DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijwmse.2016.106818

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 8, Issue 3, 2016, Pages 339-349

نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۸، شماره ۳، ۱۳۹۵، صفحات ۳۳۹-۳۴۹

گزارش فنی

بررسی روابط منطقه‌ای آبدهی محتمل سالانه در واحدهای هیدرولوژیک، مطالعه موردی: حوضه‌های کرخه، دز و کارون

جهانگیر پرهمت[1*]

[1] دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۲۵

چکیده

هدف از این پژوهش ارزیابی مدل‌های منطقه‌ای در برآورد دبی جریان سالانه در سطوح مختلف احتمال می‌باشد. بدین منظور حوضه‌های کرخه، کارون و دز در جنوب غرب ایران انتخاب شد. سپس در این منطقه، آمار مشاهده‌ای دبی در ۱۰۸ ایستگاه هیدرومتری و بارندگی در ۲۰۸ ایستگاه باران‌سنجی مورد استفاده قرار گرفت. همچنین، پارامترهای مورد استفاده در تحلیل منطقه‌ای شامل مساحت، طول مستطیل معادل، شیب، ضریب گراویلیوس، بارندگی، طول آبراهه اصلی، شیب آبراهه اصلی، ارتفاع متوسط حوضه، تراکم زهکشی و محیط حوضه می‌باشد. در بررسی و تحلیل همگنی حوضه‌های هیدرولوژیک از روش آنالیز خوشه‌ای و تابع تشخیص استفاده شد. برای ارزیابی مدل‌های به‌دست آمده از هر منطقه همگن، داده‌های مشاهده‌ای یک حوضه که در واسنجی این مدل‌ها استفاده نشده بودند، به‌کار گرفته شد. نتایج تحلیل مدل‌های همبستگی چند متغیره نشان داد که دبی جریان در سطوح مختلف احتمال دارای ضریب همبستگی بالایی با ۱۰ عامل منتخب بوده، ولی رابطه دبی با چهار عامل اول مستقیم و با شش عامل بعدی معکوس می‌باشد. نتایج پژوهش نیز نشان داد که شدت جریان با بارندگی رابطه معکوس داشته ولی عمق جریان دارای رابطه مستقیم است. بعلاوه، روابط یک متغیره و دو متغیره دبی با مساحت و دبی با مساحت و بارندگی همبستگی بالایی با ضریب بین ۰/۵۲ تا ۰/۸ را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل خوشه‌ای، روابط آبدهی، مناطق همگن، منطقه‌بندی هیدرولوژیکی، همبستگی هیدرولوژیکی

مقدمه

متوسط آبدهی سالانه هر حوضه مورد نیاز در برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت پروژه‌های آبخیزداری به‌خصوص پروژه‌های مرتبط با آبیاری می‌باشد (Hawley و Richard، ۱۹۸۲). از طرفی ارزیابی جامع از منابع آب قابل دسترس در هر منطقه، موضوعی اساسی برای یافتن راه‌حل پایدار در حل مشکلات کمی و کیفی مرتبط با منابع آب آن منطقه و یا حوضه می‌باشد (Xu و Singh، ۲۰۰۴). آبدهی و توزیع زمانی و مکانی آن، یکی از مؤلفه‌های اصلی در مدیریت آبخیزها است. از طرفی آمار و اطلاعات پایه در دسترس برای تعیین آبدهی در سطح حوضه به‌صورت نقطه‌ای بوده و تعمیم اطلاعات حوضه‌های دارای آمار به حوضه‌های بدون آمار، نیاز به تحقیق و بررسی کامل از تغییرات مکانی این عوامل و ارتباط آن‌ها با ویژگی‌های ثابت و پایدار حوضه‌ها دارد، تا بتوان بر

* مسئول مکاتبات: porhemmat81@areo.ir

Archive of SID
www.SID.ir

اساس آن‌ها در حوضه‌های بدون آمار، برآوردی منطقی از آن‌ها داشت. سالانه هزینه قابل توجهی صرف عملیات سازه‌ای و بیولوژیکی آبخیزداری شده که در طراحی اغلب آن‌ها، آبدهی سالانه و محتمل مورد نیاز است. دقت در برآورد این ارقام در بهینه‌سازی ابعاد و کیفیت اجرایی این پروژه ها نقش بسیار زیادی دارد. به‌طوری که هر چه برآوردها بتواند با اطمینان بیشتری صورت گیرد، از برآورد بیش از حد و یا کمتر از حد ابعاد این سازه‌ها جلوگیری می‌شود. پیش‌بینی رفتار هیدرولوژی حوزه‌های آبخیز و تخمین دبی و حجم جریان‌های دائمی و سیلابی، برای طراحی و ارزیابی پروژه‌های آبی و جلوگیری از فرسایش خاک و حفاظت منابع آب مورد نیاز است (Amin و Ghafoori Roozbehani، ۲۰۰۳).

مطالعات زیادی در دهه‌های ۱۹۰۰ تا ۱۹۶۰ در برآورد ارتفاع رواناب سالانه و آبدهی صورت گرفته که اغلب آن‌ها بر پایه رابطه بین آبدهی و بارندگی می‌باشد (Demuth و Hagemann، ۱۹۹۴؛ Gray، ۱۹۷۰؛ Justin، ۱۹۱۴). همچنین برآورد آبدهی سالانه با استفاده از بارندگی سالانه، مساحت حوضه و درجه حرارت سالانه نیز مورد توجه محققین مختلف بوده و روابط تجربی برای آن ارائه شده است (Zeiaee، ۲۰۰۰؛ Alizadeh، ۱۹۹۵؛ Mahdavi و Azarakhshi، ۲۰۰۴؛ Mahdavi، ۲۰۰۵). کل آبدهی یک رودخانه عبارت است از مقدار کل آب جریان یافته از مقطع خروجی یک رودخانه در سال که به آورد (آبدهی) سالانه معروف است (Subramanaya، ۲۰۰۰). برای آنالیز منطقه‌ای آبدهی سالانه از روش‌های تجربی و یا روابط منطقه‌ای استفاده شده است، که اغلب روابط تجربی در کشورهای آسیایی نظیر هند پیشنهاد شده‌است. رابطه آبدهی با بارش در مقیاس سالانه در حوضه‌های کوچک به صورت خطی و در حوضه‌های بزرگ، رابطه نمایی می‌باشد (Subramanaya، ۲۰۰۰). در تحلیل آبدهی علاوه بر روابط تجربی موجود روابط همبستگی دو و چند متغیره بین آبدهی با بارندگی و پارامترهایی مثل دما، شیب، نوع خاک و پوشش گیاهی توصیه شده است (Dsa، ۲۰۰۰). نتیجه پژوهشی در ایالات متحده نشان داد که نوع کاربری روی آبدهی تأثیر گذار بوده، به‌طوری که در حوضه‌های بری-بحری ایالات متحده قطع درختان برای برداشت چوب تبخیر و تعرق را تا ۵۰ درصد کاهش داده و به عوض این بخش از مؤلفه بارش به رواناب و رطوبت خاک و یا آب زیر زمینی اضافه شده که خود افزایش آبدهی می‌باشد (Hubbart و همکاران، ۲۰۰۷).

