دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

بررسی نقش پارامترهای هیدرولوژیکی و هندسی حوزه بر شکل منحنی تداوم جریان (مطالعه موردی: ناحیه خزری)

رحیم کاظمی[۱] و نجفقلی غیاثی[۲]

۱- مربی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، (نویسنده مسوول: ra_hkazemi@yahoo.com)
۲- استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۵

چکیده

منحنی تداوم جریان یک روش کلاسیک برای نمایش گرافیکی روابط بین فراوانی و بزرگی جریان است. عوامل متعددی در شکل این منحنی و روند تغییرات آن نقش دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به پارامترهای اقلیمی و فیزیوگرافیکی حوزه اشاره نمود. در این پژوهش، روابط بین شکل منحنی تداوم جریان و پارامترهای فیزیکی حوزه مورد بررسی قرار گرفته است. تعداد ۲۰ ایستگاه با آمار مناسب و دوره مشترک آماری ۱۳۸۵-۱۳۵۱ انتخاب شد. با استفاده از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و تعیین موقعیت ایستگاه‌ها، محدوده مورد پژوهش مشخص و پارامترهای اولیه حوزه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، استخراج شد. منحنی تداوم جریان با استفاده از داده‌های روزانه جریان، ترسیم و با استفاده از برنامه‌نویسی در محیط برنامه‌نویسی MATLAB شیب اولین و آخرین نقطه عطف منحنی به عنوان شاخص تغییر شکل منحنی محاسبه شد. تجزیه عاملی انجام و عوامل مستقل تأثیرگذار بر شکل منحنی مشخص شد. سپس همگنی هیدرولوژیکی زیرحوزه‌ها بر اساس عوامل مستقل با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت، همبستگی میزان درصدهای عدم تجاوز منحنی در نقطه عطف، با پارامترهای هندسی و هیدرولوژیکی حوزه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که پارامترهای محیط، مساحت، طول رودخانه اصلی، طول حوزه، زمان‌تمرکز و ارتفاع متوسط حوزه، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر روی شکل منحنی تداوم جریان در منطقه پژوهش می‌باشند. تمامی شش پارامتر فوق دارای همبستگی مثبت با ضریب همبستگی حداقل ۰/۵٤ متعلق به ارتفاع متوسط و حداکثر ۰/۷۸ برای محیط حوزه با شاخص تغییر شکل منحنی تداوم جریان می‌باشند. پارامتر شیب متوسط حوزه و بارش متوسط سالانه به عنوان دومین عامل تأثیرگذار، دارای رابطه منفی با ضریب همبستگی ۰/۵۹ و ۰/۵٦ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: حوزه خزر، شاخص تغییرشکل، مناطق همگن، منحنی تداوم جریان، نقطه عطف منحنی

مقدمه

منحنی تداوم جریان، یکی از مناسب‌ترین روش‌های نمایش پاسخ هیدرولوژیک حوزه است و کاربردهای مختلفی در مدیریت منابع آب حوزه دارد. منحنی تداوم جریان، درصد جریان روزانه، ماهانه یا دیگر گام‌های زمانی مربوط به یک دوره تاریخی رودخانه معینی را بیان می‌کند. این منحنی از رسم تجمعی دبی رودخانه نسبت به زمان و یا بر حسب احتمال وقوع به‌دست می‌آید و مکرراً برای مقایسه رژیم جریان حوزه‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل منحنی نیز انعکاسی از تأثیر پارامترهای آب و هوایی و فیزیوگرافی بر جریان رودخانه و پاسخ هیدرولوژیکی حوزه است (۱).

قدیمی‌ترین موارد استفاده از منحنی تداوم جریان به تحقیقات هرشل بر می‌گردد (۵). البته امروزه استفاده از این منحنی در گرایش‌های مختلف هیدرولوژی و علوم وابسته فراگیر شده است که از جمله می‌توان به تحقیقات رید و همکاران (۲۰) در ارتباط با تولید انرژی برق آبی و طراحی سامانه‌های آبی اشاره کرد. منحنی تداوم‌جریان در تحقیقات مرتبط با مدیریت آلودگی در رودخانه و رسوب‌گذاری و فرسایش به وسیله محققین مختلفی مانند کردوآ و گونزالس (۷)، ریچارد و براث (۲۱) نیز مورد استفاده قرار گرفته است. از دیگر موارد کاربرد این منحنی، استفاده آن در برنامه‌ریزی منابع‌آب، از جمله تأمین آب شرب، کشاورزی، پرورش ماهی و تحقیقات مرتبط با حفاظت از اکوسیستم است (۱۶،۱۲،۹،۲). یکی دیگر از موارد کاربرد منحنی تداوم جریان، استفاده در کالیبراسیون مدل‌های هیدرولوژیکی است که به وسیله‌ی (وستربرگ و همکاران (۲۴) مورد آزمون قرار گرفته و نتایج مناسبی در خصوص مرتفع کردن مشکلات ناشی از عدم قطعیت داده‌ها و تفاوت حساسیت به اندازه داده‌های مورد استفاده، ارائه شده است. در یک دهه گذشته، مطالعات متعددی در خصوص تأثیر پارامترهای هندسی و هیدرولوژیکی حوزه بر شکل منحنی تداوم‌جریان، انجام شده است (۳). عمده این مطالعات به‌صورت تجربی است و در دو دسته گرافیکی و آماری قرار دارد که روش گرافیکی، برروی تأثیر مشخصه‌های فیزیوگرافیک و آب و هوائی بر شکل منحنی تداوم‌جریان تمرکز دارند (۱۸). در صورتی که روش‌های آماری بر روی توزیع‌های آماری، برای برازش به منحنی تداوم جریان و ارتباط این برازش‌ها به مشخصه‌های فیزیکی حوزه متمرکز هستند (۱۷). مطالعات گرافیکی، پارامترهای متعدد فیزیوگرافیکی و اقلیمی را در شکل منحنی مؤثر دانسته‌اند که از جمله می‌توان به نتایج تحقیقات وارد و رابینسون (۲۳) اشاره کرد که نقش خاک و زمین‌شناسی را بر شکل منحنی مؤثر دانسته است، هم‌چنین نقش تغییرات پوشش‌گیاهی در تغییر شکل منحنی تداوم جریان به وسیله لان و همکاران (۱۵) به

