

مدل‌سازی تولید روان‌آب حوزه‌های آبخیز استان کردستان با استفاده از متغیرهای فیزیوگرافی و اقلیمی

بهار صلواتی^۱ - سیدحمیدرضا صادقی^{۲*} - عبدالرسول تلوری^۳

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۹

تاریخ پذیرش: ۸۸/۹/۲۲

چکیده

سیل از جمله پدیده‌هایی است که خسارات فراوانی به منابع وارد می‌سازد و همواره مورد توجه کارشناسان هیدرولوژی بوده است. از طرفی برآورد صحیح روان‌آب برای انجام تدابیر مناسب در راستای مهار و مدیریت بهینه آن ضروری است. با این وجود استفاده از مدل‌های مختلف تجربی موجود در برآورد روان‌آب با مشکلات فراوان همراه بوده است. به همین دلیل روش تحلیل منطقه‌ای در برآورد دبی با دوره‌های بازگشت معین با استفاده از ویژگی‌های حوزه آبخیز و ارائه مدل‌های مناسب کاربرد گسترده‌ای دارد. به این منظور در این تحقیق آمار دبی متوسط سالانه ۷ ایستگاه هیدرومتری استان کردستان در یک دوره ۳۰ ساله جمع‌آوری و مقادیر دبی متوسط برای دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله با استفاده از نرم‌افزار SMADA به دست آمد. سپس رابطه مقادیر دبی متوسط با دوره‌های بازگشت مختلف و ۲۶ خصوصیت فیزیوگرافی و اقلیمی هر یک از حوزه‌های آبخیز با استفاده از رگرسیون‌های دو و چند متغیره بررسی و مدل‌های مناسب برای هر یک از دوره‌های بازگشت با استفاده از نرم‌افزار SPSS 13.5 تهیه و اهمیت بخشی هر یک از آن‌ها نیز مشخص شد. نتایج مدل‌سازی طی تحقیق حاضر نشان‌گر غلبه انواع رگرسیون غیرخطی بر رگرسیون خطی و همچنین اهمیت متغیرهای مساحت، طول آبراهه اصلی و ضریب گراولوس در اکثر مدل‌های نهایی بود. نتایج به دست آمده همچنین بر تغییرپذیری متغیرها و اهمیت آن‌ها در تعیین دبی با دوره‌های بازگشت و ماه‌های مختلف و طبعاً بر ضرورت استفاده از مدل مناسب در تخمین روان‌آب حوزه‌های آبخیز استان کردستان دلالت داشته است.

واژه‌های کلیدی: استان کردستان، خصوصیات فیزیوگرافی، دوره بازگشت دبی، مدل‌سازی سیل

مقدمه

تا امکان بهینه‌سازی عملیات اجرایی در سطوح کوچک‌تر و خطرناک‌تر فراهم شود (۵ و ۳۰). کنترل سیل و شناخت مناطق سیل‌خیز در ایران نیز به دلیل وقوع سیل‌های متعدد ضروری است. استان کردستان به دلیل کوهستانی بودن و بارش متوسط سالیانه حدود ۴۰۰ میلی‌متر سیل‌های متعددی در زیرحوزه‌های آبخیز آن اتفاق می‌افتد و سالیانه خسارت جانی و مالی فراوانی را به همراه دارد. از این‌رو تعیین زیرحوزه‌های آبخیز بحرانی از نظر تولید روان‌آب حائز اهمیت بوده و زمینه‌ساز هدایت آسان‌تر متخصصان و مدیران بخش‌های اجرایی به نواحی بحرانی و کنترل بهتر و سریع‌تر فرآیند تولید روان‌آب با بیش‌ترین بازدهی اقتصادی است.

تحقیقات در زمینه مدل‌سازی ناحیه‌ای روان‌آب از دو دهه پیش آغاز شده است. لوگان و تانگ (۲۹)، در راستای دست‌یابی به مدل برآورد دبی جریان متوسط سالیانه در ۱۵ حوزه آبخیز نیوزلند، از پارامتر مساحت و طول آبراهه اصلی و متغیر بارندگی متوسط سالیانه استفاده نمود. استامی و هس (۳۶) برای تحلیل منطقه‌ای سیلاب رودخانه‌های

بررسی دقیق مجموعه عوامل مؤثر بر تخریب محیط زیست نشان می‌دهد که دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در عرصه‌های آبخیز، تغییر کاربری اراضی، توسعه سطوح غیر قابل نفوذ و امثال آن احتمال سیل‌خیزی در مناطق گوناگون را افزایش داده است. سیل سالانه به‌طور میانگین جان ۲۶۰۰۰ نفر انسان را در سطح دنیا گرفته و بر زندگی ۷۵ میلیون دیگر اثر سوء اقتصادی زیادی برجا می‌گذارد (۹).

اولین اقدام کاهش خطر سیل، مهار آن در زیرحوزه‌های آبخیز بالادست است. لذا باید مناطق با پتانسیل بالای تولید سیل شناسایی

۱-۲ به ترتیب دانش آموخته و دانشیار، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس مازندران، نور
* نویسنده مسئول: (Email: Sadeghi@modares.ac.ir)

۳ - دانشیار و پژوهشگر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کل کشور

مدل‌های مناسب برای هر یک از دوره‌های بازگشت را ارائه کردند. با بررسی سوابق مطالعاتی انجام شده در خارج از کشور و در ایران می‌توان جمع‌بندی نمود که در اکثر مطالعات انجام شده تعداد متغیرهای مستقل برآورد کننده دبی سیلاب به‌ندرت از ۱۰ عدد بیش‌تر بوده و اصولاً به داده‌های فیزیوگرافی و بعضاً اقلیم محدود شده است و نیز بارش با دوره‌های بازگشت مختلف و در مقیاس‌های کوچک زمانی و در تعامل با دبی با دوره‌های بازگشت مختلف بسیار کم‌تر و غالباً غیر مستقیم مورد بررسی قرار گرفته است. از این‌رو انجام مطالعه گسترده و تبیین نقش متغیرهای مختلف و لحاظ شرایط جامع آن‌ها خصوصاً در استان مرزی کردستان با توجه به عدم وجود مطالعات کامل مرتبط و نیز رخ‌داد سیل‌های مکرر و بزرگ حائز اهمیت فراوان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد بررسی

استان کردستان با وسعتی برابر با ۲۸۲۰۳۰۰ هکتار در غرب کشور واقع شده است. این استان در موقعیت جغرافیایی $34^{\circ}44'$ تا $36^{\circ}30'$ عرض شمالی و $45^{\circ}31'$ تا $48^{\circ}16'$ طول شرقی قرار دارد و از شمال به استان‌های آذربایجان غربی و زنجان، از جنوب به استان کرمانشاه، از شرق به استان‌های همدان و زنجان و از غرب به ناحیه سلیمانیه عراق محدود است. استان کردستان در عرصه سلسله جبال زاگرس قرار گرفته و قسمت اعظم آن کوهستانی است. استان کردستان دارای هشت حوزه آبخیز اصلی است که موقعیت عمومی و حوزه‌های آبخیز مهم آن در شکل ۱ نشان داده شده است.

ایستگاه‌های مطالعاتی و آماده‌سازی داده‌ها

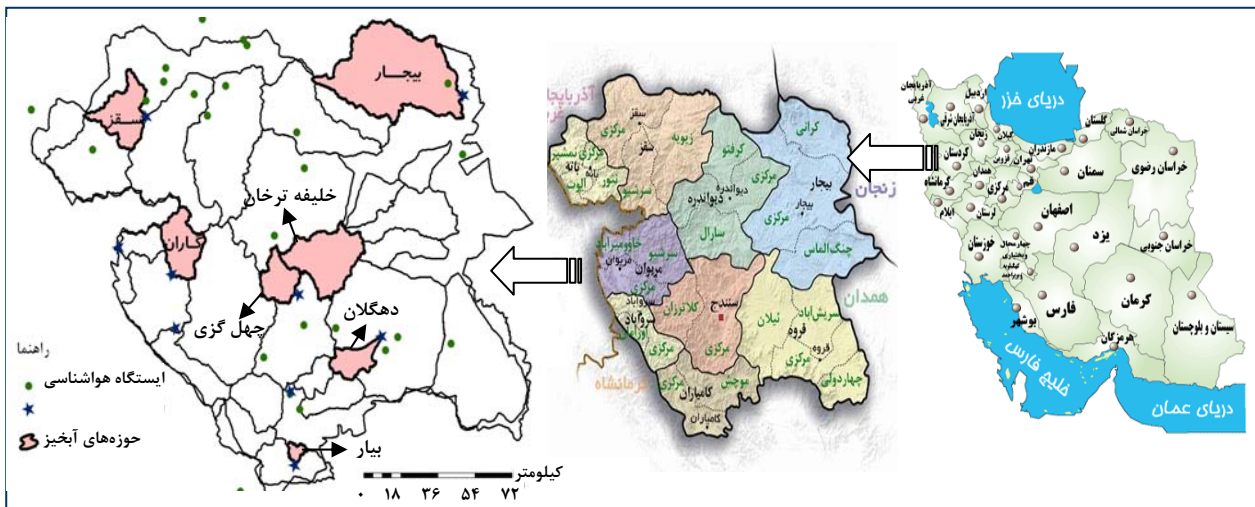
انجام مطالعه حاضر پس از بررسی اولیه داده‌های ۲۱ ایستگاه هیدرومتری موجود در استان و نهایی‌سازی و جمع‌آوری داده‌های دبی ماهانه و سالیانه تنها ۷ ایستگاه (بیجار، سقز، دهگلان، چهل‌گزی، خلیفه‌ترخان، بیار، گاران) تحت نظارت آب منطقه‌ای و تحقیقات منابع آب ایران با دوره آماری مشترک ۳۰ سال بین سال‌های آبی ۱۳۵۴-۱۳۵۴ تا ۱۳۸۴-۱۳۸۳ با مختصات مندرج در جدول ۱ میسر شد. برای بازسازی و هم‌چنین تکمیل داده‌ها در بعضی سال‌های آماری در یک ایستگاه و یا برای ایستگاه‌های ناقص، ابتدا رابطه همبستگی دو به دو بین ایستگاه‌های مذکور بررسی شد. روابط با همبستگی بالا به‌صورت خطی و با بیش‌ترین ضریب همبستگی انتخاب (۱۳ و ۲۱) و نسبت به تکمیل نواقص آماری اقدام گردید. نظر به ضرورت دستیابی به مقادیر کمی متغیرهای مستقل برای تهیه مدل‌های رگرسیونی، برآورد دبی با دوره‌های بازگشت مختلف، ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ در مقیاس زمانی ماهانه، کلیه نقشه‌های مورد نیاز شامل توپوگرافی، شبکه آبراهه‌ای در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ جمع‌آوری شد.

ایالت جورجیای^۱ آمریکا از آمار ۴۲۶ ایستگاه موجود در منطقه استفاده کردند. در این بررسی با استفاده از روش تحلیل رگرسیون خطی چند متغیره بین پارامترهای فیزیکی و اقلیمی حوزه آبخیز با دبی‌های سیلابی حاصل از توزیع احتمالی پیرسون تیپ ۳، مدل‌های برآورد دبی سیلاب منطقه‌ای را ارائه کردند. هم‌چنین این تحقیق نشان داد که سطح حوزه معنی‌دارترین متغیر مرتبط با دبی سیلابی می‌باشد. جلدسن و همکاران (۲۸) در تجزیه و تحلیل منطقه‌ای سیلاب در افریقای جنوبی بر ضرورت استفاده از مدل‌های شاخصی^۲ برای لحاظ متغیرهای متعدد در مدل‌سازی سیلاب تأکید داشتند. تلوری و اسلامی (۳۸)، روش‌های تحلیل منطقه‌ای سیلاب در دو منطقه خزر شرقی و غربی بر مبنای پارامترهای فیزیوگرافی و هیدرولوژیکی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آنان نشان داد که مساحت، شیب متوسط وزنی، ارتفاع متوسط، طول آبراهه اصلی، تراکم زهکشی و بارندگی متوسط سالیانه حوزه آبخیز، روابط همبستگی خوبی با دبی‌های حداکثر لحظه‌ای در دوره‌های بازگشت مختلف داشته‌اند. در این میان مهم‌ترین عامل در تولید جریان سیلابی مساحت تعیین گردید. ژو و دی (۴۰) در بررسی ارتباط جریان‌های رودخانه‌ای، زیرزمینی و روان‌آب با خصوصیات فیزیکی حوزه آبخیز و در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی^۳ نشان دادند که تمام مدل‌های رگرسیونی به‌دست آمده از ضریب تبیین بیش از ۰/۹۴ و خطای تخمین کم برخوردار بودند. در ایران نیز قاسم‌پور (۱۷)، مدل‌های منطقه‌ای برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب سالانه با دوره‌های بازگشت ۵ تا ۲۰ ساله برای منطقه غرب مازندران را ارائه کرد. ایشان به‌منظور انتخاب توزیع‌های مناسب آماری از نرم‌افزار HYFA استفاده نمود. سپس مقادیر اصلی و لگاریتمی دبی با دوره‌های بازگشت مختلف را به‌عنوان متغیر وابسته و خصوصیات فیزیوگرافی و اقلیمی را به‌عنوان متغیر مستقل در روابط رگرسیون چندگانه با روش‌های پیش‌رو و پس‌رو مورد بررسی قرار داد و در نهایت مناسب‌ترین مدل برای تخمین دبی‌های با دوره‌های بازگشت مختلف را ارائه نمود. نتایج ایشان نیز نشان داد که مساحت مهم‌ترین پارامتر مؤثر در تولید سیلاب بوده است. داودی‌راد (۶) با انجام آزمون‌های تحلیل عاملی، تحلیل خوشه‌ای و توابع متمایز کننده، عوامل مستقل مؤثر بر حداکثر سیلاب لحظه‌ای در ۲۳ حوزه آبخیز کویر مرکزی را مشخص کرد. توکلی و رستمی‌نیا (۲) با استفاده از آمار دبی حداکثر لحظه‌ای سالانه ۱۱ ایستگاه هیدرومتری استان ایلام در یک دوره ۳۰ ساله و انجام آزمون‌های همگنی و کفایت آماری با استفاده از توزیع مناسب آماری، مقادیر دبی حداکثر لحظه‌ای برای دوره‌های بازگشت ۲ تا ۱۰۰۰ ساله را به‌دست آوردند. در نهایت بین مقادیر دبی و ۱۴ خصوصیت فیزیوگرافی و بارندگی متوسط هر یک از زیرحوزه‌ها با رگرسیون چند متغیره ارتباطات لازم را بررسی و

1- Jourjia

2- Indexed Based Models

3- Geographic Information System, GIS



(شکل ۱) - موقعیت عمومی حوزه‌های آبخیز، ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری موجود در استان کردستان

(جدول ۱) - مشخصات اصلی ایستگاه‌های هیدرومتری با طول آماری ۳۰ سال برای مدل‌سازی تولید روان‌آب در استان کردستان

ردیف	ایستگاه		طول جغرافیایی (دقیقه-درجه)	عرض جغرافیایی (دقیقه-درجه)	ارتفاع (متر)	مساحت حوزه آبخیز (کیلومتر مربع)
	شماره	نام				
۱	۱۷۰۰۹	بیجار	۴۷-۵۳	۱۰-۳۶	۱۴۵۰	۱۸۰۲/۷
۲	۲۱۰۲۳	خلیفه‌ترخان	۴۷-۳	۳۰-۳۵	۱۴۹۰	۶۸۹/۸
۳	۲۱۰۳۳	سرچشمه	۴۶-۱۸	۳۲-۳۵	۱۳۲۰	۳۹۹/۴
۴	۱۷۰۸۳	دهگلان	۴۷-۲۵	۱۷-۳۵	۱۸۲۰	۲۲۱/۷
۵	۲۱۱۳۷	بیار	۴۶-۵۶	۰۵-۳۵	۱۵۵۰	۴۸/۲
۶	۳۳۰۰۷	قباقلو	۴۶-۱۰	۱۱-۳۶	۱۵۰۰	۴۵۳/۵
۷	۲۱۳۳۹	چهل‌گزی	۴۶-۵۸	۲۸-۳۵	۱۴۹۰	۲۷۱/۷

شیب‌های مختلف به‌منظور استفاده در تحقیق حاضر با استخراج نقشه‌های جهت^۱ و شیب^۲ از نقشه رقومی ارتفاعی^۳ منطقه و تبدیل آن‌ها به نقشه‌های وکتور^۴ مورد ارزیابی قرار گرفتند. فراوانی آبراهه‌ها^۵ نیز از تقسیم تعداد کل آبراهه‌ها در واحد سطح حوزه آبخیز به‌دست آمد (۳۷). ضریب گراولوس یا ضریب فشردگی^۶ با استفاده از حاصل ضرب ضریب ۰/۲۸ در نسبت محیط حوزه آبخیز به جذر مساحت آن محاسبه شد (۱۶). در تحقیق حاضر تراکم زهکشی^۷ مربوط به آبراهه‌های درجه ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و کل (۲۱) به‌طور جداگانه

جمع‌آوری و تهیه اطلاعات فیزیوگرافی و اقلیمی

در ادامه کلیه متغیرهای مستقل شامل متغیرهای فیزیوگرافی و اقلیمی و نتایج مرتبط با هر یک از آنها تعیین گردید. ملاک انتخاب نوع متغیرهای مستقل، مؤثر بودن در تولید روان‌آب، سهولت دسترسی و اعتماد در اندازه‌گیری، اهمیت متغیر در منطقه مورد مطالعه و در نهایت استفاده از متغیرهای مذکور در سایر تحقیقات پیشین بوده است.

در مقوله خصوصیات فیزیوگرافی، کلیه متغیرهای مساحت، محیط، طول آبراهه، مجموع طول آبراهه‌ها، ارتفاع حداکثر، ارتفاع حداقل، ضریب فشردگی، ضریب کشیدگی و طول حوزه آبخیز (۲، ۳، ۴، ۶، ۱۱، ۱۴، ۱۶، ۱۸، ۲۱، ۲۳، ۲۹، ۳۳، ۳۵، ۳۶، ۳۷ و ۳۹) هر ناحیه در محیط GIS و پس از تعیین محدوده هر حوزه آبخیز با استفاده از الحاقیه X-Tools در محیط ArcGIS 9.2 (۱۶) محاسبه شد. درصد اشغال جهات شمالی، جنوبی، شرقی و غربی و درصد

1- Aspect
2- Slope
3- Digital Elevation Model, DEM
4- Vector Maps
5- Stream Frequency
6- Compactness Coefficient
7- Drainage Density

بالا تر (۱۲) انجام شد. در این مرحله داده‌های دبی با دوره‌های بازگشت مختلف به‌عنوان متغیر وابسته و داده‌های مربوط به ویژگی‌های فیزیوگرافی و اقلیمی به‌عنوان متغیرهای مستقل وارد محاسبات گردید. هم‌چنین برای در نظر گرفتن رگرسیون غیرخطی چندگانه نیز ابتدا متغیرهای مستقل به‌صورت‌های لگاریتمی در مبنای ۱۰، توان دو، توان سه و سپس مدل رگرسیون خطی حالت‌های مختلف انجام شد (۱۳). در انجام تجزیه و تحلیل رگرسیون چندگانه، به‌دلیل زیاد بودن تعداد متغیرهای مستقل، از روش آماری تجزیه و تحلیل عاملی پس از استاندارد کردن متغیرهای مستقل (۸ و ۱۵) و پس از انتخاب تعداد عامل‌ها با کمک آزمون Bartlett (۱۹) استفاده شد.

در فرآیند مدل‌سازی و برای تأیید توانایی یک یا چند متغیر مستقل در تخمین متغیر وابسته، بخشی از داده‌های موجود برای واسنجی و حدود یک سوم داده‌ها نیز برای تأیید مدل‌ها مورد استفاده قرار گرفت (۲۶). ارزیابی مدل‌های تهیه شده با استفاده از معیارها و شاخص‌های متعددی از جمله ضریب همبستگی^۴، اشتباه استاندارد^۵، خطای نسبی^۶ تخمین و تأیید (رابطه ۱) و مجذور میانگین مربعات خطا^۷ (رابطه ۲)، انجام پذیرفت.

$$RE = \left| \frac{Y_o - Y_E}{Y_o} \right| \times 100 \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_o - Y_E)^2}{N}} \quad (2)$$

که در روابط ارائه شده RE درصد خطای نسبی، Y_o مقدار مشاهده‌ای متغیر وابسته، Y_E مقدار تخمینی متغیر وابسته، RMSE مجذور میانگین مربعات خطا و N تعداد مشاهدات می‌باشد.

مدل‌هایی با ضریب همبستگی معنی‌دار در سطح کوچک‌تر از ۵ درصد، خطای استاندارد و مجذور میانگین مربعات خطا کم‌تر و نیز درصد خطای تخمین کم‌تر از ۴۰ درصد و تأیید کم‌تر به‌عنوان مدل‌های برتر انتخاب شدند (۱۲ و ۳۴). بدیهی است انتخاب نهایی مدل‌های با خصوصیات آماری مشابه بر اساس تعداد محدودتر متغیرهای مستقل و نیز قابلیت دستیابی و یا محاسبه آنها (۱۹) صورت گرفت. هم‌چنین در خصوص تأیید مدل‌های منطقه‌ای تهیه شده، از تعداد کل ۷ حوزه آبخیز قابل استفاده در مطالعه و پراکنده در سطح استان (شکل ۱) و برخورداری از سطحی معادل حدود ۱۴ درصد

تعیین گردید. ضریب یا نسبت ناهمواری^۱ نیز به‌صورت نسبت اختلاف ارتفاع دو نقطه به فاصله افقی همان دو نقطه تعریف و برای کلیه حوزه‌های آبخیز (۲۱) محاسبه شد. نمره ناهمواری^۲ مربوط به کلیه زیرحوزه‌های مورد مطالعه نیز به‌صورت حاصل ضرب ناهمواری یا اختلاف ارتفاع در تراکم زهکشی محاسبه گردید (۳۷).

متغیرهای اقلیمی شامل، حداکثر بارندگی ماهانه با دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله (۲، ۷، ۱۱، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۱ و ۳۶) در ۲۸ ایستگاه هواشناسی با استفاده از نرم‌افزار SMADA (۲۳) تعیین گردید. برای برازش بارش بین ایستگاه‌های بارندگی بر ایستگاه‌های هیدرومتری از دو روش رسم خطوط هم‌باران و گرادیان بارندگی استفاده شد. به‌دلیل سهولت محاسبه و عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین دو روش مذکور، از گرادیان بارندگی برای ارزیابی مقدار بارش با دوره‌های بازگشت مختلف در محدوده هر ایستگاه هیدرومتری استفاده شد. با توجه به موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری و نحوه پراکنش ایستگاه‌های هواشناسی، ایستگاه‌های مجاور هر ایستگاه هیدرومتری مشخص و گرادیان بارندگی مربوط به هر ماه در هر دوره بازگشت به‌صورت جداگانه محاسبه شد. متغیر دبی با دوره‌های بازگشت مختلف (۲ و ۲۵) نیز با استفاده از داده‌های هیدرومتری و پس از رفع نواقص آماری و با تکیه بر منابع موجود در این زمینه به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد و با استفاده از نرم‌افزار SMADA (۱۸) تعیین گردید. بعد از جمع‌آوری، تکمیل، بازسازی و تدوین کلیه داده‌های مورد نیاز، نرمال بودن داده‌های مستقل و وابسته با استفاده از آزمون کلموگراف اسمیرنوف^۳ انجام گرفت (۱۵).

مدل‌سازی روابط

در تحقیق حاضر ارتباط رگرسیونی دو متغیره بین مقادیر دبی با دوره بازگشت و در ماه‌های متفاوت به‌عنوان متغیر وابسته و متغیرهای فیزیوگرافی و اقلیمی به‌عنوان متغیر مستقل (۱۸) به‌صورت دو به دو بررسی شد. مدل‌هایی با ضریب همبستگی معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و به‌ترتیب مساوی یا بزرگ‌تر از ۰/۷۰۸ و ۰/۵۷۲ با لحاظ درجه آزادی متناسب (۲۱) با تعداد ایستگاه‌های شش‌گانه مورد استفاده در مرحله واسنجی و تهیه مدل و از بین آن‌ها مدل‌های با ضریب همبستگی بالاتر به‌عنوان مدل‌های نهایی (۱۲) انتخاب شدند.

برای تعیین ارتباط خطی بین متغیرهای مستقل و وابسته، آزمون رگرسیون خطی چندگانه نیز مورد استفاده قرار گرفت. محاسبات رگرسیون چندگانه با استفاده از روش گام به گام (۱۵) به‌دلیل دقت

4- Correlation Coefficient

5- Standard Error of Estimate

6- Relative Error

7- Root Mean Square of Error

1- Relief Ratio

2- Ruggedness Number

3- Kolmogorov-Smirnov

به‌عنوان مدل نهایی با خطای تخمین و تأیید پایین و نیز مجموع مربعات خطای باقیمانده کم‌تر برگزیده شدند. از نتایج این مرحله از مدل‌سازی در حوزه‌های آبخیز مطالعاتی برای نمونه دوره بازگشت ۲۵ سال در جدول ۵ آورده شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از رگرسیون دو متغیره نشان داد که در ماه مهر عامل مساحت بر دبی متوسط ماهیانه در دوره‌های بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله به‌طور مستقیم مؤثر می‌باشد که با نتایج جلالی (۳)، موحد دانش و مفاخری (۲۰)، سلیمانی (۱۰)، مهدوی و هاشمی (۲۲)، داودی‌راد (۶)، داودی‌راد و مهدوی (۷)، چاوشی بروجنی و اسلامیان (۴)، غیائی و همکاران (۱۴)، سلیمانی و همکاران (۱۱)، تلوری و اسلامی (۳۸)، میمیکو و رائو (۳۰)، کمپبل و سایدل (۲۴)، لوگان و تانگ (۲۹)، ریگس (۳۲)، استامی و هس (۳۶)، گرالند (۲۵) و روغنی و همکاران (۳۳) در خصوص نقش مساحت در تبیین مقادیر دبی حوزه‌های آبخیز نقاط مختلف جهان مطابقت دارد و با نتایج پوراغنیایی (۱) و توکلی و رستمی‌نیا (۲) در رابطه با توانایی سایر متغیرها در تبیین دبی حوزه‌های آبخیز مطالعاتی خود مغایرت دارد. برای دوره‌های بازگشت ۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ عامل طول آبراهه اصلی بر میزان دبی مؤثر بوده است. در ماه‌های آبان، آذر، دی و اردیبهشت در دوره‌های بازگشت ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ تنها عامل تأثیرگذار بر دبی ضریب گراولیوس می‌باشد.

از استان کردستان، ۶ حوزه آبخیز برای مرحله مدل‌سازی و واسنجی و یک حوزه آبخیز نیز برای مراحل تأیید و ارزیابی عمل‌کرد مدل‌های نهایی به‌دست آمده استفاده شد.

نتایج

نتایج مربوط به متغیرهای فیزیوگرافی و اقلیمی

کلیه داده‌های مستقل مورد نیاز برای مدل‌سازی تولید روان‌آب در استان کردستان با توجه به روش کار ارائه شده و نیز تهیه بیش از ۶۷۲ مدل گرادیان بارش حاصل شد. کلیه نتایج حاصل از محاسبه متغیرهای مستقل فیزیوگرافی، داده‌های بارش با دوره‌های بازگشت مختلف و نیز مقادیر دبی با دوره بازگشت مختلف در جداول (۲) تا (۴) خلاصه شده است.

مدل‌های رگرسیونی دو و چند متغیره تهیه شده

روابط دو متغیره دبی و عوامل فیزیوگرافی و اقلیمی از طریق بررسی رابطه بین هر کدام از ۹۶ متغیر وابسته (دبی با دوره‌های بازگشت مختلف برای هر ماه سال) با هر کدام از ۲۶ متغیر مستقل فیزیوگرافی و اقلیمی به‌صورت خطی، معکوس، توان دوم، توان سوم، لگاریتمی و نمایی انجام شد. از میان حالت‌های ممکن برای هر کدام از متغیرهای وابسته ۲۸۷۴۶ مدل حاصل شد. حدود ۹۰۰ مدل با سطح معنی‌داری قابل قبول پایین و ضریب تبیین بالا انتخاب شدند. در نهایت با در نظر گرفتن تنها انتخاب یک مدل برای هر ماه، ۷۰ مدل

(جدول ۲) - مجموعه متغیرهای مستقل به‌دست آمده برای هر یک از حوزه‌های آبخیز مطالعاتی برای مدل‌سازی روان‌آب در استان کردستان

حوزه آبخیز		بیجار دهگلان خلیفه‌ترخان چهل‌گزی گاران سقز بیجار										
متغیر												
ارتفاع	اختلاف ارتفاع حداکثر و حداقل (متر)	۷۸۲	۹۰۰	۱۳۱۱	۱۲۷۵	۱۲۷۸	۱۱۹۵	۱۶۰۵				
	ارتفاع حداکثر (متر)	۲۲۸۸	۲۷۰۳	۲۸۷۵	۲۸۲۴	۲۶۰۰	۲۶۹۷	۳۰۴۵				
	ارتفاع حداقل (متر)	۱۵۰۶	۱۸۰۳	۱۵۶۴	۱۵۴۹	۱۳۲۲	۱۵۰۲	۱۴۴۰				
	مساحت (کیلومتر مربع)	۴۸/۱۹	۲۲۱/۶۷	۶۸۹/۸۴	۲۷۱/۶۸	۳۹۹/۳۵	۴۵۳/۴۵	۱۸۰۲/۷				
	محیط (کیلومتر)	۳۳/۷۵	۷۹/۶۱	۱۳۷/۳۵	۸۲/۶۶	۹۵/۳۹	۱۲۰/۱۲	۲۲۹/۷۳				
	ضریب فشردگی	۱/۳۸	۱/۵۱	۱/۴۸	۱/۴۱	۱/۳۵	۱/۵۹	۱/۵۳				
	ضریب کشیدگی	۰/۸۶	۰/۶۱	۰/۸۷	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۸	۰/۶۵				
	طول حوزه (کیلومتر)	۹/۱۵	۲۷/۴۴	۳۴/۰۳	۲۴/۴۲	۲۹/۵۷	۳۰/۱۵	۷۳/۵				
	شیب	درصد غرب	۲۷/۲۲	۱۵/۸۲	۲۵/۲۱	۲۴/۴۸	۲۶/۴۳	۲۲/۵۴	۱۸/۹۱			
		درصد شرق	۲۱/۲۷	۳۶/۶۱	۲۶/۹۵	۳۰/۳۴	۲۱/۵۶	۲۴/۵۸	۲۹/۹۶			
درصد جنوب		۳۷/۱۶	۲۰/۱	۲۷/۰۳	۲۸/۹	۲۹/۳۴	۲۵/۱۸	۳۲/۴۶				
درصد شمال		۱۴/۳۶	۲۷/۴۷	۲۰/۸	۱۶/۳۱	۲۲/۶۷	۲۷/۶۹	۱۸/۷۷				
شیب	۵-۰ درصد	۸۹	۳۲/۷۱	۱۱/۲۱	۱/۹۸	۱/۲	۱/۷۲	۲۴/۷۱				
	۵-۱۲ درصد	۱۰/۹۷	۲۲/۰۱	۳۹/۸۲	۱۳/۰۶	۵/۳۳	۱۰/۹۵	۴۴/۶				
	۱۲-۴۵ درصد	۰/۰۳	۴۲/۸	۴۷/۹۴	۸۱/۲۳	۷۷/۱۵	۷۸/۰۸	۲۹/۹۸				
	بیش از ۴۵ درصد	۰/۰۰	۲/۴۸	۱/۰۲	۳/۷۳	۱۶/۳۱	۹/۲۵	۰/۷				

جدول (۳) داده‌های بارش با دوره‌های بازگشت مختلف (سال) در حوزه‌های آبخیز مطالعاتی استان کردستان

حوزه آبخیز	دوره بازگشت (سال)	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	
گاران	۲	۵/۳۵	۳۷/۶۳	۵۱/۴۰	۴۰/۳۳	۶۵/۴۸	۴۹/۵۹	۷۰/۰۵	۶۸/۹۷	۲۵/۳۸	۵/۰۸	۲/۰۵	۰/۲۲	
	۵	۳۰/۴۸	۹۵/۶۷	۹۵/۷	۸۴/۶۷	۹۷/۲۳	۱۰۱/۲۲	۱۲۴/۹	۱۱۲/۵۲	۵۲/۱۸	۱۱/۰۵	۷/۴۲	۴/۴۸	
	۱۰	۴۷/۵۸	۱۲۷/۷۶	۱۲۷/۷۳	۱۰۶/۹۳	۱۲۴/۴۱	۱۲۱/۹۴	۱۴۵/۴۶	۱۴۴/۰۱	۶۷/۷۶	۱۵/۵۹	۱۰/۹۹	۶/۹۵	
	۲۰	۶۵/۷۵	۱۵۸/۹۵	۱۶۰/۱۴	۱۲۸/۹۸	۱۵۲/۲۰	۱۴۰/۸۴	۱۶۳/۲۶	۱۷۵/۴۷	۸۲/۶۰	۲۰/۵۳	۱۴/۴۵	۹/۴۰	
	۲۵	۷۱/۸۶	۱۶۸/۸۹	۱۷۰/۷۳	۱۳۶/۰۷	۱۶۱/۲۹	۱۴۶/۷۲	۱۶۸/۴۷	۱۸۵/۶۵	۸۷/۳۰	۲۱/۹۹	۱۵/۷۵	۷	
	۵۰	۹۲/۱۶	۱۹۹/۸۵	۲۰۳/۶۶	۱۵۸/۴۹	۱۹۰/۷۲	۱۶۴/۷۰	۱۸۴/۰۳	۲۱۷/۷۵	۱۰۱/۸۸	۲۷/۲۴	۱۹/۳۴	۶۰/۱۲	
	۱۰۰	۱۱۴/۲۲	۲۳۱/۲۸	۲۳۷/۴۲	۱۸۱/۳۷	۱۷۳/۰۰	۱۸۲/۱۱	۱۹۸/۶۶	۲۵۰/۵۶	۱۱۶/۴۵	۳۲/۴۱	۲۳/۰۵	۱۵/۱۲	
	۲۰۰	۱۳۸/۱۱	۲۶۳/۰۶	۲۷۱/۹۰	۲۰۴/۸۰	۲۵۵/۰۲	۲۱۳/۲۹	۲۱۳/۲۹	۲۸۴/۱۴	۱۳۱/۳۱	۳۷/۹۷	۲۶/۶۶	۱۷/۲۸	
	قیابلو	۲	۳/۰۴	۴۰/۴۶	۶۰/۷۹	۵۰/۹۲	۶۹/۹۱	۶۶/۴۸	۸۷/۶۳	۹۴/۱۲	۴۴/۹۰	۹/۱۸	۴/۳۳	۰/۴۶
		۵	۲۳/۲۵	۹۸/۴۸	۱۰۷/۴۵	۸۸/۳۹	۱۰۴/۲۴	۹۹/۱۳	۱۲۸/۶۹	۱۴۹/۱۲	۷۹/۶۵	۱۸/۳۴	۱۲/۶۶	۱/۳۶
۱۰		۴۰/۵۰	۱۳۹/۸۴	۱۳۸/۴۷	۱۰۳/۴۰	۱۲/۹۴	۱۱۷/۷۶	۱۵۳/۱۱	۱۸۸/۳۵	۱۰۲/۶۰	۲۴/۳۲	۱۸/۰۲	۱/۹۱	
۲۰		۵۹/۴۳	۱۸۱/۵۵	۱۶۸/۲۶	۱۳۷/۴۶	۱۴۷/۶۸	۱۳۴/۹۱	۱۷۴/۹۳	۲۲۷/۷۷	۱۲۴/۴۱	۳۰/۰۳	۲۳/۰۷	۲/۳۲	
۲۵		۶۶/۱۰	۱۹۴/۹۸	۱۷۷/۷۵	۱۴۵/۱۹	۱۵۴/۲۰	۱۳۸/۸۲	۱۸۱/۵۷	۲۴۰/۴۹	۱۳۱/۴۶	۳۱/۹۶	۲۴/۶۵	۲/۵۳	
۵۰		۸۸/۱۸	۲۳۸/۰۲	۲۰۶/۹۱	۱۶۸/۸۰	۱۳۷/۶۵	۱۵۲/۹۶	۲۰۱/۴۹	۲۸۰/۸۶	۱۵۲/۷۶	۳۷/۵۲	۲۹/۶۶	۲/۹۶	
۱۰۰		۱۱۲/۹۷	۲۸۲/۶۹	۲۳۶/۱۸	۱۹۲/۵۹	۱۹۲/۵۲	۱۶۶/۱۲	۲۲۰/۳۴	۳۲۲/۳۴	۱۷۴/۲۹	۴۳/۱۰	۳۴/۲۱	۳/۱۵	
۲۰۰		۱۴۰/۴۳	۳۲۹/۱۹	۲۶۵/۶۶	۲۱۶/۲۸	۲۱۰/۹۳	۱۷۸/۸۲	۲۳۸/۴۹	۳۶۵/۳۲	۱۹۵/۸۱	۴۸/۸۲	۳۸/۸۳	۳/۵۳	
بیار		۲	۱۴/۵۷	۶۲/۵۸	۴۷/۵۰	۵۵/۴۶	۵۷/۸۰	۸۳/۶۱	۱۰۴/۷۶	۴۸/۱۸	۸/۰۲	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۹۰
		۵	۴۳/۲۸	۱۰۸/۰۸	۹۳/۲۰	۸۵/۰۲	۱۰۲/۵۲	۱۲۹/۱۳	۱۴۵/۸۷	۸۷/۲۴	۲۲/۱۱	۲/۴۳	۱/۹۹	۷/۸۳
	۱۰	۶۴/۴۲	۱۳۷/۴۳	۱۳۰/۳۵	۱۰۶/۱۳	۱۳۸/۵۶	۱۵۸/۹۶	۱۶۷/۶۷	۱۱۶/۱۵	۳۱/۹۰	۵/۲۹	۳/۴۴	۱۲/۳۲	
	۲۰	۸۶/۰۶	۱۶۴/۴۳	۱۶۹/۱۱	۱۳۷/۴۱	۱۷۷/۵۷	۱۸۷/۵۹	۱۸۶/۰۳	۱۴۴/۸۰	۴۱/۹۶	۸/۹۰	۵/۰۸	۱۶/۶۸	
	۲۵	۹۳/۱۷	۱۷۳/۰۰	۱۸۱/۹۰	۱۳۴/۳۲	۱۹۰/۹۴	۱۹۶/۷۹	۱۹۱/۵۶	۱۵۴/۱۴	۴۵/۱۳	۱۰/۲۶	۵/۵۳	۱۸/۰۴	
	۵۰	۱۱۶/۰۰	۱۹۸/۵۳	۲۲۲/۵۳	۱۵۶/۵۰	۲۳۴/۷۹	۲۲۴/۷۰	۲۰۳/۸۶	۱۸۲/۹۱	۵۵/۲۱	۱۴/۵۱	۷/۴۰	۲۲/۲۶	
	۱۰۰	۱۴۰/۰۴	۲۲۳/۳۵	۲۶۴/۴۰	۱۷۹/۴۸	۲۸۲/۹۳	۲۵۲/۴۴	۲۲۱/۱۴	۲۱۲/۱۱	۶۵/۵۲	۹/۱۹	۹/۲۶	۲۶/۵۲	
	۲۰۰	۱۶۵/۳۵	۲۴۷/۸۱	۳۰۷/۵۰	۲۰۳/۳۷	۳۳۵/۶۳	۲۸۰/۰۲	۱۲/۲۳۴	۲۴۱/۴۶	۷۶/۲۰	۲۴/۴۳	۱۱/۴۹	۳۰/۶۰	

فشاردهی و ارتفاع حداکثر و مرداد با طول آبراهه اصلی ارتباط دارد. در دوره‌های بازگشت ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله، فروردین با مجموع طول آبراهه‌ها و تراکم زهکشی، خرداد با بارش، ماه تیر با محیط، ماه مرداد با طول آبراهه اصلی، ماه شهریور با ارتفاع حداکثر حوزه آبخیز مرتبط می‌باشد. همچنین دقت در کلیه مدل‌های رگرسیونی حاصل از فرآیند مدل‌سازی مؤید کم‌ترین و بیش‌ترین خطای تخمین به ترتیب مربوط به رگرسیون چند متغیره دبی با دوره بازگشت ۲۵ سال برای ماه فروردین و رگرسیون دو متغیره دبی با دوره بازگشت ۵ سال برای ماه مرداد بوده است. از طرفی عمل کرد برتر مدل‌های رگرسیونی چند متغیره در مقایسه با دو متغیره به دلیل لحاظ نقش تجمعی عوامل مؤثر بر تولید روان‌آب مورد تأیید قرار گرفت. نتایج به دست آمده همچنین بر عدم امکان تهیه مدل قابل اعتماد از دیدگاه آماری برای برخی از ماه‌ها و در دوره‌های بازگشت خاص، به سبب تغییرپذیری عوامل و یا شدت اثر آن‌ها بر فرآیند تولید روان‌آب در ماه‌های مذکور دلالت داشته است.

نتایج حاصل از رگرسیون چند متغیره نیز نشان داد که حالت لگاریتمی متغیرهای مستقل در محاسبات بدون تجزیه و تحلیل عاملی و با تجزیه و تحلیل عاملی مناسب‌تر از بقیه حالات می‌باشد که با نتایج لوگان و تانگ (۲۹) مطابقت داشته و با نتایج سلیمانی و همکاران (۱۱) و توکلی و رستمی نیا (۲) به ترتیب مبنی بر ارجحیت مدل‌های توانی و خطی در تبیین دبی حوزه‌های آبخیز گرگان‌رود و استان ایلام مغایرت دارد. با توجه به نتایج حاصل از مدل‌های رگرسیونی بدون تجزیه و تحلیل عاملی، ماه مهر در دوره بازگشت دو ساله با متغیر مساحت، و اردیبهشت و تیر با بارش‌های متناظر خود مرتبط بوده‌اند. در دوره بازگشت پنج ساله، ماه اردیبهشت با بارش، خرداد با بارش و طول آبراهه اصلی، ماه تیر با بارش، ضریب فشاردهی و جهت شمال و ماه شهریور با ارتفاع حداقل ارتباط دارد. در دوره بازگشت ده ساله، ماه‌های مهر با محیط، تیر با بارش ارتباط دارد. در دوره‌های بازگشت ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰ ماه فروردین با بارش و مجموع طول آبراهه‌ها، خرداد با بارش و تراکم زهکشی، شهریور با ضریب

ادامه جدول (۳) - داده‌های بارش با دوره‌های بازگشت مختلف (سال) در حوزه‌های آبخیز مطالعاتی استان کردستان

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	دوره بازگشت (سال)	حوزه آبخیز
۰/۵۷	۰/۷۶	۱/۰۹	۷/۲۹	۴۲/۱۴	۳۵/۶	۳۱/۵۸	۱۹/۰۵	۱۴/۳۳	۳۹/۹۴	۳۴/۲۰	۷/۳۴	۲	دهگلان
۳/۳۴	۳/۵۲	۵/۰۴	۱۱/۴۰	۶۵/۸۳	۸۰/۶۸	۴۹/۱۹	۳۰/۵۷	۲۲/۶۲	۶۲/۰۲	۶۴/۰۸	۲۸/۲۹	۵	
۵/۲۴	۶/۳۰	۱۰/۰۷	۲۶/۰۸	۸۲/۴۶	۹۶/۱۶	۵۹/۲۰	۴۰/۰۳	۲۹/۰۵	۸۰/۷۳	۸۵/۱۸	۴۷/۰۱	۱۰	
۷/۳۳	۹/۰۳	۱۵/۹۲	۴۴/۰۴	۹۹/۴۹	۱۰۹/۴۵	۶۹/۵۸	۵۰/۰۴	۳۵/۶۵	۹۷/۸۰	۹۷/۸۰	۶۷/۴۲	۲۰	
۷/۹۵	۱۰/۰۷	۱۸/۱۱	۵۰/۳۷	۱۰۵/۲۴	۱۱۳/۴۸	۷۰/۱۹	۵۳/۳۳	۳۷/۱۸	۱۰۳/۰۰	۱۱۳/۷۳	۸۰/۱۸	۲۵	
۱۰/۳۲	۱۳/۲۲	۲۴/۸۶	۷۰/۳۷	۱۲۳/۶۲	۱۲۵/۳۷	۷۷/۵۵	۶۴/۱۵	۴۳/۶۱	۱۱۹/۱۹	۱۳۹/۵۶	۹۶/۵۶	۵۰	
۱۲/۷۳	۱۶/۴۴	۳۲/۴۸	۹۴/۱۴	۱۴۳/۴۸	۱۳۶/۲۸	۸۴/۳۸	۷۵/۷۶	۴۹/۳۸	۱۳۴/۴۹	۱۶۱/۱۶	۱۲۰/۰۴	۱۰۰	
۱۵/۴۰	۲۰/۱۵	۴۰/۴۲	۱۱۸/۶۸	۱۶۵/۰۰	۱۴۶/۶۲	۹۰/۵۷	۸۷/۸۹	۵۴/۸۱	۱۴۹/۵۰	۱۸۹/۰۸	۱۴۴/۶۷	۲۰۰	
۱/۰۹	۲/۳۰	۳/۶۱	۱۸/۴۶	۴۱/۲۳	۳۱/۲۶	۲۴/۸۴	۲۰/۹۱	۱۸/۵۵	۱۷/۴۳	۱۵/۱۰	۵/۶۸	۲	بیجار
۳/۴۹	۷/۴۵	۸/۶۰	۳۷/۳۱	۷۱/۰۷	۴۷/۸۰	۴۲/۴۶	۳۳/۱۹	۲۶/۰۰	۲۷/۹۶	۳۱/۸۰	۱۱/۲۲	۵	
۵/۳۸	۹/۶۷	۱۲/۱۹	۵۰/۴۱	۹۳/۸۲	۵۸/۱۰	۵۵/۶۳	۴۲/۶۰	۳۰/۴۸	۳۴/۰۶	۴۳/۳۱	۱۶/۴۷	۱۰	
۷/۲۶	۱۳/۲۰	۱۵/۳۱	۶۲/۴۰	۱۱۷/۲۹	۷۰/۵۲	۶۷/۸۸	۵۰/۸۸	۳۳/۵۴	۳۹/۹۰	۵۳/۲۳	۲۱/۸۸	۲۰	
۷/۹۵	۱۵/۸۰	۱۶/۵۸	۶۹/۳۳	۱۲۴/۹۶	۷۲/۷۵	۷۲/۱۵	۵۲/۹۱	۳۴/۸۵	۴۱/۴۸	۵۴/۸۰	۲۳/۴۷	۲۵	
۱۰/۲۲	۱۸/۶۰	۲۳/۰۰	۸۳/۹۹	۱۴۸/۵۳	۸۳/۱۸	۸۳/۹۷	۶۲/۴۴	۳۷/۳۱	۴۳/۳۰	۶۴/۳۲	۲۸/۹۹	۵۰	
۱۲/۵۳	۲۱/۸۸	۲۶/۶۰	۱۰۲/۴۵	۱۷۳/۷۶	۹۴/۶	۹۶/۴۶	۷۲/۴۴	۳۹/۸۷	۵۲/۳۸	۷۴/۷۰	۳۵/۶۹	۱۰۰	
۱۵/۰۹	۲۴/۲۶	۳۱/۶۰	۱۲۰/۴۸	۱۹۲/۲۰	۱۰۵/۲۸	۱۰۷/۸۰	۳۳/۱۱	۴۲/۵۳	۵۵/۴۹	۸۴/۸۰	۴۲/۳۳	۲۰۰	
۱/۰۳	۲/۶۹	۲/۷۹	۱۸/۷۳	۴۶/۸۸	۴۱/۵۷	۲۸/۰۳	۱۹/۷۳	۱۹/۰۷	۳۰/۲۶	۲۳/۱۸	۶/۴۰	۲	خلیفه ترخان
۳/۵۱	۷/۷۵	۸/۱۳	۳۶/۷۹	۷۰/۱۱	۶۲/۰۶	۴۳/۹۰	۳۲/۲۰	۲۸/۵۳	۵۱/۶۶	۴۷/۳۵	۱۷/۴۱	۵	
۵/۲۶	۱۱/۴۵	۱۳/۰۹	۴۹/۸۶	۸۰/۹۱	۷۴/۵۰	۵۴/۰۱	۴۰/۹۹	۳۳/۶۶	۶۵/۳۳	۶۲/۹۶	۲۶/۵۴	۱۰	
۷/۰۶	۱۵/۲۳	۱۸/۶۲	۶۳/۴۱	۱۰۱/۵۶	۸۵/۷۳	۶۳/۳۸	۵۰/۲۶	۳۷/۹۴	۷۸/۱۸	۷۷/۲۷	۳۶/۰۲	۲۰	
۷/۸۱	۱۶/۲۴	۲۰/۴۱	۶۷/۶۲	۱۰۶/۶۷	۸۹/۲۵	۶۶/۳۳	۵۳/۱۰	۳۹/۱۲	۸۲/۳۱	۸۲/۰۰	۳۹/۱۶	۲۵	
۹/۷۶	۲۰/۰۸	۲۶/۵۴	۸۱/۲۰	۱۲۲/۵۵	۹۹/۶۳	۷۵/۳۰	۶۲/۸۰	۴۲/۵۷	۹۴/۶۱	۹۵/۷۵	۴۹/۵۵	۵۰	
۱۱/۷۶	۲۳/۶۰	۳۳/۳۴	۹۴/۸۴	۱۳۸/۸۶	۱۰۹/۴۹	۸۳/۹۹	۷۲/۹۱	۴۵/۹۴	۱۰۶/۶۳	۱۰۹/۴۹	۶۰/۲۴	۱۰۰	
۱۴/۱۳	۲۷/۴۸	۴۰/۱۵	۱۰۸/۷۷	۱۵۵/۷۱	۱۱۹/۱۴	۹۲/۵۴	۸۳/۴۹	۴۸/۸۰	۱۱۸/۴۴	۱۲۳/۶۳	۷۱/۵۰	۲۰۰	
۰/۹۸	۲/۵۸	۲/۷۲	۱۸/۲۲	۴۶/۶۳	۴۲/۴۷	۲۹/۵۶	۲۱/۱۶	۲۰/۴۶	۳۱/۷۷	۲۳/۸۶	۶/۴۹	۲	چهل گزی
۳/۳۶	۷/۴۳	۷/۹۴	۳۵/۹۸	۷۰/۰۳	۶۳/۱۵	۴۶/۲۱	۳۴/۰۳	۳۰/۴۱	۵۵/۵۴	۴۸/۴۵	۱۷/۷۲	۵	
۵/۰۵	۱۱/۰۰	۱۲/۸۱	۴۹/۰۸	۸۰/۹۵	۷۵/۶۶	۵۶/۸۲	۴۳/۰۱	۳۵/۸۷	۶۷/۰۹	۶۴/۴۰	۲۶/۹۹	۱۰	
۶/۸۰	۱۴/۶۳	۱۸/۲۳	۶۲/۵۷	۱۰۱/۵۰	۸۶/۹۲	۶۶/۶۵	۵۲/۴۱	۴۰/۴۹	۷۹/۸۷	۷۹/۰۷	۳۶/۶۰	۲۰	
۷/۵۳	۱۵/۶۱	۱۹/۹۷	۶۶/۸۲	۱۰۶/۶۰	۹۰/۴۵	۶۹/۷۴	۵۵/۲۹	۴۱/۷۷	۸۳/۹۶	۸۳/۹۰	۳۹/۷۸	۲۵	
۹/۴۳	۱۹/۳۱	۲۵/۹۷	۸۰/۵۳	۱۲۲/۴۰	۱۰۰/۸۴	۷۹/۱۴	۶۵/۰۷	۴۵/۵۵	۹۶/۱۳	۹۵/۰۴	۵۰/۹۰	۵۰	
۱۱/۳۸	۲۲/۷۲	۳۲/۵۲	۹۴/۴۵	۱۳۸/۵۹	۱۱۰/۷۰	۸۸/۲۵	۷۵/۲۲	۴۹/۲۵	۱۰۷/۹۸	۱۱۲/۱۸	۶۱/۱۳	۱۰۰	
۱۳/۶۸	۲۶/۴۶	۳۹/۲۷	۱۰۸/۷۹	۱۵۵/۲۶	۱۲۰/۳۴	۹۷/۲۱	۸۵/۸۲	۵۲/۴۵	۱۱۹/۵۹	۱۲۶/۷۲	۷۵/۵۳	۲۰۰	

هیدرولوژیکی در قالب مدل‌های توزیعی^۱ مطابقت دارد.

تحقیق حاضر به منظور شناسایی و مدل‌سازی تولید روان‌آب با دوره‌های بازگشت مختلف و مستند بر داده‌های جامع جمع‌آوری شده هفت حوزه آبخیز در استان کردستان و کاربرد انواع مدل‌سازی دو و چند متغیره، تجزیه و تحلیل عاملی و شکل‌های مختلف داده‌های

این یافته با اظهارات جلدسن و همکاران (۲۸)، جونز و کی (۲۷) و موسی و همکاران (۳۱) به ترتیب مبنی بر ضرورت استفاده از مدل‌های شاخصی در تجزیه و تحلیل منطقه‌ای سیلاب در افریقای جنوبی برای لحاظ متغیرهای متعدد، وجود عدم یقین‌های زیاد در مدل‌سازی بارش-روان‌آب و نیز ضرورت لحاظ تغییرات مکانی در مدل‌سازی

عمل کرد مدل‌های تهیه شده با شواهد و قرائن منطقه‌ای، توسعه و تعمیم مطالعات مشابه با استفاده از آمار و اطلاعات دقیق‌تر و جامع‌تر در استان کردستان، بررسی امکان منطقه‌ای‌سازی مدل‌های تهیه شده به حوزه‌های آبخیز واقع در استان‌های هم‌جوار و بهره‌گیری از سایر شیوه‌های مدل‌سازی مبتنی بر روش‌های استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، منطق فازی و سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری و فرایند تحلیل سلسله مراتبی پیشنهاد می‌شود.

فیزیوگرافی و اقلیمی انجام گرفت. نتایج حاصل از تحقیق در مجموع دلالت بر امکان تهیه مدل‌های ساده و متفاوت برآورد سیلاب با بزرگی‌های مختلف با استفاده از متغیرهای ساده فیزیوگرافی داشته است. اگر چه تحقیق انجام شده حاصل تلاش‌های بسیار زیاد به‌کارگیری دیدگاه‌های مختلف مدل‌سازی در راستای درک سامانه‌های حاکم بر فرآیند تولید روان‌آب در حوزه‌های آبخیز استان کردستان بود لکن انجام تحقیقات مختلف با محوریت ارزیابی دقیق

(جدول ۴) - داده‌های مربوط به دبی با دوره‌های بازگشت مختلف (سال) در حوزه‌های آبخیز مطالعاتی در استان کردستان

ماه	دوره بازگشت (سال)							
	بیجار	سقز	گاران	چهل‌گزی	خلیفه	ترخان	دهگلان	
مهر	۲	۱/۲	۰/۳۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۱۸۷	۰/۰۳	
	۵	۲	۰/۸۸	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۳۳۴	۰/۰۴	
	۱۰	۲/۵۱	۱/۳۲	۰/۳۵	۰/۱۶	۰/۴۳۴	۰/۰۸	
	۲۰	۲/۹۸	۱/۷۹	۰/۶۲	۰/۲۳	۰/۵۲۹	۰/۱۴	
	۲۵	۳/۱۲	۱/۹۴	۰/۷۲	۰/۲۵	۰/۵۶	۰/۱۷	
	۵۰	۳/۵۶	۲/۴۳	۱/۰۸	۰/۳۲	۰/۶۵۲	۰/۲۶	
	۱۰۰	۳/۹۹	۲/۹۳	۱/۴۹	۰/۴	۰/۷۴۴	۱/۱۳	
	۲۰۰	۴/۴	۳/۴۵	۱/۹۴	۰/۴۸	۰/۸۳۵	۱/۵۶	
	آبان	۲	۱/۹۹	۱/۸۹	۰/۶۳	۰/۳۲۱	۰/۷۶	۰/۱۲
		۵	۳/۵۶	۶/۱	۱/۸۵	۰/۶۳۲	۱/۳۲	۰/۲۹
۱۰		۴/۸۵	۱۰/۸۷	۲/۹۱	۰/۸۳۲	۱/۸۳	۰/۴۷	
۲۰		۶/۲۱	۱۷/۲۱	۴/۰۴	۱/۰۱۹	۲/۴۵	۰/۷۱	
۲۵		۶/۶۶	۱۹/۶۲	۴/۴۱	۱/۰۷	۲/۶۸	۰/۷۹	
۵۰		۸/۱	۲۸/۳۴	۵/۵۵	۱/۲۵	۳/۴۹	۱/۳۴	
۱۰۰		۹/۵۹	۳۹/۰۸	۶/۶۷	۱/۴۳	۴/۴۷	۱/۷۹	
۲۰۰		۱۱/۱۲	۵۲/۰۶	۷/۷۶	۱/۵۹	۵/۶۷	۲/۲۹	
آذر		۲	۲/۳۲	۳/۶۳	۱/۴۳	۰/۵۵	۱/۲۷	۰/۱۹
		۵	۳/۶۸	۸/۷۸	۳/۵۸	۱/۱۸	۲/۰۴	۰/۴۵
	۱۰	۴/۷۳	۱۳/۴۶	۵/۵۹	۱/۸۵	۲/۶۶	۱/۱۲	
	۲۰	۵/۸۴	۱۸/۸۱	۷/۸۲	۲/۷۴	۳/۳۴	۱/۷۱	
	۲۵	۶/۲۲	۲۰/۶۸	۸/۵۷	۳/۰۹	۳/۵۷	۱/۹۲	
	۵۰	۷/۴۳	۲۶/۹۲	۱۱/۰۲	۴/۳۸	۴/۳۵	۲/۶۱	
	۱۰۰	۸/۷۳	۳۳/۸۲	۱۳/۶	۶/۱	۵/۲۲	۳/۳۶	
	۲۰۰	۱۰/۱۳	۴۱/۳۶	۱۶/۲۷	۸/۳۵	۶/۲	۴/۱۷	
	دی	۲	۲/۴۶	۴/۶۶	۲/۰۸	۰/۷۱	۱/۵۷	۰/۲۱
		۵	۳/۸۶	۱۰/۶۶	۴/۸۷	۱/۴۳	۲/۴۵	۰/۳۹
۱۰		۵/۰۱	۱۷	۷/۹۷	۲/۱۷	۳/۰۹	۱/۲	
۲۰		۶/۲۹	۲۵/۳	۱۲/۲۸	۳/۱۴	۳/۷۵	۱/۶۷	
۲۵		۶/۷۴	۲۸/۶۸	۱۳/۹۹	۳/۵۲	۳/۹۷	۱/۸۳	
۵۰		۸/۲۵	۴۰/۸	۲۰/۵۸	۴/۹۳	۴/۶۷	۲/۳۳	
۱۰۰		۹/۹۸	۵۶/۵۷	۲۹/۵۳	۶/۷۹	۵/۴	۲/۸۶	
۲۰۰		۱۱/۹۴	۷۶/۹۳	۴۱/۶۳	۹/۲۲	۶/۱۷	۳/۴	
بهمن		۲	۲/۸۷	۷/۹۳	۴/۲	۱/۲	۱/۹۶	۰/۳۳۷
		۵	۴/۰۳	۳/۵۳	۷/۲۷	۲/۳۵	۳/۴۹	۰/۷۱
	۱۰	۴/۹۵	۱۷/۰۳	۹/۶۵	۳/۵۴	۵/۰۳	۱/۰۲	

۱/۳۴	۱/۹۸	۷/۰۵	۵/۱۲	۱۲/۱۵	۲۰/۳۷	۵/۹۵	۲۰
۱/۴۵	۲/۱۵	۷/۸۲	۵/۷۳	۱۲/۹۹	۲۱/۳۷	۶/۲۹	۲۵
۱/۷۹	۲/۷۳	۱۰/۷۱	۸/۰۳	۱۵/۷	۲۴/۳۲	۷/۴۴	۵۰
۲/۱۴	۲/۳۲	۴/۵۲	۱۱/۰۸	۱۸/۶	۲۷/۳	۸/۷۲	۱۰۰
۲/۵۱	۳/۹۴	۱۹/۵۱	۱۵/۱۱	۲۱/۶۹	۳۰/۲۲	۱۰/۱۷	۲۰۰
۰/۸۸	۱/۲۱	۵/۲۲	۳/۵۸	۱۰/۶۸	۱۸/۵۳	۴/۹۳	۲
۱/۶۲	۲/۳۳	۹/۶۹	۶/۷۷	۱۸/۱۹	۳۴/۰۴	۷/۵۵	۵
۲/۴	۳/۰۹	۱۳/۲۹	۹/۳۳	۲۴/۷۶	۴۵/۶	۹/۵	۱۰
۳/۲	۳/۸۲	۱۷/۲	۱۲/۰۹	۳۲/۴۵	۵۷/۳۲	۱۱/۵۴	۲۰
۳/۴۹	۴/۰۶	۱۸/۵۲	۱۳/۰۲	۳۵/۲	۶۱/۱۳	۱۲/۲۱	۲۵
۴/۴۳	۴/۷۹	۲۲/۸۸	۱۶/۰۸	۴۴/۷۷	۷۳/۱۳	۱۴/۴	۵۰
۵/۴۵	۵/۵۳	۲۷/۶	۱۹/۳۷	۵۶/۰۹	۸۵/۳۷	۱۶/۷۳	۱۰۰
۶/۵۴	۶/۲۸	۳۲/۷۲	۲۲/۹	۶۹/۴۶	۹۷/۸۲	۱۹/۲۳	۲۰۰

اسفند

(ادامه جدول ۴) - داده‌های مربوط به دبی با دوره‌های بازگشت مختلف (سال) در حوزه‌های آبخیز مطالعاتی در استان کردستان

ماه دوره بازگشت (سال) بیجار سقز گاران چهل‌گزی خلیفه ترخان دهگلان بیار							
۱/۲۲	۲/۸۲	۷/۹	۷/۰۳	۲۴/۵۲	۲۹/۹۱	۱۲/۴۱	۲
۱/۸۵	۴/۷۵	۱۵/۱۲	۱۱/۸۹	۳۲/۷۶	۴۷/۸۲	۲۰/۷۶	۵
۲/۲۶	۵/۹۷	۲۰/۸	۱۴/۷۸	۳۷/۳۷	۵۹/۳۵	۲۵/۸۸	۱۰
۲/۶۵	۷/۱۱	۲۶/۷۷	۱۷/۲۲	۴۱/۳۴	۶۹/۹۳	۳۰/۵۴	۲۰
۲/۷۷	۷/۴۶	۲۸/۷۶	۱۷/۹۲	۴۲/۵۲	۷۳/۱۸	۳۱/۹۷	۲۵
۳/۱۴	۸/۵۲	۳۵/۱۷	۱۹/۹۱	۴۵/۹۷	۸۲/۸۵	۳۶/۲۵	۵۰
۳/۵	۹/۵۴	۴۱/۹۱	۲۱/۶۲	۴۹/۱۷	۹۱/۹۹	۴۰/۳۵	۱۰۰
۳/۸۷	۱۰/۵۴	۴۸/۹۸	۲۳/۰۹	۵۲/۱۷	۱۰۰/۶۶	۴۴/۳۲	۲۰۰
۰/۴۹	۱/۵۲	۵/۷	۳/۰۶	۱۱/۹۹	۲۱/۹	۱۰/۳۶	۲
۰/۷۹	۳/۲۹	۸/۶۸	۵/۱۲	۱۶/۳۶	۳۵/۲۴	۱۹/۱۲	۵
۰/۹۹	۴/۷۱	۱۰/۵۱	۶/۶۴	۱۹/۲۴	۴۳/۷۴	۲۴/۹۳	۱۰
۱/۱۸	۶/۲۵	۱۲/۱۸	۷/۷۳	۲۲/۰۱	۵۱/۶	۳۰/۴۳	۲۰
۱/۲۴	۶/۷۸	۱۲/۷	۸/۱۳	۲۲/۸۸	۵۴/۹۴	۳۲/۱۶	۲۵
۱/۴۲	۸/۵	۱۴/۲۵	۹/۳۶	۲۵/۵۹	۶۱/۴۳	۳۷/۴۴	۵۰
۱/۶۱	۱۰/۳۹	۱۵/۷۶	۱۰/۵۸	۲۸/۳	۶۸/۵۸	۴۲/۶۲	۱۰۰
۱/۱۸	۱۲/۴۴	۱۷/۲۲	۱۱/۸۱	۳۱/۰۳	۷۵/۵۶	۴۷/۷۳	۲۰۰
۰/۱۹	۰/۱۵۶	۱/۳۲۱	۰/۸۷	۳/۰۶	۴/۵۹	۲/۰۹	۲
۰/۴۶۱	۰/۵۹۴	۲/۳۵	۱/۵۴	۴/۴۱	۸/۴۱	۵/۱۶	۵
۰/۷۰	۰/۹۹۶	۳/۱۸	۱/۸۵	۵/۰۶	۱۱/۵۳	۷/۴۱	۱۰
۰/۹۷	۱/۴۴	۴/۰۳	۲/۰۴	۵/۵۵	۱۴/۹۶	۹/۶۴	۲۰
۱/۰۶	۱/۵۹	۴/۳۲	۲/۰۹	۵/۶۸	۱۶/۱۵	۱۰/۳۷	۲۵
۱/۳۶	۲/۰۸	۵/۲۱	۲/۲	۶/۰۱	۲۰/۰۷	۱۲/۶۲	۵۰
۱/۶۷	۲/۵۸	۶/۱۲	۲/۲۶	۶/۲۷	۲۴/۴۱	۱۴/۸۹	۱۰۰
۲	۳/۱۲	۷/۰۶	۲/۲۹	۶/۴۷	۲۹/۲	۱۷/۱۸	۲۰۰
۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۳	۰/۱۱	۰/۴۳	۰/۹۷	۰/۲۵	۲
۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۵۳	۰/۲	۰/۶۴	۱/۸۸	۰/۹۱	۵
۰/۱۴	۰/۲۵	۰/۷۱	۰/۳۹	۰/۷۹	۲/۳۸	۱/۴۴	۱۰
۰/۱۸	۰/۴۹	۰/۹۱	۰/۶۷	۰/۹۴	۲/۷۵	۱/۹۹	۲۰
۰/۱۹	۰/۵۹	۰/۹۸	۰/۷۷	۰/۹۹	۲/۸۵	۲/۱۷	۲۵
۰/۲۴	۰/۹۴	۱/۲	۱/۱۴	۱/۱۴	۳/۰۹	۲/۷۵	۵۰

فروردین

اردیبهشت

خرداد

تیر

۱/۲۸	۱/۳۶	۱/۴۵	۱/۵۷	۱/۳	۳/۲۷	۳/۳۵	۱۰۰	
۰/۳۳	۱/۸۳	۱/۷۱	۲/۰۶	۱/۴۶	۳/۳۹	۳/۹۵	۲۰۰	
۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۲۸	۱/۲۴	۲	
۰/۰۳	۰/۲	۰/۱۵	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۶۴	۲/۰۲	۵	
۰/۰۴	۰/۳۸	۰/۲۴	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۹	۲/۴۹	۱۰	
۰/۰۵	۰/۵۹	۰/۳۴	۰/۲۸	۰/۲۴	۱/۱۵	۲/۹۲	۲۰	مرداد
۰/۰۵	۰/۶۷	۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۲۶	۱/۲۳	۳/۰۵	۲۵	
۰/۰۶	۰/۹۴	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۳۴	۱/۴۹	۳/۴۵	۵۰	
۰/۰۸	۱/۲۴	۰/۶۱۲	۰/۶۶	۰/۴۴	۱/۷۴	۳/۸۳	۱۰۰	
۰/۰۹	۱/۶	۰/۷۴	۰/۸۶	۰/۵۵	۲	۴/۲	۲۰۰	
۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۲۳۳	۲	
۰/۰۲۵	۰/۱۹	۰/۲۶	۰/۰۱	۰/۰۴۲	۰/۲	۰/۶۴۸	۵	
۰/۰۳۹	۰/۳۵	۰/۴۸	۰/۰۳	۰/۰۶۲	۰/۴۳	۰/۹۷۵	۱۰	
۰/۰۵۴	۰/۵۴	۰/۷۳	۰/۰۷	۰/۰۸۲	۰/۷۳	۱/۳۱	۲۰	شهریور
۰/۰۵۹	۰/۶۱	۰/۸۱	۰/۰۸	۰/۰۸۹	۰/۸۳	۱/۴۲	۲۵	
۰/۰۷۴	۰/۸۵	۱/۰۹	۰/۱۳	۰/۱۱	۱/۲	۱/۷۷	۵۰	
۰/۰۹۱	۱/۱۲	۱/۳۹	۰/۱۸	۰/۱۳۲	۱/۶	۲/۱۳	۱۰۰	
۰/۱۰۸	۱/۴۵	۱/۷	۰/۲۵	۰/۱۵۵	۲/۰۵	۲/۵۰	۲۰۰	

(جدول ۵) - برترین معادلات رگرسیونی دو متغیره با دوره بازگشت ۲۵ سال در ماه‌های مختلف حوزه‌های آبخیز مطالعاتی در استان کردستان

شماره رابطه	ماه	معادله	ضریب همبستگی (β) استاندارد شده	ضریب تبیین	سطح معنی‌داری	اشتباه استاندارد	درصد خطا تخمین	مجموع مربعات خطا
۳	مهر	$Q_{me} = 0.015P_{me} - 0.581$	$P_{me} = 0.874$	۰/۷۶۴	۰/۰۲۳	۰/۶۱۸	۶۷/۴	۰/۴۹۲
۴	آبان	$Q_{ab} = -794.56 Cc^2 + 369.16 Cc^3 + 544.14$	$Cc^2 = 0.06$ $Cc^3 = 0.73$	۰/۹۴۵	۰/۰۱۰	۱/۹۶	۶۵/۵	۱/۴۶
۵	آذر	$Q_{az} = -1355.95 Cc + 217.1 Cc^3 + 1303.75$	$Cc = 0.13$ $Cc^3 = 0.67$	۰/۹۳۴	۰/۰۱۷	۲/۴۱	۶۸/۱۷	۱/۸۷
۶	دی	$Q_{de} = -4288.75 Cc + 1482.2 Cc^2 + 3100.25$	$Cc = 0.12$ $Cc^2 = 0.55$	۰/۹۲۰	۰/۰۲۳	۳/۸۸	۱۳۲	۲/۸۹
-	بهمن	-	-	-	-	-	-	-
-	اسفند	-	-	-	-	-	-	-
-	فروردین	-	-	-	-	-	-	-
-	اردیبهشت	-	-	-	-	-	-	-
۷	خرداد	$Q_{kh} = 0.165P_{kh} - 5.88$	$P_{kh} = 0.895$	۰/۸۰۱	۰/۰۱۶	۲/۸۸	۳۶/۹	۲/۴۶
۸	تیر	$Q_{ti} = 2.95W - 0.07W^2 - 28.75$	$W = 0.29$ $W^2 = 0.57$	۰/۹۰۶	۰/۰۲۹	۰/۳۹۹	۶۸/۷	۰/۵۰۵
۹	مرداد	$Q_{mo} = 0.048W1 - 0.704$	$W1 = 0.924$	۰/۸۵۴	۰/۰۰۸	۰/۴۷۴	۱۶۷/۴	۰/۳۶۲
۱۰	شهریور	$Q_{sh} = 0.002 Mx - 4.22$	$Mx = 0.903$	۰/۸۱۶	۰/۰۱۴	۰/۲۴۶	۸۵/۴	۰/۲۲۲

در روابط فوق Q_{me} تا Q_{sh} دبی ماه مهر تا شهریور (مترمکعب بر ثانیه)، P_{me} تا P_{sh} بارش ماه مهر تا شهریور (میلی‌متر)، WI طول آبراهه اصلی (کیلومتر)، CC ضریب فشردگی، W وسعت اشغال جهت غربی (درصد)، A مساحت (کیلومترمربع) و P محیط (کیلومتر) حوزه آبخیز می‌باشند. توان‌های مندرج در هر یک از متغیرهای ستون ضریب همبستگی استاندارد شده نشان‌گر ارزش پارامتریک آن‌هاست.

منابع

۱- پور اغنیايي م.ج. ۱۳۸۰. بررسی تأثیر تغییرات پوشش گیاهی بر رژیم سیلابی حوزه آبخیز نکارود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه

- تهران، ۹۸ص.
- ۲- توکلی م. و رستمی نیا م. ۱۳۸۵. ارائه مدل منطقه‌ای سیلاب در حوزه‌های آبخیز استان ایلام. علوم کشاورزی ایران، ۱۱۲(۲): ۳۴۷-۳۵۶.
- ۳- جلالی ح. ۱۳۶۸. بررسی سیلاب‌های ایران. مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران، انتشارات وزارت نیرو، ۲۰-۲۳ خرداد ۱۳۶۸، ۶ص.
- ۴- چاوشی بروجنی س. و اسلامیان س. ۱۳۷۸. تخمین دبی سیل با تناوب مختلف در حوزه آبخیز زاینده‌رود طبق روش منطقه‌ای هیبرید. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ۳(۳): ۱-۱۱.
- ۵- خسروشاهی م. و تقفیان ب. ۱۳۸۲. بررسی نقش مشارکت زیرحوزه‌های آبخیز در شدت سیل خیزی حوزه، پژوهش و سازندگی، ۵۹: ۶۷-۷۵.
- ۶- داودی راد ع. ۱۳۷۸. بررسی روابط بین عوامل مورفومتری حوزه و دبی‌های سیلابی در حوزه‌های آبخیز مرکزی ایران. دانشگاه تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تهران، ۶۷ ص.
- ۷- داودی راد ع. و مهدوی م. ۱۳۷۸. بررسی مدل‌های اقلیمی مورفولوژیکی برآورد دبی‌های سیلابی در مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی حوزه آبخیز دریاچه نمک). دومین کنفرانس تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی کشور، ۱۳-۱۴ آبان ۱۳۷۸، ۱۵۸-۱۶۶.
- ۸- زرگر م. ۱۳۸۰. راهنمای جامع SPSS 10 همراه با ۶۶ تمرین علمی کاربردی، انتشارات بهینه: تهران، ۵۸۴ ص.
- ۹- سرحدی ع.، سلطانی س.، خواجه‌الدین س.ج. و مدرس، ر. ۱۳۸۷. آنالیز سیل خیزی منطقه جیرفت با استفاده از مدل دبی آستانه. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۲(۳): ۳۰-۳۶.
- ۱۰- سلیمانی ک. ۱۳۶۹. هیدرولوژی حوزه هراز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز، ۳۷۵ص.
- ۱۱- سلیمانی ک.، یوسفی ع. و کوچک نژاد ق. ۱۳۸۲. بررسی نقش عوامل فیزیوگرافیک حوزه بر دبی‌های حداکثر لحظه‌ای در زیرحوزه‌های گرگانود به‌منظور ارائه مدل منطقه‌ای سیلاب، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰(۴): ۱۶۱-۱۷۴.
- ۱۲- صادقی س.ج.ر.، مرادی ج.ر.، مزین، م. و وفاخواه، م. ۱۳۸۴. کارایی روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل آماری در مدل‌سازی بارش-روان‌آب (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کسلیان)، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۳): ۸۱-۹۰.
- ۱۳- صادقی س.ج.ر.، نجفی د. و وفاخواه م.، ۱۳۸۵. تحلیل منطقه‌ای برآورد رسوب معلق در حوزه اصفهان و سیرجان، مجله تحقیقات منابع آب، ۲(۳): ۵۱-۶۵.
- ۱۴- گیائی ن.، غفاری ع.، عرب خدری م. و حاتمی ح. ۱۳۸۱. مقایسه روش‌های برآورد برخی از ویژگی‌های هندسی آبخیزها از نقطه نظر اثر آنها بر سیل‌های حداکثر با دوره بازگشت‌های مختلف، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، پژوهش‌کنده حفاظت خاک و آبخیزداری، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، ۷۰ص.
- ۱۵- فتوحی اردکانی ا. ۱۳۸۱. کتاب آموزشی SPSS ۱۰ (ترجمه)، انتشارات شایگان، ۴۴۸ ص.
- ۱۶- فریفته ج. ۱۳۷۰. تحلیل‌های کمی در ژئومورفولوژی (ترجمه)، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۶۸ ص.
- ۱۷- قاسم‌پور ف. ۱۳۷۴. تجزیه و تحلیل منطقه‌ای سیلاب در غرب مازندران (چالوس-رامسر)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۹۷ص.
- ۱۸- قربانی ف.، فتحی مقدم م. و بینا م. ۱۳۸۵. استفاده از روش رگرسیون چندگانه به‌منظور مدل‌بندی منطقه‌ای سیلاب مطالعه موردی: حوزه آبخیز مارون، الله و جراحی، مجموعه مقالات هفتمین سمینار مهندسی رودخانه اهواز، ۱۵-۱۷ بهمن ماه ۱۳۸۵، ۱۰ ص.
- ۱۹- مزین م. ۱۳۸۲. بررسی روابط بین اجزای مختلف بارندگی و روان‌آب در حوزه آبخیز کسلیان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، ۸۱ ص.
- ۲۰- موحد دانش ع. و مفاخری ا. ۱۳۶۸. مدل‌بندی سیلاب‌های منطقه‌ای شرق دریاچه ارومیه، مجموعه مقالات اولین کنفرانس هیدرولوژی ایران، انتشارات وزارت نیرو، ۲۰-۲۳ خرداد ماه ۱۳۶۸، ۱۱ص.
- ۲۱- مهدوی م. ۱۳۸۱. هیدرولوژی کاربردی. جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۱۴ ص.
- ۲۲- مهدوی م. و هاشمی ع. ۱۳۷۶. تعیین بده متوسط سیل از روی عوامل فیزیکی حوزه‌ها در استان سمنان. پژوهش و سازندگی، ۳۶: ۱۸-۲۰.
- ۲۳- وفاخواه م. ۱۳۷۸. شناخت عوامل مؤثر در سیلاب به‌منظور مهار آنها با استفاده از تجزیه و تحلیل عاملی در رودخانه حوزه قره‌چای، پژوهش و سازندگی، ۴۵: ۷۲-۷۵.
- 24- Campbell A.J. and Sidle R.C. 1984. Prediction of peak flows on small watersheds in Oregon for use in culvert design. Water Resources Bulletin, 20(1):9-14.
- 25- Gerald C. 2002. A Global perspective on dryland river: Perceptions, misconceptions and distinctions, dryland rivers hydrology and Geomorphology of semi-arid channels.

- 26- Green I.R.A., and Steohenson D. 1986. Criteria for comparison of single event models, *Hydrological Sciences Journal*, 31:395-411.
- 27- Jones D.A., and Kay A.L., 2006. Uncertainty analysis for estimating flood frequencies for ungauged catchments using rainfall-runoff models, *Advances in Water Resources*, 30:1190-1204.
- 28- Kjeldsen T.R., Smithers J., and Schulze R. 2002. Regional flood frequency analysis in the Kwazulu-Natal Province, South Africa, using the index-flood method, *Journal of Hydrology*, 255(1-4):194-211.
- 29- Lawgun N., and Toong A.T., 1985. Regional flood-frequency analysis of small catchments in North Auckland and Coromandel (New Zealand), *Journal of Hydrology (New Zealand)* 24(2):64-76.
- 30- Mimikou M., and Rao A.R. 1983. Regional monthly rainfall-runoff model, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 109(1):75-93.
- 31- Moussa R., Chahinian N., and Bocquillon C. 2007. Distributed hydrological modelling of a Mediterranean mountainous catchment: Model construction and multi-site validation, *Journal of Hydrology*, 337:35- 51.
- 32- Riggs H.C., 1990. Estimating flow characteristic at ungauged site. IAHS Publication, 190: 159-170.
- 33- Roughani M., Ghafouri M. and Tabatabaei M. 2007. An innovative methodology for the prioritization of sub-catchments for flood control, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 9:79-87.
- 34- Sadeghi S.H.R., Mizuyama T., Miyata S., Gomi T., Kosugi K., Fukushima T., Mizugaki S., and Onda Y. 2008. Development, evaluation and interpretation of sediment rating curves for a Japanese small mountainous reforested watershed, *Geoderma*, 144:198-211.
- 35- Shary P.A., Sharaya L.S., and Mitusov A.V. 2002. Fundamental quantitative methods of land surface analysis, *Geoderma*, 107:1-32.
- 36- Stamy T.C., and Hess G.W. 1993. Techniques for estimating magnitude and frequency of floods in rural basins in Georgia. *Water Resources Investigation Report 93-4016*, USGS Publication, 94 p.
- 37- Suresh R. 2000. *Soil and water conservation engineering*, A.K. Jain Pub., 951 p.
- 38- Telvari A.R., and Islami A.R. 2002. Regional flood frequency in north basins of Iran, In: *Proceedings of International Conference on Flood Estimation*, Berne, Switzerland, March 6-8, 2002:717-727.
- 39- Yair A., and Yassif A.R., 2004. Hydrological processes in a small arid catchment: scale effects of rainfall and slope length, *Geomorphology*, 61:155-169.
- 40- Zhu Y., and Day R.L. 2009. Regression modeling of streamflow, baseflow, and runoff using geographic information systems, *Journal of Environmental Management*, 90:946-953.

Runoff Generation Modeling for Kurdistan Province Watersheds by using Physiographic and Climatic Variables

B. Salavati¹ - S.H.R. Sadeghi^{2*} - A.R. Telvari³

Abstract

Flood is among phenomena which result considerable damages to resources and is a serious issue among hydrologists. The proper estimation of runoff is necessary for designating appropriate approaches for its control or optimal management. Various problems have been reported in application of empirical models. The regional analysis of runoff with different return periods by applying watershed characteristics is an alternative with numerous applications. In this study, mean discharge data of 7 hydrometric stations in Kurdistan Province watersheds, Iran, were collected for a period of 30 years and discharges with return periods of 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 and 200 years were consequently calculated using SMADA package. The relationship between mean discharges with different return periods and 26 physiographic and climatic factors were evaluated by using bivariate and multivariate regression models using SPSS 13.5 package and their partial influence were also determined. The results of the study showed that the nonlinear models performed better than linear regression. The main variables include the area, main waterway length and Gravellius factor. Data analysis also revealed the possible change of variables and their importances in determination of monthly mean discharges with different return periods.

Keywords: Kurdistan Province, Physiographic characteristics, Return Period of flood, Flood modeling

1,2- Former M.Sc. Student and Associate Professor, Department of Watershed Management Engineering, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Respectively

(*- Corresponding author E-mail: sadeghi@modares.ac.ir)

3- Research Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran