آنالیز منطقه ای جریان‌های کمینه در حوزه‌های آبخیز کرخه و کارون

هدایت اله زرین*[۱]، فرود شریفی[۲] و مهدی وفاخواه[۳]
۱)دانش آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس.
۲)عضو هئیت علمی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.
۳)عضو هئیت علمی، گروه مهندسی آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس.

*نویسنده مسئول مکاتبات: Zarrin132000@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۵/۱۷ تاریخ پذیرش:۹۰/۰۷/۲۰

چکیده

در طراحی و اجرای پروژه‌های آبی کوچک در کشور، عمدتا به برآورد سیل توجه شده است و به مساله خشک سالی در برنامه ریزی منابع آب، کمتر اهمیت داده شده است. در این تحقیق به منظور برآورد جریان کمینه، از آمار موجود ۲۸ ایستگاه هیدرومتری در حوزه‌های کرخه و کارون که دارای شرایط مناسب از نظر طول دوره آماری بودند، استفاده شد. سپس منحنی تداوم جریان برای هر کدام از ایستگاه‌ها ترسیم گردید ومقادیر دبی جریان‌های کمینه مورد نیاز آنها استخراج گردید. به منظور تعیین مهمترین عوامل مؤثر بر جریان کمینه، ۲۱ پارامتر مؤثر بر جریان کمینه مانند پارامترهای فیزیوگرافی، اقلیمی و زمین شناسی به وسیله سیستم اطلاعات جغرافیایی برآورد گردید. با استفاده از روش تجزیه و تحلیل عاملی، عواملی که کمترین هم بستگی را با هم نشان دادند، انتخاب شدند. این عوامل به ترتیب اهمیت، شامل شیب متوسط حوزه، مساحت، ارتفاع متوسط حوزه، ضریب گراولیوس و شیب آبراهه اصلی بوند، که ۸۰/۱ درصد از تغییرات در داده‌های اصلی را توضیح می دهند. در ادامه، تحلیل منطقه ای به روش رگرسیون چند گانه برای به دست آوردن روابطی بین جریان کمینه و ویژگی‌های حوزه آبخیز صورت گرفت. در نهایت به منظور مقایسه و ارزیابی صحت مدل‌های برآوردی، اطلاعات ۹ ایستگاه شاهد مورد استفاده قرار گرفت و مقادیر دبی جریان کمینه بر اساس مدل‌های به دست آمده و با مقادیر متکی بر ایستگاه‌های شاهد، مقایسه گردید و در نهایت، نتایج نشان دادند که مدل‌های به دست آمده در این منطقه، در سطح معنی داری ۹۹ درصد، قابل قبول می باشند. در نهایت بررسی جریان‌های کمینه و تهیه مدل‌های منطقه ای جریان‌های کمینه، در مقیاس سراسری، برای برنامه ریزی مدیریت آبی کشور و استفاده از سایر خصوصیات مؤثر بر روی جریان‌های کمینه، مانند درصد پوشش گیاهی یا شاخص‌های مربوط به خاک شناسی و کاربری اراضی و در نهایت بررسی اثرات تغییر اقلیم بر جریان‌های کمینه، پیشنهاد می گردد.

واژه‌های کلیدی: منحنی تداوم جریان، جریان کمینه، تجزیه و تحلیل عاملی، رگرسیون چندگانه، کرخه و کارون.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

هرگاه هدف طراحی، بهره‌برداری از آب‌های جاری رودخانه باشد، هم چنین اگر رژیم رودخانه در نتیجه دخالت‌های ساکنین منطقه به هم خورده باشد، در این صورت شناسایی و درک کافی از وضعیت و مشخصات جریان‌های کمینه در حوزه مورد نظر، امری حیاتی به شمار می‌رود. این شناخت بایستی به طور کمی بیان شود زیرا این مسئله به خصوص در مناطق شهری که مشکل سلامت مردم مطرح است و رودخانه در معرض بیماری‌های واگیردار و آلودگی‌های شیمیایی و حرارتی باشد، حائز اهمیت بیشتر خواهد بود. مسلم است که بحران آب، در سال‌هایی نمایان‌تر می‌شود که پدیده خشک سالی روی می‌دهد و یکی از تبعات خشک سالی، کم شدن جریان آب رودخانه‌ها است. به حداقل رسیدن جریان آب رودخانه‌ها، از جنبه‌های مختلفی باعث وارد شدن خسارت می‌شود. به عنوان مثال، کاهش جریان آب رودخانه‌ها، باعث افزایش غلظت آلودگی و در نتیجه کاهش اکسیژن محلول می‌شود که پیامد آن مرگ و میر آبزیان و وارد شدن خسارت به محیط زیست می شود. هم چنین در آبرسانی شهری و صنعتی و در مصارف کشاورزی، کم‌آبی باعث مسائل عدیده‌ای خواهد شد. از طرفی در مدیریت بهره‌وری سدهای مخزنی ونیروگاه‌های برقابی در طول دوره خشکی، تحلیل جریان کمینه بسیار با اهمیت می‌باشد.

بیشتر مطالعات نشان داده که برآورد جریان کمینه، مشکل تر از سایر جریان‌ها می باشد. ویژگی‌های جریان کمینه با ویژگی‌های حوزه آبخیز و متغیرهای آب و هوایی مرتبط است (The Task Committee of Low Flows, 1980). عمده ترین ویژگی‌های حوزه آب و هوایی اثر گذار بر جریان کمینه: مساحت، بارش متوسط سالانه، طول آبراهه اصلی، شیب آبراهه اصلی، شیب حوزه و درصد سطح دریاچه‌ها و نواحی جنگلی، شکل حوزه، محیط حوزه، ارتفاع متوسط حوزه می باشند (Smakhtin,2001). در مطالعه‌ای که در ویرجینیای غربی انجام گرفت، نشان داده شد که جریان کمینه در حوزه اهایو با پنج پارامتر: مساحت حوزه آبخیز، ارتفاع متوسط، درصد پوشش جنگلی، شاخص خاک و متوسط بارش برف سالیانه، ارتباط معنی‌داری دارد. Vogel and Kroll در سال ۱۹۹۲ در ۲۳ حوزه آبخیز در غرب ماساچوست، رابطه جریان کمینه را با ویژگی‌های حوزه آبخیز، مورد بررسی قرار دادند و سه پارامتر: مساحت، شیب متوسط حوزه و ثابت بازگشت جریان را به عنوان عوامل اصلی به کار بردند. در مطالعه‌ای که بر روی ۶۳ ایستگاه هیدرومتری رودخانه تگزاس آمریکا به منظور بررسی جریان‌های کمینه توسط (Rifai and et al,. 2001) انجام گرفت، معلوم شد که عوامل مؤثر بر جریان کمینه در این حوزه‌ها، سطح زهکشی، طول کانال، شیب حوزه، فاکتور شکل حوزه، متوسط بارندگی سالانه، گروه هیدرولوژیکی خاک غالب منطقه و بارندگی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت دوساله می باشد. در مطالعه‌ای در جنوب تایوان، (Yue et al,. 2002) مدل‌های رگرسیونی را برای ۳۴ حوزه بررسی نموده و به این نتیجه رسیدند که بین جریان کمینه با مساحت حوزه آبخیز، شیب حوزه و ضریب بازگشت، بیشترین هم بستگی وجود دارد. (Suresh and et al,. 2003) در مطالعه‌ای در حوزه آبخیز هیمالیا در نپال به منظور بررسی منابع آب و تخمین جریان کمینه، از روش تجزیه و تحلیل منطقه‌ای استفاده کرده و به این نتیجه رسیدند که بین جریان‌های کمینه با توپوگرافی و زمین شناسی حوزه آبخیز، همبستگی معنی‌داری وجود دارد. در زیمباوه، مطالعه‌ای بر روی رودخانه‌های فصلی به منظور بررسی جریان کمینه در ۵۲ حوزه انجام داده و به این نتیجه رسیدند که جریان کمینه، هم بستگی نسبی با متوسط بارندگی سالانه، شیب حوزه آبخیز و تراکم زهکشی و هم چنین هم بستگی منفی با تبخیر و تعرق سالانه حوزه دارند. اسلامیان و همکاران (۱۳۸۳)، به منظور برآورد جریان‌های کمینه در حوزه آبریز مازندران، از روش رگرسیون چندگانه برای به دست آوردن روابطی بین جریان‌های کمینه و ویژگی‌های حوزه آبخیز