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.12.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.127]

اثبات رسیده است. تحقیقات ژانگ و همکاران (۲۵) در حوزه رود زرد در چین، نشان داد که تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی، می‌تواند بر روی رژیم جریان و در نهایت شکل منحنی تداوم‌جریان تأثیر بگذارد.

در روش‌های آماری، توزیع‌های متعددی برای برازش به شکل منحنی تداوم جریان به کار برده شده است، که از جمله آن‌ها، کاربرد توزیع‌های احتمالاتی به کار رفته مانند توزیع لوگ نرمال، توزیع گاما، توزیع بتا و توزیع لجستیک می‌باشد (۱۹،۱۶،۵). اگر چه هر دو روش گرافیکی و آماری، تأثیر پارامترهای فیزیوگرافیکی و اقلیمی را در شکل منحنی تداوم جریان در نقاط مختلف دنیا به اثبات رسانیده‌اند، اما تعمیم نتایج از نقطه‌ای به نقطه دیگر به دلیل تنوع عوامل تأثیرگذار، مفید نخواهد بود (۶).

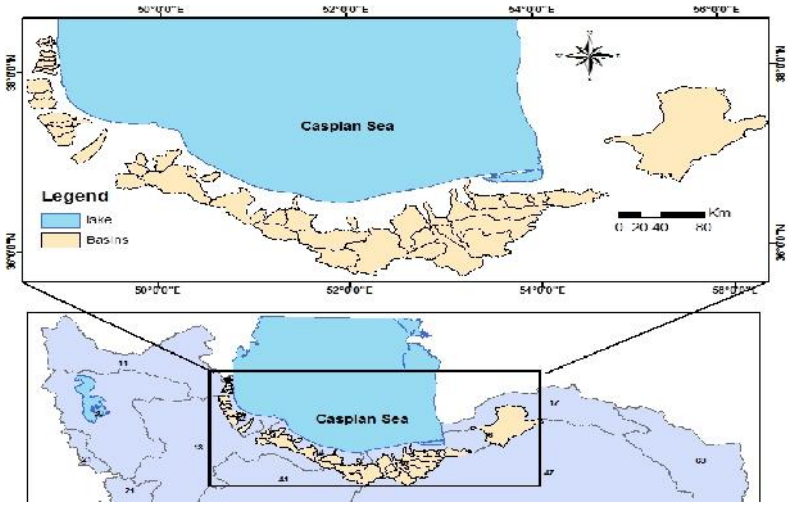
با بررسی‌های به عمل آمده، به نظر می‌رسد در رابطه با تأثیر پارامترهای هندسی و هیدرولوژیکی حوزه بر شکل منحنی تداوم جریان در سطح کشور پژوهش کافی انجام نشده باشد. منحنی تداوم جریان به علت تأثیرات عوامل مختلف مانند کاربری اراضی، خاک، آب و هوا، پوشش، توپوگرافی و زمین‌شناسی از نظر زمانی و مکانی متغیر است. مطالعه چگونگی روابط بین پارامترهای فیزیکی و هیدرولوژیکی حوزه با شکل منحنی تداوم جریان در یک منطقه همگن از نظر هیدرولوژیکی و فیزیوگرافی، موجب دست‌یابی به‌اطلاعاتی برای تفسیر دقیق‌تر منحنی تداوم جریان و استفاده در مدیریت بهینه منابع آب حوزه خواهد شد.

هدف از این پژوهش، تعیین عوامل مهم تأثیرگذار اقلیمی، مورفومتری در تغییر شکل منحنی تداوم جریان و هم‌چنین بررسی روابط مابین آنها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش

محدوده این پژوهش شامل تعداد ۲۰ حوزه آبخیز واقع در نوار ساحلی دریای خزر است که بین عرض جغرافیایی از ۴۵ ′ ۳۵ شمالی و طول ۲۵ ′ ۳۸ شرقی واقع شده‌اند، (شکل ۱). منطقه مورد پژوهش متأثر از آب و هوای خزری و مدیترانه‌ای است و عمدتاً دارای کاربری جنگلی، مرتعی و کشاورزی می‌باشد. حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه به ترتیب ۷۳۵ و ۲۳۷۵ متر از سطح دریا است. حداکثر بارش سالانه در دوره مورد پژوهش (۱۳۸۵-۱۳۵۱) به میزان ۱۱۳۱ میلی‌متر متعلق به حوزه آبخیز خطبه‌سرا و حداقل آن مربوط به حوزه آبخیز نور با ۵۰۵ میلی‌متر است (۱۳). مشخصه‌های پایه حوزه‌های مورد پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- منطقه مورد پژوهش
Figure 1. Location of the study area

روش پژوهش

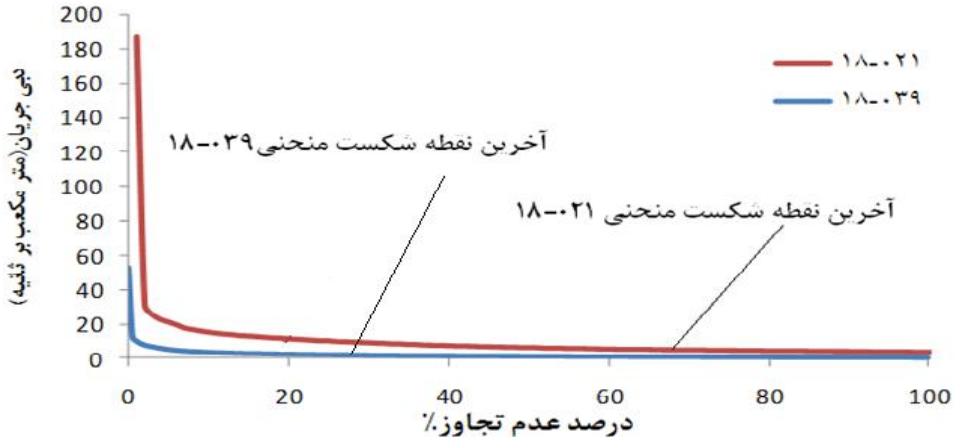
برای انجام پژوهش حاضر، ابتدا با بررسی داده‌های دبی روزانه ایستگاه‌های آب‌سنجی، تعداد ۲۰ ایستگاه با آمار مناسب و دوره مشترک آماری سال‌های آبی ۱۳۸۵-۱۳۵۱ انتخاب شد. با استفاده از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و تعیین موقعیت ایستگاه‌ها، محدوده مورد پژوهش مشخص و پارامترهای اولیه حوزه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، استخراج شد. منحنی تداوم جریان با استفاده از داده‌های روزانه جریان و پس از پالایش و بازسازی آماری، ترسیم و با استفاده از برنامه‌نویسی در محیط برنامه نویسی MATLAB شیب اولین و آخرین نقطه عطف منحنی به عنوان شاخص تغییر شکل منحنی محاسبه شد، شکل (۲). تجزیه عاملی انجام و عوامل مستقل تأثیرگذار بر شکل منحنی مشخص شد. سپس همگنی هیدرولوژیکی زیرحوزه‌ها بر اساس عوامل مستقل، با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت، همبستگی مقدار شیب منحنی در دو نقطه عطف، با پارامترهای هندسی و هیدرولوژیکی حوزه‌ها به‌عنوان شاخص تغییر شکل منحنی تداوم جریان مورد بررسی قرار گرفت.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.12.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.127]

جدول ۱- مشخصه‌های حوزه‌های مورد پژوهش

Table 1. The characteristics of the studied catchments

نام حوزه	کد ایستگاه هیدرومتری	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع متوسط (m)	مساحت (Km^2)	بارش متوسط سالانه (mm)
ریگ چشمه تجن	۱۲-۰۲۵	۵۳،۱۰	۳۶،۲۲	۲۰۴۱	۲۷۰۳	۶۸۰
سلیمان تنگه-تجن	۱۳-۰۱۹	۵۳،۱۳	۳۶،۱۵	۲۰۹۵	۱۲۳۹	۶۵۷
شیرگاه (کسیلیان)	۱۴-۰۰۵	۵۲،۵۳	۳۶،۱۷	۱۸۳۱	۳۵۲	۹۷۹
بابلرود (قران طالار)	۱۴-۰۱۱	۵۲،۴۸	۳۶،۱۶	۱۶۹۲	۴۳۴	۹۷۱
نور	۱۵-۰۱۵	۵۲،۱۱	۳۶،۱۱	۲۷۲۲	۱۱۸۱	۵۰۵
کره سنگ	۱۵-۰۱۷	۵۲،۲۲	۳۶،۱۶	۲۹۸۹	۳۹۴۱	۵۳۶
لاویج	۱۶-۰۰۳	۵۲،۵۴	۳۶،۳۵	۱۹۶۵	۹۸	۶۵۹
چالوس	۱۶-۰۲۱	۵۱،۲۰	۳۶،۳۰	۲۳۷۸	۱۶۲۲	۵۴۴
سردابرود (کلاردشت)	۱۶-۰۲۳	۵۱،۰۷	۳۶،۲۹	۳۰۳۰	۱۹۱	۶۲۵
چشمه گیله (هراتبر)	۱۶-۰۴۱	۵۰،۵۵	۳۶،۴۶	۲۴۱۰	۷۷۲	۶۲۰
سموش (هراتبر)	۱۶-۰۵۹	۵۰،۱۷	۳۷،۵۹	۱۸۶۶	۹۹	۱۰۱۹
توتکابن	۱۷-۰۴۵	۴۹،۳۱	۳۶،۵۳	۱۴۴۰	۲۳۳	۴۲۷
زیلکی (شهر بیجار)	۱۷-۰۵۱	۴۹،۳۸	۳۷،۰۰	۱۴۱۳	۲۲۸	۷۲۷
دیشام (پاشاکی)	۱۷-۰۵۵	۴۹،۴۸	۳۷،۰۱	۷۳۵	۱۲۷	۱۰۸۰
رودبارسرا-چاف رود	۱۸-۰۱۹	۴۹،۰۵	۳۷،۲۷	۱۳۶۴	۱۲۵	۱۱۱۰
شفارود (پونل)	۱۸-۰۲۱	۴۹،۰۵	۳۷،۳۲	۱۵۰۴	۳۴۲	۱۰۷۴
کرکانرود (گرگانرود)	۱۸-۰۲۹	۴۸،۴۸	۳۷،۴۸	۱۶۳۹	۵۸۵	۸۴۵
شیر آباد	۱۸-۰۳۵	۴۸،۵۸	۳۸،۴۸	۱۵۵۱	۸۶۱۹	۹۴۲
چوبر (بالا محله)	۱۸-۰۳۹	۴۸،۵۱	۱۲،۳۸	۱۲۰۳	۷۰	۱۰۱۵
خطبه سرا	۱۸-۰۵۵	۴۸،۵۳	۳۸،۰۳	۱۱۹۰	۶۹	۱۱۳۱



