرولیکی R_h =۰.۱(m) خواهیم داشت:

$$V = \frac{1}{0.011} 0.1^{2/3} 0.009^{1/2} = 1.86 \text{ m/s}$$

لذا زمان تمرکز کلی حوضه پس از شرایط توسعه برابر است با:

$$t_c = \frac{15}{0.213} + \frac{15}{0.61} + \frac{90}{0.54} + \frac{130}{1.86} = 332 \text{ (s)} = 5.5 \text{ (min)}$$

لذا توسعهٔ اراضی حوضه باعث کاهش زمان تمرکز آن از ۲۱.۶ دقیقه به ۵.۵ دقیقه شده است. در فصول بعد افزایش شدید دبی اوج سیلاب با کاهش زمان تمرکز بررسی خواهد شد. از این روست که توسعه و تبدیل اراضی جنگلی وکشاورزی به اراضی نفوذناپذیر و سطوح شهری باعث تشدید سیلاب در پائین دست می‌شود.

مسایل

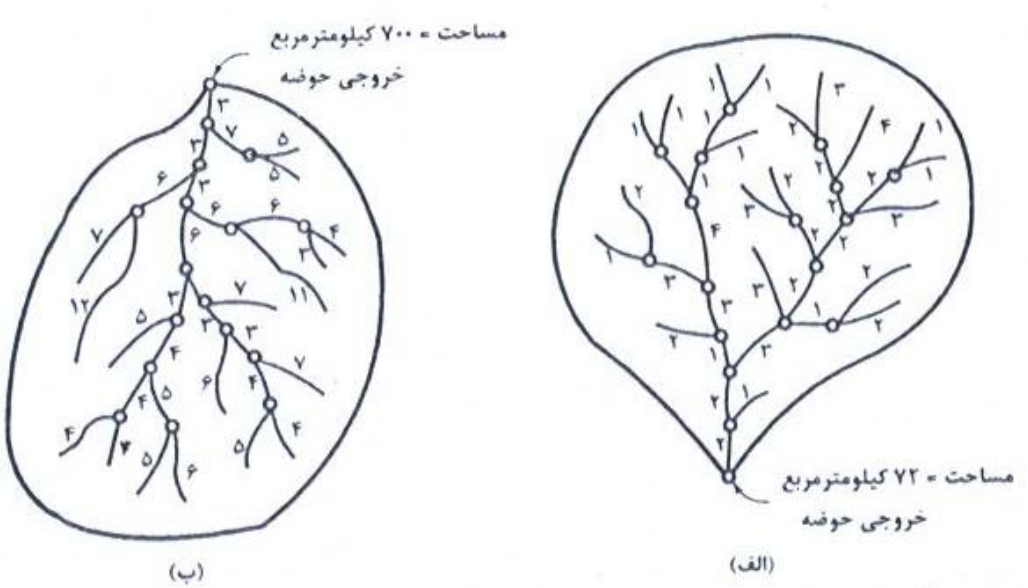
۲-۱- مطلوب است محاسبهٔ تراکم زهکشی در حوضه‌های آبریز مطابق شکل ۲-۵- الف و ب که مساحت آنها برحسب کیلومتر مربع و طول آبراهه‌ها برحسب کیلومتر روی شکل نشان داده شده است.

۲-۲- در حوضهٔ آبریز شکل ۲-۴- الف، ضمن مشخص نمودن مرتبهٔ آبراهه‌ها، نسبت انشعاب R_b را محاسبه و براساس قانون هورتون برای تعداد آبراهه‌ها، تعداد واقعی آبراهه‌ها با مرتبه‌های مختلف را با مقدار محاسباتی آنها مقایسه نمائید.

۲-۳- برای شکل ۲-۴- الف، مطلوب است محاسبهٔ نسبت طول آبراهه‌ها r_l، نسبت مساحت آبراهه‌ها r_a و نسبت شیب آبراهه‌ها r_s. میانگین طول، مساحت و شیب را نیز برای هر مرتبه از آبراهه‌ها محاسبه و با مقادیر واقعی مقایسه نمائید.

۲-۴- در یک حوضهٔ آبریز طبیعی، طول روخانه اصلی ۳۵۰۰ متر و شیب میانگین آن ۳ درصد است. براساس شرایط نفوذپذیری خاک حوضه و پوشش گیاهی، مقدار شمارهٔ منحنی CN =۷۵ تخمین زده شده است. مطلوب است محاسبهٔ زمان تمرکز این حوضه به روش SCS با زمان تأخیر.

۲-۵- در یک حوضه آبریز شهری، طول کانال اصلی جمع‌آوری آب‌های سطحی 2560 متر و شیب آن S=0.004 است. زمان تمرکز این حوضه براساس رابطهٔ کرپیچ (TN) چند ساعت است؟



شکل ۲-۴ حوضه‌های آبریز با شاخه های مختلف، طول شاخه‌ها برحسب کیلومتر می‌باشد.