در طول قرن اخیر روابط عمومی بین آبدهی و پوشش گیاهی در مقیاس حوضه‌های کوچک در رژیم‌های مختلف اقلیمی به‌خوبی ارائه شده‌اند، ولی بکارگیری این نظریه‌ها برای ارزیابی تأثیرات منطقه‌ای تغییر پوشش زمین بر آبدهی و منابع آب هنوز به دلیل پیچیدگی ارتباط بین پوشش و فرایندهای هیدرولوژیکی و تغییر اقلیم به‌عنوان یک چالش اصلی بر جای مانده است (Feng و همکاران، ۲۰۱۲). در نیوزیلند تحقیقاتی در زمینه همگن‌بندی نواحی مختلف انجام و نتیجه‌گیری شد که علی‌رغم نزدیکی جغرافیایی بین حوضه‌ها، بعضا عدم هماهنگی در رفتار هیدرولوژیکی آن‌ها دیده می‌شود (Mosely، ۱۹۸۱). در تحقیقات دیگری آنالیز آماری برای برآورد آبدهی ۶۰۵ حوضه مورد استفاده قرار گرفت و پس از تقسیم آن‌ها به پنج دسته بر اساس تشابه هیدرولوژیکی، پنج رابطه برای آن‌ها ارائه شد (Hawley و Richard، ۱۹۸۲). همچنین، در مشابهی برای تحلیل فراوانی سیل، طبقه‌بندی حوضه به گروه‌های همگن پیشنهاد و بر اساس آن در یک جستجوی تکراری بین ویژگی‌های حوضه از بانک داده‌های منطقه با بهینه نمودن آماره‌ها، گروه‌های همگن بهینه انتخاب شد (Wiltshires، ۱۹۸۶). رابطه بین رژیم بارش و رژیم سیلاب در تخمین فراوانی سیل در حوضه‌های بدون آمار با فرض تشابه حوضه‌ای در رژیم بارش به‌عنوان مبنایی در گزینه‌های تعیین گروه‌های همگن جریان‌های سطحی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (Cunderlik و Burn، ۲۰۰۲). در تحقیقی برای حوضه‌های بدون آمار از تحلیل منطقه‌ای برای تخمین شاخص جریان پایه حوضه کارون استفاده و نتیجه‌گیری شد که شاخص دبی پایه با مساحت دارای رابطه معنی‌دار می‌باشد (Ghanbarpou و همکاران، ۲۰۰۳). برای تخمین پارامترهای مدل‌های آماری نیز روش‌های مختلفی ارائه شده است، که به دو دسته

Archive of SID

www.SID.ir

شامل روش‌های متداول برازش و گشتاورهای ال[1] تقسیم می‌شوند. در پژوهشی در مورد روش‌های تخمین پارامترهای مدل‌های آماری در هیدرولوژی بر اساس جذر میانگین مربعات خطا نتیجه‌گیری شد که در شرایط چولگی ضعیف، روش‌های متداول بر داده‌های هیدرولوژیکی برازش بهتری داشته ولی در چولگی بالا و به‌خصوص در شرایط تعداد کم نمونه گشتاورهای ال دارای برازش بهتری هستند (Sankarasubramanian و Srinivasan، ۱۹۹۹).

علاوه بر روش‌های تجربی ساده، روش‌های همبستگی تک و چند متغیره بین آبدهی سالانه و بارش و عوامل دیگر نظیر دما، شیب حوضه، نوع خاک و پوشش گیاهی استفاده شده است (Dsa، ۲۰۰۰). در تحقیقی در حوضه‌های کانادا با بررسی روند وقایع حدی هیدرولوژیکی نتیجه‌گیری شد که تعداد روندهای موجود خارج از انتظار بوده و جریان‌های حداکثر سالانه و فصل بهار هم در مقدار جریان و هم در زمان وقوع دارای روند کاهشی می‌باشند، ولی جریان‌های شرایط کم‌آبی هم روند افزایشی و هم روند کاهشی را نشان می‌دهند (Burn و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین در تحقیق فوق دریافتند که تنوع شرایط هیدرولوژیکی فرایندهای تولید جریان متفاوتی را ایجاد می‌نمایند. تحلیل منطقه‌ای جریان‌های کم با استفاده از مدل رگرسیون چندمتغیره خطی و شاخص جریان کم در برخی از حوضه‌های استان تهران نیز مورد بررسی قرار گرفت و بر این اساس حجم جریان‌های کم در ۱۲ حوضه برآورد شد (Samie و همکاران، ۲۰۰۶). بعلاه در تحقیق دیگری از میان عوامل مؤثر در ایجاد جریان‌های سیلابی در شمال ایران، عامل مساحت مهمترین عامل تأثیرگذار معرفی شد (Eslami و Telvari، ۲۰۰۵).

روش شبکه عصبی مصنوعی در برآورد مقادیر آبدهی سالانه در دوره بازگشت‌های مختلف برای حوضه‌های منتخب استان خراسان رضوی استفاده شد (Mooshakhian و همکاران، ۲۰۱۲). در این تحقیق از پارامترهای فیزیوگرافی، زمین‌شناسی و اقلیمی برای تعیین روابط منطقه‌ای برآورد آبدهی سالانه استفاده و نتیجه نشان داد که در این منطقه سری‌های آبدهی سالانه از یک مدل منطقه‌ای واحد تبعیت می‌کنند (Mooshakhian و همکاران، ۲۰۱۲). در تحقیق دیگری، رواناب متوسط سالانه حوضه کرخه با استفاده از مدل‌های منطقه‌ای مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج نشان داد که جریان سطحی حوضه بر حسب عمق، همبستگی بالایی با بارندگی و شیب حوضه دارا می‌باشد (Porhemmat و همکاران، ۲۰۱۲). تحلیل منطقه‌ای برای برآورد روابط آبدهی برای حوضه‌های فاقد آمار شمال غرب کشور ایران با استفاده از منحنی رشد منطقه‌ای در استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، ایلام و کردستان انجام و بر این اساس روابط مناسبی برای این مناطق ارائه شد (Rahmati و همکاران، ۲۰۱۱).

همچنین، در حوضه سفیدرود Rezae (۲۰۰۹)، حوضه قره‌قوم Abbasi و Porhemmat (۲۰۱۰)، ناحیه خزری Gheiasi و همکاران (۲۰۱۲)، حوضه‌های مرکزی ایران Mahdian و همکاران (۲۰۱۱)، حوضه‌های کارون، دز و کرخه Porhemmat (۲۰۱۳)، حوضه دریاچه ارومیه Ghermezcheshmeh و Porhemmat (۲۰۱۳) و نیز برای ابرحوضه‌های هشت گانه ایران Porhemmat و همکاران (۲۰۱۲) روابط آبدهی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج متفاوتی را برای دسته پارامترهای اقلیمی و فیزیوگرافی در روابط منطقه‌ای نشان دادند. در همه این تحقیقات، روابط تجربی برای آبدهی مناطق همگن با استفاده از مساحت، شیب متوسط، شیب آبراهه اصلی، طول و ضریب گراویلیوس به‌دست آمد (Eslami و همکاران، ۲۰۱۴).

