

SID



ابزارهای پژوهش



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه‌های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم‌های آموزشی

سامانه ویراستاری (ویرایش متون فارسی، انگلیسی، عربی)

کارگاه‌ها و فیلم‌های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



آموزش مهارت‌های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت‌های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI



آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

از گروه‌های همگن و کل منطقه مدل‌های مناسب با سطح معنی داری ۰/۰۱ جهت برآورد حجم کمبود خشکسالی جریان رودخانه با دوره بازگشت‌های ۲، ۵۰ و ۱۰۰ ساله آرایه و ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که عامل مساحت دارای بالاترین همبستگی با حجم کمبود بوده و لذا همانند بسیاری دیگر از مدل‌های منطقه‌ای موثرترین متغیر مستقل در برآورد منطقه‌ای خشکسالی می‌باشد. در منطقه پژوهش، تداوم خشکسالی ماهیت تغییرات منطقه‌ای از خود نشان نداد.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، رودخانه، حد آستانه، تجزیه و تحلیل منطقه‌ای و جنوب غرب کشور

مقدمه

خشکسالی با توجه به زمان و عامل وقوع آن به انواع مختلفی تقسیم‌بندی می‌شود که مهم‌ترین آنها شامل خشکسالی هواشناسی، خشکسالی آب‌شناختی، خشکسالی کشاورزی و خشکسالی اجتماعی-اقتصادی می‌باشد. خشکسالی آب‌شناختی به نوبه خود به دو دسته خشکسالی جریان رودخانه و خشکسالی آب زیرزمینی تقسیم‌بندی می‌گردد. در این مقاله خشکسالی جریان رودخانه مورد بحث و توجه می‌باشد. خشکسالی‌های جریان رودخانه به معنای دوره‌هایی است که دبی رودخانه برای تأمین نیازهای برنامه‌ریزی شده، تحت نظام مدیریتی موجود کافی نمی‌باشد [۱۸]. نمایانه‌های مختلفی برای خشکسالی آب‌شناختی آرایه شده که می‌توان به نمایانه آب‌شناختی پالم (PHDI) اشاره نمود. این نمایانه در واقع توسعه نمایانه خشکسالی PDSI بود که توسط پالم در سال ۱۹۶۵ آرایه گردید ولی بر خلاف نمایانه PDSI با استقبال مواجه نشد. مورد دیگر نمایانه منابع آب موجود سطحی (SWSI) می‌باشد که برای طرح مقابله با خشکسالی در ایالت کلرادو تدوین شد [۱۳]. این نمایانه با در نظر گرفتن وزن مولفه‌های آب‌شناختی بودجه برقی، جریان رودخانه، بارش و حجم مخازن قابل محاسبه می‌باشد [۱۳]. جرال و همکاران [۱۶] با مدل‌سازی سری‌های زمانی حداکثر و حداقل سطح آب رودخانه نیل خشکسالی را در این رودخانه تجزیه و تحلیل نمودند و توانستند خشکسالی‌های طولانی و شدید را مشخص کنند. جلدسن و همکاران [۲۱] با استفاده از روش حد آستانه، خشکسالی آب‌شناختی را در ده رودخانه زیمباوه بررسی نمودند و اعلام کردند بهترین توزیع جهت تحلیل سری‌های جزئی تداوم و حجم کمبود خشکسالی، توزیع نمایی دو گانه می‌باشد. در پژوهشی جن تزونگ

تجزیه و تحلیل منطقه‌ای خشکسالی جریان رودخانه در مناطق جنوب غرب کشور

مطلب بایزیدی^۱ و بهرام ثقفیان^۲

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۰۴

چکیده

در این مقاله خشکسالی جریان رودخانه در حوزه‌های کرخه، کارون و دز در جنوب غرب کشور مورد بررسی قرار گرفت. اهداف مهم مقاله شامل تعیین ماهیت منطقه‌ای خشکسالی جریان رودخانه، تعیین مناطق همگن، تعیین عوامل موثر بر خشکسالی جریان رودخانه و استخراج روابط منطقه‌ای می‌باشد. برای نیل به اهداف فوق، سری‌های زمانی دبی روزانه جریان در ۵۴ ایستگاه آب‌شناختی در حوزه‌های پژوهش استخراج و پس از کنترل کیفی، آزمون و بازسازی داده‌ها با بکارگیری روش حد آستانه و با حد آستانه ۷۰ درصد، سری‌های حداکثر سالانه (AMS) تداوم و حجم کمبود خشکسالی استخراج گردید. نقشه تغییرات مکانی نمایانه‌های خشکسالی آرایه گردید. در ادامه، توزیع‌های احتمالاتی گاما (از نوع پیرسن تیپ ۳)، ویبول، لوگ نرمال، جانسون، نمایی دوگانه و GP جهت تجزیه و تحلیل فراوانی سری‌های AMS (تداوم و حجم کمبود خشکسالی) بررسی گردیدند و با انجام آزمون نکویی برازش کای اسکور بهترین مدل احتمالاتی مشخص گردید. در مجموع ۳۵ عامل فیزیوگرافی، اقلیمی، پوشش گیاهی و زمین شناسی جهت انجام تجزیه و تحلیل منطقه‌ای استخراج شد. با تجزیه و تحلیل عاملی بر روی ۳۵ عامل مذکور مشخص گردید که ۶ عامل مساحت حوزه، مجموع بارندگی آذر تا بهمن، درصد مساحت با نمایانه پوشش گیاهی کمتر از ۰/۱ درصد دامنه محدب حوزه، تراکم زهکشی و حداقل ارتفاع حوزه در مجموع بیش از ۹۰ درصد تغییرات را توضیح می‌دهند. با توجه به نتایج تحلیل عاملی جهت تعیین مناطق همگن از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای و تجزیه و تحلیل توابع متمایز کننده استفاده گردید. در ادامه با روش معادله همبستگی چند متغیره گام به گام در هر یک

۱- نویسنده مسئول و استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، گروه مهندسی

آب، سنندج m.byzedi@gmail.com

۲- استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه مهندسی عمران، تهران

از قبیل معادله همبستگی چند متغیره، تجزیه و تحلیل خوشه‌ای و تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی را جهت تحلیل منطقه‌ای نمایانه‌های کم آبی به کار بردند. وارنر و همکاران [۳۰] در پورتوریکو با بررسی تاثیر بیش از ۵۰ عامل فیزیوگرافی و اقلیمی حوزه‌ها بر دبی حداقل، دو مدل معادله همبستگی را جهت برآورد دبی حداقل (۷ روزه - ۱۰ ساله و ۳۰ روزه - ۱۰ ساله) ارایه نمودند و نتیجه گرفتند که ۴ عامل شیب متوسط حوزه، نسبت طول انشعابات به طول آبراهه اصلی، تراکم زهکشی و مساحت حوزه دارای بیشترین تاثیر می‌باشند. چالیس و همکاران [۱۰] با تحلیل منطقه‌ای جریان کم آبی به روش معادله همبستگی چند متغیره و استفاده از مشخصات حوزه و داده‌های هواشناسی و آب‌شناختی در هیمالایا دریافتند که میانگین بارش سالانه از عامل‌های مؤثر بر جریان کم آبی می‌باشد. نصرتی و همکاران [۷] با در نظر گرفتن ۱۷ متغیر اقلیمی، فیزیوگرافی، زمین‌شناسی و آب‌شناختی، تحلیل منطقه‌ای کم آبی در حوزه آبخیز رودخانه اترک را بررسی نمودند. نتایج پژوهش‌ها آنها نشان داد که چهار عامل مساحت، بارش سالانه، درصد سازند نفوذپذیر و شیب متوسط حوزه مهمترین عامل‌های تاثیرگذار می‌باشند.

اهداف مهم این مقاله شامل استخراج دوره‌های خشکسالی جریان رودخانه از سری زمانی داده‌های روزانه در حوزه‌های جنوب غرب کشور، تجزیه و تحلیل فراوانی خشکسالی رودخانه، بررسی تغییرات منطقه‌ای نمایانه‌های خشکسالی، مقایسه حوزه‌های مختلف از لحاظ خشکسالی جریان رودخانه و تعیین مدل‌های منطقه‌ای خشکسالی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه پژوهش

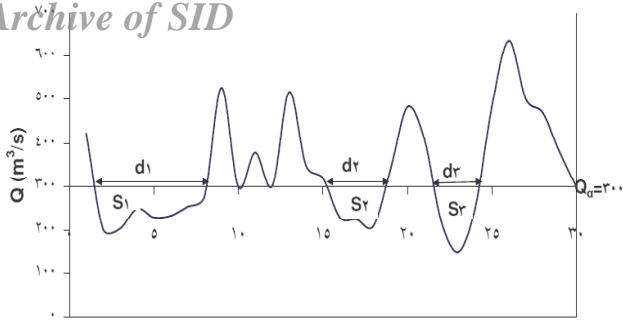
منطقه پژوهش در جنوب غرب کشور و شامل حوزه‌های آبخیز کرخه، کارون و دز می‌باشد. این منطقه در محدوده جغرافیایی ۲۰° و ۳۰° تا ۵۴° و ۳۴° عرض شمالی و ۰۶' و ۴۶° تا ۳۰' و ۵۲° طول شرقی قرار گرفته و دارای مساحت ۱۱۶۲۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد (شکل ۱). منطقه دارای آب و هوای مدیترانه‌ای با زمستان‌های مرطوب و تابستان‌های خشک می‌باشد. بارندگی این منطقه از رطوبت دریای مدیترانه، خلیج فارس، دریای سرخ و اقیانوس آتلانتیک شمالی تامین می‌گردد. دشتهای وسیع پایین دست، آبهای سطحی ناشی از بارندگی و ذوب برف رشته کوه‌های زاگرس را دریافت نموده و دارای توانمندی زیادی برای کشاورزی و دامپروری می‌باشند. ارتفاع از سطح دریا از صفر در مناطق پایین دست تا حدود ۴۰۰۰ متر در ارتفاعات و میزان بارندگی سالانه از ۱۵۰ تا ۹۰۰ میلی‌متر متغیر می‌باشد.

داده‌های مورد استفاده

تعداد ایستگاه‌های آب‌شناختی در منطقه پژوهش بالغ بر ۱۶۰ ایستگاه بوده ولی تعداد زیادی از آنها جدید و فاقد سنوات آماری کافی برای تحلیل خشکسالی می‌باشند. با بررسی‌های انجام شده

و سی ون [۲۰] با تجزیه و تحلیل فراوانی و خطر خشکسالی جریان رودخانه از طریق روش حد آستانه، توانستند زمان وقوع خشکسالی را برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب برآورد نمایند. هیسدال [۱۸] با استفاده از سری‌های تداوم جزبی (PDS) و از طریق مدلسازی مقادیر حدی (EV) نتیجه‌گیری نمود که مدلسازی حجم کمبود جریان رودخانه با موفقیت همراه است. ایشان خشکسالی‌های ۱۰ ساله و ۱۰۰ ساله را با سری‌های ۱۲ روزه جریان و با استفاده از مدل آماری Gp^1 بدست آورد و سرانجام این مدل را توصیه نمود. نوترمن و می [۲۴] مدلی را جهت برآورد تغییرات رواناب در آلمان تهیه نمودند که بیانگر تاثیرپذیری خشکسالی آب‌شناختی از کاهش جریان پایه و افت سطح آب زیر زمینی بود. حسینی زارع و سعادت [۴] اثر خشکسالی دوره ۸۰-۱۳۷۷ را روی کیفیت منابع آب کارون بررسی نمودند و بیان داشتند میزان شوری در این دوره حدود ۱۵ الی ۲۱ درصد افزایش یافته است. صفدری و همکاران [۵] با استفاده از نمایانه SPI نقشه گستره خشکسالی را در حوزه کارون ارایه نمودند. نتایج آنها نشان داد دوره‌های خشکسالی شدید و بسیار شدید با تداوم‌های طولانی مدت در طول دوره آماری وجود داشته و در مناطق جنوبی حوزه خشکسالی شدیدتر از مناطق شمالی است. مرید و همکاران [۶] برخی نمایانه‌های خشکسالی هواشناسی و آب‌شناختی را برای استان تهران بررسی و اعلام نمودند که نمایانه خشکسالی مؤثر (EDI) دارای عملکرد بهتری جهت پایش خشکسالی می‌باشد. همچنین ایشان با استفاده از روش چانگ و اطلاعات حجم ذخایر سدها و آورد رودخانه‌ها، اقدام به پایش خشکسالی آب‌شناختی نمودند. سالاس و همکاران [۲۶] با در نظر گرفتن میانگین داده‌های جریان بعنوان حد آستانه‌ی تقاضا، بزرگی خشکسالی، فراوانی و یا احتمال وقوع خشکسالی‌های با بزرگی و تداوم متفاوت را در رودخانه‌ی Poudre کلرادو استخراج نمودند و با بکارگیری یک مدل ریاضی احتمال وقوع و دوره بازگشت خشکسالی را محاسبه کردند. آنها دریافتند خشکسالی سالهای ۲۰۰۲-۲۰۰۰ دارای دوره بازگشت بیش از ۱۰۰۰ سال بوده و ریسک خشکسالی با دوره بازگشت ۲۵ سال ۲/۴ درصد می‌باشد. پاندی و همکاران [۲۵] جهت تحلیل خشکسالی جریان رودخانه برای حوزه رودخانه بتوا در هندوستان یک نمایانه که تابعی از حجم کمبود و تداوم نسبی بود ارایه نمودند. آنها به این نتیجه رسیدند خشکسالی‌هایی که در ماه‌های آگوست تا نوامبر شروع می‌شوند، شدیدتر از موارد سایر ماه‌ها می‌باشند.