شکل ۲- منحنی تداوم جریان دو حوزه شفا رود و چوبر بالامحله با مشخصات هندسی و هیدرولوژیکی مختلف

Figure 2. Flow duration curve of Shafa Rood and Chobar Balamahalle catchments with different characteristics

تجزیه و تحلیل عاملی

در این پژوهش تجزیه و تحلیل عاملی به روش (PCA)[1] برای ۲۰ متغیر فیزیوگرافی، هیدرولوژیکی و زمین شناسی در ۲۰ حوزه منتخب به کار برده شد. متغیرهای به کارگرفته شده شامل ویژگی‌های مختلف حوزه، از جمله، مساحت، تراکم زهکشی، ضریب گراولیوس، ارتفاع متوسط حوزه، بارش متوسط حوزه، شاخص جریان پایه، درصد پوشش سازندهای سخت کربناته، درصد پوشش سازندهای سخت غیرکربناته، درصد سازندهای آبرفتی کواترنر، درصد زمین‌های کشاورزی، درصد جنگل، درصد مرتع، زمان تمرکز، محیط، درصد سازندهای تبخیری، طول آبراهه اصلی، طول حوزه، شیب متوسط حوزه، دبی متوسط سالانه و درصد عدم تجاوز منحنی در آخرین نقطه عطف منحنی می‌باشند.

به منظور به حداکثر رساندن واریانس بارهای هر یک از عامل‌ها، تسهیل در تفسیر ساختار عاملی و ایجاد استقلال در عامل‌ها، از روش واریماکس[2] برای دوران محورهای عاملی استفاده شد. سپس، ماتریس امتیازات عاملی ایستگاه‌ها استخراج شد.

برای خارج کردن متغیرهای غیرضروری، از ماتریس همبستگی Anti-image استفاده شد. معیار تشخیص این متغیرها، آماره MSA[3] است. هر متغیر که دارای کمترین مقدار MSA بود با در نظر گرفتن سطوح معنی‌داری ماتریس ضرایب همبستگی میان متغیرها، از مجموعه متغیرها حذف شد. پس از انتخاب متغیرهای ضروری، تجزیه عاملی بر اساس این متغیرها صورت گرفته و عوامل مستقل مشخص شد. سپس همگنی هیدرولوژیکی زیرحوزه‌ها نیز بر اساس عوامل

1- Principal Component Analysis 2- Varimax Rotation 3- Measure of Sampling Adequacy

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.12.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.127]

مستقل، با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. سپس رابطه همبستگی درصد عدم تجاوز منحنی تداوم جریان در نقطه معادل شیب صفر منحنی با متغییر های هندسی و هیدرولوژیکی حوزه‌ها استخراج و مورد تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

آزمون تحلیل عاملی نشان داد که کلیه متغیرها در قالب دو عامل طبقه‌بندی می‌شوند که در مجموع در برگیرنده ۸۳/۹۸ درصد از واریانس داده‌ها می‌باشند (جدول ۲). عوامل محیط حوزه، طول رودخانه اصلی، مساحت، طول حوزه، زمان تمرکز و ارتفاع متوسط حوزه در قالب عامل اول، درصد عدم تجاوز در آخرین نقطه عطف منحنی، شیب متوسط حوزه، بارش متوسط سالانه، شاخص جریان پایه و دبی سالانه در عامل دوم، به عنوان مؤثرترین پارامترها شناخته شدند.

بررسی همگنی زیرحوزه‌ها بر اساس عوامل مستقل در روش تحلیل خوشه‌ای وارد[1]، نشان داد که در فاصله اقلیدسی بین پنج تا ده، دو گروه همگن وجود دارد. اما در فاصله اقلیدسی بین ده تا ۱۵ همه زیرحوزه‌ها به عنوان یک منطقه همگن تلقی می‌گردند. شکل ۳ نمودار خوشه‌ای زیرحوزه‌های همگن را در فواصل اقلیدسی مختلف نشان می‌دهد. دو زیر حوزه با کد ۰۲۵-۱۲ و ۰۰۳-۱۶ به‌دلیل عدم همگنی با سایر حوزه‌ها خارج از منطقه همگن قرار گرفته و از فرآیند تحلیل حذف شدند.

نتایج بررسی روابط همبستگی متغیرهای مختلف هندسی و هیدرولوژیکی حوزه‌ها با درصد عدم تجاوز در آخرین نقطه عطف منحنی درنمودار های ۴-۱ تا ۴-۸ ارائه شده است.