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده کردند که در نهایت سه پارامتر مساحت، ارتفاع متوسط حوزه و شیب متوسط حوزه را به عنوان عوامل مهم معرفی نمودند. سمیعی و همکاران(۱۳۸۴) در مطالعه ای به منظور آنالیز منطقه ای جریان‌های کمینه در حوزه‌های آبخیز استان تهران، تعداد ۱۲ ایستگاه هیدرومتری را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و در نهایت چهار پارامتر مساحت، بارش متوسط سالانه، متوسط وزنی نفوذپذیری و شیب متوسط حوزه را به عنوان عوامل مؤثر بر جریان کمینه معرفی کردند. در مطالعه‌ای که Zinanlo در سال ۲۰۰۳ به منظور برآورد منحنی تداوم جریان در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه انجام داد دریافت که منحنی تداوم جریان با هشت پارامتر، تراکم زهکشی، مساحت حوزه آبخیز، حداقل ارتفاع حوزه، درجه حرارت، اندیس پوشش برف، ارتفاعات داخلی، نفوذ پذیری و متوسط بارش سالیانه نسبت به سایر پارامترها، هم بستگی بالایی دارند. در مطالعه ای در غرب ایران، (Zarrin et al,. 2009) ، به این نتیجه رسیدند که جریان‌های کمینه، بیشتر تحت تأثیر ۵ پارامتر فیزیکی حوزه می باشد. در مطالعه ای که Giuseppe and Caporali در سال ۲۰۱۲ بر روی چندین رودخانه در منطقه توسکانی ایتالیا به منظور تخمین جریان حداقل ۷ روزه بر روی ۶۵ ایستگاه هیدرومتری انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که این جریان با ۵ پارامتر طول آبراهه اصلی، ارتفاع متوسط حوزه آبخیز، اختلاف ارتفاع حداکثر و حداقل حوزه، بارش متوسط سالانه و ضریب نفوذپذیری خاک، بیشترین همبستگی را دارد. در این تحقیق اهداف اصلی کار عبارتنداز : شناخت عوامل اصلی مؤثر در مدیریت منابع آب حوزه‌های آبخیز، جهت تجزیه و تحلیل جریان‌های کمینه و در نهایت توسعه روابط و مدل‌های منطقه ای قابل کاربرد در حوزه‌های فاقد آمار.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه از دو حوزه آبخیز کرخه و کارون که از لحاظ تقسیم بندی کلی هیدرولوژی ایران، جزئی از حوزه آبخیز خلیج فارس می‌باشند تشکیل شده است. حوزه آبخیز کرخه از نظر مختصات جغرافیایی بین °۴۶ و َ۶۰ تا °۴۹ و َ۱۰ طول شرقی و °۳۰ و َ۵۸ تا °۳۴ و َ۵۶ عرض شمالی قرار گرفته‌است و حوزه آبخیز کارون بین °۴۸ و ´۱۰ الی ° ۵۲ و ´۳۰ طول شرقی و °۳۰ و ´۲۰ الی °۳۴ و ´۵ عرض شمالی قرار گرفته است. شکل شماره (۱) منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

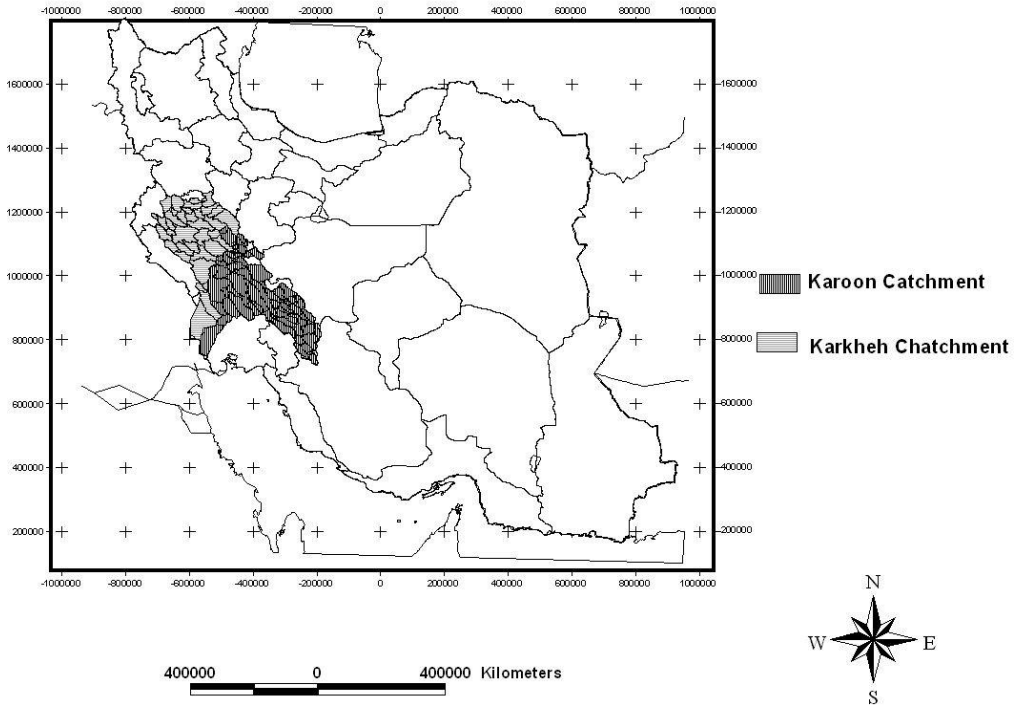
انتخاب ایستگاه‌های هیدرومتری مناسب

ابتدا کلیه ایستگاههای هیدرومتری موجود در منطقه مورد مطالعه، شناسایی شد. در حوزه آبخیز کرخه و کارون در حدود ۱۳۸ ایستگاه هیدرومتری وجود دارد. در تحلیل جریانهای کمینه هر چه دوره آماری ایستگاه‌ها بیشتر باشد، دقت نتایج، قابل اعتمادتر خواهد بود. بنابراین با توجه به موارد زیر ایستگاههای مناسب انتخاب شدند:

الف- در بالا دست ایستگاه انتخابی سد، بند انحرافی یا تأسیسات دیگر که باعث ناهمگنی داده‌ها می‌شوند، وجود نداشته باشد تا شرط مربوط به یکنواخت بودن داده‌ها تأمین شود

Archive of SID

www.SID.ir



شکل شماره ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

ب- ایستگاه‌هایی انتخاب شوند که دارای آمار طولانی مدت باشند تا شرط مربوط به کفایت داده‌ها را تأمین کند(حداقل ۱۰سال).