با عنایت به مطالب فوق‌الذکر می‌توان اظهار نمود که نتایج پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که کمی کردن مؤلفه‌های مختلف هیدرولوژیکی در سطح حوضه هنوز به‌دلیل اینکه سیستم هیدرولوژیکی به‌وسیله عوامل داخلی و خارجی در حال تغییر می‌باشد، در رأس چالش‌های اصلی باقی مانده است (Fiseha و همکاران، ۲۰۱۳). با این وصف، روابط منطقه‌ای آبدهی به‌دلیل پیچیدگی و تغییرات عوامل مؤثر بر آن، به‌عنوان رابطه‌ای ثابت و یا فرمولی با ضرایب معین و ثابتی قابل ارائه نبوده و تعمیم ضرایب و ثابت‌های به‌دست آمده از منطقه‌ای به منطقه دیگر

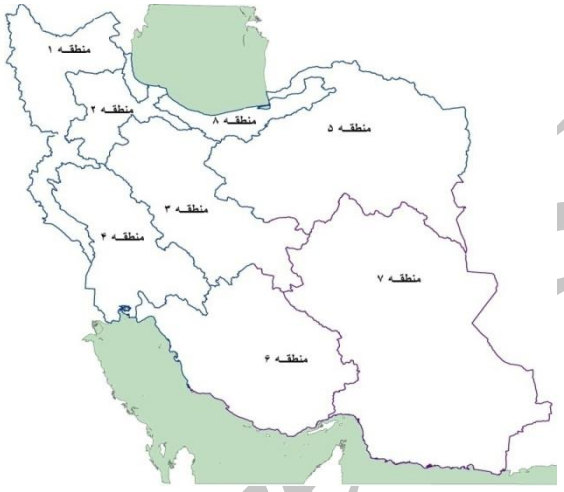
[1] L-moments

Archive of SID
www.SID.ir

همراه با خطای زیادی می‌باشد. بنابراین، پژوهش حاضر به‌دنبال یافتن روابط مناسب آورد سالانه محتمل با عوامل مورفومتریک و اقلیمی در حوضه‌های جنوب غرب ایران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد پژوهش: منطقه پژوهش شامل حوضه‌های اصلی کرخه، دز و کارون می‌باشد که شامل تمام و یا بخشی از استان‌های کردستان، کرمانشاه، همدان، کهگیلویه و بویراحمد، خوزستان، ایلام، چهارمحال و بختیاری، لرستان و اصفهان می‌باشد. شکل ۱ موقعیت این منطقه را به‌عنوان منطقه چهار در نقشه ایران که حاوی تقسیم‌بندی حوضه‌های کشور به هشت واحد هیدرولوژیک می‌باشد، نشان می‌دهد. این منطقه در جنوب غرب ایران واقع شده است و بخشی از ابر حوضه خلیج فارس و دریای عمان می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد پژوهش در نقشه ایران

آمار و اطلاعات مورد استفاده و آماده‌سازی داده‌ها: در این تحقیق از آمار آبدهی تعداد ۱۷۹ ایستگاه هیدرومتری و بارندگی ۲۶۹ ایستگاه هواشناسی تحت پوشش وزارت نیرو استفاده شد. آمار و اطلاعات مربوط به بارش و رواناب سالانه از زمان تأسیس ایستگاه‌های هیدرومتری و هواشناسی تا سال آبی ۸۵-۱۳۸۴ مورد استفاده قرار گرفت.

به‌منظور بررسی آمار دبی، ابتدا، آمار و اطلاعات آب‌سنجی جمع‌آوری، سپس پردازش و تجزیه و تحلیل این داده‌ها در محیط نرم‌افزاری Excel انجام شد. در این رابطه، آمار و اطلاعاتی که دارای خطا بوده، با استفاده از روش‌های معمول مثل خطی و توانی اصلاح، و در صورتی که امکان اصلاح آن وجود نداشت، در تحلیل دبی متوسط سالیانه مورد استفاده قرار نگرفت. بر این اساس، از ۱۷۹ ایستگاه هیدرومتری تنها آمار ۱۰۸ ایستگاه به‌منظور تجزیه و تحلیل آبدهی و از ۲۶۹ ایستگاه هواشناسی در اختیار، آمار ۲۰۸ ایستگاه برای بارندگی مورد استفاده قرار گرفت. شایان ذکر است، به‌دلیل این که آمار ایستگاه‌های وابسته به سازمان هواشناسی بر حسب سال میلادی و آمار ایستگاه‌های وابسته به وزارت نیرو بر حسب سال شمسی ارائه شده است و ایستگاه‌های وابسته به وزارت نیرو از پراکنش مناسب‌تری برخوردار بوده‌اند، لذا در این تحقیق برای بارندگی تنها از آمار ایستگاه‌های وابسته به وزارت نیرو استفاده شد. با توجه به اطلاعات موجود ایستگاه‌های آب‌سنجی و هواشناسی موجود در زیر حوضه‌های این منطقه، طول دوره آماری مشترک ۲۰ساله و از سال آبی ۱۳۶۶-۱۳۶۵ برای هر دو گروه ایستگاه‌های آب‌سنجی و باران‌سنجی در نظر گرفته شد.

همچنین، از دو روش گرافیکی شامل روش آزمون جرم مضاعف و غیرگرافیکی شامل روش ران تست برای صحت و دقت آمار استفاده و داده‌های پرت حذف و یا اصلاح شد.

Archive of SID

www.SID.ir

روش محاسبات و تجزیه و تحلیل داده‌ها: تجزیه و تحلیل فراوانی و انتخاب مناسب‌ترین تابع توزیع برای هر یک از ایستگاه‌ها از طریق توابع توزیع احتمال شامل توزیع‌های نرمال، لوگ نرمال دو پارامتری، لوگ نرمال سه پارامتری، لوگ پیرسون سه پارامتری، گامبل و گامای دو پارامتری انجام شد. همچنین شاخص میانگین مربع انحرافات نسبی (MSRD) برای برازش و انتخاب توزیع استفاده شد. همچنین، با استفاده از نقشه‌های رقومی حاصل از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ توپوگرافی کشور، ویژگی‌های فیزیوگرافی و نیز با استفاده از نقشه رقومی بارندگی، متوسط سالانه آن در سطح زیر حوضه‌های منتهی به ایستگاه-های هیدرومتری استخراج شد. برای محاسبه میزان بارندگی سالانه زیرحوضه‌ها، ابتدا مقادیر بارش در تمام ایستگاه‌ها در هر دوره بازگشت به‌دست آمد، برای تهیه نقشه هم بارش پس از بررسی و ارزیابی روش‌های زمین‌آمار روش TPSS انتخاب و سپس با استفاده از مدل اسپلاین منتخب در نرم‌افزار GIS نقشه هم‌بارش سالانه برای سال‌های مختلف دوره آماری تهیه شد.