تحلیل منطقه‌ای روش مناسبی برای برآورد نمایانه‌های مختلف سیل، کم آبی و خشکسالی جریان رودخانه در حوزه‌های بدون آمار محسوب می‌شود. در رابطه با کاربرد تحلیل منطقه‌ای، تونی جهت برآورد دبی متوسط سالانه عامل‌های مساحت، طول آبراهه اصلی و بارندگی را بکار گرفت و بهترین مدل را به شکل لگاریتمی ارایه نمود. ناتان و مک ماهون [۲۳] تحلیل منطقه‌ای جریان‌های حداقل را در ۱۸۴ زیر حوزه استرالیا انجام دادند. آنها روش‌های مختلفی



شکل ۲- مولفه‌های تداوم (d_i) و حجم کمبود خشکسالی جریان رودخانه (S_i) بر اساس روش حد آستانه

بزرگتر و یا مساوی صدک ۹۰ ام (Q_p) می‌باشد. در روش حد آستانه دوره‌های (Runs) بالا و پایین حد آستانه‌ی مشخص بررسی می‌شود و در اصل به نام روش نظریه دنباله^۴ ها نام گذاری شده است (هیسدال و تالاکسن) [۱۹]. مهمترین حیطة کاربرد این روش در طراحی نیروگاه‌های برق آبی، نظام‌های تأمین آب و برنامه‌ریزی آبیاری می‌باشد.

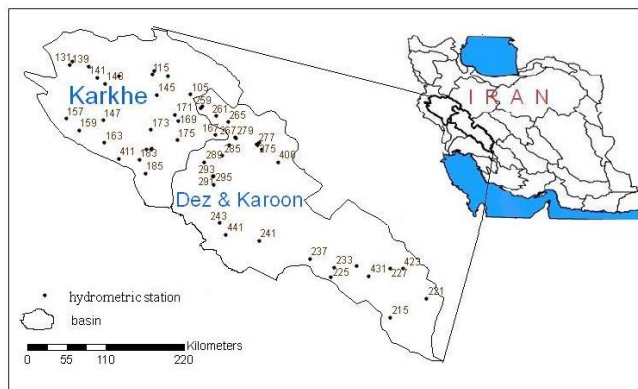
اولین کاربردهای روش دنباله‌ها در آب‌شناختی توسط یوجویچ [۳۲] انجام شد طول دنباله (تداوم خشکسالی یا d_i) و مجموع آن (حجم کمبود یا بزرگی S_i) بعنوان عامل‌های خشکسالی نقطه‌ای توصیه شده‌اند (شکل ۲). ویژگی خشکسالی دیگری به نام شدت خشکسالی^۵ نیز به صورت نسبت بین حجم کمبود خشکسالی (S_i) و تداوم خشکسالی (d_i) بکار می‌رود (هیسدال و تالاکسن) [۱۹]. با توجه به شکل (۲) و در نظر گرفتن سری زمانی دبی روزانه (Q_k) می‌توان رابطه بین عامل‌ها را به صورت زیر بیان نمود (فلگ) [۱۵]:

$$DQ_k = \begin{cases} Q_\alpha - Q_k & \text{if } Q_k < Q_\alpha \\ 0 & \text{if } Q_k \geq Q_\alpha \end{cases} \quad (1)$$

$$S_i = 86.4 \sum_{j=1}^{d_i} DQ_j \quad (2)$$

که در آن Q_α دبی حد آستانه DQ_k کمبود دبی روزانه (m^3/s) در روز k ام S_i ، برابر حجم کمبود خشکسالی (برحسب $1000 m^3$) در طول سال i ام یا یک دوره پیوسته و d_i برابر تداوم خشکسالی (بر حسب روز) می‌باشد.

گام زمانی به رژیم آب‌شناختی منطقه تحت مطالعه بستگی دارد. با وجود این استفاده از مقیاس زمانی روزانه با دو مشکل مواجه می‌باشد، اول وجود خشکسالی‌های جزئی و دیگری وابستگی بین خشکسالی‌ها در طی یک دوره خشک طولانی است. به منظور رفع این مشکل باید از برخی روش‌های ادغام‌سازی استفاده نمود. روش‌های ادغام‌سازی به سه دسته الف- معیار داخلی (IC) ب-



شکل ۱- منطقه پژوهش و پراکندگی ایستگاه‌های آب‌شناختی

تعداد ۵۴ ایستگاه آب‌شناختی با آمار تا حدودی کافی انتخاب شدند و آمار دبی روزانه آنها از وزارت نیرو اخذ گردید. نقشه پراکندگی ایستگاه‌ها در شکل (۱) نشان داده شده است. همچنین سایر مشخصات ایستگاه‌های آب‌شناختی در جدول (۱) ارائه گردیده است. به منظور کنترل کیفی داده‌ها از آزمون‌های همگنی من-ویتنی، والدوفیتز، ران تست و من-کندال استفاده گردید. جهت بازسازی دوره‌های فاقد آمار از روش معادله همبستگی و جهت اصلاح داده‌های معیوب از روش جرم مضاعف استفاده شد. برای انجام این آزمون‌ها از نرم‌افزارهای SPSS16، Matlab، Minitab، و MULTMK (لزیبیر) [۲۲] استفاده گردید. همچنین اطلاعات توپوگرافی، فیزیوگرافی، پوشش گیاهی، پوشش برف جهت استخراج عوامل مختلف جهت تجزیه و تحلیل مکانی مورد استفاده قرار گرفت. این اطلاعات از نتایج پژوهش‌های ثقفیان و همکاران [۳] اخذ گردید.

روش پژوهش

جهت تشخیص و بررسی خشکسالی جریان رودخانه از روش حد آستانه استفاده شد. در مورد این نوع خشکسالی، مناسبترین نوع تحلیل، بررسی دوره‌های پیوسته‌ای است که در آن دبی رودخانه در زیر یک حد^۱ (حدهای) آستانه از پیش تعیین شده قرار می‌گیرد. اصطلاحات دبی مرجع^۲ و سطح برشی^۳ نیز گاهی اوقات به جای حد آستانه به کار می‌روند. می‌توان حد آستانه را به روش‌های مختلفی انتخاب نمود و این انتخاب خود تابع نوع و شرایط کمبود آب منطقه تحت مطالعه می‌باشد (زلنهایسک و سالوی) [۳۴].

برای انتخاب حد آستانه می‌توان از صدکی از منحنی تداوم جریان (Q_α) استفاده نمود. چنانچه جهت تحلیل از داده‌های روزانه استفاده گردد، منحنی تداوم جریان نشان‌دهنده رابطه بین دبی‌های روزانه و احتمال وقوع $P(X \geq x)$ می‌باشد. بیان دبی‌ها به صورت مقادیر بزرگتر یا مساوی اجازه می‌دهد تا بتوان شرایط جریان را در رودخانه‌های مختلف با هم مقایسه کرد. به عنوان مثال، دبی در ۹۰ درصد زمان‌های اندازه‌گیری شده (در طی دوره آماری) دارای مقدار

4- Runs Theory
5- Severity
6- Drought intensity

1- Threshold(s)
2- Reference Discharge
3- Truncation Level

ردیف	کد	نام	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	مساحت حوزه (کیلومتر)	رودخانه	سالهای دارای آمار
۱	۲۱-۱۰۵	سنگ‌سوراخ	۴۸°۲۳	۳۴°۳	۱۸۰۰	۳۲۰	گاماسیاب	۱۳۴۸-۱۳۸۳
۲	۲۱-۱۰۹	فیروزآباد	۴۸°۷	۳۴°۲۱	۱۴۵۰	۸۴۵/۶	تویسرکان	۱۳۸۳-۱۳۳۳
۳	۲۱-۱۱۳	آزان	۴۷°۵۵	۳۴°۲۵	۱۴۴۰	۲۰۴۸/۵	خرم رود	۱۳۸۳-۱۳۳۸۳
۴	۲۱-۱۱۵	دوآب	۴۷°۵۴	۳۴°۲۲	۱۴۱۰	۷۷۶۹/۳	گاماسیاب	۱۳۸۳-۱۳۴۸
۵	۲۱-۱۲۷	پل چهر	۴۷°۲۶	۳۴°۳۴	۱۲۸۰	۱۰۸۶۷/۵	گاماسیاب	۱۳۸۳-۱۳۳۳
۶	۲۱-۱۳۱	خرس‌آباد	۴۶°۴۴	۳۴°۳۱	۱۳۲۰	۱۴۳۲/۹	آب مارک	۱۳۸۳-۱۳۵۳
۷	۲۱-۱۳۳	دوآب‌مرک	۴۶°۴۷	۳۴°۳۳	۱۲۹۰	۱۲۴۴/۷	قره سو	۱۳۸۳-۱۳۳۳
۸	۲۱-۱۳۹	حجت‌آباد	۴۷°۰	۳۴°۲۹	۱۳۰۰	۱۳۱۳/۱	راز‌آور	۱۳۸۳-۱۳۴۵
۹	۲۱-۱۴۱	پل کهنه	۴۷°۸	۳۴°۱۹	۱۲۶۰	۵۰۲۸/۴	قره سو	۱۳۸۳-۱۳۳۴
۱۰	۲۱-۱۴۳	قورباغستان	۴۷°۱۵	۳۴°۱۴	۱۲۳۰	۵۳۱۲/۹	قره سو	۱۳۸۳-۱۳۳۲
۱۱	۲۱-۱۴۵	نورآباد(بادآور)	۴۷°۵۸	۳۴°۵	۱۷۸۰	۶۱۴/۷	بادآور	۱۳۸۳-۱۳۴۸
۱۲	۲۱-۱۴۷	هولیلان(سیمره)	۴۷°۱۵	۳۳°۴۵	۹۷۰	۲۰۷۰۲	سیمره	۱۳۸۳-۱۳۳۹
۱۳	۲۱-۱۵۷	دارتوت	۴۶°۴۱	۳۴°۳۳	۹۵۰	۲۵۸۹/۳	آب چناره	۱۳۸۳-۱۳۴۸
۱۴	۲۱-۱۵۹	تنگ‌سازین	۴۶°۵۱	۳۳°۳۴	۷۸۰	۲۶۱۲۸/۸	سیمره	۱۳۸۳-۱۳۴۸
۱۵	۲۱-۱۶۳	تنگ‌سیاب	۴۷°۱۲	۳۳°۲۳	۸۸۰	۵۶۵	دره دزدان	۱۳۸۳-۱۳۵۳
۱۶	۲۱-۱۶۷	دهنو	۴۸°۴۷	۳۳°۳۱	۱۷۷۰	۲۶۵/۶	حر رود	۱۳۸۳-۱۳۴۸
۱۷	۲۱-۱۶۹	کاکارضا	۴۸°۱۶	۳۳°۴۳	۱۵۳۰	۱۱۴۵	حر رود	۱۳۸۳-۱۳۳۴
۱۸	۲۱-۱۷۱	سرآب‌سیدعلی	۴۸°۱۳	۳۳°۴۸	۱۵۲۰	۷۷۶/۶	دو آب الشتر	۱۳۸۳-۱۳۳۸۳
۱۹	۲۱-۱۷۳	پل کشکان	۴۷°۵۳	۳۳°۳۵	۱۰۰۰	۳۷۲۹	کشکان	۱۳۸۳-۱۳۴۶
۲۰	۲۱-۱۷۵	چم‌انجیر	۴۸°۱۴	۳۳°۲۷	۱۱۴۰	۱۶۳۵/۷	خرم‌آباد	۱۳۸۳-۱۳۳۴
۲۱	۲۱-۱۷۷	آفرینه(کشکان)	۴۷°۵۴	۳۳°۲۰	۸۲۰	۶۸۰۲/۹	کشکان	۱۳۸۳-۱۳۳۴
۲۲	۲۱-۱۷۹	آفرینه(چلهول)	۴۷°۵۵	۳۳°۱۸	۸۵۰	۸۱۷/۹	چلهول	۱۳۸۳-۱۳۳۴
۲۳	۲۱-۱۸۱	بر آفتاب	۴۷°۴۹	۳۳°۱۹	۷۹۰	۱۱۳۲/۳	مادیان رود	۱۳۸۳-۱۳۵۲
۲۴	۲۱-۱۸۳	پل دختر(کشکان)	۴۷°۴۳	۳۳°۱۰	۶۵۰	۹۲۳۵/۳	کشکان	۱۳۸۳-۱۳۳۴
۲۵	۲۱-۱۸۵	جلوگیر(کرخه)	۴۷°۴۸	۳۲°۵۸	۳۵۰	۳۹۴۷۹/۸	کرخه	۱۳۸۳-۱۳۳۷
۲۶	۲۱-۲۱۵	پااوه	۵۱°۱۶	۳۰°۵۷	۱۴۸۰	۲۷۰۲	گرم رود	۱۳۸۳-۱۳۵۱
۲۷	۲۱-۲۲۵	بارز	۵۰°۲۵	۳۱°۳۱	۸۱۵	۸۹۹۸/۸	خرسان	۱۳۸۳-۱۳۳۵
۲۸	۲۱-۲۲۷	سولگان	۵۱°۱۵	۳۱°۳۸	۲۱۵۰	۲۰۴۷/۷	سولگان	۱۳۸۳-۱۳۵۷
۲۹	۲۱-۲۳۱	ارمند	۵۰°۴۶	۳۱°۴۱	۱۰۵۰	۹۹۵۴/۳	کارون	۱۳۸۳-۱۳۳۶
۳۰	۲۱-۲۳۳	مرغک	۵۰°۲۸	۳۹°۳۱	۸۶۰	۲۱۶۲/۳	کارون	۱۳۸۳-۱۳۴۸
۳۱	۲۱-۲۳۷	پل شالو	۵۰°۸	۳۱°۴۵	۷۰۰	۲۴۱۸۲	کارون	۱۳۸۳-۱۳۳۵
۳۲	۲۱-۲۴۱	گدارلندر	۴۹°۲۳	۳۲°۲	۲۶۰	۲۸۴۲۰/۳	کارون	۱۳۸۳-۱۳۴۴