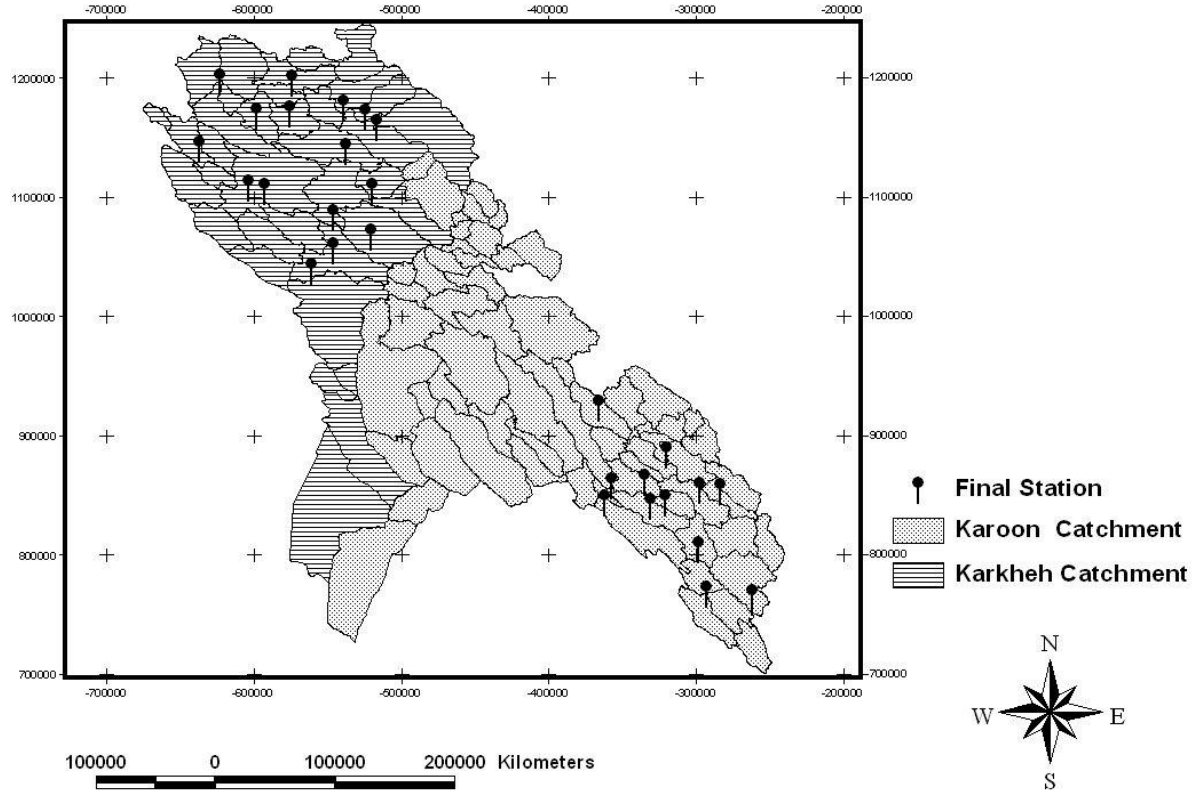
ج- ایستگاه‌های انتخابی دارای آمارهای جدید و مربوط به زمان اخیر باشند، تاجدیدترین تغییرات در نظر گرفته شوند (آمار مورد استفاده مربوط به بازه زمان ۱۳۴۷- ۱۳۴۶ الی ۱۳۸۹-۱۳۸۷ می باشند).

د- نواقص آماری ایستگاه انتخاب شده کم باشد.

هم چنین جریان، در محل ایستگاه‌ها بایستی دائمی باشد، یعنی رودخانه‌های مورد نظر فصلی نباشند زیرا در این صورت جریان کمینه سالیانه، صفر خواهد بود. البته گاهی ممکن است در طول دوره آماری در یک ایستگاه، جریان کم روزانه، فقط در تعداد معدودی از روزها صفر گزارش شده باشد. در این موارد، معمولا جریان‌های صفر را حذف و یا یک مقدار خیلی کوچک به تمامی داده‌ها اضافه می کنیم و یا یک مقدار خیلی کوچک را جای گزین داده‌های صفر می کنیم و ایستگاه‌های مورد نظر را جزو ایستگاه‌های انتخابی قرار می دهند. ممکن است مقادیر جریان کمینه به علت عدم دقت کافی وسایل اندازه گیری و یا قصور شخص قرائت کننده، صفر ثبت شده باشد. دلیل دیگر برای عدم حذف چنین ایستگاه‌هایی از محاسبات این است که تعداد معدود جریان صفر حذف شده، اثر چندانی در تحلیل فراوانی نخواهد داشت. در این تحقیق، یک مقدار خیلی کوچک (۰/۰۰۱) جایگزین داده‌های صفر گردید. از مجموع ۱۳۸ ایستگاه در منطقه مورد مطالعه، ۲۸ ایستگاه شرایط بالا را تامین می کنند که برخی از مشخصات آنها در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲: موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری در منطقه مورد مطالعه

Archive

پارامترهای مورد استفاده

جهت دست یابی به مدل‌های برآورد جریان‌های کمینه، اقدام به برقراری رگرسیون چند متغیره، بین داده‌های جریان‌های کمینه و پارامترهای مختلف شده است. لذا در این مرحله کلیه نقشه‌های مورد نیاز جمع آوری گردید. متغیر وابسته در این تحقیق، جریان‌های کمینه با فراوانی‌های مختلف می باشد و متغیرهای مستقل، شامل متغییرهای فیزیوگرافی، زمین شناسی، اقلیمی و هیدرولوژیکی می باشد. متغییرهای فیزیوگرافی شامل مساحت، محیط، شیب متوسط وزنی حوضه، ارتفاع متوسط حوضه، شیب آبراهه اصلی، طول آبراهه اصلی، تراکم زهکشی، فاکتور شکل و ضریب گراویلیوس و چهار متغیر اقلیمی متوسط درجه حرارت ماهانه، متوسط بارندگی سالانه، اندیس پوشش برف برای هفت ماه (آبان ماه لغایت اردیبهشت ماه) و متوسط تبخیر و تعرق سالانه، می باشند. پارامترهای هیدرولوژیکی مستقل به کار گرفته شده در این تحقیق، اندیس دبی پایه و ثابت تخلیه روزانه دبی پایه می باشد و در نهایت، نفوذپذیری، به عنوان متغیر زمین شناسی مورد استفاده قرار گرفت.

www.SID.ir

محاسبه دبی با تداوم‌های مختلف

برای استخراج پارامترهای مورد نیاز دبی‌های مربوطه($Q_{75\%}$، $Q_{90\%}$، $Q_{92\%}$، $Q_{95\%}$ و $Q_{99\%}$)، ابتدا منحنی تداوم جریان تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی، ترسیم گردید و سپس با استفاده از منحنی‌های مربوطه، نسبت به استخراج پارامترهای ذکر شده دبی اقدام گردید. همچنین در همین راستا و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، نسبت به استخراج پارامترهای فیزیوگرافی مورد نیاز ایستگاه‌های هیدرومتری اقدام گردید. در جدول شماره ۱- برخی از ویژگی‌های مورد استفاده در تحقیق ارائه شده است.