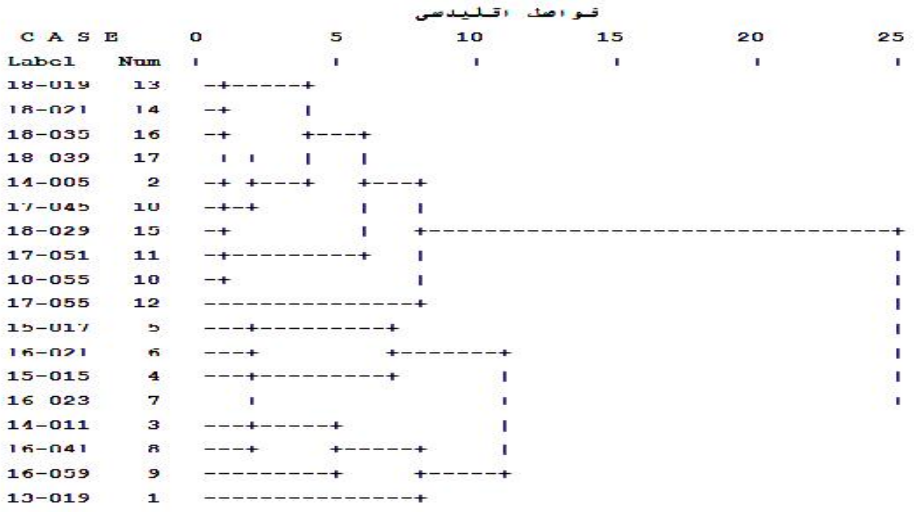
در این پژوهش به منظور تأمین شرایط نتیجه‌گیری منطقی و تحلیل متناسب با واقعیت‌های موجود، همگن‌بندی حوزه‌ها انجام و یک منطقه‌همگن از نظر پارامترهای هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی و هندسی انتخاب شد. دو حوزه با کد ۰۲۵-۱۲ و۰۰۳-۱۶ از مجموع ۲۰ حوزه به‌دلیل عدم وجود شرایط همگنی از فرآیند تحلیل کنار گذاشته شد و تحلیل با ۱۸ حوزه انجام شد. مقادیر درصد عدم تجاوز در محل اولین و آخرین نقطه عطف منحنی تداوم جریان، در کل دوره مورد مطالعه، با پارامترهای هندسی و هیدرولوژیکی حوزه‌ها به‌عنوان شاخص تغییر شکل منحنی تداوم جریان مورد بررسی قرار گرفت.

درصد عدم تجاوز در اولین نقطه عطف منحنی در تمامی حوزه‌ها در محدوده صدک‌های Q_1 تا Q_5 واقع شده است. این رفتار که نشان‌دهنده تخلیه اولیه و سریع رواناب سطحی می‌باشد، قابل انتظار است. آخرین نقطه عطف منحنی، در محلی است که شیب منحنی صفر می‌شود. این بخش از منحنی که نمایان‌گر چگونگی مشارکت آب‌های زیرسطحی در آب‌های سطحی است، برای تحلیل و تفسیر منابع آب زیرسطحی و مدیریت منابع آب حوزه اهمیت دارد. میزان صدک‌های منحنی، معادل آخرین نقطه عطف، در حوزه‌های منطقه پژوهش، بین Q_{29} تا Q_{99} متغیر است.

جدول ۲- کل درصد از واریانس توضیح داده شده بر اساس عوامل انتخابی درآزمون تحلیل عاملی

Table 2. Total percentage of variance explained based on selected factors in factor analysis

عامل	درصد از واریانس	درصد واریانس تجمعی
۱	۷۲/۳۹۵	۷۲/۳۹۵
۲	۱۱/۵۹۳	۸۳/۹۸۹

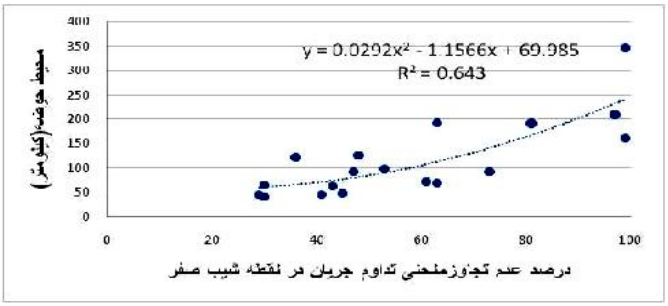


شکل ۳- نمودار خوشه‌ای زیرحوزه‌های همگن بر اساس عوامل مستقل

Figure 3. Dendrograom of homogeny catchments based of independent factors

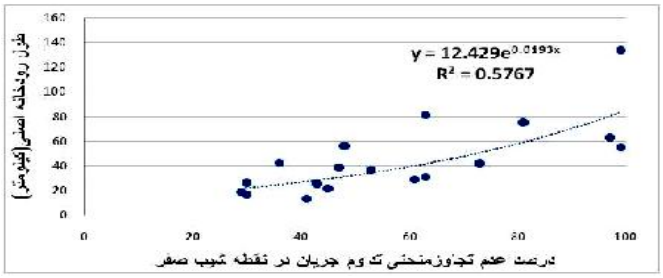
1- Ward Method

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.12.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.127]



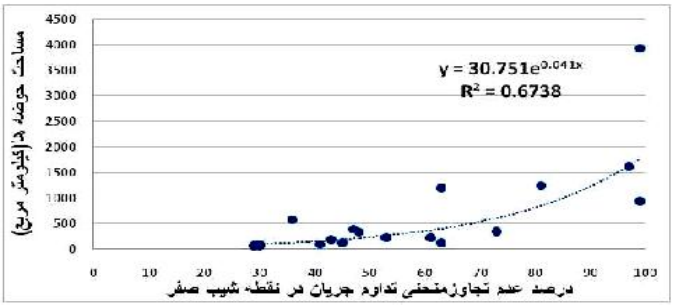
شکل ۴-۱- رابطه درصد عدم تجاوز در نقطه شیب صفر منحنی با محیط حوزه‌ها

Figure 4-1. Relationship between exceedance value at the point of zero slope with catchment perimeter