بررسی همگنی حوضه‌ها: برای تهیه مدل توزیع احتمالاتی منطقه‌ای، ابتدا زیرحوضه‌های همگن هیدرولوژیکی تعیین شد. همگن‌بندی حوضه‌ها بر اساس ویژگی‌های فیزیوگرافی و اقلیمی شامل مساحت، محیط، طول معادل، ارتفاع متوسط، طول آبراهه اصلی، شیب متوسط حوضه، شیب متوسط آبراهه اصلی، تراکم زهکشی، ضریب گراویلیوس و بارش متوسط سالانه در هر حوضه، روابط همبستگی در هر کدام از دو گروه همگن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی‌ها برای زیرحوضه‌های خوشه یک به‌صورت روابط (۱) تا (۷) و برای زیرحوضه‌های خوشه دو به‌صورت روابط (۸) تا (۱۴) به‌دست آمده است. شایان ذکر است، این روابط در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشند. به‌منظور بررسی صحت و اعتبار روابط به‌دست آمده از هر گروه یک ایستگاه هیدرومتری (برای گروه یک ایستگاه با شماره کد ۰۴۷-۲۲ و برای گروه دو ایستگاه با کد ۲۸۷-۲۱) که از داده‌های آن در مرحله تعیین روابط استفاده نشده است، انتخاب و دبی آن‌ها با دوره برگشت‌های مختلف بر اساس روابط به‌دست آمده در مدل رگرسیون چند متغیره از روابط (۱) تا (۱۴) به شرح زیر محاسبه شد.

تحلیل خوشه‌ای برای همگن‌بندی به‌کار گرفته شدند. نتیجه بررسی همگنی حوضه‌ها نشان داد که در مجموع تمام حوضه‌های منتخب در دو گروه همگن قرار می‌گیرند. به‌منظور اعتباریابی گروه‌های همگن از روش تابع تشخیص استفاده و ارزیابی و تصحیحات لازم صورت گرفت.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تحلیل احتمالاتی دبی متوسط سالانه و بررسی همبستگی آن با ویژگی‌های فیزیوگرافی و اقلیمی شامل مساحت، محیط، طول مستطیل معادل، ارتفاع متوسط، طول آبراهه اصلی، شیب متوسط حوضه، شیب متوسط آبراهه اصلی، تراکم زهکشی، ضریب گراویلیوس و بارش متوسط سالانه در هر حوضه، روابط همبستگی در هر کدام از دو گروه همگن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی‌ها برای زیرحوضه‌های خوشه یک به‌صورت روابط (۱) تا (۷) و برای زیرحوضه‌های خوشه دو به‌صورت روابط (۸) تا (۱۴) به‌دست آمده است. شایان ذکر است، این روابط در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشند. به‌منظور بررسی صحت و اعتبار روابط به‌دست آمده از هر گروه یک ایستگاه هیدرومتری (برای گروه یک ایستگاه با شماره کد ۰۴۷-۲۲ و برای گروه دو ایستگاه با کد ۲۸۷-۲۱) که از داده‌های آن در مرحله تعیین روابط استفاده نشده است، انتخاب و دبی آن‌ها با دوره برگشت‌های مختلف بر اساس روابط به‌دست آمده در مدل رگرسیون چند متغیره از روابط (۱) تا (۱۴) به شرح زیر محاسبه شد.

$$Q_2 = 0.11A - 0.051El + 2.92S_b - 211D_d\,0.23P + 0.57L_b + 58G - 2.89S_r - 0.25L_r - 0.008P_{a2} + 57 \quad (۱)$$

$$Q_5 = 0.008A - 0.07El + 4.56S_b - 0.129L_r - 3.89S_r - 0.095P_{a5} + 131 \quad (۲)$$

$$Q_{10} = 0.009A - 0.08El + 5.22S_b - 0.107L_r - 4.3S_r - 0.086P_{a10} + 136 \quad (۳)$$

$$Q_{20} = 0.009A - 0.089El + 5.82S_b - 0.068L_r - 4.65S_r - 0.073P_{a20} + 134 \quad (۴)$$

$$Q_{25} = 0.009A - 0.09El + 6.03S_b - 0.055L_r - 4.75S_r - 0.069P_{a25} + 133 \quad (۵)$$

$$Q_{50} = 0.009A - 0.1El + 6.77S_b - 0.013L_r - 5.13S_r - 0.061P_{a50} + 132 \quad (۶)$$

$$Q_{100} = 0.009A - 0.112El + 8.15S_b - 0.025L_r - 5.61S_r - 0.057P_{a100} + 133 \quad (۷)$$

$$Q_2 = -0.022L_r + 0.036A + 0.34L_b + 0.009P_{a2} + 0.295S_r - 0.63S_b + 3.5D_d + 0.008El - 0.303P + 38.7G - 45 \quad (۸)$$

$$Q_5 = -0.58L_r + 0.047A + 0.79L_b + 0.029P_{a5} - 1.67S_r + 0.32S_b - 54.4D_d + 0.007El - 0.177P + 16.7G + 12.7 \quad (۹)$$

$$Q_{10} = -1.128L_r + 0.064A + 1.1L_b + 0.035P_{a10} - 3.28S_r + 1.1S_b - 81.5D_d + 0.004El - 0.15P + 16.4G + 23.2 \quad (۱۰)$$

$$Q_{20} = -1.68L_r + 0.081A + 1.37L_b + 0.043P_{a20} - 4.9S_r + 1.9S_b - 113.6D_d + 0.001El - 0.13P + 18.3G + 33.9 \quad (۱۱)$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$Q_{25} = -1.86L_r + 0.086A + 1.47L_b - 0.046P_{a25} - 5.5S_r + 2.2S_b - 124.8D_d + 0.001El - 0.12P + 19.1G + 37.8 \quad (۱۲)$$

$$Q_{50} = -2.45L_r + 0.105A + 1.77L_b - 0.055P_{a50} - 7.2S_r + 3.09S_b - 161D_d - 0.005El - 0.11P + 24G + 52.2 \quad (۱۳)$$

$$Q_{100} = -3.1L_r + 0.124A + 2.1L_b - 0.065P_{a100} - 8.98S_r + 4.04S_b - 203D_d - 0.01El - 0.11P + 30G + 65 \quad (۱۴)$$

که در آن‌ها، Q دبی متوسط جریان سالانه با دوره بازگشت دو تا ۱۰۰ساله که اندیس‌های دو تا ۱۰۰ دبی معرف دوره برگشت دبی می‌باشد (مترمکعب بر ثانیه)، A مساحت حوضه (کیلومتر مربع)، P محیط حوضه و El ارتفاع متوسط حوضه از سطح دریا (متر)، Lr و Lb به‌ترتیب طول آبراهه اصلی و طول حوضه (کیلومتر)، Sb و Sr به‌ترتیب شیب حوضه و شیب رودخانه (درصد)، Pa بارندگی سالانه (میلی‌متر) با دوره بازگشت معین، Dd تراکم زهکشی و G ضریب گراویلیوس می‌باشد.

جدول ۱ نتایج ضریب همبستگی و سطوح معنی‌دار این روابط را نشان می‌دهد. همچنین، جدول ۲ نتایج مقایسه دبی مشاهده‌ای و دبی برآورد شده به‌وسیله روابط چندمتغیره را برای صحت‌سنجی مدل رگرسیون چندمتغیره، در دوره بازگشت‌های مختلف نشان می‌دهد. شکل‌های ۲ و ۳ به‌ترتیب نمودار مقادیر مشاهده‌ای و محاسباتی را در این ایستگاه‌ها نشان می‌دهند.

با توجه به ضریب همبستگی بالایی که داده‌های مشاهده‌ای و محاسباتی دارا می‌باشند (به‌ترتیب ۰/۹۸ و ۰/۹۹ و هر کدام با هفت زوج داده)، بیانگر این است که روابط به‌دست آمده از کارایی بالایی در تخمین دبی متوسط سالانه در دوره برگشت‌های مختلف برخوردار می‌باشند.

جدول ۱- نتایج ضریب همبستگی و سطوح معنی‌دار

	رابطه	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)
گروه اول	ضریب همبستگی	۰/۸۶۶	۰/۸۵۷	۰/۸۵۶	۰/۸۵	۰/۸۴۹	۰/۸۴۳	۰/۸۳
	سطح معنی‌دار	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
	رابطه	(۸)	(۹)	(۱۰)	(۱۱)	(۱۲)	(۱۳)	(۱۴)
گروه دوم	ضریب همبستگی	۰/۸۶۶	۰/۹۸۹	۰/۸۶۶	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۸
	سطح معنی‌دار	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱

با وجود بررسی کارایی روابط چندمتغیره و نتایج فوق‌الذکر، بررسی تأثیر هر کدام از متغیرها نیز مورد توجه قرار گرفت. در دوره برگشت دوساله، دبی با عوامل اصلی شامل مساحت، طول مستطیل معادل، شیب حوضه و ضریب گراویلیوس دارای رابطه مستقیم بوده ولی با عوامل دیگر شامل بارندگی، طول و شیب آبراهه اصلی، ارتفاع متوسط حوضه، تراکم زهکشی و محیط حوضه رابطه معکوس نشان داده است. در دسته پارامترهایی که رابطه مستقیم نشان می‌دهند، طبیعی است که مساحت هر چه بیشتر باشد، آبدهی حوضه به نسبت سطح افزایش یابد. همچنین، شیب حوضه ضریب آبدوی را بیشتر نموده و تلفات را کاهش می‌دهد، لذا تأثیر مستقیم آن بر دبی غیرطبیعی نمی‌باشد. طول مستطیل معادل به نوعی به ابعاد حوضه مربوط می‌باشد و بزرگی آن می‌تواند موجب افزایش دبی شود، ولی ضریب گراویلیوس قابل بحث می‌باشد. از میان دسته پارامترهایی که در گروه اول بر دبی تأثیر معکوس داشته‌اند، عمدتاً غیرطبیعی می‌باشند، از جمله مهمترین آن‌ها بارندگی می‌باشد که هر چه بارندگی افزایش یابد، انتظار افزایش دبی به نسبت آن نیز می‌باشد، ولی در کلیه روابط چندمتغیره گروه اول بارندگی تأثیر معکوس بر دبی نشان داده است که کاملاً غیرطبیعی می‌باشد.

در دوره برگشت‌های پنج، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ساله تنها پارامترهای مساحت، ارتفاع متوسط و شیب حوضه، طول آبراهه و شیب رودخانه اصلی و بارندگی در روابط ظاهر شده و بقیه عوامل شامل محیط، طول مستطیل معادل، تراکم زهکشی و ضریب گراویلیوس حذف شده‌اند. همچنین، دبی تنها از شش عامل باقی‌مانده با دو عامل مساحت و شیب حوضه رابطه مستقیم داشته و با بقیه عوامل رابطه معکوس دارد که در اینجا نیز عواملی مثل بارندگی به‌طور خاص جای

Archive of SID

www.SID.ir

ابهام دارد. با وجود ناهماهنگی‌هایی که بین دبی و عوامل موثر بر آن از جمله بارندگی مشاهده می‌شود، ولی ضریب همبستگی روابط دبی در دوره‌برگشت‌های دو، پنج، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله به‌ترتیب ۰/۸۵۷، ۰/۸۶۶، ۰/۸۵۰، ۰/۸۴۹، ۰/۸۴۳ و ۰/۸۳۰ می‌باشد که همگی در سطح آلفای یک درصد معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۲- صحت‌سنجی مدل رگرسیون چندمتغیره، در دوره بازگشت‌های مختلف (دبی به مترمکعب در ثانیه)

گروه	کد ایستگاه	مساحت (کیلومتر مربع)	دوره بازگشت (سال)	دبی مشاهده‌ای	دبی محاسباتی
۱	۲۲-۰۴۷	۶۸۸۷	۲	۷۳	۷۶
			۵	۱۰۵	۹۶
			۱۰	۱۲۴	۱۱۸
			۲۰	۱۴۰	۱۳۶
			۲۵	۱۴۵	۱۴۳
			۵۰	۱۶۰	۱۶۲
			۱۰۰	۱۷۴	۱۹۰
			میانگین جذر مربعات خطا		۷/۶
۲	۲۱-۲۸۷		۲	۲۰	۱۹
			۵	۲۷	۲۵
			۱۰	۳۰	۳۰
			۲۰	۳۴	۳۶
			۲۵	۳۵	۳۹
			۵۰	۳۸	۴۴
			۱۰۰	۴۱	۴۶
			میانگین جذر مربعات خطا		۳/۵

