

شبیه سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی در مناطق نیمه خشک در استان چهارمحال و بختیاری

عبدالنبی عبده کلاهچی*^۱، فرود شریفی^۲، هوشنگ بهروان^۳

۱- هیأت علمی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران (kolahchi@scwmri.ac.ir)

۲- هیأت علمی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران (fs1338@yahoo.com)

۳- محقق، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران (h.behrawan@areeo.ac.ir)

چکیده

ظرفیت های آبی استان چهارمحال و بختیاری و تقاضا برای آب از مولفه های اصلی تصمیم گیری برای مدیریت منابع، آبخیزها و پدیده هایی نظیر خشک سالی به شمار می رود. در فضای مدیریت منابع آبهای سطحی و ریسک خشک سالی کشور، همچنان فقدان یک سامانه که تصمیم گیران را در اتخاذ تصمیمات درست و به موقع پشتیبانی کند، کاملاً مشهود است. برای ایجاد چنین سامانه ای، لازم است اقدامات اساسی در خصوص شناخت موضوع و ظرفیت های داده های کشور مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند. در این پروژه پژوهشی، شبیه سازی در حوزه های آبخیز درجه چهار کشور در منطقه نیمه خشک با استفاده از اطلاعات زمین شناسی، فیزیوگرافی، بارندگی، تبخیر و دبی انجام و تحلیل شد. استخراج پارامترهای فیزیکی مدل، تبدیل اطلاعات نقطه ای بارندگی به اطلاعات منطقه ای با استفاده از روش های مختلف و معمول، تحلیل اطلاعات تبخیر و محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل و تجمع اطلاعات در یک بانک اطلاعاتی به منظور شبیه سازی هیدرولوژیکی حوزه های آبخیز درجه چهار و برآورد ظرفیت جریان های سطحی در این منطقه از اهداف اصلی این پروژه محسوب می شود. برآورد ظرفیت های آبی حوزه های آبخیز، برآورد و تعیین میزان کمی فرآیندهای تولید روان آب و انتقال آن به نقطه خروجی حوضه آبخیز از اهمیت خاصی برخوردار است. برای کنترل و هدایت روان آب و تخلیه جریان های سطحی در اراضی کشاورزی و انتقال آن ها به محل مناسب و خارج از منطقه، مدل های متفاوتی به وسیله محققین، سازمان های مطالعاتی-تحقیقاتی در کشورهای مختلف جهان ارائه و مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج نشان میدهد که بیشترین میزان بارندگی متعلق به زیر حوزه ۴۲۱۹ با ۱۶۵ میلی متر در اسفند ماه و کمترین مقدار بارندگی با ۰ میلی متر در ماه تیر در زیر ر حوزه های ۲۳۳۲ و ۲۴۱۲ استان می باشد. همچنین حداکثر رواناب ویژه در حوزه ۴۲۱۹ برابر با ۷۰/۹ لیتر بر ثانیه بر کیلومتر مربع و در ماه فروردین بوده است و کمترین رواناب ویژه در ماه شهریور و در حوزه ۲۴۱۲ برابر با ۱/۵ لیتر بر ثانیه بر کیلومتر مربع می باشد.

واژه های کلیدی: استان چهارمحال و بختیاری، مدل های شبیه سازی هیدرولوژیکی، اقلیم خشک، جریان های سطحی

مقدمه

اساساً مدل سازی در هیدرولوژی بر مبنای توسعه روابط بین پارامترهای اندازه گیری شده چرخه هیدرولوژی است که از آن ها باید برای حل مسائل علمی و فنی استفاده کرد. با توجه به پیچیدگی فرآیندهای هیدرولوژیکی و ناقص بودن اطلاعات فعلی در دسترس و همچنین اطلاعاتی که در آینده قابل پیش بینی باشند، امکان ترکیب کلیه عوامل را تا حدی غیرممکن می سازند که برای اهداف عملی باید از آن صرف نظر کرد. در چنین شرایطی، نگرش منطقی مرکب از اندازه گیری آن دسته از متغیرهای مشاهده شده و چرخه هیدرولوژی خواهد بود که به مسئله ارتباط داشته باشند و سپس سعی در ساختن روابط صریح و یا ضمنی بین آن ها شود. آن گاه می توان امیدوار بود که این روابط امکان حل مسائل پیچیده را به گونه ای فراهم می کنند که در شرایط عملی نیز معتبر باشند و این چیزی جز مدل نیست. بنابراین، با توجه به لزوم نگرش سیستمی به حوزه های آبخیز و شرایط کشور، به خصوص عدم تجهیز مناسب حوضه ها و در نتیجه ناقص، ناکافی بودن و یا فقدان آمار به نحوی است که استفاده از مدل در حل مسائل حوزه های آبخیز را اجتناب ناپذیر نموده است.

در این راستا، مدل هایی را باید به کار گرفت که بتواند با استفاده از آمار موجود و وضعیت حوزه های آبخیز کشور، ضمن اطمینان، دقت و کارایی با صرف کمینه زمان ممکن بهترین نتایج خروجی را ارائه نماید. لازم به توضیح است گرچه مدل های زیادی وجود دارد، اما بیشتر آن ها به پارامترهایی نیاز دارد که در حوزه های آبخیز اندازه گیری نمی شوند و یا خود مدل ها مناسب شرایط ایران نیستند. برآورد ظرفیت های آبی حوزه های آبخیز، برآورد و تعیین میزان کمی فرآیندهای تولید روان آب و انتقال آن به نقطه خروجی حوضه آبخیز از اهمیت خاصی برخوردار است. برای کنترل و هدایت روان آب و تخلیه جریان های سطحی در اراضی کشاورزی و انتقال آن ها به محل مناسب و خارج از منطقه، مدل های متفاوتی به وسیله محققین، سازمان های مطالعاتی - تحقیقاتی در کشورهای مختلف جهان ارائه و مورد استفاده قرار گرفته است.

در کنار تمام موارد بالا، برآورد توزیع مکانی بارندگی در مقیاس های زمانی مختلف از مراحل اصلی مطالعات منابع آب برای تعیین سیلاب طراحی سازه های هیدرولیکی است که در بحث تعیین ظرفیت آبی باید مد نظر قرار گیرد. موقعیت و تراکم نامناسب ایستگاه های باران - سنجی ضرورت برآورد داده های بارش در نقاط فاقد آمار و تعمیم داده های نقطه ای به داده های منطقه ای را نشان می دهد. هر گونه کاستی در برآورد توزیع مکانی بارندگی می تواند از عوامل مهم ایجاد خطا در به کارگیری مدل های بارش روان آب در مراحل پیش بینی و طراحی باشد. روش های زمین آمار از جمله روش های تعیین توزیع مکانی بارش است که با توجه به در نظر گرفتن همبستگی، موقعیت و آرایش مکانی داده های نقطه ای، مورد استفاده بسیاری از کاربردهای مهندسی هستند. در اغلب طرح های منابع طبیعی، کشاورزی، منابع آب و آمایش سرزمین که وسعت منطقه مورد مطالعه زیاد است، علاوه بر تغییرات زمانی بارش، تغییرات مکانی آن نیز در نظر گرفته شده و از آمار ایستگاه های متعدد استفاده می شود. در این زمینه، کاربرد میانگین منطقه ای بارش از اهمیت بیشتری برخوردار است. روش های مختلفی برای برآورد توزیع مکانی وجود دارد. معمول ترین آن ها، روش های آمار کلاسیک است که از جمله آن ها می توان به روش میانگین حسابی، روش تیسن و روش هیسومتریک اشاره نمود.

اثرات متقابل فرآیندهای هیدرولوژیکی به کمک مدل سازی پیوسته قابل بررسی است. این شناخت در امر بررسی تغییرات کاربری اراضی و اثرات آن بر کمیت و کیفیت آب های سطحی کمک قابل توجهی می کند. مدل سازی پیوسته علاوه بر بررسی کمیت منابع آب حوضه و امکان بهره برداری و توسعه آن، زمینه مناسبی برای بررسی روند رسوب زایی و تغییرات کیفیت آب فراهم می نماید. مدل حوزه آبخیز به بررسی و مطالعه اثرات عملیات آبخیزداری در حال و آینده کمک کرده و ابزاری برای بهینه سازی این عملیات به شمار می رود. اثرات هر گونه عملیات توسعه ای در حوزه آبخیز قابل تشخیص بوده، در امر توسعه پایدار حوزه آبخیز با رعایت مسائل اقتصادی - اجتماعی نقش مؤثری دارد.

آموزش کارشناسان و بهره‌برداران به کمک مدل و نشان دادن تأثیرات عملیات آن‌ها بر کمیت و کیفیت آب حوضه قابل انجام بوده، امر ترویج را تسهیل می‌نماید. نگرش سیستمیک به پاسخ حوضه و شبیه‌سازی فرآیندها از دستاوردهای مهم پیشرفت علوم زمین در قرن گذشته بوده است. با گسترش استفاده از رایانه، شبیه‌سازی سامانه‌های طبیعی رشد قابل ملاحظه‌ای یافته است. معمولاً شبیه‌سازی با پیش‌بینی وضعیت هیدرولوژیکی و برآورد مقادیر، عوامل معادله بیلان آبی و پارامترهای سیکل هیدرولوژی را بررسی و تجزیه و تحلیل می‌کند. روش‌های متعددی برای تخمین مقادیر پارامترهای فیزیکی موثر در معادله بیلان آبی مثل بارندگی، درجه حرارت و باد وجود دارد. با وجود ارزش بسیار زیاد داده‌های مشاهده‌ای، دستیابی به آن‌ها مستلزم صرف زمان طولانی اندازه‌گیری با دستگاه‌های گران قیمت است و از سوی دیگر، داده‌های مشاهده‌ای همواره در معرض تغییرات ایجاد شده به وسیله انسان در طبیعت هستند.

روش‌های غیرمستقیم متعددی برای شبیه‌سازی سامانه‌های طبیعی، برآورد دقیق‌تر، جامع و انجام محاسبات پیچیده‌تر با استفاده از رایانه ابداع شده است. یکی از این روش‌ها، مدل‌سازی یا شبیه‌سازی هیدرولوژیکی است. مدل نماینده ساده‌ای از کل سامانه حوضه و به عبارتی نمایانگر بخشی از واقعیت‌های موجود در یک سامانه است. مدل‌های هیدرولوژی ابزاری مهم در مطالعه اقلیم و فرآیندهای هیدرولوژیکی حوضه‌ها هستند. این مدل‌ها قادر به شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی سطح زمین به منظور بهبود مدیریت منابع آب هستند.

مدل‌های شبیه‌سازی بارش-روان آب یکی از روش‌های تخمین روان آب و ابزاری مناسب برای مطالعه فرآیندهای هیدرولوژیکی و ارزیابی منابع آبی هستند (Lang و همکاران، ۱۹۹۹) دو کاربرد مهم مدل‌های بارش-روان آب، پیش‌بینی سیلاب و شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی است (Gautam و Holz، ۲۰۰۱، Sharifi، ۱۹۹۷) در دهه‌های گذشته، مدل‌های متعددی به وسیله محققین ارائه شده است. تعداد از مدل‌های ارائه شده در مناطق مرطوب بیش از مناطق خشک و نیمه خشک بوده است، چون در مناطق خشک فقط داده‌های ثبت شده سیلاب‌های فصلی و ناگهانی موجود است (Lang و همکاران، ۱۹۹۹). صحت و دقت هر مدل بستگی به مفروضات مدل دارد، لذا امکان تهیه مدل‌هایی با دقت‌های متفاوت وجود دارد (افشار، ۱۳۶۴). هر مدل بسته به ساده یا پیچیده بودن، نیاز به یکسری داده‌های ورودی و خروجی برای واسنجی و نیاز به یکسری داده‌های خروجی مشاهده‌ای برای بررسی درستی ساختمان مدل دارد (تلوری، ۱۳۷۵). در پژوهش حاضر، شبیه‌سازی در حوزه‌های آبخیز درجه چهار کشور در سطح استان با استفاده از اطلاعات زمین‌شناسی، فیزیوگرافی، بارندگی، تبخیر و دبی انجام و تحلیل خواهد شد. استخراج پارامترهای فیزیکی مدل، تبدیل اطلاعات نقطه‌ای بارندگی به اطلاعات منطقه‌ای با استفاده از روش‌های مختلف و معمول، تحلیل اطلاعات تبخیر و محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل و تجمیع اطلاعات در یک بانک اطلاعاتی به منظور شبیه‌سازی هیدرولوژیکی حوزه‌های آبخیز درجه چهار و برآورد ظرفیت جریان‌های سطحی در این استان از اهداف اصلی این پروژه محسوب می‌شود. همچنین نقشه‌ها و اطلاعات خروجی برای استان به تفکیک حوزه‌های آبخیز خواهد شد.

مقدمه و پیشینه

بیلان آبی مکان‌هایی نظیر مراتع، مناطق کشاورزی، حوزه آبخیز کشور، منطقه و یا حتی یک قاره می‌تواند با استفاده از محاسبه تغییرات در حجم آب ورودی، خروجی و ذخیره سطحی و گودالی تعیین شود. منبع ورودی اصلی آب بارش است، در صورتی که خروجی‌های اصلی شامل تبخیر و تعرق و روان آب است. حرکت و انتقال آب، رسوب و آلودگی‌های عمومی فاز اراضی در چرخه هیدرولوژیکی با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی از نظر کمی بهتر تشریح و قابل فهم شده و در حقیقت مدل‌ها ابزارهای مهمی در تحلیل و مدیریت منابع آب محسوب می‌شوند.

با توسعه و پیشرفت فن‌آوری محاسباتی و جمع‌آوری اطلاعات و تکنیک‌های مدیریتی، مدل‌های هیدرولوژیکی به‌عنوان ابزار موثر برای پیش‌بینی سیلاب حوزه‌های آبخیز و بررسی تأثیرات تغییر کاربری اراضی بر آب‌دهی و کیفیت آب در اقلیم‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. مدل‌های هیدرولوژیکی به‌صورت فرآیندی به‌وسیله مدیران آب و خاک در دنیا به منظور مدیریت آبخیزها مورد استفاده هستند و

به عنوان ابزار اساسی و اقتصادی در برنامه ریزی و تصمیم گیری شناخته شده اند.

بسیار مهم است که مدل هیدرولوژیکی بتواند ناهماهنگی های پاسخ های هیدرولوژیکی را که ناشی از تغییرات مکانی و زمانی اقلیم، توپوگرافی، خاک و پوشش گیاهی است را در نظر بگیرد. همچنین، یک مدل باید قادر باشد دوره های طولانی مختلف (از دهه تا قرن) جریان رودخانه ها را برای برآورد آب دهی و پیش بینی دوران کم آبی و تغییرات اقلیمی شبیه سازی کند. مدل های هیدرولوژیکی می توانند برای موارد ذیل به کار روند:

برآورد اطلاعات گم شده در سری زمانی موجود

برآورد اطلاعات گم شده مکانی در اطلاعات مشاهده ای

پیش بینی اثرات سناریوهای مختلف کاربری اراضی یا نحوه مدیریت

پیش بینی آینده

هدف مدل های هیدرولوژیکی ساده سازی برای توضیح پارامترهای اساسی سامانه و به قیمت صرف نظر کردن از جزئیات است (Anderson و Woessner، ۱۹۹۲). در این ارتباط، مدل های هیدرولوژیکی بر اساس تعداد پارامترهایی که برای شبیه سازی مد نظر قرار می دهند نیز می توانند به مدل های ساده و پیچیده ای تبدیل شوند. معمولاً بر اساس نیاز و هدف مطالعات و پژوهش ها باید از این مدل ها استفاده کرد، چون در ارتباط با واسنجی و عدم قطعیت های موجود نتایج تحت تاثیر قرار می گیرد. مدل ها به سه دسته اساسی فیزیکی، قیاسی و ریاضی تقسیم بندی می شوند. مدل های شبیه سازی سیکل هیدرولوژی بر اساس فرآیندهای موجود در یک حوزه آبخیز نیز به مدل های پیوسته و ناپیوسته یا رویدادی تقسیم بندی می شوند. در پروژه حاضر و برای جمع بندی گزارش نیاز است تا خلاصه ای از بررسی منابعی که در موضوعات مختلف که در مسیر اجرای پژوهش استفاده شده ارائه شود تا خواننده با کمینه آنچه که در روش پژوهش استفاده شده، آشنا شود.

زمین شناسی

Risser و همکاران (۲۰۰۵) اعتقاد دارند اگر مقدار تلفات و انتقال آب زیرزمینی درون حوضه کم باشد، جریان پایه را می توان تقریب مناسبی از تغذیه دانست. جریان پایه مقدار آبی است که از آب زیرزمینی با سایر منابع به رودخانه تخلیه می شود. همچنین، Meyer (۲۰۰۵) نیز میزان جریان پایه طولانی مدت را به عنوان نمایانه ای از میزان تغذیه آب زیرزمینی در حوضه های وسیع می داند. در پژوهش های انجام شده به وسیله Dolezal و Kvittek (۲۰۰۴)، به جداسازی مؤلفه های روان آب مستقیم، جریان زیرزمینی و جریان پایه از جریان رودخانه به منظور برآورد سهم نیترات در هر مؤلفه از کل بار نیترات رودخانه پرداختند. در پژوهشی، Neff و همکاران (۲۰۰۵) به منظور برآورد جریان پایه و توسعه مدل های رگرسیونی در حوضه های فاقد ایستگاه اندازه گیری، از شاخص BFI استفاده نمودند. قنبرپور و همکاران (۱۳۸۷) نیز به مقایسه روش های برآورد دبی پایه با روش تحلیل شاخه خشکیدگی و بررسی شاخص جریان پایه آن ها پرداختند. پژوهش های دیگری در چهار حوضه در آریزونای آمریکا به وسیله Karnieli و Ben Asher (۱۹۹۳) با شبیه سازی روان آب روزانه انجام شد. آن ها مشاهده کردند که آستانه شروع روان آب تابعی از متوسط بافت خاک هر حوضه است و خاک های رسی کم ترین آستانه و خاک های شنی بالاترین آستانه شروع روان آب را دارند. همچنین، آن ها نتیجه گرفتند که در حوضه های جنوب غربی آمریکا میزان آب اولیه خاک اثر مهمی در تولید روان آب دارد. از بارش سالانه و یک مدل بیلان آبی، Ponce و Shetty (۱۹۹۵) برای شبیه سازی تغییرات روان آب و آب پایه در چند حوضه آمریکا، آفریقا، کانادا و هند استفاده کردند. نتایج این بررسی ها نشان داد که:

آستانه شروع روان آب بستگی به اقلیم دارد و میزان آستانه در مناطق نیمه خشک بیشتر از مناطق نیمه مرطوب است.

بیشینه روان آب وابسته به شرایط اقلیم هر منطقه بوده و میزان آن در مناطق نیمه خشک بیش از مناطق مرطوب فصلی است. در مناطق نیمه خشک مدیترانه‌ای اسپانیا، Martinez و همکاران (۱۹۹۸) مکانیسم تولید روان آب را در حوضه‌های کوچک بررسی کرده و عوامل موثر در تولید روان آب را مطالعه کردند. در این بررسی، از دو گروه خاک با عکس‌العمل‌های هیدرولوژیکی متفاوت استفاده شد. نتایج این بررسی نشان داد که خاک‌های ریز بافت با نفوذپذیری کم و مواد آلی کم، ضریب روان آب بالاتر و آستانه شروع روان آب کمتری از خاک‌های درشت بافت با نفوذپذیری بیشتر و مواد آلی متوسط دارند. اثر خصوصیات بارش در عکس‌العمل هیدرولوژیکی خاک متفاوت گزارش شده است. شدت بارش پارامتر عمده کنترل کننده روان آب در حوضه‌های با بافت ریز خاک، نفوذپذیری کم و پوشش گیاهی تنگ بود، در حالی که در خاک‌های درشت بافت‌تر، نفوذپذیری و با پوشش گیاهی متراکم‌تر مجموع بارش با روان آب ارتباط بیشتری نشان می‌دهد.

بررسی شاخص API

شاخص API اولین بار به وسیله Kohler و Linsley در دهه ۱۹۴۰ برای پیش‌بینی سیلاب در ایالات متحده به کار گرفته شد. از آن جا که شاخص API دارای مبنای آماری ساده و کاربردی است، لذا مدل‌های زیادی براساس این شاخص برای تفکیک بارش به بارش موثر و تلفات ارائه شده است (Hartman و همکاران ۱۹۹۹). با استفاده از این مدل می‌توان شروع روان آب را با توجه به شدت بارندگی به طور تخمینی محاسبه نمود. لازم به توضیح است که زمانی که در روش API برای وقایع منفرد به کار گرفته شود، اندازه‌گیری بارش در دوره زمانی روز قبل به عنوان معیاری به عنوان رطوبت پیشین مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در سال ۲۰۰۴، Anctil و همکاران، شاخص بارش پیشین به همراه متغیرهای دیگر را، به ازای گام‌های مختلف در مدل بارش - روان آب شبکه عصبی مصنوعی ارتباط دادند و نتیجه گرفتند API در مدل بارش - روان آب با استفاده از شبکه عصبی موفق عمل نکرد. محاسبه رطوبت خاک با استفاده از سنجش از دور برای محاسبه API از شاخص بارش پیشین به وسیله Abdeh Kolahchi و (1994) مورد بررسی قرار گرفت.

فضل اولی (۱۳۸۵) برای شبیه سازی بارش - روان آب، شاخص بارش پیشین را در دو حوضه معرف امامه و کسلیان به کار برد. ویسکرمی (۱۳۷۸) پژوهش خود را در حوضه کشکان (لرستان)، برای بررسی روابط مربوط به کاهش‌های هیدرولوژیک برای تعیین هیدروگراف سیلاب انجام داد و روابط میان شاخص بارش پیشین و روان آب را به صورت معادلات دو متغیره با ضرایب همبستگی نسبتاً مناسب ارائه نمود.

مدل AWBM

وهابی و مهدیان (۱۳۸۹)، به منظور بررسی تاثیر درصد تراکم پوشش گیاهی، شیب و رطوبت خاک در مقدار روان آب، از یک دستگاه شبیه‌ساز باران استفاده نمودند. با استفاده از باران‌ساز، بارش با شدت ۳۲ میلی‌متر در ساعت در ۷۲ کرت آزمایشی از حوزه آبخیز طالقان شبیه‌سازی و مقدار روان آب در هر آزمایش اندازه‌گیری شد. براساس نتایج به‌دست آمده از ماتریس همبستگی حاصل از متغیرهای مستقل و وابسته مورد مطالعه از میان متغیرهای موثر در میزان روان آب درصد تراکم پوشش گیاهی با ضریب همبستگی ۰/۸۷۲- با مقدار روان آب در سطح ۱۰ درصد معنی دار است و از نظر درجه تاثیر در اولویت اول قرار دارد.

شریفی و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند که روش‌های متعددی برای برآورد روان آب حاصل از بارندگی در حوزه‌های آبخیز وجود دارد. یکی از این روش‌ها استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی است. مدل‌های هیدرولوژیکی این امکان را می‌دهند با شبیه‌سازی فرآیند روان آب -

بارش، روان آب حاصل از بارندگی در حوضه‌هایی که جریان رودخانه اندازه‌گیری شده است با کمینه زمان ممکن و کمترین هزینه ارزیابی شود.

مدل AWBM که در سال ۱۹۹۳ به وسیله Boughton تکمیل شد، یکی از انواع مدل‌های بارش-روان آب است که قادر است روان آب را از بارش روزانه یا ساعتی محاسبه نماید. کاربرد نتایج نوع روزانه مدل در مطالعات مدیریت و استحصال آب و نتایج نوع ساعتی برای محاسبات طراحی سیل است. این مدل با تقسیم اثر تغییرپذیری ظرفیت ذخیره حوضه به سه ظرفیت ذخیره ($C1, C2, C3$) و برآورد سطوح هر یک از این ظرفیت ذخیره ها ($A1, A2, A3$)، روان آب حاصل از هر یک از این سطوح را با استفاده از داده‌های روزانه بارش، دبی و تبخیر و تعرق و با کمک بهینه‌سازی پارامترهای آن در حوضه‌ها شبیه‌سازی می‌کند. نتایج حاصل از این مدل در حوضه‌های استرالیا نشان داده که مدل از قابلیت بالایی در پیش‌بینی روان آب برخوردار است.

Sharifi و Boyd (۱۹۹۴) مدل‌های بارش-روان آب سه پارامتره AWBM و SFB را در استرالیا مقایسه کرده و نتیجه گرفتند که مدل AWBM بهتر از مدل SFB روان آب را شبیه‌سازی می‌کند. Sharifi (۱۹۹۷) با مقایسه سه مدل AWBM, SDI و SFB در هشت حوضه استرالیا نشان داد که اگر روان آب به روان آب سطحی و آب پایه تقسیم شود، مدل AWBM بهتر از مدل‌های SDI و SFB جواب می‌دهد، ولی در برآورد روان آب در طول دوره مطالعاتی مدل SDI بهتر از AWBM و SFB جواب می‌دهد.

وهایی و مهدیان (۱۳۸۹)، به منظور بررسی تاثیر درصد تراکم پوشش گیاهی، شیب و رطوبت خاک در مقدار رواناب، از یک دستگاه شبیه-ساز باران استفاده نمودند. با استفاده از باران‌ساز، بارش با شدت ۳۲ میلی‌متر در ساعت در ۷۲ کرت آزمایشی از حوزه آبخیز طالقان شبیه‌سازی و مقدار روان آب در هر آزمایش اندازه‌گیری شد. براساس نتایج به‌دست آمده از ماتریس همبستگی حاصل از متغیرهای مستقل و وابسته مورد مطالعه از میان متغیرهای موثر در میزان روان آب درصد تراکم پوشش گیاهی با ضریب همبستگی ۰/۸۷۲- با مقدار روان آب در سطح ۱۰ درصد معنی دار است و از نظر درجه تاثیر در اولویت اول قرار دارد.

محاسبه CN

قائمی (۱۳۷۲) به ارائه مدل سیل‌خیزی زیر حوضه‌های کرخه پرداخت. در این رابطه، با استفاده از مدل مخصوص FLD_INT، عوامل موثر بر سیل را عمق برف و زمان ریزش آن، شیب زمین، شکل حوضه، جنس زمین و پوشش گیاهی دانسته، در طبقات مختلف به هر کدام ضرایبی اختصاص داده، در نهایت زیر حوضه‌هایی که بالاترین جمع‌بندی ضرایب را داشته، به عنوان سیل‌خیزترین حوضه انتخاب شد.

داغستانی (۱۳۷۶) در پژوهش خود نتیجه گرفت عوامل مساحت، بارندگی متوسط، ارتفاع متوسط حوضه روی دبی بیشینه موثر است و در وهله اول، سیلاب‌ها متکی بر مساحت حوضه‌ها هستند و پارامترهای دیگر در رتبه‌های بعدی قرار دارند. روغنی (۱۳۷۶) ضمن بررسی چگونگی تاثیر مناطق هم‌تمرکز بر دبی اوج سیل حوضه، مناطق میانی را به عنوان مناطق موثر بردبی اوج تعیین کرده، پیشنهاد تمرکز عملیات اجرایی را در این محدوده داد.

رضایی کلج (۱۳۷۹) مطالعه سیل‌خیزی حوزه آبخیز کن و اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها را به انجام رساند. وی موضوع اولویت‌بندی را از نظر کارشناسی و کیفی بررسی نمود و به این نتیجه رسید زیر حوضه کیگا از همه زیر حوضه‌ها سیل‌خیزتر است.

طی پژوهشی، خیاطی خلقی (۱۳۸۰) حوضه کن را بر اساس سه معیار سیلاب ویژه، زمان تأخیر و خسارات جانی - مالی مورد ارزیابی قرار داد. با توجه به قابلیت روش، محاسبات و در نظر گرفتن وزن یکسان و هم چنین وزن‌های متفاوت برای معیارها انجام شد. نتایج نشان داد با توجه به سه معیار در نظر گرفته شده، اولویت‌های اول تا چهارم مشابه و با توجه به نوع وزن‌بندی، از اولویت پنجم به بعد متفاوت هستند.

یعقوب‌زاده و همکاران (۱۳۸۸) به تهیه نقشه شماره منحنی روان آب با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تصاویر ماهواره لندست (ETM+) برای حوضه منصورآباد بیرجند و بر اساس عواملی مانند گروه هیدرولوژی خاک، کاربری اراضی و پوشش گیاهی پرداخت.

نقشه وضعیت پوشش زمین با کمک شاخص های NDVI و VI تهیه و حوضه به سه طبقه مرتع خوب، نسبتاً فقیر و فقیر تقسیم بندی شد. نقشه کاربری اراضی حوضه با استفاده از داده های ماهواره لندست و نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک به کمک نقشه های خاک، شیب، کاربری اراضی، تشکیلات زمین شناسی و بازدیدهای صحرایی تهیه شد. از تلفیق نقشه های تهیه شده در GIS و با استفاده از جدول SCS، نقشه شماره منحنی روان آب و سپس نقشه ضریب نگهداشت سطحی حوضه تعیین شد. برای ارزیابی صحت نتایج به دست آمده از داده های اندازه گیری بارندگی و سیلاب در حوضه مورد مطالعه استفاده شد. نتایج نشان داد دبی بیشینه سیلاب محاسبه شده به کمک شماره منحنی تخمین زده شده و مدل HEC-HMS با دبی مشاهده ای تا حدود زیادی تطابق دارد و این امر نشان دهنده صحت کافی محاسبه شماره منحنی تخمین زده شده است. همچنین Lewis و همکاران (۲۰۰۰) شماره منحنی یک حوضه جنگلی را در ایالت کالیفرنیا از طریق سه شیوه مختلف تعیین و مقایسه نمودند. آن ها به این نتیجه رسیدند که شماره منحنی تعیین شده از طریق جدول، دارای کمترین دقت ممکن در برآورد روان آب بوده، روان آب را کمتر از حد واقعی برآورد می کند.

منحنی FDC

منحنی تداوم جریان به عنوان یک نماد کلی از حوضه معرفی می شود و این منحنی می تواند بیان گر خصوصیات هیدرولوژیکی حوضه ها باشد و از این منحنی می توان در مدیریت آبی حوضه ها استفاده نمود (Jothityangkoon و همکاران، ۲۰۰۲). برای برآورد تداوم جریان رودخانه ها هم جریان های سطحی و هم دبی های پایه مورد نیاز هستند. رودخانه ها را می توان در این ارتباط در سه گروه طبقه بندی کرد، دسته اول مسیل ها و آن سری از رودخانه هایی که فقط در زمان بارش در آن ها آب جریان دارد. در این گونه رودخانه ها آب های زیرزمینی همیشه پایین تر از سطح بستر آن ها قرار دارد. گروه دوم رودخانه های فصلی هستند و در اوقات پرباران و مرطوب جریان دارند و دسته سوم رودخانه های دائمی می باشند که در تمام طول سال جریان دارند، زیرا آب های زیرزمینی به جز در خشک سالی های نسبتاً شدید هرگز از بستر رودخانه پایین تر قرار نمی گیرد.

اسلامیان و همکاران (۱۳۸۳) به منظور برآورد جریان های منطقه ای کمینه رودخانه های حوزه آبخیز مازندران در ۱۸ ایستگاه این حوضه به همراه نه پارامتر فیزیوگرافی و هیدرولوژیکی به این نتیجه رسیدند که در این منطقه، جریان های کمینه با سه عامل مساحت حوزه آبخیز، شیب متوسط و ارتفاع متوسط حوضه همبستگی معنی داری دارد.

در مطالعات داخلی صورت گرفته به وسیله اسلامیان و همکاران (۱۳۸۳)، از دو پارامتر شاخص دبی پایه و ثابت تخلیه روزانه دبی پایه استفاده شد. در بیشتر پژوهش های انجام شده از بین عوامل مؤثر بر منحنی تداوم جریان، از ویژگی های فیزیوگرافی حوضه استفاده شده است. در پژوهش حاضر علاوه بر پارامترهای فیزیوگرافی، از پارامترهای اقلیمی و زمین شناسی نیز استفاده شد در این رابطه، ۲۱ پارامتر به منظور انتخاب عوامل مؤثر بر منحنی تداوم جریان مورد استفاده قرار گرفت.

برآورد متوسط منطقه ای باران

به منظور افزایش توانایی در کمی نمودن اثر اقلیم و تغییرات آن و پیش بینی اثرات حاصل از تغییر اقلیم، روش های مختلف میان یابی استفاده شد. زارع چاهوکی (۱۳۹۰)، از متغیر ارتفاع در ۳۸ ایستگاه باران سنجی با دوره آماری ۳۰ سال به عنوان عامل کمکی و تاثیر گذار در میزان بارندگی فصلی و سالانه حوزه آبخیزی در استان سمنان استفاده نمودند. در این تحقیق، بین بارش سالانه و فصلی با ارتفاع ضریب همبستگی بیش از ۰/۶ بدست آمد. این پژوهشگران مشاهده نمودند که استفاده از روش کوکریجینگ واریانس برآورد را کاهش داده است.

با توجه به آن که روش های مختلفی در تهیه نقشه مقادیر بارندگی مطرح شده است، تعیین روش مناسب میان یابی با توجه به متغیر مورد بررسی و خصوصیات منطقه مطالعاتی می تواند بسیار راهگشا باشد. در مقایسه روش های زمین آماری با روش های برآورد رگرسیونی نیز

پژوهش‌هایی انجام شده است. به‌طوری‌که Goovaerts (۲۰۰۰) به‌منظور برآورد بارندگی، روش‌های میان‌یابی مختلف شامل پلی‌گون تیسن، عکس فاصله‌وزن‌دار و کریجینگ را مورد مقایسه قرار داد. در این رابطه، از داده‌های ۳۶ ایستگاه هواشناسی استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد زمانی که همبستگی بین بارندگی و ارتفاع کمتر از ۰/۷۵ باشد، روش کوکریجینگ معمولی نسبت به روش رگرسیون خطی دقت بیشتری را نشان می‌دهد.

نتایج پژوهش‌های رحیمی بندرآبادی (۱۳۷۹) نیز نشان داد که تقسیم منطقه به واحدهای همگن دقت میان‌یابی بارش ماهانه را افزایش می‌دهد. در این پژوهش، تحقیق تقسیم‌بندی بر اساس حوزه‌های آبخیز و اقلیم منطقه مورد مقایسه قرار گرفت که نتایج موید دقت بیشتر میان‌یابی در تقسیم‌بندی بر اساس اقلیم منطقه است.

بررسی پوشش گیاهی

با توجه به پژوهش‌ها و اقدامات صورت گرفته راجع به پوشش گیاهی و کاربری اراضی در ایران و جهان، نتایج نشان می‌دهد که این مبحث تاثیر بسیار زیادی روی اقدام‌های مدیریتی در کاهش میزان فرسایش و تولید رسوب و بهینه‌سازی استفاده از آب‌های قابل دسترس در سطح مراتع می‌تواند داشته باشد. بررسی نوع پوشش گیاهی و کاربری اراضی می‌تواند پژوهشگران را در اندازه‌گیری مقدار تولید روان‌آب و در درجه بعدی اندازه‌گیری میزان فرسایش هدایت کند. مطالب بیان شده اهمیت موضوع را بیش از پیش نمایان می‌سازد.

بررسی خط برف

در پژوهشی، نجفی و همکاران (۱۳۸۳) روان‌آب به‌دست آمده از ذوب برف در حوزه آبخیز سد مهاباد را با بهره‌گیری از مدل کلاسیک SRM مورد بررسی قرار دادند. هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و همانندسازی شده از میزان هم‌خوانی، ضریب رگرسیون و اختلاف حجم‌ها مقایسه و بررسی شد. پرهمت و همکاران (۱۳۸۴) کاربرد مدل SRM در همانندسازی روان‌آب به‌دست آمده از ذوب برف را با بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای در حوزه آبخیز خراسان واقع در جنوب غربی ایران را مورد بررسی قرار دادند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که بیشترین ناهمخوانی هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و برآورد شده در زمان اوج دبی‌های همانندسازی شده سیلاب‌ها است. ضریب تبیین بین مقادیر مشاهده‌ای و برآورد شده و اختلاف حجم آن‌ها به ترتیب معادل ۰/۷۷۴ و ۱/۰۳ درصد شد. Chang و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر دما، بارش و سطح پوشش برف و روند تغییرات آن‌ها در دوره تاریخی ۲۰۰۲-۱۹۵۸ میلادی در حوضه رودخانه تاریم چین پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش جهشی در دما و بارش در اواسط دهه ۱۹۸۰ با استفاده از روش‌های تعیین روند ناپارامتریک مشاهده می‌شود، ولی تغییر سطح پوشش برف قابل توجه نیست.

مدل SFBM

سامانه توصیفی از یک مجموعه است که یک عده داده‌ها (ورودی‌ها) وارد آن می‌شود و سپس در داخل سامانه تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار گرفته، به‌صورت بازده (خروجی) از سامانه خارج می‌شود. داده‌های ورودی در یک سامانه هیدرولوژی می‌تواند نزولات باشد که در داخل سامانه تحت تاثیر فرآیندهای مختلفی از قبیل تبخیر و تعرق، نفوذپذیری سطحی و عمقی، تولید جریان‌های زیرقشری و زیرزمینی قرار گرفته و در نهایت به‌صورت بهره جریان‌های سطحی و به‌عنوان بازده سامانه تبدیل می‌شود.

روش‌های متعددی توسط نام‌درست و زرین (۱۳۸۷) به‌منظور شبیه‌سازی هیدرولوژیکی پاسخ حوضه و نیز بررسی روان‌آب در حوزه‌های آبخیز مورد استفاده قرار گرفت. یکی از این روش‌ها، استفاده از مدل‌های رایانه‌ای است. مدل‌های یادشده این امکان را می‌دهند تا با شبیه‌سازی مولفه‌های مختلف بیلان آبی و یا شناخت فرآیند تبدیل بارش به روان‌آب، مولفه‌های مختلف بیلان آبی و روان‌آب در

حوضه‌هایی که جریان رودخانه اندازه‌گیری نشده است و یا دارای آمار کوتاه‌مدت است، با کمینه زمان ممکن و کمترین هزینه ارزیابی شود. در این پژوهش، الگوریتم مدل SFB بوتون استفاده شد. مدل SFB رابطه‌ای ساده از بیلان آبی است که در واقع با اصلاحاتی روی مدل اولیه Boghton به‌دست آمده است. مدل سه پارامتر دارد که شامل ظرفیت ذخیره سطحی (S)، میزان نفوذپذیر آب (F) و عامل دبی پایه (BFI) است. نتایج حاصل از این مدل در حوضه‌های استرالیا نشان داده است مدل از قابلیت خوبی در پیش‌بینی روان‌آب برخوردار است. در این پژوهش به‌منظور ارزیابی مدل SFB از اطلاعات موجود در تعدادی از زیرحوضه‌های، حوزه آبخیز مهارلو، زهره، کل و مند استفاده شد. داده‌های روزانه بارش، روان‌آب و تبخیر و تعرق در مدت زمانی حدوداً ۲۰ ساله مد نظر قرار گرفت. سپس، بارش‌های روزانه به کمک روش TPSS به‌صورت منطقه‌ای درآمده و دبی‌های روزانه هم به‌صورت دبی ویژه محاسبه شد. در نهایت، به کمک مدل و با بهینه‌سازی پارامترهای مدل میزان دقت و کارآئی مدل در برآورد ضریب همبستگی بین روان‌آب مشاهده‌ای و برآوردی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج محاسبه شده با استفاده از مدل در تمامی حوضه‌ها نشان داد که مدل می‌تواند شبیه‌سازی قابل قبولی در شرایط کشور داشته، با اطلاعات قابل دسترس، پاسخ حوضه‌های فاقد آمار (یا با آمار کوتاه مدت) را محاسبه کرده و از قابلیت خوبی در طراحی و پژوهش برخوردار باشد.

خیاط خلقی (۱۳۸۰) حوضه کن را بر اساس سه معیار سیلاب ویژه، زمان تاخیر و خسارات جانی - مالی مورد ارزیابی قرارداد. با توجه به قابلیت روش محاسبات و در نظر گرفتن وزن یکسان و هم‌چنین وزن‌های متفاوت برای معیارها انجام شد. نتایج نشان می‌دهد با توجه به سه معیار در نظر گرفته شده، اولویت‌های اول تا چهارم مشابه ولی از اولویت پنجم به بعد با توجه به نوع وزن‌بندی متفاوت هستند.

Sharifi و Boyed (۱۹۹۴)، مدل‌های بارش - روان‌آب سه پارامتره AWBM و SFB را در استرالیا مقایسه کردند و نتیجه گرفتند مدل AWBM بهتر از مدل SFB، روان‌آب را شبیه‌سازی می‌کند. Tsujimoto (۱۹۹۹) نقش پوشش گیاهی در کاهش سیلاب را بررسی نمود. نامبرده به این نتیجه رسید که انواع فرآیندهای سیلابی رابطه معکوس با پوشش گیاهی داشته و پوشش می‌تواند روی چشم‌انداز رودخانه تاثیرگذار باشد. Sharifi (۱۹۹۷) با مقایسه سه مدل SDI, AWBM و SFB در هشت حوضه استرالیا نشان داد اگر روان‌آب به ر روان‌آب سطحی و آب پایه تقسیم شود، مدل AWBM بهتر از مدل‌های SDI و SFB جواب می‌دهد، ولی در برآورد روان‌آب در طول دوره مطالعاتی مدل SDI بهتر از AWBM و SFB جواب می‌دهد.

Maidment (۱۹۹۶) رابطه رگرسیونی بین دبی‌های سیلابی و پارامترهای ژئومتریکی را مطالعه نمود. ایشان پارامترهای موثر بر دبی سیلابی را طول آبراهه اصلی، ارتفاع متوسط، شیب حوضه و مساحت عنوان نموده است.

بررسی منابع داخلی نشان داد که به‌جز دو مورد کار پژوهشی محدود کار دیگری در رابطه با شاخص بارش پیشین و روان‌آب، در کشور کار دیگری صورت نگرفته است. ویسکرمی (۱۳۷۸) پژوهش خود را در حوضه کشکان (لرستان) برای بررسی روابط مربوط به کاهش‌های هیدرولوژیک برای تعیین هیدروگراف سیلاب انجام داد و روابط میان شاخص بارش پیشین و روان‌آب را به‌صورت معادلات دو متغیره با ضرایب همبستگی نسبتاً مناسب ارائه نمود. فضل‌اولی (۱۳۸۵)، برای شبیه‌سازی بارش - روان‌آب شاخص بارش پیشین را در دو حوضه معرف امام و کسلیان به‌کاربرد وی با به‌کارگیری رابطه به‌دست آمده به‌وسیله ویسکرمی مقدار بهینه ثابت فروکش رطوبت خاک برای حوضه امامه ۰/۹۰۴ و کسلیان ۰/۹۶۵ بدست آورد. همچنین، وی بهترین روابط رگرسیونی پیش‌بینی براساس داده‌های ساعتی و روزانه را برای حوضه‌های یادشده بدست آورد.

تخمین آستانه شروع روان‌آب

اورشم (۱۳۷۵) با استفاده از یک باران‌ساز قابل حمل، از نوع قطره چکان، میزان روان‌آب و رسوب تولیدی را در سازندهای مختلف واقع در حوزه آبخیز ابوالفارس رامهرمز اندازه‌گیری و مقایسه نمود. در این پژوهش اثر شیب و سازند بررسی شده که افزودن بر کاربرد مناسب

باران‌ساز در مطالعات روان‌آب و فرسایش، بیشترین مقدار هرزآب و رسوب مربوط به مارن‌های سازند آغاچاری در شیب ۳۰ درصد در منطقه پژوهش است.

کانونی (۱۳۷۷) پژوهشی در زمینه استفاده از تئوری کمبود جریان برای تخمین روان‌آب سالانه در استان‌های فارس، بوشهر و کهگیلویه و بویراحمد (جنوب غرب ایران) انجام داد. وی از آمار هیدرومتری، بارندگی و درجه حرارت ایستگاه‌های موجود منطقه، در یک دوره ۲۱ ساله (از سال ۱۳۵۱-۱۳۵۲ تا ۱۳۷۱-۱۳۷۲) استفاده نمود، به طوری که پس از انجام محاسبات لازم شامل متوسط سالانه روان‌آب، بارندگی و درجه حرارت و تقسیم‌بندی نواحی مورد مطالعه به پنج ناحیه همگن و انجام آزمون همگنی به روش دلریمپل برای ایستگاه‌های موجود در هر ناحیه، روابطی برای تخمین روان‌آب روان‌آب سالانه ارائه شد. در این پژوهش افزون بر روابط ارائه شده برای تخمین روان‌آب سالانه، به منظور پیش‌بینی مقدار روان‌آب سالانه با دوره‌های بازگشت مورد نظر از روش سیل نمایه استفاده شد.

صفرپور (۱۳۸۱)، برای تعیین آستانه شروع روان‌آب، در حوزه آبخیز لتیان از یک شبیه‌ساز باران قابل حمل استفاده نمود. با ایجاد بارش در شدت و مدت‌های مختلف در کرت‌های مطالعاتی، آستانه شروع و میزان روان‌آب در هر آزمایش اندازه‌گیری شد. با بررسی نتایج حاصل از انجام آزمایش‌ها، مشخص شد که متغیرهای موثر در تعیین آستانه شروع روان‌آب به ترتیب اهمیت عمق باران، شدت باران، درصد پوشش، درصد شن، درصد رس و درصد شیب هستند. سپس، با استفاده از برنامه‌های آماری یک رابطه تجربی برای محاسبه آستانه شروع روان‌آب با استفاده از عمق، شدت باران و خصوصیات فیزیوگرافی شامل درصد رس، درصد شن، درصد پوشش و درصد شیب به دست آمد. آستانه شروع روان‌آب به دست آمده از این رابطه با آستانه شروع روان‌آب واقعی ۹۸ درصد همبستگی دارد. اختلاف تولید روان‌آب در دو وضعیت رطوبتی خشک و مرطوب بسیار زیاد بوده، در خاک‌های مرطوب بلافاصله پس از دقایق اولیه بارندگی میزان روان‌آب به نزدیک نقطه اوج خود در طول بارش شبیه‌سازی شده می‌رسد. مقدار روان‌آب به میزان رطوبت اولیه بستگی دارد و هر چه رطوبت اولیه خاک بیشتر باشد سرعت نفوذ کاهش یافته و میزان روان‌آب بیشتر می‌شود.

Boyd and Sharifi (۱۹۹۴) مدل‌های بارش-روان‌آب سه پارامتره AWBM و SFB را در استرالیا مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که مدل AWBM بهتر از مدل SFB روان‌آب را شبیه‌سازی می‌کند. Sharifi (۱۹۹۷) با مقایسه سه مدل AWBM, SDI, SFB در هشت حوضه استرالیا نشان داد که اگر روان‌آب به روان‌آب سطحی و آب پایه تقسیم شود مدل AWBM بهتر از مدل‌های SDI و SFB جواب می‌دهد ولی در برآورد روان‌آب در طول دوره مطالعاتی مدل SDI بهتر از AWBM و SFB جواب می‌دهد. Raeesiyan (۲۰۰۵) نتیجه گرفت که آستانه شروع روان‌آب دارای بیشترین همبستگی با عمق بارش و کمترین همبستگی با درصد شیب است. در این تحقیق با استفاده از شبیه‌سازهای باران قابل حمل، آستانه شروع روان‌آب در خاک‌های با کاربری کشاورزی و مرتع برای شرایط متفاوت رطوبتی و شیب‌های مختلف اندازه‌گیری شد. نتیجه‌گیری شد که در زمین‌های کشاورزی با افزایش شیب، آستانه شروع روان‌آب کاهش می‌یابد. بر خلاف انتظار، در مراتع با دو حالت رطوبتی، خاک مرطوب و خشک، با افزایش شیب از ۲۵ تا ۳۵ در آستانه شروع روان‌آب نیز افزایش یافته است

ویژگی‌های جغرافیایی و آب‌هوائی استان چهارمحال و بختیاری موقعیت استان در کشور

استان چهارمحال و بختیاری با ۱۶۳۳۲ کیلومتر مربع وسعت معادل یک درصد از کل وسعت ایران، بیست و دومین استان کشور از نظر مساحت می‌باشد. زبان مردم این استان عموماً لری است. ولی به مقتضای مهاجرت‌ها زبان ترکی و ارمنی در بعضی از روستاها رایج است. مرکز این استان شهرکرد است با ۲۰۷۰ متر ارتفاع از سطح دریا، مرتفع‌ترین مرکز استان کشور ایران است. استان چهارمحال و بختیاری دربخش مرکزی کوه‌های زاگرس بین پیش‌کوه‌های داخل و استان اصفهان واقع شده است. از شمال و شرق به

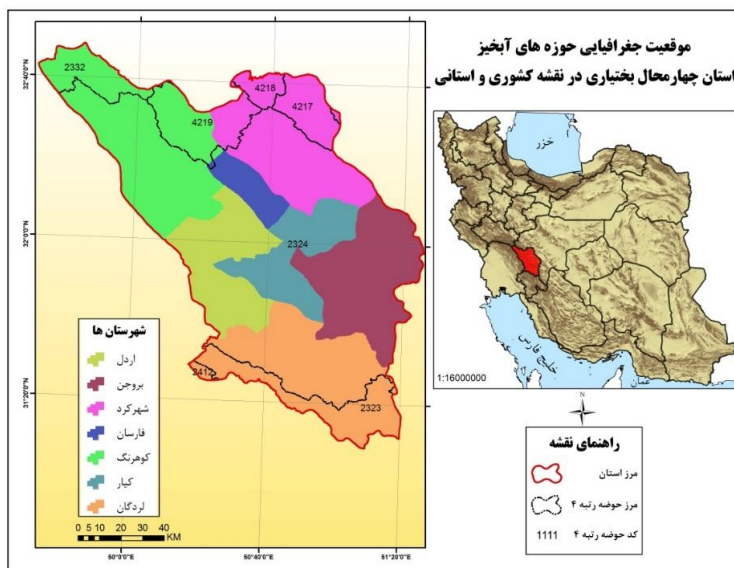
استان اصفهان، از غرب به استان خوزستان، از جنوب به کهگیلویه و بویر احمد و از شمال غرب به استان لرستان محدود است. این استان دارای یک درصد از کل وسعت ایران می باشد که در بستر سلسله جبال زاگرس واقع شده است. که با وجود مساحت کم ده درصد از منابع آب کشور را در اختیار دارد. به علت ماهیت کوهستانی مرتفع، که در مسیر بادهای مرطوب سیستمهای مدیترانه ای قرار داشته و موجب صعود و تخلیه بار این سامانه ها می گردد، این استان دارای بارش نسبتاً مناسب می باشد. غالباً در مناطق مرتفع نوع بارش به صورت برف می باشد و وجود ارتفاعات پوشیده از برف یکی از ویژگیهای اقلیمی این استان است. به علت جوان بودن دوره کوه زایی، در این منطقه وجود بلایا و مخاطرات طبیعی بسیاری چون سیل و زلزله، رانش زمین در اکثر نقاط آن مشاهده می شود. همچنین سرمازدگی، خشکسالی و رعد و برق از دیگر بلایای طبیعی آن می باشد.

ریزش های جوی و برف و باران منشاء سرشاخه های رودخانه کارون و زاینده رود هستند و آبخیزهای این دو رودخانه را به ترتیب ۱۳۸۰۰ و ۲۷۲۰ کیلومتر مربع شامل می شود. ارتفاعات زاگرس حوضه آبخیز رودخانه های زاینده رود، کارون و کرخه و دز را تشکیل می دهد و با توجه به حجم نزولات جوی و پایین بودن سطح تبخیر و موقعیت نسبتاً مناسب تشکیلات زمین شناختی قسمت اعظم آبهای سطح الارضی و تحت الارضی کشور به میزان ۴۵ تا ۵۰ درصد را تامین می کند.

استان چهارمحال و بختیاری بدلیل دارا بودن ویژگیهای خاص جغرافیایی و توپوگرافی از لحاظ آب و هوایی متنوع بوده و اقلیمهای متفاوتی در آن وجود دارد. بارشهای منطقه غالباً تحت تأثیر جریانهای جوی مدیترانه و عمدتاً کم فشار سودان قرار دارد که از غرب و جنوب غرب وارد منطقه شده و به مدت ۸ ماه (مهر تا اردیبهشت) منطقه را تحت تأثیر قرار می دهد. وجود رشته کوه زاگرس که عمود بر مسیر حرکت این جریانها است، باعث تشدید خاصیت سیکلونی آنها شده و بارانهای شدید و سنگین را در منطقه باعث می شود.

مواد و روش ها

زمین شناسی: انتخاب حوضه های مناسب بر اساس شکل که دارای تنوع کافی انتخاب شده اند، به طوری که حوضه های گرد تا کشیده را شامل شود. شاخص شکل مورد استفاده در این پژوهش ضریب فشردگی یا ضریب گراولیوس است. شاخص های متعددی برای نشان دادن شکل حوضه آبخیز ارائه شده است که هر کدام از آنها می تواند به نحوی نشان دهنده شکل حوضه باشد، اما براساس نتایج بدست آمده در پژوهش های متعدد، ضریب گراولیوس شاخص مناسبی برای شکل حوضه آبخیز است.



شکل (۱) - نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور

شاخص بارش پیشین با تلفات بارش و روان آب: به منظور شناخت دقیق چرخه هیدرولوژی و همچنین مطالعات پایه منابع آب، کشور از نظر هیدرولوژی به مناطقی تحت عنوان حوزه های آبخیز تقسیم شده است. از آنجا که هر یک از این حوزه ها، به تنهایی دارای خصوصیات و ویژگی های متفاوت آب و هوایی، جغرافیایی، فیزیکی و زمین شناسی است، با در نظر گرفتن شرایط حاکم بر این حوزه ها، حوزه های آبخیزی با مساحت اندک که بتواند معرف حوزه های مختلف کشور باشد، انتخاب و به عنوان حوزه معرف مورد استفاده قرار می گیرد. در حوزه های معرف با آماربرداری دقیق از کلیه عوامل مختلف آب و هوایی و تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات به دست آمده، نتایجی به دست خواهد آمد که قابل استفاده و تعمیم در حوزه های آبخیز مشابه و وسیع تر است. برای انجام این پژوهش، از ۱۲ حوزه های آبخیز معرف وزارت نیرو که حوزه های قابل استفاده و فعال هستند، استفاده شد. در این پژوهش دو رابطه کاربردی محاسبه شاخص بارش پیشین مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از دو رابطه متفاوت برای کلیه حوزه های معرف، محاسبات انجام و سپس بین هر دو شاخص با روزهای پیشین ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ روزه با روان آب کلیه حوزه ها همبستگی برقرار و نتایج مقایسه شد.

شبیه سازی به وسیله مدل AWBM: در بررسی و مطالعات هیدرولوژیکی اولین و اساسی ترین بخش، وجود اطلاعات پایه از جمله آمارهای هواشناسی، هیدرومتری، نقشه ها و مشخصات ایستگاه ها است. برای این منظور، آمار و اطلاعات اولیه ۱۰۹۸ ایستگاه هیدرومتری جمع آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این راستا، نقشه های مورد نیاز حوزه ها و زیر حوزه های کشور که با نرم افزار GIS تهیه شده بود، مورد استفاده قرار گرفت. مراحل ذیل جهت حوزه های چهارمحال و بختیاری انجام شد. ۱- کنترل آمار ایستگاه ها و دسته بندی آن ها براساس سال های آماری ۲- تطویل و تکمیل آمار روان آب ایستگاه ها ۳- ایستگاه های هیدرومتری مورد استفاده با حوزه های کاری و ۴- انتخاب تابع هدف

محاسبه مقدار CN: جهت محاسبه مقدار CN در حوزه های چهارمحال و بختیاری مراحل ذیل انجام گرفت: ۱- جمع آوری داده های بارش و روان آب ۲- انطباق مختصات ایستگاه های بارش و هیدرومتری بر زیرحوزه ۳- برآورد متوسط بارش ماهانه زیرحوزه ها ۴- برآورد متوسط روان آب ماهانه ۵- محاسبه ضریب نگهداشت آب ۶- محاسبه CN و ۷- مطابقت داده های شماره منحنی و پوشش گیاهی

شبیه سازی با استفاده از تحلیل منحنی: به منظور برآورد منحنی تداوم جریان از پارامترهای هواشناسی، توپوگرافی، فیزیوگرافی و ایستگاه های استان چهارمحال و بختیاری استفاده شد. در این پژوهش به منظور ترسیم منحنی تداوم جریان از آمار متوسط دبی روزانه ایستگاه ها استفاده شد. به منظور برآورد منحنی تداوم جریان، باید یک سری دبی های شاخص را از منحنی تداوم جریان استخراج نمود که از این دبی ها، با فراوانی درصد زمان های مختلف در سایر حوزه ها اقدام به برآورد منحنی تداوم جریان شود. برای برآورد منحنی تداوم جریان از سه دسته از دبی های استخراجی از منحنی تداوم جریان استفاده شد (علیزاده، ۱۳۸۱): ۱- دبی های بیشینه دبی هایی که کمتر از ۲۵ درصد ایام سال جریان داشته باشند، ۲- دبی های عادی: دبی هایی که در ۲۵ تا ۷۵ درصد ایام سال جریان داشته باشند و ۳- دبی های کمینه: جریان هایی که بیش از ۷۵ درصد از ایام سال جریان داشته باشند. برای استخراج پارامترهای مورد نیاز دبی های مربوطه ($Q_{2\%}$ ، $Q_{5\%}$ ، $Q_{10\%}$ ، ...، $Q_{95\%}$ و $Q_{99\%}$)، ابتدا آمار تمامی ایستگاه ها در هر سال به طور جداگانه به صورت نزولی مرتب شد و با استفاده از فرمول ویبول، احتمال وقوع برای هر کدام از دبی های روزانه محاسبه شد.

شاخص خشکی خاک: شاخص خشکی خاک مدل ISDI، یک مدل مفهومی پیوسته شبیه سازی در فرآیندهای عمل کننده در حوزه آبخیز است که به صورت روزانه عمل می کند. این مدل در برآورد روان آب سطحی، پیش بینی رفتار حوزه های تحت توسعه و بسط آمار (داده ها)، در جاهایی که برآورد و طراحی به آمار دراز مدت نیاز دارد، به کار می رود. این مدل را می توان در حوزه های معرف یا حوزه های دارای ایستگاه های اندازه گیری کالیبره و ارزیابی و نهایتاً فرآیندهای هیدرولوژیکی و یا روان آب روزانه یا ماهانه را شبیه سازی

کرد و در حوضه های کالیبره شده برای پیش بینی رفتار در شرایط تغییرات فرضی آینده در حالات مختلف و یا حوضه های مشابه بدون آمار به کار برد. مدل، داده های بارش، دبی و تبخیر از تشتک (همگی روزانه و بر حسب میلی متر) و برخی از ویژگی های فیزیکی حوضه ها را به عنوان ورودی دریافت می کند. خروجی مدل شامل روان آب (سالانه، ماهانه و روزانه) و چگونگی حرکت آن و یا تفکیک جزئی تر پاسخ حوضه به مولفه های مختلف بوده، مدل به کمک پارامترهایی آن ها را نمایندگی و شبیه سازی می کند.

درصد ایام بارش: سطح بارش به مساحتی اطلاق می شود که در هنگام اندازه گیری باران در یک نقطه می توان برای اطراف آن نقطه تعمیم داد. در واقع هر بارش در هنگام وقوع مساحتی را در برمی گیرد که به آن سطح بارش گویند. سطح بارش ثابت نیست و در طول مدت بارش مرتب در حال تغییر است. برای اندازه گیری سطح بارش باید تعداد زیادی باران سنج در نقاط مختلف وجود داشته باشد تا بتوان در هنگام وقوع یک باران گسترش آن را تخمین زد. در واقع وسعت بارش مساحتی است که در یک زمان معین تحت ریزش قرار می گیرد. داده های باران سنجی مربوط به اندازه گیری باران در یک نقطه است که به آن بارش نقطه ای اطلاق می شود و معمولاً لازم می شود که به مساحت یک حوضه یا منطقه تعمیم داده شود. در عملیات هیدرولوژی این کار معمولاً با سه روش ساده انجام می شود که شامل روش میانگین گیری ریاضی، روش استفاده از چند ضلعی های تیسن و روش استفاده از خطوط هم باران است. به منظور انجام این پژوهش، ابتدا آمار ایستگاه های کل کشور در طی دوره ۳۰ ساله جمع آوری شد. پس از بازسازی آمارهای ناقص با استفاده از روش تیسن، بارندگی متوسط منطقه ای در استان محاسبه شد.

شبیه سازی بارش و روان آب با استفاده از روش SFBM: به منظور شناخت دقیق سیکل هیدرولوژی و همچنین مطالعات پایه منابع آب، ایران از نظر هیدرولوژی به مناطقی تحت عنوان حوزه های آبخیز تقسیم شده است. از آنجا که هر یک از این حوضه ها به تنهایی دارای خصوصیات و ویژگی های متفاوت آب و هوایی، جغرافیایی، فیزیکی و زمین شناسی هستند، با در نظر گرفتن شرایط حاکم بر این حوضه ها، حوزه های آبخیز با مساحت اندک که بتواند معرف حوضه های مختلف کشور باشد، انتخاب و به عنوان حوضه معرف مورد استفاده قرار گرفت. در حوضه های معرف با آماربرداری دقیق از تمام عوامل مختلف آب و هوایی و تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات به دست آمده نتایجی به دست خواهد آمد که قابل استفاده و تعمیم در حوزه های آبخیز مشابه و وسیع تر است. از آنجا که دو دسته حوزه آبخیز معرف در کشور تأسیس شده و مورد استفاده قرار می گیرد (یکی حوضه های معرف وزارت نیرو و دیگری حوضه های معرف سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری)، لذا به منظور انجام این پژوهش، از حوزه های آبخیز معرف وزارت نیرو استفاده شد.

مدل SFB رابطه ای ساده از بیلان آبی است که سه پارامتر شامل ظرفیت ذخیره سطحی (S)، میزان نفوذپذیر آب F و عامل دبی پایه (Q_b) را استفاده می کند. این برنامه بارش روزانه و تبخیر را به مقادیر جریان سیلاب با استفاده از پارامترهای بهینه شده تبدیل می کند. برنامه همچنین مقادیر سیلاب را تخمین می زند. پارامترهای ورودی شامل آمار بارش روزانه (mm)، تبخیر تشتک روزانه و یا تبخیر تفرق پتانسیل (mm)، مقادیر پارامترهای (S(10-140 mm)، F(0.5-7 mm day⁻¹) و B(0-1)، ظرفیت ذخیره لایه فوقانی و تحتانی خاک (mm)، ۵۰ درصد از S. برنامه مدل SFB به شش شاخه تقسیم می شود که هر شاخه توابعی مختلف از مدل را محاسبه می کند، بخش های شش گانه برنامه شامل تابع رطوبت، تابع روان آب سطحی، تابع دبی پایه، تابع روان آب کل، تابع خطی و تابع زهکشی لایه زیرین خاک است.

تخمین آستانه شروع روان آب: روش های متعددی در شبیه سازی فرآیندهای هیدرولوژیک حوزه های آبخیز با پیشرفت در علوم زمین ارائه شده است. مدل های هیدرولوژیکی این امکان را می دهند تا با شبیه سازی فرآیند روان آب- بارش، عکس العمل حوضه با کمترین زمان و هزینه ارزیابی شود. چون در حوزه های آبخیز امکان اندازه گیری تمام کمیت های مورد نیاز برای بررسی عکس العمل حوضه میسر نیست،

لذا انتخاب مدلی که بتواند در عین سادگی ساختار و با استفاده از کمینه اطلاعات ورودی، برآورد با دقت مورد نظر را ارائه کند امری ضروری به نظر می‌رسد.

تغییرات دما در استان در دو دوره ۱۵ ساله: برای دوره آماری ۳۰ ساله (۱۳۴۳ لغایت ۱۳۷۳) کمینه درجه حرارت ماهانه، متوسط دمای ماهانه و همچنین بیشینه دمای ماهانه کلیه ایستگاه استان انجام شد.

بررسی خاک، وضعیت پوشش گیاهی و کاربری اراضی استان: مراحل انجام کار شامل تدقیق‌سازی تصاویر ماهواره‌ای، زمین مرجع نمودن تصاویر ETM+، زمین مرجع نمودن نقشه‌های ۱:۲۵۰/۰۰۰، تبدیل مختصات، زمین مرجع نمودن تصاویر ETM+، تصاویر لندست، DEM راداری و طبقه بندی تصاویر ماهواره ای بر اساس راهنمای نقشه های پوشش گیاهی و کاربری اراضی است.

بررسی وضعیت خط برف: در روش استفاده از درجه حرارت مناطق مختلف و ایستگاه‌های موجود و گرادبان دمای ماهانه برای هر منطقه تعیین شد و بر مبنای آن محدوده برف در هر ماه استخراج شد. اگر دمای صفر درجه سانتی گراد مبنای محدوده برف در نظر گرفته شود، مناطقی را که در دمای صفر درجه و یا زیر صفر درجه سانتی گراد قرار دارند، به عنوان مناطقی که در آن نشست برف هست و مناطقی را که دمای بالای صفر دارند، ذوب برف خواهند داشت. در روش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به‌ویژه تصاویر مربوط به NOAA-AVHRR، مناطق پوشیده از برف مشخص شده، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیائی سطح آن استخراج می‌شود.

متوسط منطقه‌ای بارندگی استان: برای بررسی بارندگی روزانه، از یک سال پربارش (سال آبی ۷۲-۱۳۷۱)، یک روز از هر فصل که در یکی از مناطق همگن، سطح نسبتاً مناسبی را پوشش می‌داد و همچنین مقدار بارش نیز در آن‌ها قابل توجه بود، انتخاب شد.

نتیجه گیری

ویژگی‌های هندسی شامل ارتفاع حوضه، مساحت، شیب استان چهارمحال و بختیاری در جدول ۱ ارائه شده است.

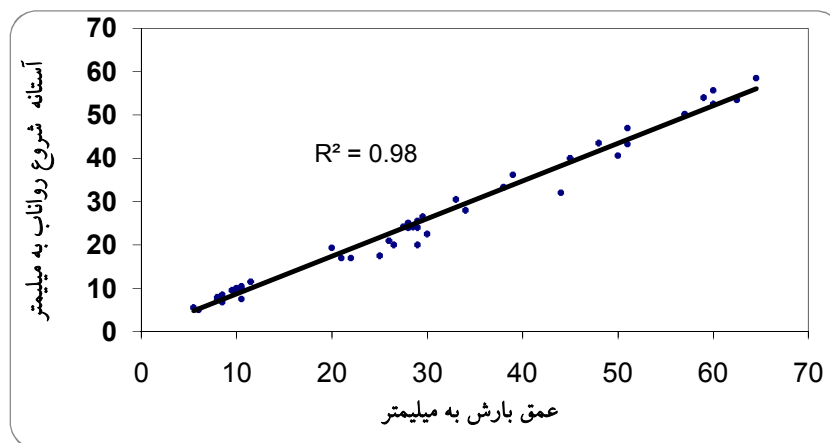
جدول ۱: ویژگی‌های هندسی حوضه های استان چهارمحال و بختیاری

کد حوضه	ارتفاع حوضه (متر از سطح دریا)		ضریب	عرض	طول	ضریب	مساحت	گرادیانس	شیب حوضه	
	حداقل	حداکثر							%	درجه
2323	2462	3490	167.3	69.0	0.2	14.7	3612.5	14.5	22.5	
2324	2436	3371	143.1	60.8	0.2	10.7	14513	14.3	26.6	
2332	1766	3048	206.7	90.6	0.1	12.8	4142.7	21.4	21.6	
2412	1242	2743	147.4	55.1	0.3	18.6	1460.5	12.9	20.6	
4217	2472	3048	86.4	31.8	0.4	11.4	814.4	10.3	57.4	
4218	2819	3658	104.0	41.5	0.3	10.5	782.8	12.6	21.7	
4219	2798	3353	194.4	78.2	0.2	19.0	1489.9	14.5	25.4	

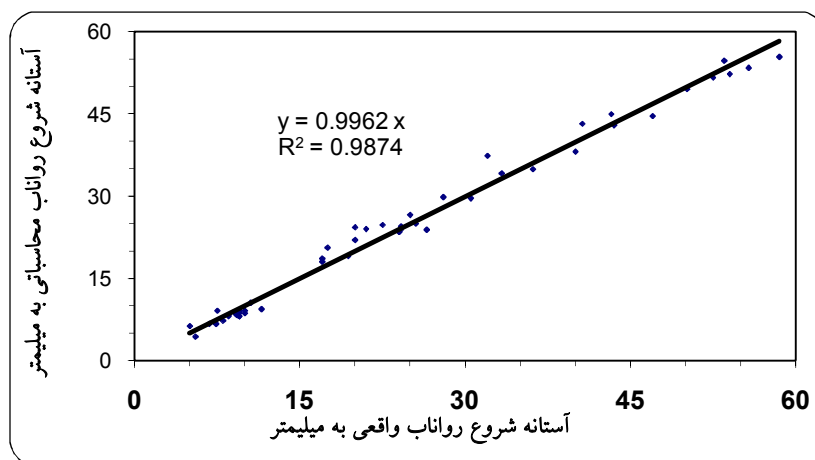
نمودارها بدست آمده نشان می دهد که آستانه شروع رواناب بیشترین همبستگی را با عمق بارش دارد. برای بررسی میزان تاثیر هر یک از متغیرهای عمق بارش، شدت بارش، عمق رواناب، درصد رس، درصد شن، درصد پوشش گیاهی و درصد شیب بر آستانه شروع رواناب از ضرایب همبستگی بین آستانه شروع رواناب و این متغیرها استفاده شد که نتایج آن در جدول (۲) آمده است. رابطه همبستگی خطی (شکل ۴) و غیرخطی (شکل ۵) بین متغیرها آستانه شروع رواناب محاسباتی و آستانه شروع رواناب واقع ارائه شده است. با توجه به این جدول مشخص می شود که متغیرهای موثر در آستانه شروع رواناب به ترتیب اهمیت عبارتند از: عمق بارش، عمق رواناب، شدت بارش، درصد پوشش، درصد شن، درصد رس و درصد شیب.

جدول (۲): جدول ضرایب همبستگی بین آستانه شروع رواناب و متغیرهای شدت بارش، عمق بارش، درصد رس، درصد شن، درصد پوشش گیاهی و درصد شیب در ۵۱ نمونه آزمایش

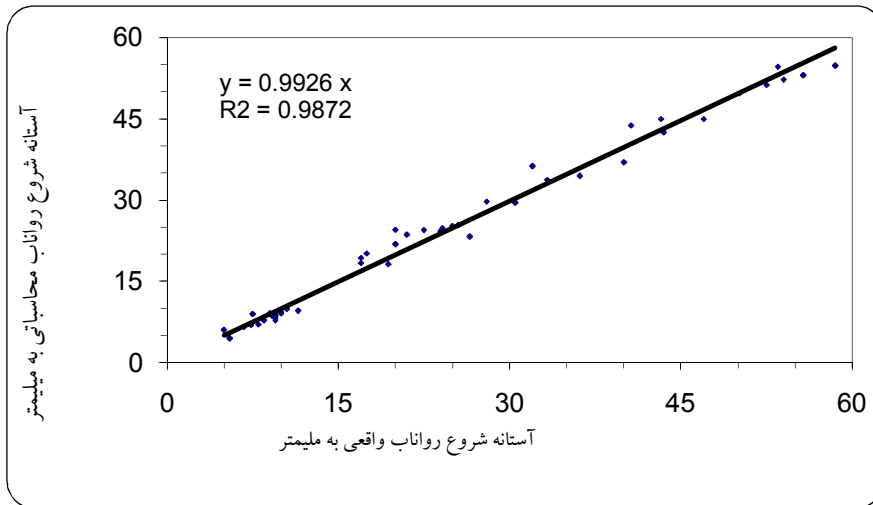
متغیر	شدت بارش	عمق بارش	رس	شن	پوشش گیاهی	شیب
آستانه شروع رواناب	0.056	0.992	-0.085	0.119	-0.127	-0.006



شکل ۲: رابطه بین عمق بارش-آستانه شروع رواناب



شکل ۳: رابطه آستانه شروع رواناب محاسباتی و آستانه شروع رواناب واقعی



شکل ۴: رابطه آستانه شروع رواناب محاسباتی و آستانه شروع رواناب واقعی

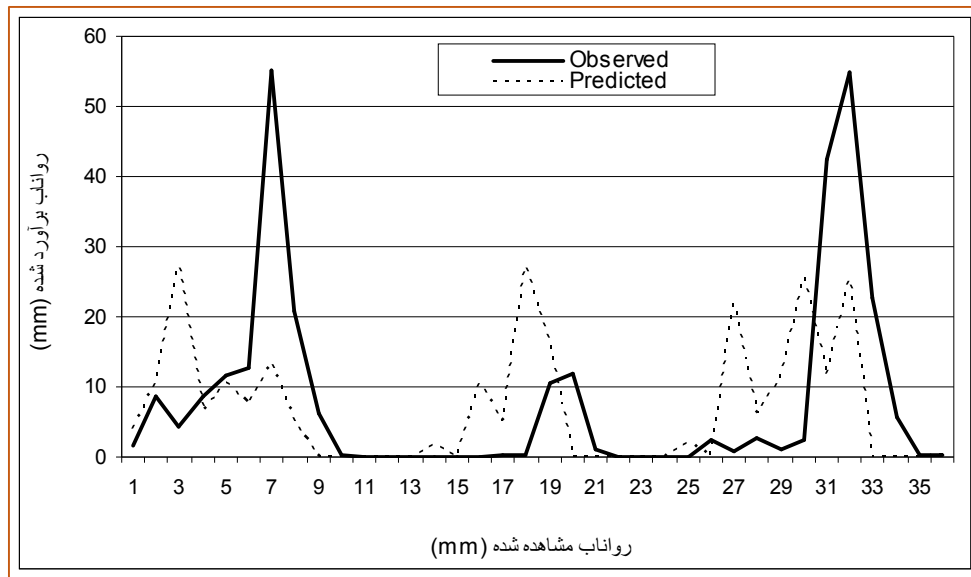
پارامترهای ثابت فروکش جریان پایه (K)، شاخص جریان پایه (BFI)، ظرفیت‌های ذخیره سطحی و در برخی حوزه‌های آبخیز استان محاسبه که در جدول (۳) آورده شده است. در جدول (۴) محدوده تغییرات شماره منحنی مناطق سه گانه در ماه‌های فروردین، آذر، دی، بهمن و اسفند در استان آمده است. مقایسه رواناب مشاهده شده و برآورد شده دوره واسنجی مدل در یکی از حوضه‌های استان.

جدول (۳): پارامترهای ثابت فروکش جریان پایه (K)، شاخص جریان پایه (BFI)، ظرفیت‌های ذخیره سطحی در برخی حوزه‌های آبخیز استان چهارمحال و بختیاری

حوزه آبخیز	شاخص جریان پایه (BFI)	ثابت فروکش جریان پایه (K)
2323	0.71	0.992
2324	0.72	0.991
2332	0.76	0.991
4218	0.56	0.991
4219	0.74	0.985

جدول (۴): محدوده تغییرات شماره منحنی مناطق سه گانه در ماه‌های فروردین، آذر، دی، بهمن و اسفند

ماه	محدوده تغییرات CN				
	فروردین	آذر	دی	بهمن	اسفند
مناطق سه گانه					
مرطوب و نیمه مرطوب	10-30	10-50	30-55	15-50	15-40
نیمه خشک	30-35	10-55	10-45	15-40	15-35
خشک	40-70	45-80	35-70	30-70	30-60



شکل (۵): مقایسه رواناب مشاهده شده و برآورد شده دوره واسنجی مدل

جدول (۵): ارتفاع خط و مساحت برف ماهانه در حوزه های آبخیز رده چهار استان چهارمحال و بختیاری

مساحت کیلومتر مربع	فروردین	اسفند	بهمن	دی	کد ۴
3612.5	4486.5	3284.3	2399.0	2332.2	2323
14513.5	4367.1	3155.3	2284.5	2226.9	2324
4142.7	4141.1	2919.6	2073.1	2031.4	2332
1460.5	4460.8	3240.4	2347.0	2273.5	2412
814.4	4174.3	2881.5	2133.4	2030.4	4217
782.8	4166.4	2883.4	2046.7	2028.5	4218
1489.9	4168.7	2888.1	2050.3	2031.5	4219

نتایج

شبیه سازی در حوزه های آبخیز درجه چهار کشور در منطقه اقلیمی نیمه خشک با استفاده از اطلاعات زمین شناسی، فیزیوگرافی، بارندگی، تبخیر و دبی در این پروژه پژوهشی انجام و تحلیل شد. استخراج پارامترهای فیزیکی مدل، تبدیل اطلاعات نقطه ای بارندگی به اطلاعات منطقه ای با استفاده از روش های مختلف و معمول، تحلیل اطلاعات تبخیر و محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل و تجمیع داده ها در یک بانک داده به منظور شبیه سازی هیدرولوژیکی حوزه های آبخیز درجه چهار و برآورد ظرفیت جریان های سطحی در این منطقه از اهداف اصلی این پروژه ملی است. این گزارش برگرفته از گزارش های آیت های مختلف طرح بوده و به عنوان گزارش نهایی در سطح استان تهیه و ارائه شده است.

بر اساس تقسیم بندی کوپن استان چهارمحال و بختیاری بطور کلی نواحی شرقی منطقه، اقلیم معتدل و سرد با تابستان های گرم و خشک (Dcas) دارد که از نمونه ایستگاه های آن شهرکرد و امام قیس را می توان نام برد. ارتفاعات ۳۰۰۰ - ۲۵۰۰ متری منطقه، اقلیم معتدل سرد و تابستان های خشک (Dcas) دارد که نمونه ایستگاه های آن چلگرد است. نواحی غربی منطقه که پوشیده از جنگلهای بلوط است اقلیم نیمه گرمسیری با تابستان های گرم و خشک (Dcas) دارد که ایستگاه لردگان و منج در این اقلیم واقع شده اند و بالاخره ارتفاعات بیش از ۳۰۰۰ متری منطقه دارای اقلیم ارتفاعات (H) می باشد که پوشیده از برف های دائمی است.

حداقل ارتفاع از سطح دریا در حوزه ها، ۲۸۱۹ متر و متعلق به حوزه آبخیز ۴۲۱۹ و حداکثر ارتفاع ۳۶۵۸ متر از سطح دریا در حوزه آبخیز ۴۲۱۸ می باشد.

نتایج پژوهش‌های انجام شده تاکنون، جریان پایه را به عنوان منبعی برای تغذیه آب‌های زیرزمینی قلمداد کرده و از روان‌آب و سازند زمین‌شناسی برای تعیین میزان سیل‌خیزی استفاده کرده است. در پژوهش حاضر با توجه به سازندهای زمین‌شناسی، عامل زمین‌شناسی با دادن ارزش به این عوامل به‌دست آمد که ارزش نشان‌دهنده میزان نفوذپذیری سنگ‌ها است. سپس، ارتباط این عوامل با جریان پایه به‌دست آمده است.

ارزش‌گذاری براساس نفوذپذیری لیتولوژی برای این واحدها انجام شد، میزان ارزش برای عامل‌ها بین صفر تا یک است. بر اساس بررسی‌های زمین‌شناسی برای تعیین عوامل حوزه‌ها بر حسب نفوذ ارزش عوامل حوزه‌ها بر حسب نفوذ از ۰ تا ۰/۳ بوده است. با توجه به دامنه صفر و یک برای عوامل داده‌های بدست آمده نشان‌دهنده نفوذ پذیری متوسط بوده است. گروه خاک لیتوسل نیمه مرطوب گروه غالب خاک حوزه‌های آبخیز می‌باشد.

آستانه شروع روان‌آب بستگی به اقلیم دارد و میزان آستانه در مناطق نیمه خشک بیشتر از مناطق نیمه مرطوب است. بیشینه روان‌آب وابسته به شرایط اقلیم هر منطقه بوده و میزان آن در مناطق نیمه خشک بیش از مناطق مرطوب فصلی است. از آنجا که منطقه مورد مطالعه در اقلیم نیمه خشک قرار دارد، آستانه شروع و بیشینه رواناب نسبت به سایر مناطق بیشتر است. این بدان معنی است که مقدار تلفات بارش بیشتر بوده و نفوذپذیری کمتری دارد.

حداکثر رواناب ویژه در حوزه ۴۲۱۹ برابر با ۷۰/۹ لیتر بر ثانیه بر کیلومتر مربع و در ماه فروردین بوده است. و کمترین رواناب ویژه در ماه شهریور و در حوزه ۲۴۱۲ برابر با ۱/۵ لیتر بر ثانیه بر کیلومتر مربع می‌باشد.

بیشترین میزان بارندگی متعلق به زیر حوزه ۴۲۱۹ با ۱۶۵ میلی متر در اسفند ماه و کمترین مقدار بارندگی با ۰ میلی متر در ماه تیر در زیر حوزه های ۲۳۳۲ و ۲۴۱۲ استان می باشد.

اگر دمای صفر درجه سانتی‌گراد مبنای محدوده برف در نظر گرفته شود، مناطقی را که در دمای صفر درجه و یا زیر صفر درجه سانتی‌گراد قرار دارند، به عنوان مناطقی که در آن نشست برف هست و مناطقی را که دمای بالای صفر دارند، ذوب برف خواهند داشت، در یک سال مشخص تهیه می‌شود و مناطقی نشست برف از ذوب از هم تفکیک می‌شوند و بالاخره سطح پوشیده از برف نسبت به کل سطح مورد مطالعه به‌دست می‌آید. در این گزارش روش اول بکار رفته است و با استفاده از دمای ایستگاه‌های منطقه، خط برف به‌دست آمده است. حداکثر خط برف در فروردین ماه مربوط به حوزه آبخیز ۲۳۲۳ در ارتفاع ۴۴۸۶ متر و حداقل آن در دی ماه با ۲۰۲۸ متر در حوزه ۴۲۱۸ می‌باشد. خط ماندگاری برف در این ماه نسبت به سایر ماه‌های سرد سال در پائین‌ترین ارتفاع قرار دارد.

تشکر و قدردانی

مقاله مذکور از "گزارش طرح کلان ظرفیت‌های آبی کشور در حوضه‌های رده چهار کشور" استخراج گردیده است. لذا از پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و مجری مسؤل طرح مذکور به جهت تمامی حمایت‌های مادی و معنوی سپاسگزاری و قدردانی می‌گردد.

منابع

- اسلامیان، س، زارعی، ع، ابریشم جی، ا، ۱۳۸۳، برآورد منطقه‌ای جریان‌های کم رودخانه‌های حوزه آبخیز مازندران، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۸ شماره، ۱، ۲۷-۳۸.
- افشار، ع، ۱۳۶۴، هیدرولوژی مهندسی، چاپ مرکز نشر دانشگاهی، ۴۵۹ صفحه.
- اورشم، ع، ۱۳۷۵، مقایسه رواناب - رسوب سازندهای مختلف زمین‌شناسی با استفاده از دستگاه‌های باران‌ساز (در حوضه آبخیز ابوالفارس رامهرمز - خوزستان). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

- پرهت، ج، رحیمی بندرآبادی، س، ۱۳۸۷، بررسی اثر همگن سازی منطقه‌ای و بازسازی داده‌ها در شبیه‌سازی توزیع مکانی بارندگی سالانه (مطالعه موردی: جنوب غرب ایران)، علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۲ (۴): ۵۶-۶۵.
- تلوری، ع، ۱۳۷۵، مدل‌های هیدرولوژی به زبان ساده، چاپ موسسه پژوهش‌های جنگل‌ها و مراتع، ۱۱۸ صفحه.
- خیاطی خلقی، م، ۱۳۸۸، کاربرد روش MCDM در اولویت بندی زیرحوزه‌ها به منظور کنترل سازه‌ای سیلاب حوزه آبخیز کن، دانشگاه تهران.
- داغستانی، پ، ۱۳۷۶، اثر عوامل فیزیوگرافی و هیدرولوژیکی حوزه‌ها بر سیلاب‌های حداکثر در منطقه شمال (گیلان و مازندران)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- رحیمی بندرآبادی، س، ۱۳۷۹، بررسی کاربرد روش‌های ژئواستاتستیک در برآورد بارندگی مناطق خشک و نیمه‌خشک جنوب شرق ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۵۰ صفحه.
- رضایی کلج، م، ۱۳۷۹، عوامل موثر بر سیل خیزی حوزه آبخیز کن و اولویت بندی زیرحوزه‌ها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره).
- شریفی، ف، نام درست، ج، زرین، ه، ۱۳۸۵، ارزیابی مدل AWBM در تعدادی از زیر حوضه‌های، حوزه آبخیز کارون، اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده‌رود (فرصت‌ها و چالش‌ها)
- صفارپور، ش، ۱۳۸۱، تخمین آستانه شروع رواناب با استفاده از شبیه‌سازی داده‌های بارش و رواناب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی.
- فضل اولی، ر، ۱۳۸۵، مدل شبیه سازی بارش - رواناب با استفاده از شاخص بارش پیشین، مطالعه موردی: حوزه‌های آبریز معرف امامه و کسلیان. پایان نامه دکتری هیدرولوژی. دانشگاه شهید چمران اهواز. ۲۹۴ صفحه.
- قنبرپور، م، تیموری، ر، ش، غلامی، ۱۳۸۷، مقایسه روش های برآورد دبی پایه بر اساس تفکیک هیدروگراف جریان، مطالعه موردی حوزه آبخیز کارون، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱، ص ۱۱ تا ۴۴.
- کانونی، امین، ۱۳۷۷، تخمین رواناب سالانه با استفاده از عوامل هواشناسی و خصوصیات فیزیکی حوضه‌ها در استان فارس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.
- علیزاده، ا، ۱۳۸۱، اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ چهاردهم انتشارات آستان قدس رضوی ۷۳۵ ص.
- مروج، ک، سرمیدیان، ف، محمودی، ش، ۱۳۸۲، بررسی رده بندی و تهیه نقشه خاک بخشی از زمین‌های دشت ورامین با استفاده از پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای سنجنده T.M. مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۶، شماره ۲. صفحه ۱۸۶-۲۰۰.
- نام‌درست، ج، زرین، ه، ۱۳۸۷، شبیه سازی رواناب خروجی در حوزه‌های آبخیز فاقد آمار با استفاده از مدل بارش - رواناب SFB، مطالعه موردی: استان فارس، اولین کنفرانس بین المللی بحران آب.
- نجفی، م، ر، شیخی‌وند، ج، پرهت، ج، ۱۳۸۳، برآورد رواناب حاصل از ذوب برف در حوضه‌های برف‌گیر، مطالعه موردی: حوضه سد مهاباد، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۱، شماره ۳، صفحات ۱۱۲-۱۱۱.
- وهایی، ج، مهدیان، م، ح، ۱۳۸۹، بررسی تاثیر تراکم پوشش گیاهی و رطوبت خاک بر تولید رواناب با استفاده از شبیه‌سازی باران، ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران.
- ویسکرمی، ا، ۱۳۷۸، بررسی روابط مربوط به کاهش‌های هیدرولوژیک برای تعیین هیدروگراف سیلاب در حوضه آبخیز کشکان (لرستان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۲۷ صفحه.
- یعقوب‌زاده، م، ا، اکبرپور، غ، ع، بارانی، ب، اعتباری، کاردان مقدم، ح، ۱۳۸۸، محاسبه شماره منحنی رواناب حوضه آبریز با استفاده از شیوه های GIS, RS، مطالعه موردی: حوضه آبریز منصورآباد بیرجند. مجله پژوهش آب، جلد ۳، شماره ۵، ص. ۳۱-۴۰.
- Anctil, F., C. Michel, C. Perrin and V. Andreassian. 2004. A soil moisture index as an auxiliary ANN input for stream flow forecasting. *Journal of Hydrology*, 286(1):155-167.

- Anderson, M.P., Woessner, W.W, 1992. Applied ground water modeling, simulation of flow and advection transport. Academic Press, San diego, 381 pp.
- Boughton, W. C. (1993), A Hydrograph-Based Model for Estimating the Water Yield of Ungauged Catchments, Inst. Eng. Australia, Nat. Conf. Publ. 93/14, pp. 317-324.
- Chang, C.L., S.L. Lo, and S.L. Yu. 2006. The parameter optimization in the inverse distance method by genetic algorithm for estimating prediction. Environmental Monitoring and Assessment, 117:145-155.
- Dolezal, F. and T. Kvittek. 2004. The role of recharge zones, discharge zones, springs and tile drainage systems in penepains of central European highlands with regard to water quality generation processes. Phys. and Chem.Earth, 29: 775-785.
- Goovaerts, P. 2000. Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. Hydrology, 228:113-129.
- Hartman. H.C., R. Bales and S. Sorooshian. 1999. Weather, climate and hydrologic forecasting for the southwest U. S., The Climate Assessment Project for the Southwest (CLIMAS), Working Paper Series: WP2-99, Tucson, Arizona, USA, 172pp.
- Holz, A., B. Connelly, D. Braatz, T. Hogue and D. Boyle. 2000. Comparing Various Methods for the Regionalization of Model Parameters in the Sacramento Soil Moisture Accounting Model and Snow Accumulation and Ablation Model, North Central River Forecast Center, National Weather Service, Chanhassen, Minnesota, USA, 6pp.
- Jothityangkoon, C., M. Sivapalan and D.L. Farnie. 2001. process controls of water balance variability in a large semi- arid catchment: downward approach to hydrological model development. Journal of Hydrology, 254(1-4): 174-198.
- Karnieli, A. and J. Ben-Asher. 1993. A Daily Runoff Simulation in Semi-arid Watersheds Base d on Deficit Calculations. J. Hydrology, 149: 9-25.
- Kohler. M.A. and R.K. Linsley. 1951. Predicting the runoff from storm rainfall, U. S. Weather Bureau Research Paper No 34, Washington D. C., 9pp.
- Lang, J.A., P. Schick and C. Leibundgut. 1999. A Noncalibrated rainfall-runoff model for large, arid catchments. Water Resource Research, 35(7):2126-2177.
- Lewis, D. M.J. Singer. and K.W.Kate, 2000. Applicability of SCS curve number method for a california oak woodlands watershed, J.of soil & water conservation, second quarter, p.48-55.
- Maidment D.1996. Regression realationship between discharges and geometric parameters, U.S.A Conference,p.p 68-69.
- Martinez, M.1998. Factors influencing surface runoff generation in a mediteranean semi-arid environment. Chicamo Watershed Spain, 12(5): 741-745.
- Meyer, S.C. 2005. Analysis of base flow trends in urban streams, northeastern Illinois, USA. Hydrogeology Journal, 13: 871-885.
- Neff, B.P., S.M. Day, A.R. Piggott and L.M. Fuller. 2005. Base flow in the great lakes basin. US Geological Survey Scientific Investigations Report 2005-5217, 23 p.
- Ponce, V.M. and A.V. Shetty. 1995. A conceptual model of catchments water balance: 2 Application of Runoff and Base flow Modeling. J. Hydrology, 173:41-50.
- Sharifi, F. and M.J. Boyd.1994. A comparision of the SFB and AWBM rainfall-runoff models. 25th Congress of The International Assosiation of Hydrologeologists/ International Hydrology & Water Resources Symposium of The Insitution of Engineers, Australia . ADELAIDE . 21-25 November, pp:491- 495.
- Sharifi, F. 1996. Catchments rainfall runoff computer modeling. Ph. D. Thesis, Dept. of Civil & Mining Engineering, University of Wollongong, Australia.
- Sharifi, F. 1997. Evaluation of three continuous rainfall-runoff models, a new approach. Proceedings of the 8th International Conference on Rainwater Catchments Systems, 416-432.
- Tsujimoto. T. 1999. Flurial processes in streams with vegetal. Abstract of Papers. JHR volume 37.