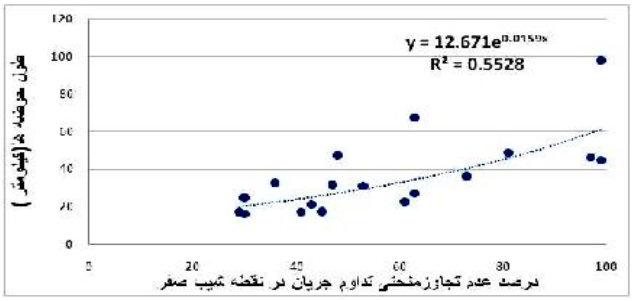
شکل ۴-۲- رابطه درصد عدم تجاوز در نقطه شیب صفر منحنی با طول رودخانه اصلی

Figure 4-2. Relationship between exceedance value at the point of zero slope with the main river length



شکل ۴-۳- رابطه درصد عدم تجاوز در نقطه شیب صفر منحنی با مساحت حوزه‌ها

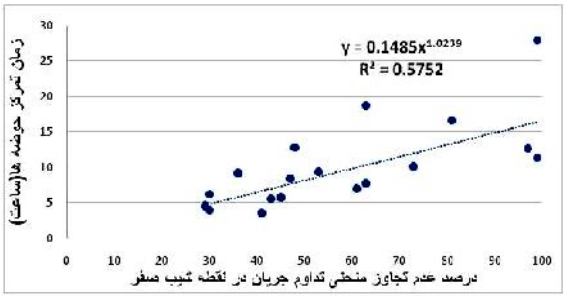
Figure 4-3. Relationship between exceedance value at the point of zero slope with the Catchment area



شکل ۴-۴- رابطه درصد عدم تجاوز در نقطه شیب صفر منحنی با طول حوزه‌ها

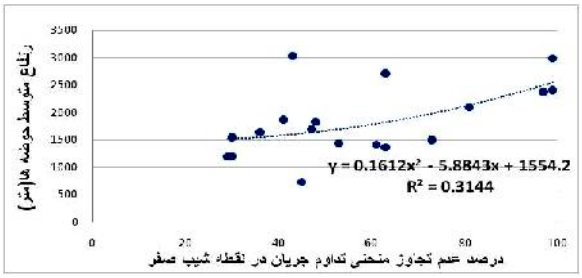
Figure 4-4. Relationship between exceedance value at the point of zero slope with the Catchment length

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.12.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.127]



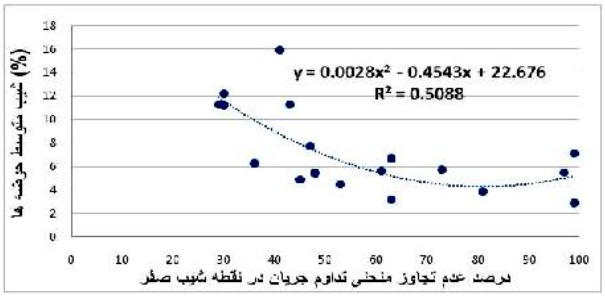
شکل ۴-۵- رابطه درصد عدم تجاوز درنقطه شیب صفر منحنی با زمان تمرکز حوزه‌ها

Figure 4-5. Relationship between exceedance value at the point of zero slope with the time of concentration



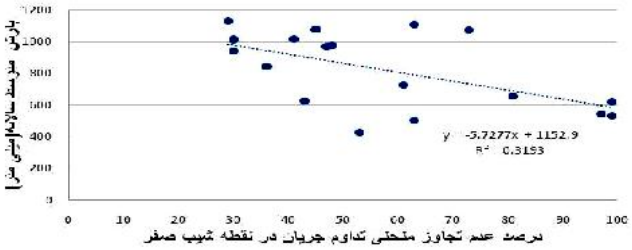
شکل ۴-۶- رابطه درصد عدم تجاوز در نقطه شیب صفر منحنی با ارتفاع متوسط حوزه‌ها

Figure 4-6. Relationship between exceedance value at the point of zero slope with the average height of catchments



شکل ۴-۷- رابطه درصد عدم تجاوز در نقطه شیب صفر منحنی با شیب متوسط حوزه‌ها

Figure 4-7. Relationship between exceedance value at the point of zero slope with the average slope of catchments



شکل ۴-۸- رابطه درصد عدم تجاوز درنقطه شیب صفر منحنی با بارش متوسط سالانه حوزه‌ها

Figure 4-8. Relationship between exceedance value at the point of zero slope with the average annual rainfall of the catchments

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.12.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.127]

این بدین معنی است که شکل بخش انتهایی منحنی تداوم‌جریان در منطقه پژوهش، متأثر از عوامل هندسی و هیدرولوژیکی بسیار متغییر است (شکل ۲).
هم‌چنین نشانگر این است که بازه‌ای از منحنی تداوم جریان که نماینده مشارکت آب‌های زیرسطحی در تأمین جریان رودخانه‌های منطقه می‌باشد، بسیار گسترده است و در ضمن، بیانگر مشارکت بالای جریان‌های زیرسطحی در تأمین جریان رودخانه‌ها در حوزه‌های مورد پژوهش می‌باشد.