۱۳۳۳-۱۳۸۳	کارون	۳۲۷۵۲	۱۰۰	۳۲°۱۵'	۴۸°۴۹'	گتوند	۲۱-۲۴۳	۳۳
۱۳۵۲-۱۳۸۳	سراب سفید	۶۰/۱	۱۹۸۰	۳۳°۵۵'	۴۸°۳۶'	ونایی (سراب سفید)	۲۱-۲۵۷	۳۴
۱۳۴۸-۱۳۸۳	گله رود	۳۱/۶	۲۰۰۰	۳۳°۵۴'	۴۸°۳۵'	ونایی (گله رود)	۲۱-۲۵۹	۳۵
۱۳۵۴-۱۳۸۳	سیلاخور	۹۸۸/۵	۱۴۹۰	۳۳°۴۷'	۴۸°۴۸'	رحیم‌آباد (سیلاخور)	۲۱-۲۶۱	۳۶
۱۳۵۴-۱۳۸۳	بیاتون	۱۲۰/۷	۱۶۰۰	۳۳°۴۲'	۴۸°۵۸'	بیاتون	۲۱-۲۶۵	۳۷
۱۳۳۴-۱۳۸۳	تیره	۳۵۱۳/۱	۱۴۵۰	۳۳°۲۹'	۴۹°۴'	دروود (تیره)	۲۱-۲۶۷	۳۸
۱۳۴۰-۱۳۸۳	ازنا	۲۰۰۶/۹	۱۸۳۰	۳۳°۲۴'	۴۹°۲۴'	چم‌زمان	۲۱-۲۷۱	۳۹
۱۳۴۶-۱۳۸۳	کمندان	۴۰/۳	۲۰۸۰	۳۳°۱۹'	۴۹°۲۶'	کمندان	۲۱-۲۷۳	۴۰
۱۳۳۷-۱۳۸۳	دره تخت	۴۱	۱۹۴۰	۳۳°۲۱'	۴۹°۲۳'	دره تخت	۲۱-۲۷۵	۴۱
۱۳۳۷-۱۳۸۳	ماربره	۲۱۸۷/۴	۱۸۰۰	۳۳°۲۳'	۴۹°۲۲'	دره تخت (ماربره)	۲۱-۲۷۷	۴۲
۱۳۳۴-۱۳۸۳	ماربره	۲۵۵۳	۱۴۵۰	۳۳°۲۹'	۴۹°۵'	دروود (ماربره)	۲۱-۲۷۹	۴۳
۱۳۳۴-۱۳۸۳	ساب‌بزه	۳۲۷/۶	۱۲۹۰	۳۳°۲۳'	۴۸°۵۹'	چم‌چیت (ساب‌بزه)	۲۱-۲۸۱	۴۴
۱۳۳۴-۱۳۸۳	سزار	۷۱۱۹/۲	۹۷۰	۳۳°۱۳'	۴۸°۵۳'	سپیددشت (سزار)	۲۱-۲۸۵	۴۵
۱۳۴۱-۱۳۸۳	سرخاب	۳۴۱/۵	۷۷۰	۳۳°۸'	۴۸°۳۸'	کشور	۲۱-۲۸۹	۴۶
۱۳۵۶-۱۳۸۳	سزار	۹۳۴۵/۸	۶۰۰	۳۲°۵۶'	۴۸°۴۵'	تنگ‌پنج (سزار)	۲۱-۲۹۱	۴۷
۱۳۳۴-۱۳۸۳	بختیاری	۶۴۰۵/۱	۶۰۰	۳۲°۵۶'	۴۸°۴۶'	تنگ‌پنج (بختیاری)	۲۱-۲۹۳	۴۸
۱۳۳۴-۱۳۸۳	دز	۱۶۱۲۰/۱	۴۴۰	۳۲°۴۹'	۴۸°۴۶'	تله‌زنگ	۲۱-۲۹۵	۴۹
۱۳۶۰-۱۳۸۳	کاظم‌آباد	۴۶۲/۴	۲۰۵۰	۳۳°۸'	۴۹°۴۱'	کاظم‌آباد	۲۱-۴۰۰	۵۰
۱۳۴۹-۱۳۸۳	سیمره	۲۸۹۵۴/۳	۵۳۰	۳۳°۱۱'	۴۷°۲۶'	نظرآباد (سیمره)	۲۱-۴۱۱	۵۱
۱۳۸۳-۱۳۶۲	کاسگان	۱۰۷۶/۴	۲۲۱۰	۳۱°۳۸'	۵۱°۲۶'	تنگ‌زردآلو	۲۱-۴۲۳	۵۲
۱۳۸۳-۱۳۶۴	خان میرزا	۳۹۹	۱۷۵۰	۳۱°۳۲'	۵۰°۵۷'	زرین‌درخت	۲۱-۴۳۱	۵۳
۱۳۸۳-۱۳۶۱	شور	۲۶۱۸	۷۰	۳۲۳°۷'	۴۸°۵۶'	دشت‌بزرگ	۲۱-۴۴۱	۵۴

زمانی (t_c, t_i) به وقوع بپیوندند با هم ادغام خواهند شد. به جای t_c می‌توان حجم کمبود بحرانی (S_c) را در نظر گرفت. در هر دو حالت تداوم و حجم کمبود وقایع ادغام شده $(d_{pool}$ و $S_{pool})$ به صورت زیر محاسبه می‌گردد (فلگ [۱۵]):

$$d_{pool} = d_i + d_{i+1} + t_i \quad (۳)$$

$$S_{pool} = S_i + S_{i+1} \quad (۴)$$

$F_t(x)$ احتمال وقوع شدیدترین خشکسالی آب‌شناختی در فاصله زمانی $[t, 0]$ (مثلاً یک سال) بصورت زیر محاسبه می‌گردد (زلنهاسک و سالوای) [۳۴]:

$$F_t(x) = P_r(Z_i = 0) + \sum_{k=1}^{\infty} H_t^k(x) P_r(Z_i = k) \quad (۵)$$

که در آن متغیر x حجم کمبود خشکسالی، $P_r(Z_i = k)$ احتمال وقوع k مورد خشکسالی در بازه زمانی $[t, 0]$ و $H_t(x)$ تابع توزیع احتمالاتی حاکم بر سری حجم کمبود خشکسالی‌ها در بازه زمانی

میانگین متحرک (MA) و ج- الگوریتم دبی اوج متوالی (SPA) تقسیم می‌شوند (فلگ [۱۵]). در این مقاله روش IC انتخاب شد که در آن برای حذف خشکسالی‌های جزئی 1 و ادغام خشکسالی‌های وابسته از ضرایب α ، d_{min} و t_c استفاده می‌گردد. α ضریبی است که برای حذف خشکسالی‌های جزئی به کار می‌رود بدین ترتیب که اگر در یک دوره خشک، حجم کمبود کمتر از حاصلضرب α در حداکثر کمبود مشاهده شده باشد $(S_i < \alpha \cdot S_{max})$ آن دوره حذف خواهد گردید. مقدار α معمولاً بین $0.05-0.1$ در نظر گرفته می‌شود (فلگ [۱۵]). d_{min} نیز حداقل دوره‌ای است که خشکسالی‌های جزئی با تداوم مساوی یا کمتر از آن $(d_i \leq d_{min})$ حذف می‌گردند و به طور معمول کمتر از ۵ روز در نظر گرفته می‌شود. t_c زمان بحرانی نامیده می‌شود، بنحوی که اگر دو واقعه خشکسالی وابسته با فاصله

1- Minor droughts

منطقه‌ای به کار گرفته شد. این عوامل شامل شیب و طول رودخانه اصلی، طول رودخانه اصلی، طول حوزه، شیب حوزه، متوسط ارتفاع حوزه، محیط حوزه، مساحت حوزه، طول کل رودخانه‌های حوزه، حداقل ارتفاع حوزه، تراکم زهکشی، تقعر و تحدب دامنه (شامل درصد مساحت مقعر، یکنواخت و محدب)، درصد مساحت پوشش برف در ماه‌های ذوب برف (شامل اسفند، فروردین و اردیبهشت)، درصد مساحت‌های جهات شیب، درصد مساحت دامنه‌های مختلف، نمایانه ماهواره‌ای پوشش گیاهی NDVI (شامل کمتر از ۰/۱، ۰/۲۵-۰/۱، ۰/۴، ۰/۲۵-۰/۴ و بیشتر از ۰/۴)، میانگین بارندگی سالانه، میانگین مجموع بارندگی از آذر تا بهمن، میانگین مجموع بارندگی از آذر تا اسفند، میانگین مجموع بارندگی از آذر تا فروردین، میانگین مجموع بارندگی و نمایانه جریان پایه^۳ (BFI) از آذر تا اردیبهشت می‌باشد. این عامل‌ها با آرایه (۵۴ × ۳۵) در نظر گرفته شد که در آن عدد ۵۴ مربوط به تعداد زیرحوزه‌های بالادست ایستگاه‌های آب‌شناختی است. مشاهدات شامل عوامل مذکور در هر یک از زیر حوزه‌ها و متغیرهای وابسته شامل حجم کمبود خشکسالی آب‌شناختی با دوره بازگشت‌های ۲، ۵۰ و ۱۰۰ سال می‌باشد.

مرحله بعدی در تجزیه و تحلیل منطقه‌ای تعیین مناطق همگن آب‌شناختی می‌باشد که از طریق تجزیه و تحلیل خوشه‌ای انجام می‌گردد. این روش که به تجزیه و تحلیل تاکسونومی، قطعه‌بندی و پارتیشن‌بندی هم معروف است، جهت تعیین گروه‌های همگن در یک جامعه آماری به کار می‌رود. در این روش داده‌ها به چند گروه طبقه‌بندی شده که در آنها تغییرات داخل گروهی به حداقل و تغییرات بین گروهی به حداکثر می‌رسد. لذا هر عضو در یک گروه دارای تشابه زیادی با اعضای هم گروه خود بوده و دارای تمایز زیادی با اعضای سایر گروه‌ها می‌باشد معیار سنجش در تجزیه و تحلیل خوشه‌ای ضریب فاصله (d_{ij}) بین ایستگاه‌های i ام و j ام به صورت زیر می‌باشد (استال و دمود) [۲۷]:

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^p [(x_{ik} - x_{jk})^2]^{1/2} \quad (6)$$

که در آن p تعداد متغیرها (ویژگی‌های حوزه‌ها) با بیشترین تاثیر در نمایانه آب‌شناختی، مقدار x_{ik} مقدار (استاندارد شده) متغیر k ام در حوزه i و x_{jk} مقدار (استاندارد شده) متغیر k ام در حوزه j می‌باشد. در این پژوهش با توجه به نتایج تحلیل عاملی مهمترین عامل‌های موثر بر نمایانه خشکسالی رودخانه‌ای تعیین گردیدند و با تجزیه و تحلیل خوشه‌ای بر روی نتایج تحلیل عاملی، مناطق همگن آب‌شناختی مشخص شدند.

تمایز گروه‌های یک جامعه آماری که با روش‌های مختلف گروه‌بندی شده‌اند با روش تجزیه و تحلیل توابع متمایز کننده^۴ تعیین می‌گردد. در این روش توابعی با ترکیب خطی متغیرها تعریف می‌شوند این توابع مجموعه‌ای از محورهای متناسب دو طرفه عمود

مذکور می‌باشد. توزیع‌های احتمالاتی گاما (از نوع پیرسن تیپ^۳)، ویبول، لوگ نرمال، جانسون، نمایی دوگانه و GP جهت برازش بر سریهای AMS (تداوم و حجم کمبود) آزمون شد و برای نکویی برازش نیز از آزمون کای اسکور استفاده گردید. جهت برآورد عامل‌های توزیع از روش حداکثر درست نمایی^۱ (MLM) استفاده گردید و برای بهینه نمودن آنها معیار آکایکا به کار رفت.

با توجه به اینکه داده‌های آب‌شناختی در بسیاری از ایستگاه‌ها دارای طول کافی نبوده و یا دارای نواقص آماری زیادی هستند، تحلیل منطقه‌ای روش مناسبی جهت تعمیم ویژگی‌های مختلف آب‌شناختی برای حوزه‌های بالادست این ایستگاه‌ها از طریق ایستگاه‌های دارای آمار می‌باشد. بکارگیری تحلیل منطقه‌ای برای ویژگی‌های خشکسالی جریان رودخانه از قبیل حجم کمبود، تداوم یا نمایانه ترکیبی بر این فرض استوار بوده که حوزه‌ها باید از لحاظ آب و هوایی، فیزیوگرافی، زمین شناسی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و خاک دارای عکس العمل مشابهی باشند. مراحل تحلیل منطقه‌ای در ادامه توضیح داده شده است.

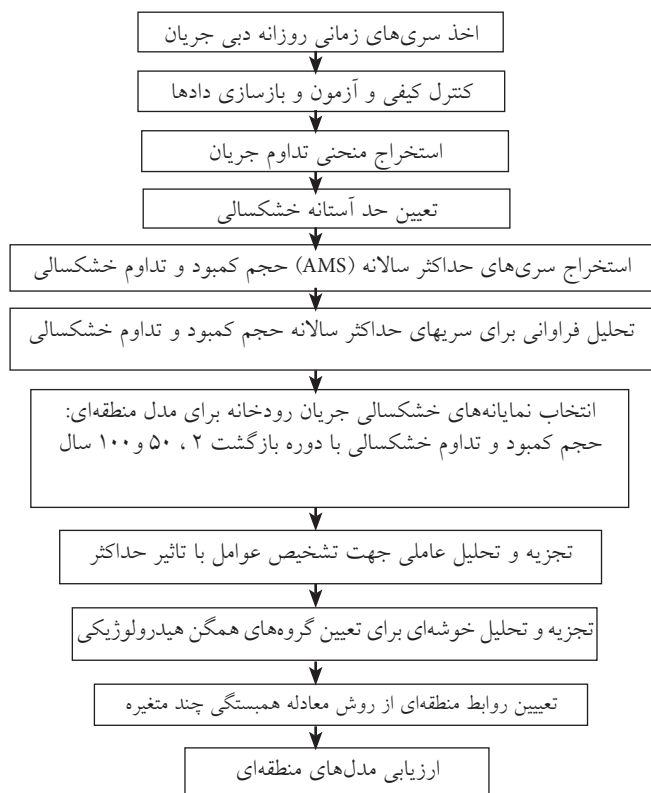
گام اول تحلیل عاملی^۲ است که هدف از آن کاهش داده‌ها یا شناسایی ساختار می‌باشد. در کاهش داده‌ها متغیرهای اضافی با همبستگی زیاد حذف شده و در شناسایی ساختار روابط پنهان بین متغیرها بررسی می‌گردد. روش تحلیل عاملی توسط پژوهشگرانی مانند راو، کینگ، ماتالاس و دابر در موضوعات منابع آب بکار گرفته شد (نقل از اسلامی) [۱]. با قرار دادن متغیرها در فضای n بعدی و تصور مجموعه‌ای از چند بیضی در اطراف آنها، طولانی‌ترین امتداد اکثریت نقاط بعنوان عامل اول در نظر گرفته می‌شود. متغیرهایی به این محور نزدیکتر خواهند بود که دارای وزن بالایی در عامل اول باشند. به همین ترتیب متغیرهایی که دارای نزدیکترین فاصله بر دومین امتداد باشند بیشترین وزن را در عامل دوم دارند و به همین ترتیب. برای تشخیص تاثیر عوامل مختلف در نمایانه‌های آب‌شناختی از تجزیه و تحلیل عاملی استفاده می‌شود. از میان عوامل فیزیوگرافی، اقلیمی، زمین شناسی و پوشش گیاهی متغیرهایی که بیشترین تاثیر را در نمایانه آب‌شناختی داشته و با تغییرات خود بیشترین درصد تغییرات نمایانه مورد نظر را نشان می‌دهد، مشخص خواهند شد. مراحل مختلف تجزیه و تحلیل عاملی شامل استاندارد کردن داده‌ها، تعیین ماتریس وزنی عاملی، تعیین تعداد عامل‌ها و دوران عامل‌ها می‌باشد. یکی از مهمترین روش‌های چرخش عامل، چرخش وریماکس می‌باشد. در این روش فرض بر این است که تغییر پذیری عامل j از طریق واریانس مربع ضرایب عامل اندازه‌گیری می‌گردد. و مجموع این واریانس‌ها را برای کلیه عامل‌ها به بیشترین مقدار خود می‌رساند.

۳۵ مورد از عامل‌های موثر بر نمایانه‌های خشکسالی جریان رودخانه در حوزه‌های آبخیز منطقه پژوهش برای انجام آنالیز

3- Base Flow Index
4- Discriminant Analysis

1- Maximum likelihood method
2- Factor Analysis

خواهند بود. روش دیگر برای ارزیابی مدل‌ها در نظر گرفتن چند ایستگاه شاهد در منطقه بود که در مدل‌سازی اولیه از آنها استفاده نگردد و مقدار نمایانه‌های خشکسالی از طریق مدل‌های منطقه‌ای برای آنها برآورد گردید و در نهایت مقادیر برآوردی و مشاهده‌ای با هم مقایسه شدند. مراحل گام به گام پژوهش به صورت فلوچارت در صفحه بعد ارائه گردیده است.



نتایج

پس از کنترل کیفی سری‌های زمانی دبی روزانه، منحنی تداوم جریان برای کلیه ایستگاه‌های آب‌شناختی ترسیم گردید. با بررسی‌های انجام شده حد آستانه Q_v به عنوان مبنای استخراج دوره‌های خشکسالی در نظر گرفته شد. حد آستانه در واحد سطح زیر حوزه‌ها (Q_v/A) برای ایستگاه‌های مختلف در شکل (۳) نشان داده شده است.

بیشترین و کمترین مقدار Q_v به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های گدارلندر و فیروزآباد بوده و برابر ۲۲۶ و ۰/۰۸ متر مکعب بر ثانیه می‌باشند. نتایج تجزیه و تحلیل فراوانی نشان داد که برای ایستگاه‌های ۱۴۳ (قورباغستان)، ۱۴۷ (هولیلان سیمره)، ۱۲۷ (پل چهر)، ۴۲۳ (تنگ زردآلو) و ۴۴۱ (دشت بزرگ) توزیع مناسبی وجود ندارد. لذا این ایستگاه‌ها در تحلیل‌های بعدی حذف گردیدند و تعداد ایستگاه‌ها به ۴۹ کاهش یافت. در مورد سری‌های حجم کمبود خشکسالی مدل GP دارای بیشترین تطابق و برای سری‌های تداوم خشکسالی مدل جانسون دارای بیشترین تطابق بود. مدل‌های GP و جانسون جزو مدل‌های ۳ عاملی (موقعیت، مقیاس و شکل)

بر هم را ایجاد می‌نمایند که در تفکیک و تمایز گروه‌ها مفید واقع می‌گردند. در این تحلیل متغیرهای مستقل مورد ارزیابی قرار گرفته و از بین آنها مواردی که آنها دارای تفاوت اساسی با میانگین گروه مورد نظر بوده، تعیین شده و به عنوان معیار دسته‌بندی متغیرهای وابسته به کار می‌روند. از مهمترین کاربرد دیگر تجزیه و تحلیل توابع متمایز کننده، تشخیص تعلق حوزه‌های فاقد آمار به گروه‌های همگن یک منطقه می‌باشد. برای پی بردن به اختلافات معنی‌دار بین توابع متمایز کننده و در نتیجه گروه‌ها، از آماره‌های ویلکس لامبدا، کای اسکویئر و همبستگی کانونیک استفاده می‌شود.

معادله همبستگی خطی برای تعیین مقدار یک متغیر کمی وابسته که دارای رابطه خطی با یک یا چند متغیر مستقل بوده، به کار می‌رود. مدل معادله همبستگی خطی فرض می‌کند که یک رابطه خطی (یا خط مستقیم) بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل وجود دارد. این رابطه در فرمول زیر آمده است.

$$y_i = b_0 + b_1x_{i1} + \dots + b_px_{ip} + e_i \quad (7)$$

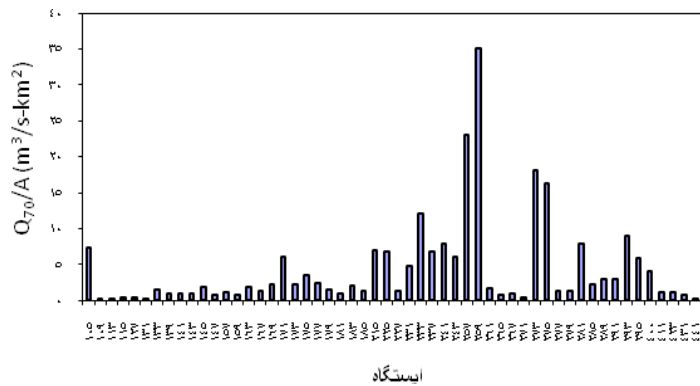
که در آن y_i متغیر وابسته، p تعداد متغیرهای مستقل، b_j ضرایب معادله همبستگی، x_{ij} متغیرهای مستقل و e_i خطا برای مقدار مشاهده شده i می‌باشد.

خطی بودن مدل باعث می‌گردد تا افزایش مقدار پیشگوی Z ام با اندازه یک واحد باعث افزایش مقدار وابسته واحدهای b_j شود. باید توجه داشت که b_0 عرض از مبدا بوده و وقتی که مقادیر متغیرهای مستقل برابر صفر باشند، b_0 برابر متغیر وابسته می‌باشد. عبارت خطا دارای توزیع نرمال با میانگین صفر می‌باشد. واریانس خطا در سرتاسر موارد ثابت بوده و مستقل از متغیرها است. همچنین مقدار عبارت خطا برای یک مورد داده شده مستقل از مقادیر متغیرها در مدل و مستقل از مقادیر عبارت خطا برای موارد دیگر می‌باشد.