در کلیه روابط گروه دو هر ۱۰ پارامتر شامل مساحت، محیط، طول آبراهه اصلی، طول مستطیل معادل، شیب حوضه، شیب آبراهه اصلی، تراکم زهکشی، ارتفاع متوسط حوضه از سطح دریا، ضریب‌گراویلیوس و بارندگی در دوره برگشت‌های مختلف مؤثر بوده و هیچکدام حذف نشده‌اند. همچنین، بارندگی به‌عنوان عامل اصلی تولید جریان، تنها بر دبی با دوره برگشت دوساله تأثیر مستقیم نشان داده، ولی بر دبی با سایر دوره‌های برگشت تأثیر معکوس نشان داده است. در این گروه شیب حوضه، طول مستطیل معادل و ضریب گراویلیوس همانند مساحت تأثیرگذار بوده و بر دبی تأثیر مستقیم نشان داده‌اند. همچنین، ارتفاع در همه دوره برگشت‌ها به استثناء ۵۰ و ۱۰۰ساله تأثیر مستقیم داشته ولی در سایر دوره‌های برگشت تأثیر معکوس داشته است. بارندگی، محیط، طول آبراهه اصلی، شیب آبراهه اصلی و تراکم زهکشی بر دبی در دوره برگشت‌های مختلف باستثناء دوره برگشت دوساله تأثیر معکوس نشان داده‌اند. با این وصف، عواملی مثل بارندگی که نیروی محرکه اصلی حوضه برای تولید جریان می‌باشد، در این روابط با تأثیر معکوس ظاهر شده‌اند که کاملاً غیرطبیعی می‌باشد. این در حالی است که ضریب همبستگی روابط دبی در دوره‌گشت‌های دو، پنج، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ساله به‌ترتیب ۰/۹۸۹، ۰/۸۶۶، ۰/۸۶۶، ۰/۹۹، ۰/۹۸ و ۰/۹۸ بوده که همگی در سطح آلفای یک درصد معنی‌دار می‌باشند.

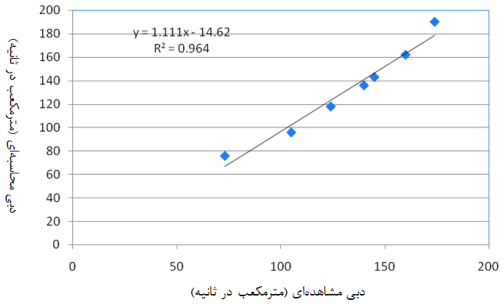
بررسی روابط دبی در دوره برگشت‌های مختلف با مساحت به‌عنوان رابطه همبستگی یک متغیره نیز انجام شده است. جدول ۳ روابط همبستگی دبی در دوره برگشت‌های مختلف را با مساحت حوضه نشان می‌دهد. همان‌طور که این جدول نشان می‌دهد، رابطه دبی با مساحت از همبستگی بالایی برخوردار است. همچنین، جدول فوق نشان می‌دهد که رابطه دبی با مساحت به‌ترتیب در دوره‌برگشت‌های دو، پنج، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ساله دارای ضریب همبستگی ۰/۸۳، ۰/۸۵، ۰/۸۴، ۰/۸۲، ۰/۸۱ و ۰/۷۹ می‌باشد. نتایج با وجود این که نشان دهنده این است که دبی محتمل در دوره برگشت‌های مختلف با مساحت از رابطه

Archive of SID

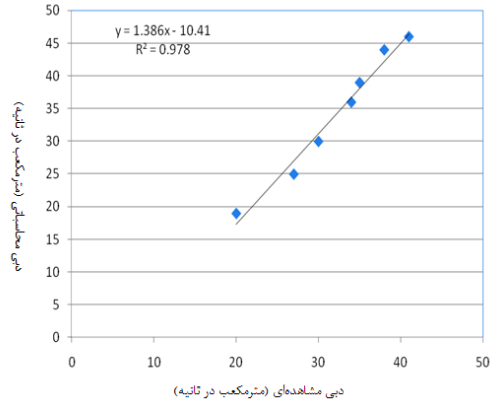
www.SID.ir

همبستگی نسبتاً بالایی برخوردار است، ولی با افزایش دوره برگشت ضریب همبستگی کاهش یافته است.

جدول ۴ نتایج تحلیل همبستگی دو متغیره دبی با مساحت و بارندگی را نشان می‌دهد. همان‌طور که این جدول نشان می‌دهد، مجذور ضریب همبستگی برای دبی (مترمکعب در ثانیه) با مساحت (کیلومترمربع) و بارندگی (میلی‌متر) از ۰/۵۳۳ برای دوره برگشت دوساله تا ۰/۶۷ برای دوره برگشت ۱۰۰ساله در تغییر است. مجذور ضریب همبستگی برای رابطه فوق در شرایطی که دبی معادل عمق سالانه جریان (دبی در واحد سطح) در سطح حوضه فرض شود از ۰/۶۳۳ برای دوره برگشت دوساله تا ۰/۲۷۲ برای دوره برگشت ۱۰۰ساله تغییر کرده است. علاوه بر این دبی با مساحت در روابط نوع اول داری رابطه مستقیم و با بارندگی رابطه معکوس و بالعکس در روابط نوع دوم با مساحت رابطه معکوس و با بارندگی رابطه مستقیم نشان داده است. همچنین، ضریب همبستگی در روابط نوع اول با افزایش دوره برگشت افزایش ولی در نوع دوم کاهش را نشان می‌دهد.



شکل ۲- دبی مشاهده‌ای و محاسباتی (مترمکعب در ثانیه) در ایستگاه ۲۲-۰۴۷



شکل ۳- دبی مشاهده‌ای و محاسباتی (مترمکعب در ثانیه) در ایستگاه ۲۱-۲۸۷

جدول ۳- روابط همبستگی دبی در دوره برگشت‌های مختلف (مترمکعب در ثانیه) با مساحت حوضه (کیلومتر مربع)

شماره پیاپی رابطه	رابطه همبستگی	مجذور ضریب همبستگی	دوره برگشت
(۱۵)	$Q=0.006A+10.47$	۰/۸۳	۲
(۱۶)	$Q=0.008\ A\ +14.67$	۰/۸۵	۵
(۱۷)	$Q\ =0.009\ A\ +20.58$	۰/۸۴	۱۰
(۱۸)	$Q\ =0.009\ A\ +29.35$	۰/۸۲	۲۵
(۱۹)	$Q\ =0.009\ A\ +36.69$	۰/۸۱	۵۰
(۲۰)	$Q\ =0.01\ A\ +46.86$	۰/۷۹	۱۰۰

که در آن‌ها، Q دبی (مترمکعب در ثانیه) و A مساحت (کیلومتر مربع) می‌باشد.

نتیجه‌گیری

روابط منطقه‌ای دبی متوسط سالانه با دوره برگشت‌های مختلف با متغیرهای مختلف اقلیمی و فیزیوگرافی حوضه مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای مورد استفاده شامل مساحت، محیط، ارتفاع متوسط از سطح دریا، طول آبراهه اصلی، طول مستطیل معادل، شیب حوضه، شیب رودخانه اصلی، متوسط بارندگی سالانه در سطح حوضه و در دوره بازگشت‌های مختلف، تراکم زهکشی و ضریب گراویلیوس می‌باشند. همچنین، همگن‌بندی حوضه نیز بر اساس ویژگی‌های فیزیوگرافی و اقلیمی شامل مساحت، محیط، طول معادل، ارتفاع متوسط، طول آبراهه اصلی، شیب متوسط حوضه، شیب متوسط آبراهه اصلی، تراکم زهکشی، ضریب گراویلیوس و بارش متوسط سالانه با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. در تحلیل

Archive of SID
www.SID.ir

خوشه‌ای و با استفاده از روش تابع تشخیص، حوضه‌ها در دو گروه همگن قرار گرفتند.