جدول شماره ۱: برخی ویژگی‌های حوزه‌های آبخیز تا ایستگاه‌های هیدرومتری در منطقه مورد مطالعه

نام ایستگاه	نام رودخانه	کد ایستگاه	طول جغرافیایی		عرض جغرافیایی		شیب متوسط	ضریب
			دقیقه	درجه	دقیقه	درجه	(٪)	گراولیوس
مرغک	بازفت	۳۴۲۲۱	۲۸	۵۰	۳۹	۳۱	۴۱/۵	۲/۱۲
بارز بختیاری	خرسان	۳۴۱۲۱	۲۵	۵۰	۳۱	۳۱	۳۸/۸	۱/۹۹
دزک	بیرگان	۳۴۲۲۷	۱۹	۵۰	۱۵	۳۲	۳۰/۹	۱/۶۶
زرین درخت	خان میرزا	۳۴۲۲۸	۵۷	۵۰	۳۲	۳۱	۲۵/۷	۱/۵۱
کوه سوخته	کیار	۳۴۲۲۶	۴۰	۵۰	۰۶	۳۲	۱۸/۹	۱/۶۱
تنگ زردآلو	کسگان	۳۴۲۱۱	۲۱	۵۱	۳۸	۳۱	۱۷/۲	۱/۲۳
ارمند	کارون	۳۴۲۱۹	۴۶	۵۰	۴۱	۳۱	۲۸/۷	۰/۴۶
تنگ درکش	جونقان	۳۴۲۲۵	۳۹	۵۰	۰۶	۳۲	۲۵/۷	۱/۶۶
بطاری کبکیان	کبکیان	۳۴۱۱۸	۲۰	۵۱	۵۱	۳۰	۲۹/۲	۱/۴۵
پاتاوه	گرم رود	۳۴۱۲۰	۱۵	۵۱	۵۷	۳۰	۲۹/۲	۰/۷
دهکده شهید	ماربره	۳۴۱۱۰	۴۴	۵۱	۵۰	۳۰	۳۰/۱	۱/۴۳
کتا	ماربره	۳۴۱۱۳	۱۵	۵۱	۱۱	۳۱	۳۰/۱	۱/۴۱
سنگ سوراخ	سراب گاماسیاب	۳۲۱۱۰	۲۳	۴۸	۰۳	۳۴	۲۰/۷	۱/۵۶
فیروزآباد	تویسرکان	۳۲۱۱۴	۰۷	۴۸	۲۱	۳۴	۱۲/۳	۱/۵
آران	خرم رود	۳۲۱۱۶	۵۵	۴۷	۲۵	۳۴	۱۷/۸	۱/۴۲
پل چهر	گاماسیاب	۳۲۱۲۵	۲۵	۴۷	۲۰	۳۴	۲۵/۳	۱/۶۴
خرس آباد	آب مرک	۳۲۲۱۶	۴۴	۴۶	۳۰	۳۴	۱۵/۴	۱/۵۳
دوآب مرک	قره سو	۳۲۲۱۷	۴۷	۴۶	۳۱	۳۴	۱۵/۴	۰/۹۸
پل کهنه	قره سو	۳۲۲۲۱	۰۸	۴۷	۱۹	۳۴	۲۸/۰	۱/۵۵
نورآباد	بادآور	۳۲۳۱۰	۵۸	۴۷	۰۵	۳۴	۲۶/۱	۱/۸۶
کاکا رضا	هررود	۳۲۴۱۱	۱۶	۴۸	۴۳	۳۳	۲۶/۷	۱/۶۸
سراب سید علی	دوآباشتر	۳۲۴۱۲	۱۲	۴۸	۴۷	۳۳	۲۸/۵	۱/۲۹
چم انجیر	خرم آباد	۳۲۴۱۴	۱۴	۴۸	۴۶	۳۳	۲۸/۵	۱/۴
پل دختر	کشکان	۳۲۴۱۸	۴۳	۴۷	۰۹	۳۳	۲۲/۷	۱/۵۹
قره باغستان	قره سو	۳۲۲۲۲	۱۵	۴۷	۱۴	۳۴	۲۸/۰	۳/۷۹
هولیان سیمره	سیمره	۳۲۳۱۲	۱۵	۴۷	۴۵	۳۳	۱۵/۸	۲/۱۱
آفرینه (کشکان)	کشکان	۳۲۴۱۶	۵۳	۴۷	۲۰	۳۳	۲۲/۸	۳/۵۷
آفرینه (چلهول)	چلهول	۳۲۴۱۵	۵۳	۴۷	۱۹	۳۳	۲۲/۸	۱/۵۶

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول شماره ۱: برخی ویژگی‌های حوزه‌های آبخیز تا ایستگاه‌های هیدرومتری در منطقه مورد مطالعه