نتایج تحلیل عاملی نشان داد که شش پارامتر محیط، مساحت، طول رودخانه اصلی، طول حوزه، زمان تمرکز و ارتفاع متوسط حوزه که جزء صفات ذاتی و غیرقابل تغییر حوزه هستند، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر روی شکل منحنی تداوم جریان در منطقه پژوهش می‌باشند. همان‌طور که نمودارهای ۴-۱ تا ۴-۶ نشان می‌دهند، تمامی شش پارامتر فوق دارای همبستگی مثبت با ضریب همبستگی حداقل ۰/۵۴ متعلق به ارتفاع متوسط حوزه و حداکثر ۰/۷۸ مربوط به محیط حوزه با شاخص تغییر شکل منحنی تداوم جریان می‌باشند. به این معنی که افزایش این پارامترها موجب افزایش درصد عدم تجاوز در محل آخرین نقطه عطف می‌شود و بیانگر این است که بازه احتمالاتی مشارکت آب‌های زیرسطحی در تأمین جریان رودخانه‌ها کوچک‌تر می‌شود. این در حالی است که رابطه همبستگی بین پارامتر شیب متوسط با شاخص تغییر شکل منحنی تداوم جریان یک همبستگی منفی با ضریب همبستگی ۰/۵۹ می‌باشد، شکل (۴-۷). افزایش شیب موجب کاهش شاخص تغییر شکل منحنی می‌شود و بازه احتمالاتی مشارکت آب‌های زیرسطحی در آب‌های سطحی بزرگ‌تر می‌شود و شکل منحنی به‌سمت یک منحنی مسطح‌تر میل می‌کند. پارامترهای هیدرولوژیکی شامل، بارش، شاخص جریان پایه و دبی سالانه، به عنوان دومین عامل تأثیرگذار در شکل منحنی تداوم جریان عمل می‌کنند. پارامترهای شاخص جریان پایه و دبی متوسط سالانه به دلیل ارتباط ذاتی با منحنی تداوم جریان برای تفسیر تغییر شکل منحنی مناسب نیستند. اما پارامتر بارش به عنوان مهمترین ورودی سیستم، قابلیت بررسی دارد. رابطه همبستگی پارامتر بارش با شاخص تغییر شکل منحنی تداوم جریان در منطقه پژوهش یک رابطه منفی با ضریب همبستگی ۰/۵۶ است (شکل ۴-۸). هر چه بارش افزایش می‌یابد، شاخص تغییر شکل بخش انتهایی منحنی کاهش می‌یابد و بازه احتمالاتی محدوده مربوط به مشارکت آب‌های زیرسطحی در آب‌های سطحی بزرگ‌تر می‌شود. این امر نشانگر نزدیکی دبی صدک‌های کم‌تر با دبی صدک‌های انتهایی منحنی است. دلیل این امر مشارکت بیش‌تر جریان‌های زیرسطحی و تأخیری در تأمین جریان رودخانه‌ها می‌باشد. با توجه به این که بخش انتهایی منحنی تداوم جریان، به‌عنوان معرف جریان‌های کمینه تفسیر می‌شود، بنابراین، روابط رگرسیونی، بین پارامترهای مؤثر بر شکل منحنی تداوم جریان، با درصد عدم تجاوز در محل آخرین نقطه عطف منحنی، قابل استفاده در تفسیر بخش انتهایی منحنی است و در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب حوزه کاربرد دارد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که شناخت و دست‌یابی به روابط بین پارمترهای اقلیمی و هندسی حوزه با شاخص تغییر شکل منحنی تداوم جریان به دست‌یابی به اطلاعاتی برای تفسیر و تحلیل بهتر منحنی تداوم جریان و شرایط حاکم بر منابع آب حوزه منجر می‌شود. البته با عنایت به اینکه عوامل تأثیرگذار روی شکل منحنی تداوم جریان به صورت ترکیبی و چند متغیره عمل می‌کنند. مقتضی است، ملاحظات دقیق‌تری در انجام قضاوت‌های مربوط به نقش پارامترهای تأثیرگذار در میزان تغییر شکل منحنی تداوم‌جریان، بر اساس مطالعات آماری در قالب تحلیل‌های چند متغییره صورت پذیرد.

منابع

1. Alizadeh, A. 2007. Principal of Applied Hydrology. 14rd Edn. Mashhad Emamreza University, 807 pp (In Persion).
2. Blumenfeld, S., C. Lu, T. Christopehersen and D. Coates. 2009. Water, Wetlands and Forests: a Review of Ecological, Economic and Policy Linkages. Secretariat of the Convention on Biological Diversity and Secretariat of the Ramsar Convention on Wetlands, Montreal and Gland. CBD Technical Series, 38 pp.
3. Booker, D.J. and T. Snelder. 2012. Comparing Methods for Estimating Flow Duration Curves at Ungauged Sites. Journal of Hydrology, 434: 78-94.
4. Brath, A., A. Castellarin, M. Franchini and G. Galeati. 2001. Estimating the Index Flood Using Indirect Methods. Hydrological Sciences, 46: 399-418.
5. Castellarina, A.G., L. Galeatib, L. Brandimartea, A. Montanaria and A. Bratha. 2004. Regional Flow-Duration Curves: Reliability for Ungauged Basins, Advances in Water Resources, 27: 953-965.
6. Cheng, L., M. Yaeger, A. Viglione, E.Ye.S. Coopersmith and M. Sivapalan. 2012. Exploring the Physical Controls of Regional Patterns of Flow Duration Curves - Part 1: Insights from Statistical Analyses, Hydrol. Earth Syst. Science, 16: 4435-4446.
7. Cordova, J.R. and M. Gonzalez. 1997. Sediment Yield in Small Watersheds Based on Stream Flow and Suspended Sediment Discharge Measurements. Soil Technology, 11: 57-65.
8. Costa, V., F. Wilson and M. Naghettini. Fernandez and M. Naghettini. 2014. Regional Models of Flow-Duration Curves of Perennial and Intermittent Streams and Their Use for Calibrating the Parameters of a Rainfall-Runoff Model. Hydrological Sciences Journal, 59: 262-277.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.12.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.127]

9. Dario, P., L.V. Noto and F. Viola. 2013. Eco Hydrological Modelling of Flow Duration Curve in Mediterranean River Basins, Advances in Water Resources, 52: 314-327.
10. Eslami, A.R. and A. Shokohi. 2013. Analysis of River Flow, Using Hydrological and Environmental Index, Journal of Watershed Engineering and Management, 5: 125-133 (In Persian).
11. Eslamian, S.S., M. Ghasemi and S. Soltani Gerdefaramarzi. 2012. Computation and Regionalization of Low Flow Indices and Determination of Hydrological Drought Durations in Karkhe Watershed, Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science, 59:1-14 (In Persian).
12. Hisdal, H.L., M. Tallaksen, M.B. Clausen, E. Peters and A. Gus-Tard. 2004. Hydrological Drought Characteristics, in: Hydrological Drougth-Processes and Estimation Methods for Stream flow and Groundwater, Edited by: Tallaksen, L.M. and vanLanen, H.A.J., Developments in Water Science, Elsevier Science, 48: 139-198.
13. Iacobellis, V. 2008. Probabilistic Model for the Estimation of T Year Flow Duration Curves, Water Resources Research, 44:1-13.
14. Kazemi, R. and A.R. Eslami. 2013 .Investigation on the Role of Geological Formation and Hydrological Parameter on Base Flow Index, Case Study: Khazar Region, Journal of Watershed Engineering and Management, 5:85-93 (In Persian).
15. Lane, P.N.J., A.E. Best, K. Hickel and L. Zhang. 2005. The Response of Flow Duration Curves to A forestation, Journal of. Hydrology, 310: 253- 265.
16. Lee, S., J. Kim and J.W. Hur. 2013. Assessment of Ecological Flow Rate by Flow Duration and Environmental Management Class in the Geum River, Korea, Environmental Earth Sciences, 68: 1107-1118.
17. Li, M., Q. Shao, L. Zhang and F.H.S. Chiew. 2010. A New Regionalization Approach and its 25 Application to Predict Flow Duration Curve in Ungauged Basins, Journal of Hydrology, 389: 137-145.
18. Mohamoud, Y.M. 2008. Prediction of Daily Flow Duration Curves and Stream Flow for Ungauged Catchments Using Regional Flow Duration Curves, Hydrological Sciences, 53: 706-724.
19. Muneepeerakul, R., S. Azaele, G. Botter, A. Rinaldo and I. Rodriguez-Iturbe. 2010. Daily Stream Flow Analysis Based on a Two-Scaled Gamma Pulse Model, Journal of Water Resources Research, 46, W11546.
20. Reed, D.W., D. Jakob. A.J. Robinson D.S. Faulkner and E.J. Stewart. 1999. Regional Frequency Analysis: a New Vocabulary. In: Hydrological Extremes: Understanding, Predicting, Mitigating, Proc IUGG 99 Symposium. Birmingham, IAHS, 255: 237-43.
21. Richards, K.S. 1982. Rivers: form and Process in Alluvial Channels. London: Methuen, 358 pp.
22. Shamaee Zadeh, M. and S. Soltani. 2011. Regional Analysis of Low Flow in North Karoon Basin, Journal of Science and Technology of Agriculture and Resources, Water and Soil Science, 18: 231-242 (In Persian).
23. Ward, R.C. and M. Robinson. 2000. Principles of Hydrology, 4th Edition. McGraw-Hill, Berkshire, Eng10 land, 450 pp.
24. Westerberg, I.K., J.L. Guerrero, P.M. Younger, K.J. Beven, J. Seibert, S. Halldin, J.E. Freer and C.Y. Xu 2011. Calibration of Hydrological Models Using Flow-Duration Curves. Hydrology and Earth System Sciences, 15: 2205-2227.
25. Zheng, H., L.C. ZhangLiu, Q. Shao and Y. Fukushima. 2007. Changes in Stream Flow Regime in Headwater Catchments of the Yellow River Basin Since the 1950s. Hydrological Process, 21: 886-893.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.12.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.127]

Investigation of the Role of Physiographical and Hydrological Parameters on the Shape of Flow duration Curve (Case Study: Khazar Region)

Rahim Kazemi[1] and Najaf Gholi Ghiasi[2]

1- Instructor, Soil Conservation and Watershed Management
(Corresponding author: ra_hkazemi@yahoo.com)
2- Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management
Received: April 12, 2015 Accepted: July 27, 2015

Abstract

The flow duration curve (FDC) is a classical method used to graphically represent the relationship between the frequency and magnitude of stream flow. Several factors are involved in the shape of (FDC), including climatic and physiographic parameter of basin. In this research, the relationship between (FDC) and the physical parameters of the basin were investigated. 20 hydrometric stations with appropriate daily data were selected. Physiographic parameters extracted using the GIS capability and Flow duration curve were plotted using daily flow data. The first and last inflection of the curve was computed, using coding in MATLAB programming environment. Factor analysis was performed and the most important independent factors influencing the form of flow duration curve were identified. The homogeneous analysis based on independent factors, using cluster analysis method was investigated. Finally correlation between the exceedance values at the inflection point and the geometric and hydrologic parameters were investigated. The results showed that the parameters of the perimeter, Area, length of Main River, length of the catchment, the time of concentration, and the average height of the basin were the most important factors affecting the shape of the curve in the study area. All above mentioned parameters has a positive correlation with deformation curve Index. Precipitation was found as the second most influential factor, with a negative correlation.

Keywords: Deformation INDEX, Flow Duration Curve, Homogeneous Regions, Inflection, Khazar

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1395.7.14.12.4]

[DOI: 10.29252/jwmr.7.14.127]