نتایج تحلیل همبستگی روابط چندمتغیره با استفاده از همه عوامل فوق برای دو حوضه که در تحلیل همبستگی مشارکت داده نشده بودند، نشان داد که داده‌های مشاهده‌ای و محاسباتی دارای ضریب همبستگی بالایی می‌باشند (به‌ترتیب ۰/۹۸ و ۰/۹۹ و هر کدام با هفت زوج داده). این ضریب بالا بیانگر این می‌باشد که روابط به‌دست آمده از کارایی بالایی در تخمین دبی متوسط سالانه در دوره برگشت‌های مختلف برخوردار می‌باشند.

جدول ۴- روابط همبستگی دبی (Q مترمکعب در ثانیه در ستون وضعیت با شماره ۱ و میلی‌متر در سطح حوضه با شماره ۲) در دوره برگشت‌ها (اندیس‌های Q معرف دوره برگشت) با دو پارامتر مساحت (کیلومتر مربع) و بارندگی (P به میلی‌متر)

شماره پیاپی رابطه	مجذور ضریب همبستگی	رابطه همبستگی	وضعیت رابطه	دوره برگشت (سال)
(۲۱)	۰/۵۳۳	$Q_2=47.1+0.0072A-0.02837P2$	۱	۲
(۲۲)	۰/۶۳۳	$Q_2=-1283-0.0258A+2.62P2$	۲	
(۲۳)	۰/۶۳	$Q_5=100.7+0.01316\times A-0.049\times P5$	۱	۵
(۲۴)	۰/۵۰	$Q_5=-1973-0.043\times A+2.381\times P5$	۲	
(۲۵)	۰/۶۴۵	$Q_{20}=232.5+0.0232\times A-0.0141\times P20$	۱	۲۰
(۲۶)	۰/۴۱	$Q_{20}=-2456-0.0458\times A+3.12\times P20$	۲	
(۲۷)	۰/۶۴۸	$Q_{25}=261.2+0.0251\times A-0.158\times P25$	۱	۲۵
(۲۷)	۰/۳۹	$Q_{25}=-2485-0.0463\times A+3.11\times P25$	۲	
(۲۸)	۰/۶۶	$Q_{50}=354.4+0.0312\times A-0.21\times P50$	۱	۵۰
(۲۹)	۰/۳۳	$Q_{50}=-2552-0.0465\times A+3.095\times P50$	۲	
(۳۰)	۰/۶۷	$Q_{100}=448.4+0.0382\times A-0.259\times P100$	۱	۱۰۰
(۳۱)	۰/۲۷۲	$Q_{100}=-2551-0.0469\times A+3.046\times P100$	۲	

با وجود روابط همبستگی به‌دست آمده با کارایی بالا بین داده‌های مشاهده‌ای و محاسباتی، دبی با مساحت، طول مستطیل معادل، شیب حوضه و ضریب گراویلیوس دارای رابطه مستقیم بوده، ولی با بارندگی، طول آبراهه اصلی، شیب آبراهه اصلی، ارتفاع متوسط حوضه، تراکم زهکشی و محیط حوضه رابطه معکوس نشان داده است. نتایج این بخش نشان می‌دهد که از میان این عوامل بارندگی رفتاری طبیعی نشان نمی‌دهد، و بر عکس انتظار دارای تأثیر معکوس بر دبی بوده که کاملاً غیرطبیعی می‌باشد.

با وجود مشاهده ناهماهنگی‌های بین دبی و عوامل مؤثر بر آن از جمله بارندگی، ولی ضریب همبستگی روابط دبی در دوره‌گشت‌های دو، پنج، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ساله برای دو گروه همگن به‌ترتیب برای گروه اول معادل ۰/۸۵۷، ۰/۸۶۶، ۰/۸۵۰، ۰/۸۴۹، ۰/۸۴۳ و برای گروه دوم ۰/۹۸۹، ۰/۸۶۶، ۰/۹۹، ۰/۹۸ و ۰/۹۸ می‌باشد که همگی در سطح آلفای یک درصد معنی‌دار می‌باشند. شایان ذکر است، برخی عوامل مثل ارتفاع در روابط مختلف رفتار دوگانه از خود نشان داده است. به‌عنوان مثال، ارتفاع در گروه دوم در همه دوره برگشت‌ها به استثناء دوره برگشت‌های ۵۰ و ۱۰۰ساله بر دبی تأثیر مستقیم نشان داده است، که این خود جای ابهام می‌باشد.

بررسی رابطه دبی با مساحت به‌عنوان رابطه همبستگی یک متغیره در دوره برگشت‌های دو، پنج، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله به‌ترتیب دارای ضریب همبستگی ۰/۸۳، ۰/۸۵، ۰/۸۴، ۰/۸۲، ۰/۸۱ و ۰/۷۹ بوده، که همبستگی بالایی را نشان می‌دهد. ولی با وجود رابطه همبستگی نسبتاً بالا، با افزایش دوره برگشت ضریب همبستگی کاهش یافته است. از طرف

Archive of SID

www.SID.ir

دیگر بررسی رابطه دبی با بارندگی به‌عنوان رابطه یک متغیره، همبستگی مناسبی را نشان نداد.

رابطه همبستگی دو متغیره دبی با مساحت و بارندگی به‌عنوان دو پارامتر موثر بر کمیت دبی نیز مورد بررسی قرار گرفت. ضریب همبستگی برای دبی با مساحت و بارندگی از ۰/۷۳ تا ۰/۸۲ در تغییر بوده است. همچنین، ضریب همبستگی برای روابط همبستگی دو متغیره دبی ویژه در سطح حوضه با مساحت و بارندگی از ۰/۸۰ تا ۰/۵۲ در تغییر بوده است. علاوه بر این، دبی با مساحت در روابط نوع اول دارای رابطه مستقیم و با بارندگی رابطه معکوس و بالعکس در روابط نوع دوم با مساحت رابطه معکوس و با بارندگی رابطه مستقیم نشان داده است. همچنین همان‌طور که ذکر شد، در روابط نوع اول با افزایش دوره برگشت ضریب همبستگی افزایش یافته ولی در نوع دوم کاهش را نشان می‌دهد. نتایج این تحقیق نشان داد که همگن‌بندی حوضه در بهبود روابط همبستگی مؤثر بوده و دسته عوامل مختلف در همگن‌بندی در مناطق مختلف متفاوت می‌باشند.

در این تحقیق دبی متوسط سالانه با دوره برگشت مختلف مورد بررسی قرار گرفته است، پیشنهاد می‌شود که این تحقیق برای سایر پایه‌های زمانی از جمله دبی ماهانه نیز انجام شود. در این تحقیق دبی متوسط سالانه با دوره برگشت مختلف مورد بررسی قرار گرفته است، پیشنهاد می‌شود که این تحقیق برای روابط دبی متوسط سالانه بدون سطح احتمال نیز انجام شود.

منابع مورد استفاده

1. Abbasi, A.A. and J. Porhemmat. 2010. Regional analysis of annual water yield with different return periods in Gharehghoom Basin. Research final report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 53 Pages (in Persian).
2. Alizadeh, A. 1995. Principles of applied hydrology. Emam Reza University Publication, Mashahd, 624 Pages (in Persian).
3. Amin, S. and A.M. Ghafoori Roozbehani. 2003. Simulation of surface runoff and evapotranspiration in Rudzard Representative Catchments using Standford model. Agricultural and Natural Technology and Sciences, 6(3): 1-12 (in Persian).
4. Burn, D.H., M. Sharif and K. Zhang. 2010. Detection of trends in hydrological extremes for Canadian watersheds. Hydrological Processes, 24(13): 1781-1790.
5. Cunderlik, J.M. and D.H. Burn. 2002. Analysis of the linkage between rain and flood regime and its application to regional flood frequency estimation. Journal of Hydrology, 261(1-4): 115-131.
6. Demuth, S. and I. Hagemann. 1994. Estimation of flow parameters applying hydrogeological area information. IAHS Publication, 221: 151-157.
7. Dsa, G.H. 2000. Hydrology and soil conservation engineering. Printed Hall of India, New Delhi, 490 pages.
8. Eslami, A.R. and A.R. Telvari. 2005. Effects of homogeneity of basins on the accuracy of regional flood relations. Water and Watershed, 1(3): 39-48 (in Persian).
9. Eslami, A.R., J. Porhemmat and N.A. Ebrahimi. 2014. Regional analysis of water yield in Iran centeral basin rivers. Watershed Engineering and Management, 1(6): 74-82 (in Persian).
10. Feng, X.M., G. Sun, B.J. Fu, C.H. Su, Y. Liu and H. Lamparski. 2012. Regional effects of vegetation restoration on water yield across the Loess Plateau, China. Hydrology and Earth System Science, 16: 2617–2628.
11. Fiseha, B.M., S.G. Setegn, A.M. Melesse, E. Volpi and A. Fiori. 2013. Hydrological analysis of the Upper Tiber River Basin, central Italy: a watershed modeling approach. Hydrological Processes, 27(16): 2339-2351.
12. Ghanbarpour, M.R., S. Gholami, E. Ahmadi and M. Teimouri. 2003. Regional study of groundwater contribution to stream flow: A case study in Karun Basin in Iran. Available at: http://en.cgs.gov.cn/Achievement/The34thCongress/Evolutional/18064.htm.
13. Gheiasi, N.Gh., J. Porhemmat and A.R. Telvari. 2012. Regional analysis of annual water yield with different return periods in Khazar Region. Research final report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 38 Pages (in Persian).
14. Gray, D.M. 1970. Handbook on principle of hydrology. Ottawa: National Research Council of Canada. Secretariat, Canadian National Committee for the International Hydrological Decade, 625 pages.

Archive of SID

www.SID.ir

15. Ghermezcheshmeh, B. and J. Porhemmat. 2013. Regional analysis of annual water yield with different return periods in Gharehghoom Basin. Research final report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 57 Pages (in Persian).
16. Hawley, M.E. and H.M. Richard. 1982. Water yield estimation in Western United States. Journal of the Irrigation and Drainage Division, 108(1): 25-34.
17. Hubbart, J.A., T.E. Link, J.A. Gravelle and W.J. Elliot. 2007. Timber harvest impacts on water yield in the continental/maritime hydroclimatic region of the United States. Forest Science, 53(2): 169-180.
18. Justin, J.D. 1914. Deriviation of runoff from rainfall data. Transaction of the American Society Civil Engineers, 77: 346-384.
19. Mahdavi, M. and M. Azarakhshi. 2004. Determining of suitable monthly water balance model in small watershed of Iran (Case study: North Azarbayejan and north of Khorasan). Natural Resources of Iran, 57(3): 415-426 (in Persian).
20. Mahdavi, M. 2005. Applied hydrology. Tehran University Publication, Tehran, 401 Pages (in Persian).
21. Mahdian, M.H., M. Haydrizadeh and N.GH. Gheiasi. 2011. Regional analysis of annual water yield with different return periods in Iranian centeral basins. Research final report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 45 Pages (in Persian).
22. Mooshakhian, Y., M. Ounagh, V. Bardi Shaikh, A.F. Mosaedi and A. Saadodin. 2012. Annual water yield regional models development in Khorasan-e Razavi selected basins. Proceeding of the First National Conference on Water Crisis and its Impacts. Mashhad Branch of Azad University, Mashhad (May 2002), Iran.
23. Mosely, M.P. 1981. Delineation of New Zeland hydrological regions. Hydrology, 49: 173-192.
24. Porhemmat, J., A.R. Eslami and B. Ghermezcheshmeh. 2012. Regional analysis of annual water yield with different return periods in eight regions of Iran. Research final report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 129 Pages (in Persian).
25. Porhemmat, J., R. Kazemi and B. Ghermezcheshmeh. 2012. Regional analysis of water yield and runoff coefficient in Karkheh basin. Research final report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 107 Pages (in Persian).
26. Porhemmat, J. 2013. Regional analysis of annual water yield with different return periods in 4th Region of Iran. Research final report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 73 Pages (in Persian).
27. Rahmati. S.H., J. Porhemmat, P. Daneshkar Arasteh and M. Haydarizadeh. 2011. Estimation of water yield and homogeneity of ungauged watershed in north-w of Iran using regional growing curve. Water and Irrigation Engineering, 1(1): 45-56 (in Persian).
28. Rezae, A. 2009. Regional analysis of annual water yield with different return periods in Sefid Rud. Research final report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 56 Pages (in Persian).
29. Samie, M., M. Mahdavi, B. Saghafian and M. Mohseni Saravi. 2006. Regional analysis of low flow in Tehran Province basins. Pajouhesh and Sazandegi, 58(1): 51-63 (in Persian).
30. Sankarasubramanian, A. and K. Srinivasan. 1999. Investigation and comparison of sampling properties of L-moments and conventional moments. Hydrology, 218: 13–34.
31. Subramanaya, K. 2000. Engineering hydrology, Teta McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Dehli, India, 392 pages.
32. Zeiaee, H. 2000. Principles of watershed management engineering. Emam Reza University Publication, 53 Pages (in Persian).
33. Wiltshires, S.E. 1986. Identification of homogeneous regions for flood frequency analysis. Hydrology, 84: 287-302.
34. XU, C.Y. and V.P. Singh. 2004. Review on regional water assessment models under stationary and changing climates. Water Resources Management, 18(6): 591-612.

Archive of SID

www.SID.ir