نام ایستگاه	مساحت (کیلومترمربع)	محیط (کیلومتر)	ارتفاع حوضه (متر از سطح دریا)			رواناب متوسط سالانه (مترمکعب بر ثانیه)	بارش (میلی متر)	اندیس برف (٪)
			میانگین	حداکثر	حداقل			
مرغک	۲۳۵۵	۳۶۷	۲۲۶۹	۳۹۶۲	۸۶۰	۷۲/۰۹	۷۴۳/۷۳	۸۵/۳۳
بارز بختیاری	۸۹۰۰	۶۶۸/۹	۲۱۰۸	۴۴۰۹	۸۱۵	۱۱۱/۷۸	۶۸۰/۶	۸۸/۶۴
دزک	۶۲۶/۲	۱۴۷/۳	۲۷۲۲	۴۲۲۱	۱۸۰۴	۸/۷۲	۷۶۰/۷۶	۶۹/۷۷
زرین درخت	۳۹۷	۱۱۲/۳	۲۴۵۸	۳۰۲۲	۱۷۵۰	۱/۱۳	۶۸۱/۷۵	۹۴/۶۴
کوه سوخته	۲۹۱۰	۳۰۷/۱	۲۴۱۰	۳۲۲۹	۲۰۷۴	۷/۲۹	۶۰۹/۹۴	۸۸/۰۷
تنگ زردآلو	۱۰۴۵	۱۴۲	۲۷۰۵	۳۶۵۸	۲۱۲۰	۴/۰۱	۵۰۸/۷۳	۶۶/۰۳
ارمند	۹۹۰۰	۱۶۲/۲	۲۳۰۳	۴۲۲۱	۱۰۵۰	۱۱۸/۳۸	۶۲۲/۱۴	۷۵/۶۳
تنگ درکش	۹۴۴/۸	۱۸۲/۴	۲۵۶۱	۳۳۵۳	۱۸۰۵	۹۸/۶۴	۶۹۶/۱۶	۹۲/۶۲
بطاری کبکیان	۶۵۰	۱۳۱/۹	۲۲۵	۳۹۶۲	۱۵۰۹	۱۰/۰۷	۷۳۰/۰۴	۷۶/۵۳
پاتاوه	۲۸۰۰	۱۳۱/۹	۲۲۵	۳۹۶۲	۱۵۰۹	۱۷/۹۵	۷۷۰/۸	۹۲/۱۷
دهکده شهید	۱۶۷۸/۵	۲۰۸/۸	۲۸۲۴	۳۹۶۲	۲۰۷۵	۵۱/۹۴	۷۳۰/۲	۹۲/۱۷
کتا	۸۴۵/۷	۱۴۶	۲۴۷۵	۳۹۶۲	۱۵۱۶	۵/۲۴	۷۵۹/۴	۷۶/۰۷
سنگ سوراخ	۸۰۲/۴	۳۰/۲	۲۴۶۵	۳۶۳۸	۱۷۰۰	۳۸/۹۸	۶۳۲/۹	۹۱/۲۷
فیروزآباد	۸۴۴	۱۵۴/۱	۱۹۴۵	۳۵۴۸	۱۴۵۰	۲۳/۲۳	۸۷۰/۱۶	۸۷/۱۴
آران	۲۳۲۰	۲۴۳/۱	۱۷۷۵	۳۲۶۳	۱۴۴۰	۲/۳۲	۷۱۰/۲۱	۹۱/۰۳
پل چهر	۱۰۸۶۰	۶۰۶/۳	۱۸۸۹	۳۶۳۸	۱۲۸۰	۳۷/۲۸	۴۵۹/۳۹	۸۷/۱۸
خرس آباد	۱۴۲۰	۲۰۵	۱۵۷۶	۲۳۴۷	۱۳۲۰	۱/۸	۴۲۰/۵۸	۹۲/۶۷
دوآب مرک	۲۶۷۰	۱۸۰	۱۵۶۳	۲۵۰۰	۱۲۹۰	۶/۷	۴۲۰/۵۸	۹۲/۶۷
پل کهنه	۵۰۴۰	۳۹۰	۱۵۶۵	۳۴۰۰	۱۲۶۰	۲۱/۹۷	۴۶۶/۵۵	۹۲/۷۴
نورآباد	۵۹۰	۱۶۰/۵	۱۹۹۰	۳۰۹۰	۱۷۸۰	۳/۷	۴۱۳/۰۲	۶۸/۷۸
کاکا رضا	۱۱۳۰	۲۰۰	۲۱۲۹	۳۵۸۵	۱۵۳۰	۱۱/۹۳	۶۸۷/۳۵	۶۶/۴۸
سراب سید علی	۷۷۶	۱۲۷	۲۱۱۵	۳۶۴۵	۱۵۲۰	۸/۰۳	۶۷۸/۳۱	۷۱/۰۵
چم انجیر	۱۵۹۰	۱۹۸/۵	۱۶۳۰	۲۸۲۰	۱۱۴۰	۱۰/۷۷	۶۱۱/۹۴	۹۱/۸۹
پل دختر	۹۱۴۰	۵۴۰	۱۶۵۳	۳۶۳۸	۶۵۰	۵۱/۴۱	۵۲۹/۴۹	۱۰۰
قره باغستان	۵۳۷۰	۵۱۷	۱۴۶۰	۳۱۳۰	۱۲۳۰	۲۳/۴۶	۴۶۶/۵۵	۹۲/۷۴
هولیان سیمره	۱۳۱۵/۲	۲۵۱/۴	۱۵۲۱	۲۱۳۴	۹۱۴	۸۰/۱۳	۴۵۱/۶۴	۹۶/۴
آفرینه (کشکان)	۶۷۰۰	۱۰۴۸	۱۷۳۴	۲۷۴۳	۸۲۰	۴۴/۳۶	۵۳۸/۵۱	۹۵/۷۵
آفرینه (چلهول)	۱۳۵۸/۱	۲۰۴/۷	۱۷۳۰	۲۷۴۳	۸۰۰	۳/۶۵	۵۳۸/۵۱	۹۵/۷۵

Archive of SID

www.SID.ir

روش‌های آماری مورد استفاده

تجزیه وتحلیل عاملی

در این روش، تعداد زیادی از متغیرها را می‌توان به چند عامل، کاهش داده و به این طریق خلاصه‌ای از داده‌های اصلی را تهیه نمود (فتوحی اردکانی، ۱۳۸۱). تجزیه و تحلیل عاملی برای ۱۶ متغیر از متغیرهای ذکر شده، در ۲۸ ایستگاه منتخب در مطالعات انجام گرفت. با توجه به آنکه نتایج حاصل از تحلیل عاملی، در ابتدا پیچیده بوده و راه حل بهینه ای بدست نمی دهد، لذا به منظور به حداکثر رساندن واریانس بارهای هر یک از عامل‌ها و تسهیل در تفسیر ساختار عاملی، محورهای عاملی با روش انتخاب یک نماینده در هر محور ارائه شده است. روش نهایی مورد قبول جهت انجام تجزیه و تحلیل عاملی استفاده از داده‌های معمولی و روش استخراج اجزای اصلی می باشد که در حالت چرخشی(روش Varimax)، حالت بدون چرخش, حالت Quartimax و حالت Equamax دارای جواب مشابهی بودند. در نهایت روش دوران واریماکس که یکی از روش‌های مرسوم می باشد، به عنوان روش برگزیده برای گزینش عاملها انتخاب گردید (فتوحی اردکانی، ۱۳۸۱). نامگذاری عامل‌ها نیز بر اساس بارهای عاملی دوران یافته صورت می گیرد. پس از انتخاب متغیرهای ضروری، تجزیه عاملی، بر اساس این متغیرها صورت گرفت و نتایج نشان داد که پنج متغیر، مجموعا" ۸۰/۶ درصد واریانس داده‌ها را توضیح می دهد. و بدین ترتیب اطلاعات حول پنج عامل خلاصه می گردند.

جدول شماره۲: مقادیر ویژه واریانس توجیه شده

عامل	مقادیر ویژه اولیه		کل	درصد واریانس	مقادیر تجمعی واریانس (٪)
	کل	مقادیر تجمعی			
۱	۴/۶۸۶	۲۹/۲۸۵	۴/۶۸۶	۲۹/۲۸۵	۲۹/۲۸۵
۲	۳/۹	۵۳/۶۵۹	۳/۹	۲۴/۳۷۴	۵۳/۶۵۹
۳	۱/۷۳۸	۶۴/۵۱۹	۱/۷۳۸	۱۰/۸۶	۶۴/۵۱۹
۴	۱/۵۵۸	۷۴/۲۵۵	۱/۵۵۸	۹/۷۳۶	۷۴/۲۵۵
۵	۱/۰۱۰	۸۰/۵۶۷	۱/۰۱۰	۶/۳۱۲	۸۰/۵۶۷
۶	۰/۶۶۵	۸۴/۷۲۲			
۷	۰/۵۸	۸۸/۳۴۸			
۸	۰/۴۷۷	۹۱/۳۲۷			
۹	۰/۴۰۹	۹۳/۸۸۳			
۱۰	۰/۳۵	۹۶/۰۷۳			
۱۱	۰/۲۳۶	۹۷/۵۴۹			
۱۲	۰/۱۶۳	۹۸/۵۶۷			
۱۳	۰/۰۹۴۷۶	۹۹/۱۶۰			
۱۴	۰/۰۷۱۳۷	۹۹/۶۰۶			
۱۵	۰/۰۵۳۱۱	۹۹/۹۳۸			
۱۶	۰/۰۰۹۹۵۹	۱۰۰			

Archive of SID

www.SID.ir

بر اساس جدول شماره (۲) درصد هر یک از عامل‌ها به ترتیب عبارتنداز:۲۹/۳، ۲۴/۴، ۱۰/۹، ۹/۷ و ۶/۳. این بدان معناست که حدود ۱۹/۴ درصد از کل واریانس، بیان نشده است که می توانست با بررسی متغیرهای اضافی افزایش یابد. با توجه به جدول ماتریس دورانی واریماکس (جدول شماره ۳)، شیب متوسط وزنی حوزه با بیشترین بار وزنی (۰/۸۴۴) روی عامل اول و توجیه بیشترین درصد واریانس، از کل واریانس یعنی مقدار ۲۹/۳، به عنوان فاکتور اول انتخاب شد. هم چنین عامل دوم با توجه به بار وزنی ۰/۹۴۱ و درصد از واریانس کل ۲۴/۴ به مساحت حوزه داده شد. بدین ترتیب ۳ عامل دیگر، یعنی ارتفاع متوسط حوزه آبخیز، ضریب گراولیوس و شیب آبراهه اصلی به عنوان عامل‌های سوم، چهارم و پنجم انتخاب شدند.