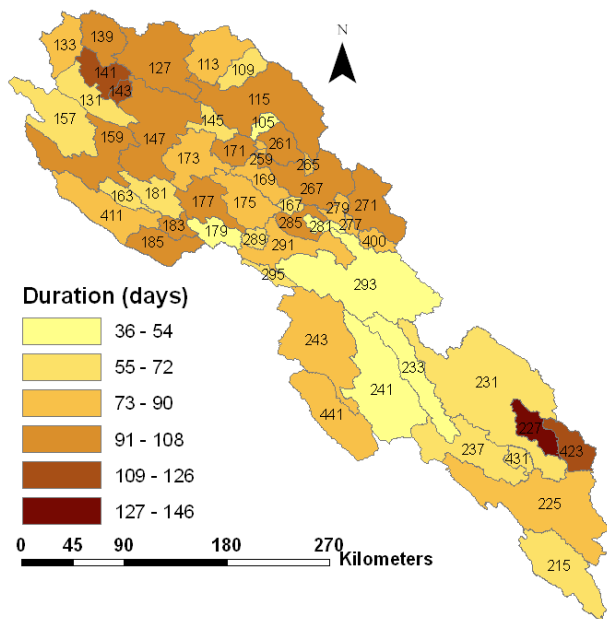
در مباحث آب‌شناختی مقدار خطا به دو عامل ویژگی‌های حوزه و عامل تصادف ناشی از خطای نمونه‌گیری مربوط است. معادله همبستگی چند متغیره باید تغییرات ناشی از ویژگی‌های حوزه را توضیح داده و تغییرات ناشی از عامل تصادف را به حد متوسط برساند. خطای استاندارد برآورد در معادله معادله همبستگی چند متغیره برابر است با:

$$Se = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p}} \quad (8)$$

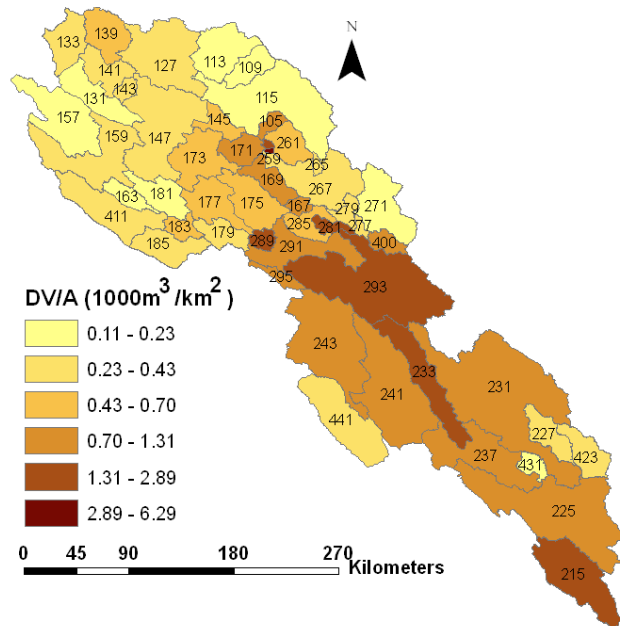
برای آزمون معنی‌دار بودن هر یک از ضرایب معادله همبستگی چند متغیره از آزمون t و برای آزمون معنی‌دار بودن معادله همبستگی از آزمون فیشر استفاده می‌گردد. ضریب همبستگی (R^2)، خطای استاندارد (Se) و سطح معنی‌داری معادله همبستگی مهمترین نمایانه‌های قضاوت در مورد پذیرش یا عدم پذیرش مدل‌ها می‌باشند. در این مقاله از روش معادله همبستگی گام به گام استفاده گردید. دو عامل R^2 و Se جهت ارزیابی مدل‌های معادله همبستگی به کار رفته است. هر چه مقدار R^2 بیشتر و Se کمتر باشد مدل‌ها مفیدتر



شکل ۳- مقدار حد آستانه در واحد سطح زیرحوزهها (Q_v/A)



شکل ۵- نقشه تداوم خشکسالی جریان رودخانه در حوزهها



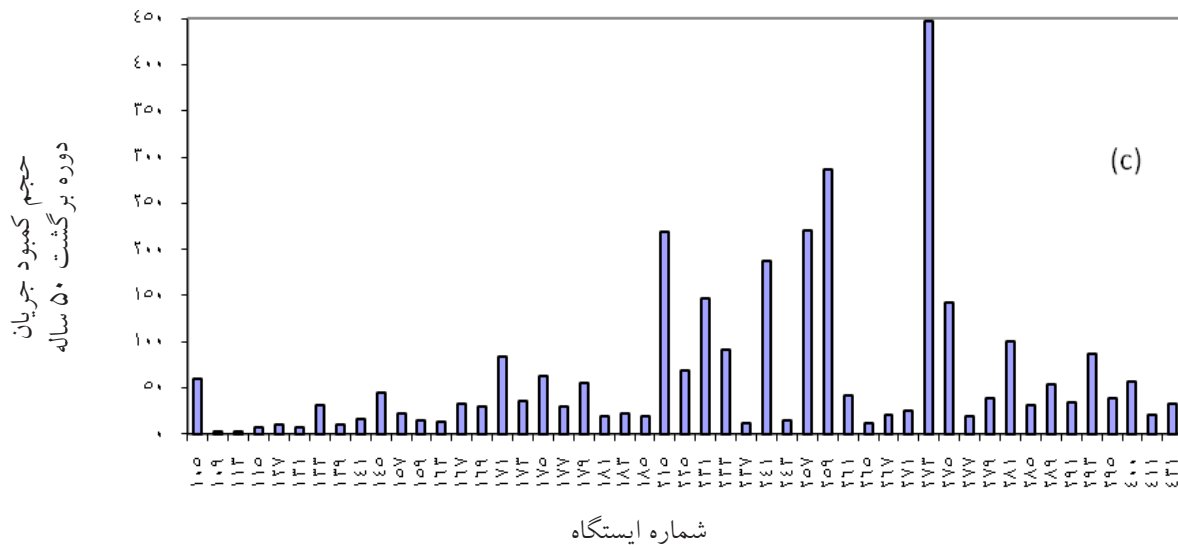
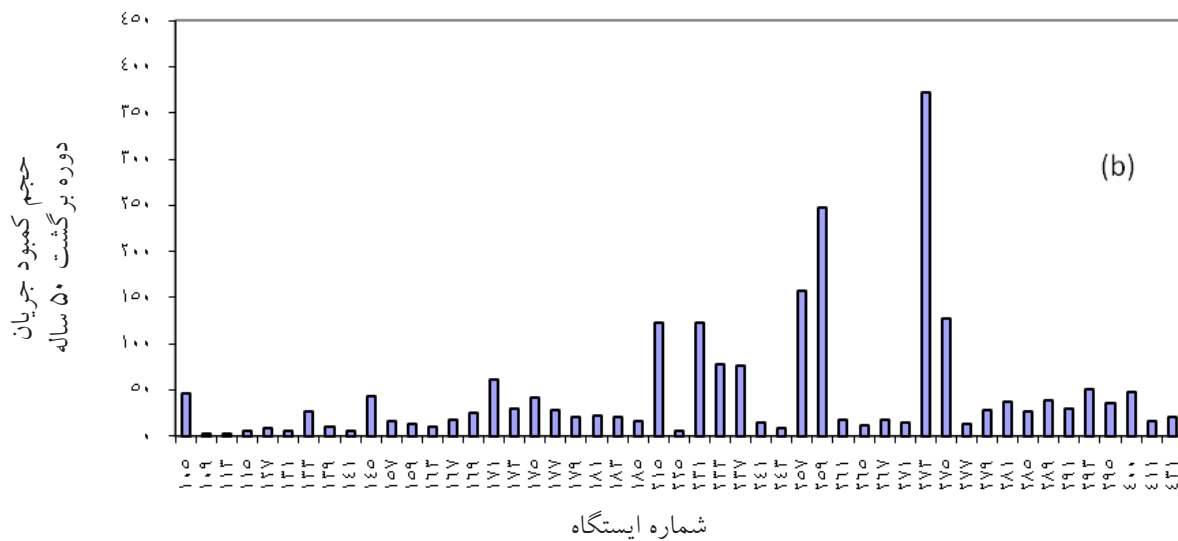
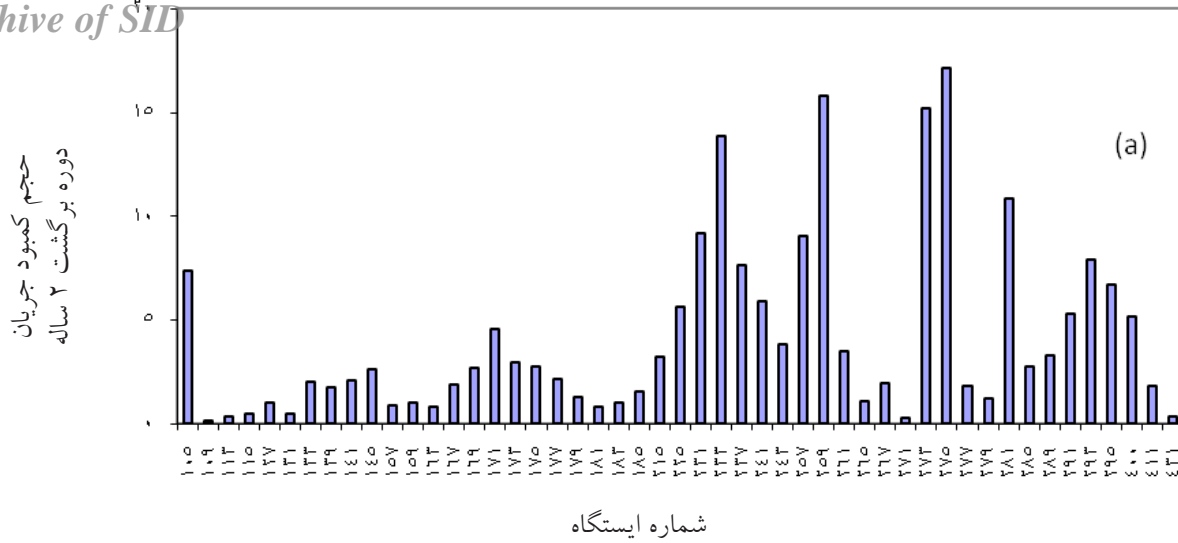
شکل ۴- نقشه حجم کمبود خشکسالی جریان رودخانه در واحد سطح حوزهها

توزیع مکانی متوسط تداوم خشکسالی در شکل (۵) نشان داده شده است. تغییرات این نمایانه از ۳۶ تا ۱۴۶ روز می باشد. اغلب زیر حوزههای کرخه دارای تداوم متوسط به بالا (بیشتر از ۷۴ روز) می باشند. نیمه شمالی حوزه دز نیز به همین صورت بوده ولی در بخش جنوب و جنوب شرقی این حوزه تداوم خشکسالی کم (کمتر از ۵۳ روز) می باشد. همچنین تداوم خشکسالی در حوزه کارون اغلب متوسط و کم (کمتر از ۸۸ روز) می باشد.

به منظور انجام تجزیه و تحلیل منطقه‌ای خشکسالی جریان رودخانه دو نمایانه مناسب از تجزیه و تحلیل‌های قبلی استخراج گردید و به عنوان متغیرهای وابسته در تحلیل منطقه‌ای مد نظر قرار گرفت. این نمایانه‌ها شامل حجم کمبود و تداوم خشکسالی با دوره بازگشت‌های ۲، ۵۰ و ۱۰۰ سال می باشند. تغییرات نمایانه حجم کمبود برای ایستگاه‌های مختلف در شکل (۶) نشان داده شده است.

بوده که در این پژوهش عامل‌های آنها از روش حداکثر درست نمایی تعیین گردید. متوسط حجم کمبود و تداوم خشکسالی برای کل منطقه به ترتیب برابر ۴۶۵۷ هزار مترمکعب و ۷۵ روز می باشد. بیشترین و کمترین مقدار حجم کمبود خشکسالی به ترتیب برابر ۳۱۶۱۴ و ۴۱ هزار مترمکعب و مربوط به ایستگاه‌های ۲۴۳ (گتوند) و ۲۶۵ (بیاتون) می باشد.

متوسط سالانه حجم کمبود خشکسالی در واحد سطح حوزه (DV/A) نمایانه مناسبی جهت مقایسه حوزهها می باشد. نقشه تغییرات مکانی این نمایانه در شکل (۴) نشان داده شده است. میزان تغییرات این نمایانه از ۰/۱۱ تا ۶/۲۹ هزار متر مکعب بر کیلومتر مربع می باشد. با در نظر گرفتن دامنه‌های ۰/۴۳-۰/۱۱، ۱/۳۱-۰/۴۳ و ۱/۳۱ > به ترتیب برای شدت خشکسالی کم، متوسط و زیاد با توجه به این شکل به طور متوسط در حوزه‌های دز، کارون و کرخه خشکسالی‌ها به ترتیب با شدت زیاد، متوسط و کم به وقوع می پیوندند.