جدول شماره ۳: ماتریس دورانی واریماکس

پارامتر استاندارد شده	عامل				
	۱	۲	۳	۴	۵
مساحت	۰/۰۱۶۶۴	۰/۹۴۱	۰/۰۹۳۰۹	۰/۰۸۲۱۶	-۰/۰۸۸۴
طول آبراهه اصلی	۰/۰۷۷۹۳	۰/۹۳۶	۰/۰۹۳۱۱	۰/۰۹۱۹۹	-۰/۱۲۵
شیب آبراهه اصلی	۰/۰۴۲۴۷	-۰/۱۴۹	-۰/۱۳۶	۰/۰۷۹۴۷	۰/۹۰۸
ارتفاع حداکثر	۰/۶۷۶	۰/۳۱۵	-۰/۲۷۳	-۰/۳۰۸	-۰/۰۴۴۸
ارتفاع حداقل	۰/۰۵۲۱۲	-۰/۵۶۴	-۰/۶۴۸	-۰/۲۷۸	-۰/۱۳۵
ارتفاع متوسط	۰/۱۹۷	-۰/۰۱۱۱	-۰/۷۳۵	۰/۱۷۴	۰/۱۴۱
محیط	-۰/۰۲۵۷	۰/۶۲۴	۰/۱۲۶	۰/۷۱۹	-۰/۰۵۱۱
ضریب گراولیوس	-۰/۰۳۵۳	۰/۰۵۸۴۷	۰/۰۱۱۱۸	۰/۹۷۱	۰/۰۳۵۹۶
شیب متوسط وزنی	۰/۸۴۴	۰/۲۵۶	۰/۰۷۶۱۳	۰/۰۷۱۲۸	-۰/۰۵۸۶
شاخص دبی پایه	۰/۵۹۲	-۰/۰۴۷۷	-۰/۱۹۵	-۰/۲۴	۰/۵۶۳
نفوذپذیری	۰/۷۲۹	۰/۰۵۶۴۹	۰/۲۲۳	۰/۰۳۲۴۲	۰/۵۳۶
ثابت تخلیه روزانه دبی پایه	۰/۵۴۳	۰/۱۶۳	۰/۵۵۷	۰/۳۳۳	۰/۱۶۸
بارش متوسط سالانه	۰/۸۲۶	-۰/۰۷۹۳	-۰/۱۶۲	۰/۰۴۷۴	۰/۱۸۷
تبخیر سالانه	۰/۴۳۹	۰/۰۴۴۹۱	۰/۶۶۱	۰/۲۴	-۰/۱۳۴
شاخص برف	-۰/۱۶۳	۰/۳۲۵	۰/۷۷۹	۰/۰۴۵۹۱	-۰/۰۸۳۲۰
رواناب متوسط سالانه	۰/۳۵۵	۰/۷۱۵	/۳۱۵	۰/۰۱۷۶۹	۰/۰۱۰۲۰

نتایج

مدل‌های رگرسیون چندگانه

برای اعتبار داشتن نتایج رگرسیون، آزمون‌های F و t باید معنی دار باشند (F=t2). جهت معنی دار بودن وجود یک عامل رگرسیونی (متغیر مستقل) در یک مدل، بایستی آزمون t برای ضریب آن عامل یعنی ضریب رگرسیون آن معنی دار باشد . قاعده کلی تجربی در این مورد این است، چنانچه مقدار مطلق t بیش از ۲ باشد، از نظر آماری، ضریب معنی دار است و آن عامل رگرسیون، در مدل باقی می ماند (فتوحی اردکانی ۱۳۸۱).

متغیرهایی که در یک حوزه آبخیز، جریان کمینه را تحت تأثیر قرار می دهند، متنوع و فراوان هستند. لذا استفاده از روش رگرسیون چند متغیره، به منظور دست یابی به معادله ای که مبین ارتباط مناسب جریان کمینه و هر یک از این عوامل باشد، مناسب به نظر می رسد.

Archive of SID

www.SID.ir

بدین منظور اقدام به انجام رگرسیون چند متغیره بین جریان کمینه به عنوان متغیر وابسته و متغیرهای مختلف زمین شناسی، اقلیمی، هیدرولوژیکی و فیزیوگرافی به عنوان متغیرهای مستقل گردید . در این تحقیق، داده‌های ورودی به فرآیند مدل سازی رگرسیونی، شامل ۱۴ متغیر وابسته(Y) و ۲۱ متغیر مستقل(X) می باشد.

در تحلیل منطقه ای، روش رگرسیون چندگانه، عموما برای به دست آوردن روابط، بین ویژگی‌های جریان و ویژگیهای منطقه استفاده می شود و مدل‌هایی به منظور برآورد جریان ارائه می گردد(اسلامیان و همکاران ۱۳۸۳، افشار ۱۳۶۸ و ارقامی و بزرگ نیا ۱۳۷۰). برای انجام رگرسیون، پارامترهای انتخابی ذکر شده در جدول شماره (۱) به عنوان متغیرهای برآوردکننده و دبی‌های تداوم جریان، به عنوان متغیرهای اصلی به کار گرفته شد. متغیرهای اصلی با دو مقیاس مترمکعب بر ثانیه و میلی متر و با دو مقیاس لگاریتمی و ساده، در آنالیزها آورده شدند. در نهایت با این شیوه، به شصت مدل برای پنج پارامتر دبی با تداوم‌های مختلف، دست یافتیم. نتایج حاصل از این عملیات، برتری مدل‌هایی با مقیاس مترمکعب برثانیه و حالت لگاریتمی بوده است. برای هر یک از تداوم‌های مورد بررسی، یک مدل ارائه شد که این مدل‌ها در جدول شماره (۴) مشاهده می گردد.

جدول شماره ۴: مدل‌های ارائه شده رگرسیون چندمتغیره برای منطقه مورد مطالعه

دبی با تداوم های مختلف(٪)	مدل	P-Value	SE	C_E	R^2
۷۵	$Q75\% = 10^{-0.656I+4.265BFI-0.00115H_{\min}+0.569\log A-0.982}$	۰/۹۹	۰/۳۸۶	۰/۵۳	۰/۷۴۳
۹۰	$Q90\% = 10^{-0.68I+4.983BFI-0.00119H_{\min}+0.562\log A-1.483}$	۰/۹۹	۰/۴۰۰	۰/۷۵	۰/۷۴۹
۹۲	$Q92\% = 10^{-0.704I+5.116BFI-0.001221H_{\min}+0.567\log A-1.516}$	۰/۹۹	۰/۴۰۵	۰/۸۲	۰/۷۵۳
۹۵	$Q95\% = 10^{-0.703I+5.258BFI-0.00123H_{\min}+0.572\log A-1.651}$	۰/۹۹	۰/۴۱۰	۰/۸۲	۰/۷۵۰
۹۹	$Q99\% = 10^{-0.737I+5.516BFI-0.00128H_{\min}+0.594\log A-1.815}$	۰/۹۹	۰/۴۳۶	۰/۷۸	۰/۷۴۶

در جدول فوق: G: ضریب گراولیوس، H_{min}: ارتفاع حداقل،I: نفوذپذیری، A : مساحت ،BFI : اندیس دبی پایه می باشند هم چنین روابط ضریب تبیین، ضریب کارایی و اشتباه استاندارد به شکل زیر می باشد:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSD}{SST}$$

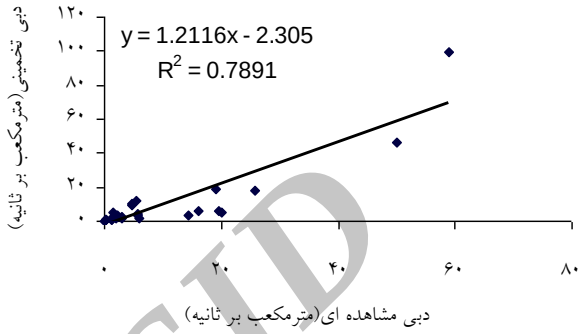
$$C_E = \frac{1/n\sum_{l}^{x}(Y_o - \bar{Y}_o)^2 - 1/n\sum_{l}^{x}(Y_o - Y_e)^2}{1/n\sum_{l}^{x}(Y_o - \bar{Y}_o)^2}$$

Archive of SID

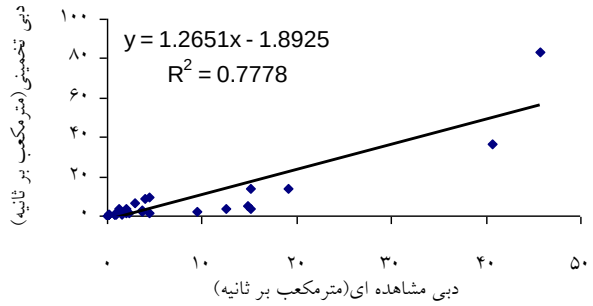
www.SID.ir

مقایسه دبی‌های محاسبه شده و دبی‌های مشاهداتی

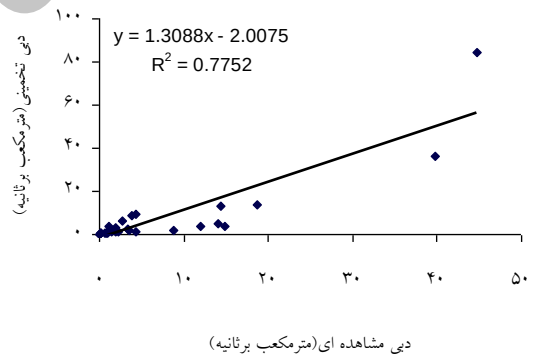
با استفاده از معادلات حاصل، به عنوان مدلهای نهایی، دبی‌هایی با تداوم‌های ۷۵ تا۹۹ درصد زمان، برای ۲۸ ایستگاه مطالعاتی حوزه‌های آبخیز کرخه و کارون حاصل از مدل، با آمار دبی تداوم جریان مشاهده شده با هم مورد مقایسه قرار گرفتند، که **در سطح معنی داری** ۹۹ درصد و ضریب تبیین حاصل از آنها، در فاصله ۸۰ تا ۸۳ درصد بوده است. نتایج حاصله در اشکال شماره ۳ تا ۷ مشاهده می گردد.



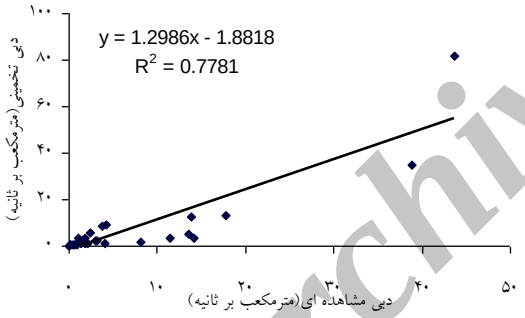
شکل ۳: نمودار مشاهده ای- تخمینی برای دبی با فراوانی۷۵ درصد زمان



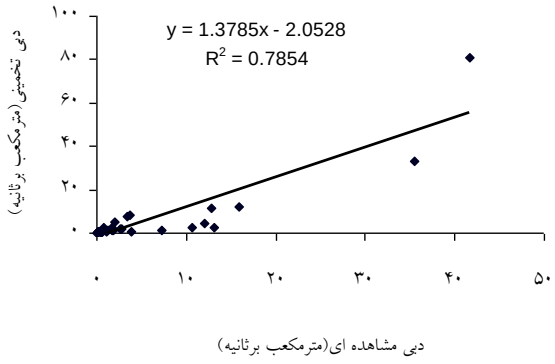
شکل ۴: نمودار مشاهده ای- تخمینی برای دبی با فراوانی۹۰ درصد زمان



شکل ۵: نمودار مشاهده ای- تخمینی برای دبی با فراوانی۹۲ درصد



شکل شماره ۶: نمودار مشاهده ای – تخمینی برای دبی با فراوانی ۹۵ درصد



شکل۷ :نمودار مشاهده ای- تخمینی برای دبی با فراوانی۹۹ درصد زمان

Archive of SID

www.SID.ir

ارزیابی و آزمایش دقت مدل‌ها

کارایی مدل‌ها در مراحل تخمین و تأیید، با استفاده از شاخصهای ضریب تبیین(R2)، اشتباه استاندارد مدل(SE) و ضریب کارایی(CE) محاسبه گردید. در جدول شماره (۴) نتایج محاسبه شاخص‌های فوق برای مدل‌های انتخابی نشان داده شده است. هرچه ضریب تبیین بالاتر باشد، اشتباه استاندارد کمتر است و هرچه ضریب کارایی به یک نزدیک تر باشد، بیانگر بهتر بودن مدل می باشد. علاوه بر پارامترهای ذکر شده، برای ارزیابی مدل‌های حاصله، از پارامترهای ۹ ایستگاهی استفاده شد که در حوزه‌های آبخیز کرخه و کارون واقع هستند. ولی جزو ۲۸ ایستگاه مورد مطالعه نبوده و در آنالیز رگرسیونی دخالت نداشتند. برای این هدف از معادلات به دست آمده در جدول شماره (۴) و پارامترهای ۹ حوزه یادشده استفاده گردیده. دبی‌های تداوم جریان ۷۵ تا ۹۹ درصد زمان برای این ایستگاه‌ها محاسبه شده و سپس با دبی‌های مشاهداتی همان ایستگاه‌ها مقایسه گردیدند که در سطح معنی داری ۹۹ درصد و ضریب تبیین حاصل از آنها در فاصله ۹۴ تا ۹۵ درصد بوده است. نتایج حاصله در اشکال شماره ۳ تا ۷ مشاهده می گردد.

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق به منظور به دست آوردن مدل‌های رگرسیونی، جهت برآورد جریان‌های کمینه، اقدام به رگرسیون گیری به سه شیوه پسرو، پیشرو و گام به گام گردید. برای انجام رگرسیون، پارامترهای انتخابی ذکر شده در بخش مواد و روش‌ها به عنوان متغیرهای برآوردکننده و دبی‌های تداوم جریان، به عنوان متغیرهای اصلی به کار گرفته شد. متغیرهای اصلی با دو مقیاس مترمکعب بر ثانیه و میلی متر و با دو مقیاس لگاریتمی و ساده در آنالیزها آورده شدند. با این شیوه به ۱۶۸ مدل، برای ۱۴پارامتر دبی با تداوم‌های مختلف دست یافتیم. نتایج حاصل از این عملیات برتری مدل‌هایی با مقیاس مترمکعب برثانیه و حالت لگاریتمی بوده است. برای هر یک از تداوم‌های مورد بررسی بر اسا س پارامترهای ذکر شده، جهت انتخاب مدل مناسب، یک مدل ارائه شد که این مدل‌ها در جدول شماره ۴ مشاهده می گردد.

در اکثر تحقیقات انجام شده از عوامل مؤثر بر جریان‌های کمینه،به عنوان ویژگی‌های فیزیوگرافی حوزه استفاده شده است، اسلامیان و همکاران(۱۳۸۳)، سمیعی وهمکاران (۱۳۸۵)، The Task Committee of Low Flows (1980) ، Vogel and Kroll (1992)، Suresh et al,. (2003). در این تحقیق علاوه بر پارامترهای فیزیوگرافی از پارامترهای اقلیمی و زمین شناسی نیز استفاده شده است. در این تحقیق، ۲۱ پارامتر جهت انتخاب عوامل مؤثر بر جریان‌های کمینه، مورد استفاده قرار گرفت. هم چنین از دو پارامتر شاخص دبی پایه و ثابت تخلیه روزانه دبی پایه، که هرگز در مطالعات داخلی استفاده نشده است اند، استفاده گردید. شاخص دبی پایه، به عنوان نماینده پاسخ حوزه و شرایط خاص آن می‌باشد. این شاخص، ممکن است برای هر سال یا برای کل پریود مشاهده شده، دارای تغییراتی باشد. هم چنین با استفاده از این شاخص می توان ویژگی‌های جریان را در حوزه‌های مختلف با هم مقایسه کرد.

در این تحقیق پنج پارامتر به عنوان عوامل مؤثر بر جریان‌های کمینه معرفی گردید که عبارتنداز: مساحت، شیب متوسط، ارتفاع متوسط حوزه، ضریب گراولیوس و شیب آبراهه اصلی.

به طور کلی اکثر تحقیقات، سه ویژگی مساحت، شیب متوسط و ارتفاع متوسط حوزه را مهم تر از سایر پارامترها معرفی کرده اند اسلامیان و همکاران(۱۳۸۳)، سمیعی و همکاران (۱۳۸۵)، The Task Committee of Low Flows (1980)، Vogel and Kroll, (1992)،

Archive of SID

www.SID.ir

Suresh et al,. (2003) و Zinanlo (2003)، Yue et al,. (2002)، Rifai et al,. (2001)، Smakhtin (2001). در این تحقیق علاوه بر پارامترهای فوق، دو پارامتر ضریب گراولیوس و شیب آبراهه اصلی هم جزو پارامترهای مهم معرفی شدند. هر چند ارتفاع متوسط حوزه رابطه مستقیمی با جریان کمینه ندارد ولی می تواند معرف میزان برفی بودن حوزه باشد. هم چنین علت دیگر راهیابی این پارامتر به مدل را می توان تغییر ویژگی‌های زمین شناسی حوزه در ارتفاعات مختلف دانست اسلامیان و همکاران (۱۳۸۳)، Dingman and et al.,) و (Vogel and Kroll, (1992). همچنین می توان علت راه یابی شیب متوسط حوزه به مدل را می توان تاثیر شیب متوسط بر روی سرعت زهکشی حوزه بیان نمود اسلامیان و همکاران (۱۳۸۳)، (1995) .,Dingman et al و Vogel and Kroll, (1992).

منابع

- **اسلامیان، س. زارعی، ع، و ابریشم چی، ا. (۱۳۸۳).** برآورد منطقه ای جریان‌های کم رودخانه‌های حوضه آبریز مازندران، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۸ (۱): ۲۷-۳۸.
- **افشار، ع. (۱۳۶۸).** هیدرولوژی مهندسی، انتشارات دانشگاه علم و صنعت، ۴۵۹ ص.
- **فتوحی، اردکانی، ا.(۱۳۸۱).** کتاب آموزشی SPSS. ۱۰ (ترجمه)، انتشارات شایگان، ۴۴۸ص.
- **رضا ارقامی، ن. و بزرگ نیا ا، (۱۳۷۰).** آمار چندمتغیره کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی.
- **سمیعی، م، مهدوی، م. ثقفیان، ب. و محسنی ساروی، م. (۱۳۸۴).** آنالیز منطقه ای جریان‌های کم در حوزه‌های آبخیز استان تهران، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸ (۱): ۵۱-۶۴.
- **Dingman, S.L and Lawlor, S. C. (1995).** Estimating low flow quantiles from drainge basin characteristics in New Hampshire and Vermont, Water Resource Bulletin, Vol. 31(2),pp. 243-2456.
- **Giuseppe R and Caporali, E. (2012).** Regional estimation of rivers low flow from river basin characteristics . Journal of Hydrology, Vol, pp. 194, 239- 262.
- **Rifai, HS, SM. Brock, KB. Ensor, PB. Bedient,(2001).** Determination of Low Flow Characteristics for Texas Streams. Water Resources Planning and Management, Vol: 126(5), 310-319.
- **Smakhtin, V. U.(2001).** Low flow Hydrology : a Review, Journal of Hydrology, 240,pp. 147-186.
- **Suresh, C. S. R., G. Kansakar, K. R., Croker., M., Zaidman. (2003).** Management of Water Resources and Low Flow Estimation for the Himalayan Basins of Nepal. Journal of Hydrology, Vol, 282, pp.25-35.
- **The Task Committee of Low Flows. (1980).** Characteristics of low flows, Journal of Hydraulics Division, P: 717-731.
- **Vogel, R. M and Kroll , C. N. (1992).** Regional Geohydrologic- Geomorphic relationships for the estimation of low flow statistics, Water Resources Research, Vol. 28(9), pp. 2451-2458.

Archive of SID

www.SID.ir

- **Yue. P. S, P. C. Yang, P.C . and Liu. C. W. (2002).** Aregional Model of Low Flow for Southern Taivan. Hydrological Processes, pp. 2017-2034.

- **Zarrin H, Sharifi F Vafakhah M and Mahdiyan M.(2009).** Regional Analysis Low Flow in Karkheh and Karoon Watersheds. of Applied Science, 9(6), pp. 1141-1146.

- **Zinanlo, A. O. (2003).** Low Flow and Duration Curve Analysis Aming at Predicting Runoff fromUngauged Catchments. Thesis submitted for degree of Master Science (M. Sc), International Institute for Geo- Information Science and Earth Observation (ITC.)

Archive of SID

www.SID.ir