شکل ۶- حجم کمبود خشکسالی در واحد سطح ($1000 \text{ m}^3 / \text{km}^2$) با دوره بازگشت‌های مختلف: (a) ۲ ساله، (b) ۵۰ ساله و (c) ۱۰۰ ساله

مولفه ها						عوامل
۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰/۰۱۸	۰/۰۲۶	۰/۰۳۵	-۰/۰۳۰	-۰/۰۷۹	۰/۹۹۳	مساحت حوزه
۰/۰۶۰	۰/۱۷۰	-۰/۰۱۱	-۰/۱۰۷	-۰/۰۰۹	۰/۹۵۱	محیط حوزه
۰/۳۷۵	-۰/۰۰۶	-۰/۱۵۹	۰/۵۲۰	۰/۵۵۰	-۰/۲۸۴	متوسط ارتفاع
۰/۰۰۸	۰/۰۴۸	۰/۲۵۶	۰/۷۲۶	۰/۵۹۱	-۰/۰۵۷	شیب حوزه
۰/۰۶۷	۰/۲۴۹	۰/۰۱۶	-۰/۱۰۰	۰/۰۸۴	۰/۹۱۵	طول حوزه
۰/۰۲۸	۰/۰۲۶	۰/۰۲۵	-۰/۰۲۵	-۰/۱۶۲	۰/۹۷۲	درصد اراضی مسطح
-۰/۰۰۷	۰/۰۰۰	۰/۰۴۸	-۰/۰۳۱	-۰/۱۲۶	۰/۹۸۶	درصد اراضی رو به شمال
۰/۰۰۷	۰/۰۳۶	۰/۰۴۵	-۰/۰۱۷	-۰/۰۶۲	۰/۹۸۹	درصد اراضی رو به شمال شرقی
۰/۰۵۰	۰/۰۵۷	۰/۰۲۴	-۰/۰۲۰	-۰/۰۴۶	۰/۹۹۰	درصد اراضی رو به شرق
۰/۰۳۷	۰/۰۲۰	۰/۰۳۸	-۰/۰۳۱	-۰/۱۰۲	۰/۹۹۰	درصد اراضی رو به جنوب شرقی
-۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۵۱	-۰/۰۳۶	-۰/۰۹۵	۰/۹۹۱	درصد اراضی رو به جنوب
-۰/۰۰۱	۰/۰۲۰	۰/۰۳۶	-۰/۰۳۵	-۰/۰۵۵	۰/۹۹۲	درصد اراضی رو به جنوب غربی
۰/۰۵۱	۰/۰۵۲	۰/۰۰۹	-۰/۰۳۵	-۰/۰۱۸	۰/۹۹۰	درصد اراضی رو به غرب
۰/۰۲۹	۰/۰۱۹	۰/۰۳۳	-۰/۰۳۸	-۰/۰۹۳	۰/۹۹۱	درصد اراضی رو به شمال غربی
-۰/۰۵۷	-۰/۰۳۴	۰/۰۶۵	-۰/۰۵۵	-۰/۱۲۸	۰/۹۷۵	طول رودخانه اصلی
۰/۱۲۷	-۰/۳۹۰	۰/۱۰۸	۰/۷۹۵	۰/۱۲۶	-۰/۳۰۶	شیب رودخانه اصلی
۰/۰۴۵	۰/۳۴۳	-۰/۲۵۶	۰/۲۲۸	۰/۷۴۲	-۰/۱۳۹	میانگین بارندگی سالانه
-۰/۲۰۲	۰/۰۸۳	-۰/۳۱۸	۰/۸۲۶	۰/۲۴۰	۰/۰۲۸	درصد برف اردیبهشت
-۰/۰۶۶	-۰/۰۳۹	-۰/۱۷۳	۰/۹۳۳	۰/۲۱۰	-۰/۰۶۰	درصد برف فروردین
۰/۲۶۷	-۰/۰۷۲	۰/۱۴۶	۰/۸۲۵	۰/۳۷۷	-۰/۰۲۹	درصد برف اسفند
-۰/۰۳۸	-۰/۰۱۳	-۰/۱۰۲	۰/۹۴۷	۰/۲۲۶	-۰/۰۵۲	درصد مساحت <math>NDVI < 0.1</math>
۰/۶۳۹	۰/۰۰۹	۰/۳۳۷	۰/۳۸۸	۰/۳۶۳	۰/۱۶۹	درصد مساحت $NDVI = 0.10 - 0.25$
-۰/۲۵۳	-۰/۴۵۲	-۰/۲۹۸	-۰/۴۵۷	۰/۴۸۲	۰/۰۸۶	درصد مساحت $NDVI = 0.25 - 0.4$
-۰/۳۴۷	۰/۲۸۵	-۰/۰۵۰	-۰/۳۴۷	-۰/۶۸۰	-۰/۱۷۵	درصد مساحت $NDVI > 0.4$
۰/۰۰۵	-۰/۸۰۰	-۰/۰۷۵	۰/۱۴۸	-۰/۰۱۴	-۰/۲۸۹	تراکم زهکشی
-۰/۰۵۸	-۰/۰۶۵	۰/۰۳۵	-۰/۰۶۶	-۰/۱۴۸	۰/۹۶۶	طول کل رودخانه های حوزه
۰/۷۳۷	-۰/۰۰۵	-۰/۰۷۲	-۰/۰۹۴	-۰/۰۰۴	۰/۰۲۶	حداقل ارتفاع حوزه
-۰/۱۹۷	۰/۳۸۲	-۰/۰۳۳	-۰/۱۳۵	۰/۱۷۱	۰/۵۷۳	نمایانه جریان پایه (BFI)
-۰/۰۱۰	۰/۰۳۲	-۰/۰۰۷	۰/۱۴۴	۰/۹۳۹	-۰/۱۷۹	مجموع بارندگی آذر تا اسفند
-۰/۰۲۷	۰/۰۷۵	۰/۰۰۷	۰/۱۳۰	۰/۹۴۹	-۰/۱۳۵	مجموع بارندگی آذر تا بهمن
۰/۰۲۲	۰/۰۰۸	-۰/۰۴۲	۰/۱۶۴	۰/۹۳۴	-۰/۲۰۸	مجموع بارندگی آذر تا اردیبهشت
۰/۰۱۷	۰/۰۰۴	-۰/۰۳۸	۰/۱۷۰	۰/۹۳۲	-۰/۲۰۶	مجموع بارندگی از آذر تا فروردین
-۰/۰۳۴	۰/۱۷۲	۰/۷۸۶	-۰/۴۲۴	-۰/۰۱۰	۰/۱۴۹	درصد دامنه محدب حوزه
-۰/۰۳۸	۰/۲۲۴	-۰/۵۱۴	-۰/۳۰۴	-۰/۷۳۴	-۰/۱۲۲	درصد دامنه یکنواخت حوزه
۰/۰۴۴	-۰/۲۵۷	۰/۴۰۶	۰/۳۷۹	۰/۷۵۶	۰/۱۰۳	درصد دامنه مقعر حوزه

دوره بازگشت	گروه	مدل منطقه‌ای	R ²	Se	RMSE	α
۲ سال	۱	$\text{LogDV}_r = -2/63 \text{LogDd} + 3/595$	۰/۹۵	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۱
		$\text{LogDV}_r = -3/572 \text{LogDd} - 0/348 \text{Log R}_{a-b} + 3/876$	۰/۹۹	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱
	۲	$\text{LogDV}_r = 0/892 \text{LogA} + 3/397 \text{Log R}_{a-b} - 7/278$	۰/۸۴	۰/۲۹	۰/۲۱	۰/۰۱
	۳	$\text{LogDV}_r = 0/640 \text{LogA} + 3/438 \text{Log R}_{a-b} - 6/486$	۰/۸۵	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۰۱
	کل منطقه	$\text{LogDV}_r = 0/817 \text{LogA} + 1/1$	۰/۶۶	۰/۴۶	۰/۳۵	۰/۰۱
		$\text{LogDV}_r = 0/886 \text{LogA} + 1/775 \text{Log R}_{a-b} - 2/309$	۰/۷۸	۰/۳۸	۰/۲۹	۰/۰۱
۵۰ سال	۱	$\text{LogDV}_s = 0/477 \text{Log R}_{a-b} + 6/667$	۰/۸۱	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۱
		$\text{LogDV}_s = 0/901 \text{LogA} + 2/738 \text{Log R}_{a-b} - 4/732$	۰/۷۱	۰/۴۰	۰/۲۶	۰/۰۱
	۳	$\text{LogDV}_s = 0/832 \text{LogA} + 0/602 \text{Log NDVI}_{10} + 1/879$	۰/۶۶	۰/۳۶	۰/۲۸	۰/۰۱
	کل منطقه	$\text{LogDV}_s = 0/561 \text{LogA} + 2/611$	۰/۶۱	۰/۴۵	۰/۳۸	۰/۰۱
		$\text{Log DV}_s = 0/747 \text{LogA} + 0/299 \text{Log NDVI}_{10} + 2/234$	۰/۶۷	۰/۴۲	۰/۳۳	۰/۰۱
	۱۰۰ سال	۱	-	-	-	-
۲		$\text{LogDV}_{100} = 0/968 \text{LogA} + 3/237 \text{Log R}_{a-b} - 6/017$	۰/۸۲	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۰۱
		$\text{LogDV}_{100} = 0/622 \text{LogA} + 4/367 \text{Log R}_{a-b} - 7/518$	۰/۸۹	۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۰۱
کل منطقه		$\text{LogDV}_{100} = 0/814 \text{LogA} + 2/314$	۰/۶۵	۰/۵۱	۰/۳۹	۰/۰۱
		$\text{LogDV}_{100} = 0/966 \text{LogA} + 0/474 \text{Log NDVI}_{10} + 1/716$	۰/۷۵	۰/۴۳	۰/۳۲	۰/۰۱
$\text{Log DV}_{100} = 0/973 \text{LogA} + 0/322 \text{Log NDVI}_{10} + 1/304 \text{Log R}_{a-b} - 1/352$		۰/۷۸	۰/۴۰	۰/۳۱	۰/۰۱	

DV_r, DV_s, DV₁₀₀: حجم کمبود خشکسالی آب‌شناختی به ترتیب با دوره بازگشت ۲، ۵۰ و ۱۰۰ سال (بر حسب m³ ۱۰۰۰)

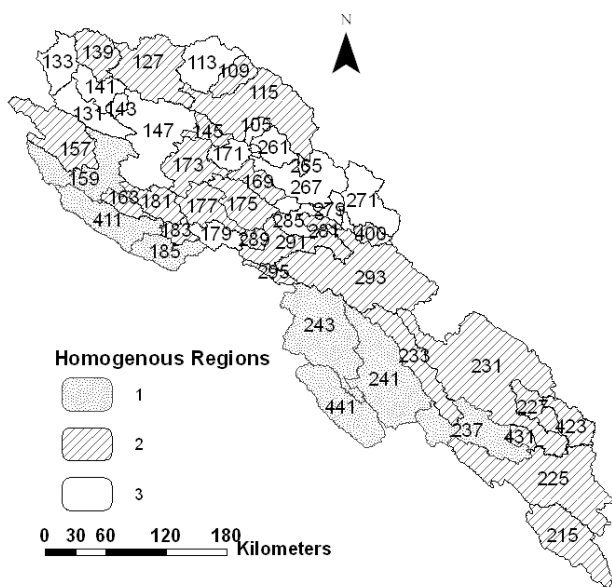
A: مساحت حوزه (km²)

Dd: تراکم زهکشی (km²/km)

R_{a-b}: میانگین مجموع بارندگی آذر تا بهمن (mm)

NDVI₁₀: درصد مساحت با NDVI < ۰/۱

Log: لگاریتم در مبنای ۱۰



شکل ۷- نقشه منطقه پژوهش به تفکیک مناطق همگن

نتایج تحلیل عاملی نشان داد که عوامل مساحت حوزه، مجموع بارندگی آذر تا بهمن، درصد مساحت $NDVI < 0.1$ ، درصد دامنه محدب حوزه، تراکم زهکشی و حداقل ارتفاع حوزه به ترتیب دارای بیشترین همبستگی با ۶ مولفه اول بوده، و پس از چرخش به روش واریماکس به ترتیب ۴۰/۷، ۲۰/۴، ۱۶/۲، ۴/۶، ۴/۶ و ۴/۲ درصد از تغییرات منطقه‌ای را با مجموع ۹۰/۹ درصد پوشش دادند. (نتایج تحلیل عاملی در جدول شماره ۲ ارائه گردیده است.) جهت تعیین مناطق همگن، تجزیه و تحلیل خوشه‌ای مرتبه‌ای ۱ بر روی نتایج تحلیل عاملی اعمال گردید. برای این منظور حداکثر فاصله اقلیدسی ۱۲ در نظر گرفته شد. از میان روش‌های مختلف دسته‌بندی، روش دورترین همسایه دارای نتایج بهتری بود. بر اساس نتایج، منطقه به سه گروه همگن تقسیم گردید. نتایج تجزیه و تحلیل توابع متمایز کننده نشان داد متغیرهای مساحت، درصد مساحت با $NDVI < 0.1$ و درصد دامنه محدب حوزه به ترتیب با ضرایب ۰/۸۴۳ و ۰/۸۳۲ و ۰/۶۸۷ مهمترین متغیرهای تفکیک کننده گروه‌ها

1- Hierarchical

بکار رفت. با تجزیه و تحلیل عاملی مشخص گردید که عوامل مساحت حوزه، مجموع بارندگی آذر تا بهمن، درصد مساحت با $NDVI < 0.1$ ، درصد دامنه محدب حوزه، تراکم زهکشی و حداقل ارتفاع حوزه به ترتیب با $40/7$ ، $20/4$ ، $16/2$ ، $4/6$ ، $4/6$ و $4/2$ در مجموع $90/9$ درصد تغییرات را توضیح می‌دهند.

جهت تعیین مناطق همگن تجزیه و تحلیل خوشه‌ای با عوامل شش‌گانه مذکور و از روش دورترین همسایه صورت گرفت و منطقه به ۳ گروه همگن تفکیک گردید. در ادامه با تجزیه و تحلیل توابع متمایز کننده مشخص گردید که عوامل مساحت، درصد مساحت $NDVI < 0.1$ و درصد دامنه محدب حوزه تمایز و مجزا بودن سایر گروه‌ها را نشان می‌دهند. در ادامه با روش معادله همبستگی چند متغیره در هر یک از گروه‌های همگن و کل منطقه مدل‌های مناسبی با سطح معنی داری $0/01$ برای تحلیل منطقه‌ای حجم کمبود خشکسالی هیدرولوژیکی با دوره بازگشت دو ساله ارایه شد. بالا بودن مقدار R^2 و پایین بودن مقدار خطای استاندارد (S_e) و RMSE حاکی از مناسب بودن مدل‌ها می‌باشد. همچنین با مقایسه مدل منطقه‌ای و مدل مربوط به گروه‌های همگن مشخص گردید همگن بندی به طور چشمگیری مفید بوده است.

به استثنای گروه همگن ۱ در سایر گروه‌ها و کل منطقه عامل مساحت و میانگین مجموع بارندگی از آذر تا بهمن بیشترین سهم را در تشکیل مدل‌های معادله همبستگی داشتند که در ادامه با برخی از پژوهش‌های گذشته مقایسه می‌گردد. در پژوهش‌های مربوط به کم آبی، وفاخواه و ایوب‌زاده [۸] جریانهای حداقل یک، هفت، پانزده و سی روزه با دوره بازگشت‌های مختلف را از طریق تابع توزیع احتمال لوگ نرمال در حوزه آبخیز دریاچه نمک برآورد نمودند و با تجزیه و تحلیل عاملی و در نظر گرفتن عوامل فیزیوگرافی، اقلیمی و زمین‌شناسی دریافتند که عوامل متوسط بارندگی سالیانه، مساحت و ارتفاع حداقل به ترتیب مهمترین عوامل در ایجاد کم آبی هستند. در یک پژوهش مشابه، نصرتی و همکاران [۷] با استفاده از روش تحلیل عاملی و تجزیه و تحلیل خوشه‌ای و در نظر گرفتن ۱۷ متغیر اقلیمی، فیزیوگرافی، زمین‌شناسی و آب‌شناختی، مناطق همگن از نظر کم آبی را در حوزه آبخیز رودخانه اترک تعیین نمودند. نتایج پژوهش‌های آنها نشان داد ۴ عامل مساحت، بارش سالانه، درصد سازند نفوذپذیر و شیب متوسط حوزه بعنوان عامل‌های مهم بیشترین تاثیر را داشته‌اند. همچنین نتایج پژوهش وفاخواه و مهدوی [۹] در موردی مشابه نشان داد که از میان ۱۱ عامل فیزیوگرافی، اقلیمی و زمین‌شناسی در مناطق مرکزی ایران سه متغیر مساحت، متوسط بارندگی سالیانه و درصد سازندهای نفوذپذیر اهمیت بیشتری از بقیه عامل‌ها داشته و بیشترین تاثیر را در کم آبی دارا می‌باشند.

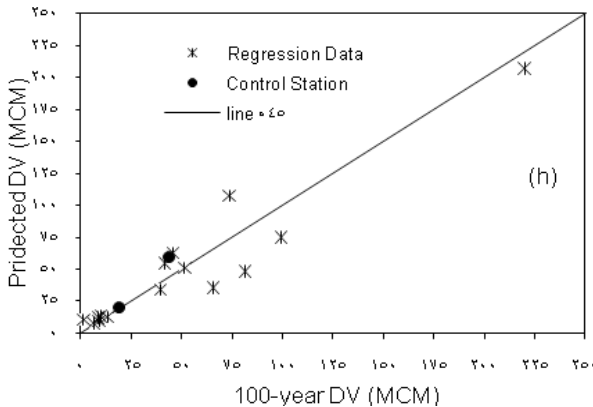
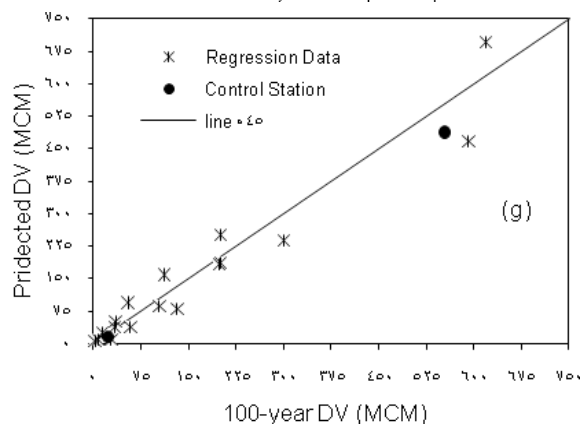
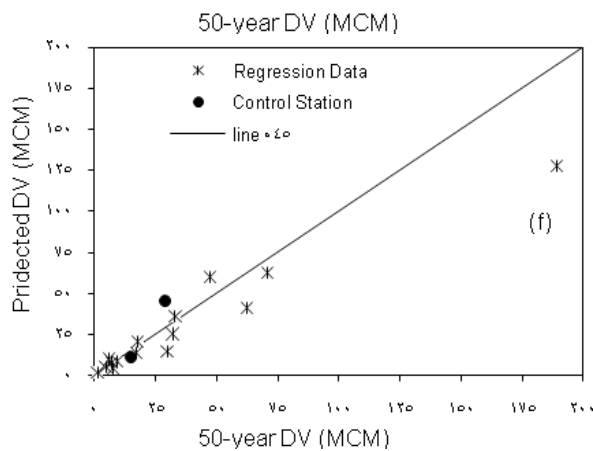
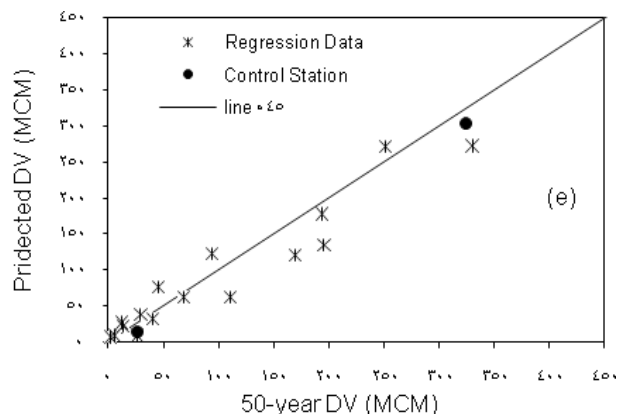
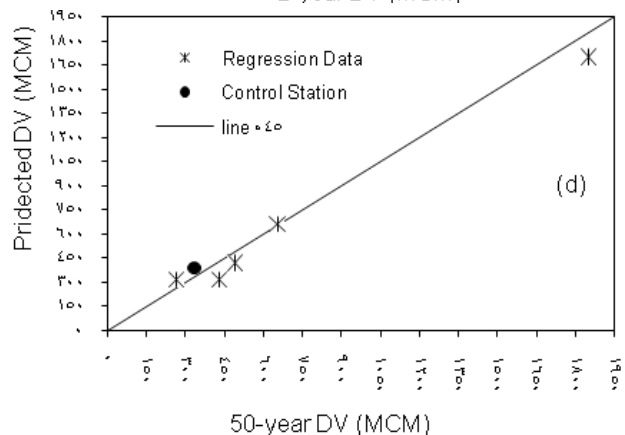
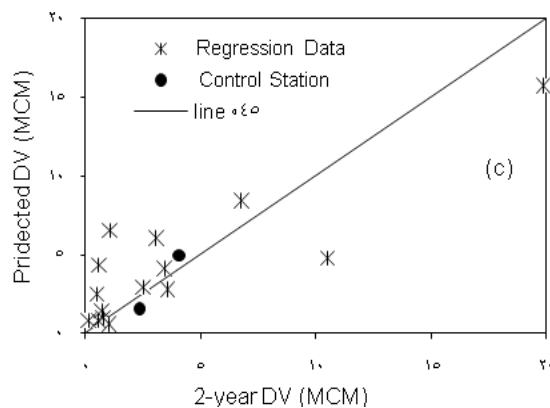
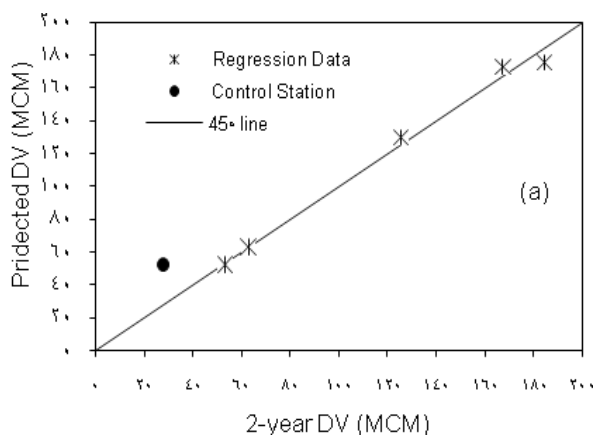
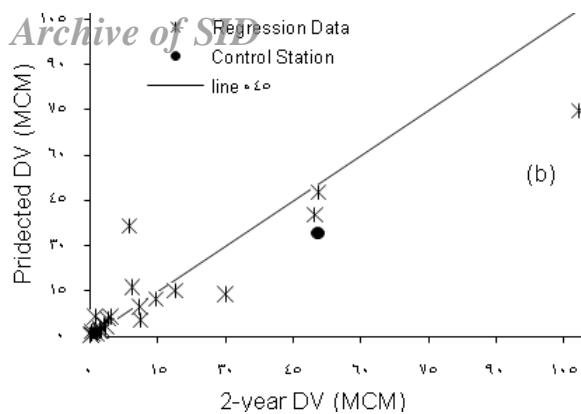
چالیس و همکاران [۱۰] با تحلیل منطقه‌ای میانگین جریان در هیمالایا دریافتند که میانگین بارش سالانه از عامل‌های مؤثر بر جریان می‌باشد. در همین زمینه نوترمن و مای [۲۴] با ارایه مدلی جهت برآورد تغییرات رواناب در آلمان بیان نمودند که خشکسالی

از هم می‌باشند. بر اساس آماره‌های ویلکس لامبدا، کای اسکویئر و همبستگی کانونیک مجزا بودن کامل گروه‌ها محرز گردید. نقشه منطقه پژوهش به تفکیک مناطق همگن در شکل (۷) نشان داده شده است. نتایج معادله همبستگی نشان داد که برای متغیر وابسته تداوم خشکسالی رابطه مناسبی در هیچ کدام از گروه‌های همگن یافت نمی‌شود. لذا فقط روابط منطقه‌ای برآورد حجم کمبود با دوره بازگشت ۲، ۵۰ و ۱۰۰ سال بدست آمد. برای ارزیابی مدل‌ها ضریب تعیین R^2 ، خطای استاندارد (Se) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) محاسبه و بهترین مدل‌ها با سطح معنی داری ($\alpha = 0/01$) انتخاب گردیدند. این مدل‌ها در جدول (۳) نشان داده شده‌اند. روابط منطقه‌ای برای مناطق همگن دارای R^2 قابل قبولی بوده و میزان خطای استاندارد نیز به اندازه کافی پایین می‌باشد. با توجه به اینکه مقدار R^2 در تمام مدل‌های مربوط به گروه‌های همگن نسبت به مدل کل منطقه افزایش چشمگیری داشته و خطای استاندارد (Se) و RMSE نیز کاهش یافته است، لذا تفکیک مناطق همگن مفید واقع گردیده است.

روش دیگر ارزیابی مدل‌ها، با کمک ایستگاه‌هایی است که در تهیه و توسعه مدل‌ها از آنها استفاده نگردیده بود و به عنوان داده‌های شاهد در نظر گرفته شدند. این ایستگاه‌ها عبارتند از ۱۵۹ (تنگ‌سازین)، ۲۹۳ (تنگ‌پنج بختیاری)، ۱۸۱ (بر آفتاب)، ۲۷۷ (دره‌تخت‌ماربره) و ۱۰۵ (سنگ‌سوراخ) می‌باشند که به ترتیب مورد اول در گروه همگن ۱، موارد دوم و سوم در گروه همگن ۲ و موارد چهارم و پنجم در گروه همگن ۳ قرار می‌گیرند. به منظور ارزیابی مدل‌ها در نمودار شکل (۸) در محور افقی داده‌های مشاهده شده که معادل داده‌های برآورد شده با تحلیلی فراوانی بوده قرار گرفته و در محور قائم مقادیر حجم کمبود که از طریق مدل‌های معادله همبستگی برای این ایستگاه‌ها محاسبه شده، قرار گرفته است. با توجه به انحراف اندک نتایج مدل‌ها از خط ۴۵ درجه ارزیابی مدل‌ها رضایت‌بخش می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش با بررسی خشکسالی جریان رودخانه در ۵۴ ایستگاه آب‌شناختی حوزه‌های آبخیز جنوب غرب کشور شامل کرخه، کارون و دز از روش حد آستانه و استفاده از داده‌های روزانه دبی جریان و تحلیل فراوانی سری‌های حداکثر سالانه تداوم و حجم کمبود خشکسالی، مشخص گردید که با در نظر گرفتن حد آستانه ۷۰ درصد، توزیع GP بر سری‌های حجم کمبود و توزیع جانسون بر سری‌های تداوم بیشترین برازش را دارند. این یافته با نتایج پژوهش‌های فلایک [۱۵] و انگلند و همکاران [۱۴] مطابقت دارد. این در حالی است که کلاوسن و همکاران [۱۱] و جلدسن و همکاران [۱۸] دریافتند که در موارد حجم کمبود و تداوم به ترتیب توزیع‌های لوگ نرمال و نمایی دوگانه دارای برازش بهتری می‌باشند. در ادامه، ۳۵ عامل شامل عوامل فیزیوگرافی، اقلیمی، پوشش گیاهی و زمین‌شناسی جهت تحلیل منطقه‌ای خشکسالی جریان رودخانه



شکل ۸- حجم کمبود برآورد شده (DV) به روش منطقه‌ای (محور قایم) و برآورد شده به روش تحلیل فراوانی (محور افقی) در ایستگاه‌های شاهد: DV (a) با دوره بازگشت ۲ ساله برای منطقه ۱، DV (b) با دوره بازگشت ۲ ساله برای منطقه ۲، DV (c) با دوره بازگشت ۲ ساله برای منطقه ۳، DV (d) با دوره بازگشت ۵۰ ساله برای منطقه ۱، DV (e) با دوره بازگشت ۵۰ ساله برای منطقه ۲، DV (f) با دوره بازگشت ۵۰ ساله برای منطقه ۳، DV (g) با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله برای منطقه ۲، DV (h) با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله برای منطقه ۳

بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، *Archive of SID*، ۱۳۸۹، ص ۱۳۸۴. ۵. صفدری، ع.ا. محسنی ساروی، م. ثقفیان، ب. و مهدوی، م. ۱۳۸۲. پهنه‌بندی فراوانی خشکسالیهای حوزه کارون به کمک نمایانه بارش استاندارد (SPI) در محیط GIS. سومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، ۲۲۸-۲۲۱.

۶. مرید، س. مقدسی، م. پایمزد، ش. و قایمی، ه. ۱۳۸۴. طراحی سیستم پایش خشکسالی استان تهران. وزارت نیرو، شرکت سهامی مدیریت منابع آب. ۱۹۴ صفحه.

۷. نصرتی، ک. محسنی ساروی، م. اسلامیان، س. و شریفی، ف. ۱۳۸۲. شناخت مناطق همگن در بررسی خشکسالی آبشناسی با استفاده از تکنیکهای آماری چند متغیره در مناطق خشک و نیمه خشک. سومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، ص. ۱۲۷-۱۱۸.

۸. وفاخواه، م.، و ایوب زاده، س.ع. ۱۳۷۹. شناخت عوامل موثر در خشکسالی آب شناختیک به منظور کنترل آن‌ها در حوزه آبخیز دریاچه نمک. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی، ص. ۲۴۱-۲۳۴.

۹. وفاخواه، م. و مهدوی، م. ۱۳۷۸. ارایه مدل ریاضی جهت برآورد خشکسالی آب شناختیک در مناطق خشک مرکزی ایران. دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، ص. ۱۶۱-۱۵۴.

10. Chalise, S.R., Kansakar, S.R., Rees, G., Croker, K., and Zaidman, M. 2003. Management of water resources and low flow estimation for the Himalayan basins of Nepal, *Journal of Hydrology*, No. 282, Issues 1-4, Pages 25-35.

11. Clausen, B., and Pearson, C.P. 1995. Regional frequency analysis of annual maximum stream flow drought. *Journal of Hydrology*. Volume 173, pages 111-130.

12. Croke, B. F. W., Merritt, W. S., and Jakeman, A. J. 2004. A dynamic model for predicting hydrologic response to land cover changes in gauged and ungauged catchments, *Journal of Hydrology*, Volume 291, Issues 1-2, Pages 115-131.

13. Dezman, L.E., Shafer, B.A., Simpson, H.D., and Danilson, J.A. 1982. Development of a Surfer Water Supply Index- A Drought Severity Indicator for Colorado, in *Proceedings Int. Symp. on Hydrometeorology*, American Water Resource Association (AWRA), June 13-17, 1982, Colorado, USA, 337-341.

14. England, K., Hisdal, H. and Frigessi, A. 2004. Practical extreme value modeling hydrological

آب شناختی عمدتاً توسط جریان پایه و افت سطح آب زیر زمینی کنترل می‌گردد. اسلامی [۱] نیز دریافت که عامل مساحت حوزه به عنوان مهمترین عامل در ایجاد رواناب و دبی جریان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در برخی دیگر از پژوهش‌ها جهت تجزیه و تحلیل منطقه‌ای جریان رودخانه از مدل‌های بارش- رواناب استفاده شده است که از میان آنها می‌توان به یانگ و همکاران [۳۳]، کروک و همکاران [۱۲]، گسوامی و همکاران [۳۱] و سیو و همکاران [۱۷] اشاره نمود از نوآوری‌های پژوهش می‌توان به شیوه تحلیل خشکسالی رودخانه‌ای اشاره نمود که تا کنون در داخل کشور این روش استفاده نشده است. سایر پژوهش‌های قبلی بر روی جریان‌های کم آبی صورت گرفته است که ماهیتاً با پدیده خشکسالی آب شناختی متفاوت می‌باشد.

جهت ادامه پژوهش‌های در آینده پیشنهاداتی به صورت زیر مطرح می‌گردد:

- بکارگیری توزیع‌های احتمالاتی چند متغیره در تحلیل فراوانی خشکسالی مفید به نظر می‌رسد مثلاً در مورد خشکسالی جریان رودخانه توزیع دو متغیره با متغیرهای حجم کمبود و تداوم خشکسالی پیشنهاد می‌شود. در این رابطه می‌توان از توابع Copulas که رابطه بین توزیع‌های یک متغیره و چند متغیره را برقرار می‌کنند بهره گرفت.

- تحقیقات روی رابطه الگوهای گردش جوی و خشکسالی جهت پیش بینی خشکسالی مفید به نظر می‌رسد.

- پیشنهاد می‌گردد از آنالیز پسروی^۱ در تحقیقات خشکسالی آب شناختی جریان رودخانه و آب زیر زمینی استفاده گردد.

- تهیه مدل‌های جامع بیلان آب در حوزه‌ها کمک شایانی به تحقیقات خشکسالی و سیل می‌نماید.

منابع

۱. اسلامی، ع. ر. ۱۳۸۱. تعمیم پیوسته مکانی مدل منطقه‌ای جریان به شبکه آبراه‌ها در بستر GIS (ناحیه خزر غربی)، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ۱۶۷ صفحه.

۲. پرهمت، ج. ثقفیان، ب. و صدقی، ح. ۱۳۷۹. بررسی روند خشکسالیها و ترسالی‌ها در حوزه کارون با استفاده از آمار دراز مدت. مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی. کرمان. ۱۰-۹ اسفند.

۳. ثقفیان، ب.، قرمزچشمه، ب. و سمیعی، م. ۱۳۸۶. تجزیه و تحلیل منطقه‌ای رسوب در حوزه‌های منطقه جنوب غرب کشور. طرح تحقیقات کاربردی شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران، ۱۲۵ صفحه.

۴. حسینی زارع، ن. و سعادت، ن. ۱۳۸۱. اثر خشکسالی بر کیفیت منابع آب رودخانه‌های کارون و دز در استان خوزستان، همایش

lowland watershed of north-eastern Germany, Journal of Hydrology, Volume 334, Issues 3-4, Pages 467-476.

25. Pandey, R.P., Mishra, S.K., Singh, R., and Ramasastri, K.S. 2008. Streamflow Drought Severity Analysis of Betwa River System (India), Water Resour Manage, 22:1127–1141.

26. Salas, J. D., Fu, C., Cancelliere, A., Dustin, D., Bode, D., Pineda, A. and Vincent, E. 2005. Characterizing the Severity and Risk of Drought in the Poudre River, Colorado. Journal of Water Resources Planning and Management, 131(5):383-393.

27. Stahl, k. and Demuth, S. 1999. Methods for Regional Classification of Stream flow Drought Series: Cluster Analysis. Assessment of The Regional classification of Drought in Europe (ARIDE) Technical Report no.1. Institute of hydrology University of Freidnrg, Germany, Pages 1-6.

28. Tallaksen, L., M., and Hisdal, H. 1999. Methods for Regional Classification of Stream flow Drought Series: The EOF Method and L-moments. Assessment of the Regional classification of Drought in Europe (ARIDE) Technical Report no.2. Department of Geophysics, University of Oslo, Pages 1-1.

29. Toony, A.T. 1982. Regional flood frequency Analysis of small catchments, Department of civil Engineering, university of Auckland. Report No. 273.

30. Warner, G.S., R.A. Garcia-Martion, F.N. Scatena and Civco D.L. 2000. Watershed characterization by GIS for low flow prediction. Chapter 9 on GIS for Water Resource and Watershed Management (edited by John G. Lyon, Clifton, Virginia, USA). CRC Press.

31. Xu, J., Yang, D. Yi, Y., Lei, Z., Chen, J. and Yang, W. 2008. Spatial and temporal variation of runoff in the Yangtze River basin during the past 40 years. Quaternary International, 186, 32-42.

32. Yevjevich, V. 1967. An objective approach to definition and investigations of continental

flood and drought : A case study . Extremes 7 , 5-30.

15. Fleig, A. 2004. Hydrological Drought –a comparative study using daily discharge series from around world, Master thesis, Institut für Hydrologie, Universität Freiburg.

16. Gerold, R. and Wolfdietrich, S. 1990. Drought risk analysis based on hydrologic records of the River Nile. Proceedings of the International Symposium on Hydraulics/Hydrology of Arid Lands and 1990 National Conference on Hydraulic Engineering. p 495-500.

17. Goswami, M., O'Connor, K.M., and Bhattarai, K.P. 2007. Development of regionalisation procedures using a multi-model approach for flow simulation in an ungauged catchment, Journal of Hydrology, Volume 333, Issues 2-4, Pages 517-531.

18. Hisdal, H. 2002. Regional aspects of drought. Ph.D. thesis, No. 221, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Oslo, Oslo.

19. Hisdal, H. and Tallaksen, L.M. 2000. Drought event definition. ARIDE Tech. Report no. 6 University of Oslo, Oslo, Norway.

20. Jeng-Tzong, S. and Hsieh- Wen, S. 2001. Recurrence analysis of hydrologic droughts of differing severity. Journal of Water Resources Planning and Management, v 127(1), p 30-40.

21. Kjeldsen, R.T. , Lundrof, A. and Rosbjerg, D. 2000. Use of a two-component exponential distribution in partial duration modeling of hydrological drought in Zimbabwean rivers. Hydrological science journal, 45(2), pp. 285-298.

22. Libiseller, C. 2002. A Program for the Computation of Multivariate and Partial Mann-Kendall Test, <http://www.mai.liu.se/~cllib/welcome/PMKtest.html>.

23. Nathan, R.J. and McMahon, T.A. 1990. Identification of homogeneous regions for the purpose of regionalization. Journal of Hydrology, No..121, p: 217-238.

24. Nutzmann, G. and Mey, S. 2007. Model-based estimation of runoff changes in a small

Archives of SID
sites: Micro LOW FLOWS, The Science of The Total Environment, Volumes 251-252, Pages 293-304.

34. Zelenhasic, E. and Salvai, A. 1987. A Method of Streamflow Drought Analysis, Water. Resource .Research. 23 (1), 156-168.

hydrologic droughts, Hydrology papers, 23, Colorado State University, Fort Collins, USA.

33. Young, A. R., Gustard, A., Bullock, A., Sekulin, A. E., and Croker, K. M. 2000. A river network based hydrological model for predicting natural and influenced flow statistics at ungauged

SID



ابزارهای پژوهش



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه‌های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم‌های آموزشی

سامانه ویراستاری (ویرایش متون فارسی، انگلیسی، عربی)

کارگاه‌ها و فیلم‌های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



آموزش مهارت‌های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت‌های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI



آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران