

پهنه‌بندی آستانه شروع رواناب با استفاده از شبیه‌سازی در حوضه‌های رده هفت استان کرمان

رحیم کاظمی^۱ جهانگیر پرهمت^۲، فرود شریفی^۳

۱- استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

ra_hkazemi@yahoo.com

۲ و ۳- دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده

آستانه شروع رواناب یکی از عوامل موثر در دقت برآورد حجم و شدت سیل محسوب شده و اطلاع از میزان آن می تواند منجر به مدیریت بهینه منابع حوزه آبخیز شود. آستانه شروع رواناب تابع پارامترهای مختلفی چون خصوصیات بارش، خصوصیات هندسی حوضه، خصوصیات خاک حوضه، پوشش گیاهی و رطوبت اولیه است و در حوضه‌های بزرگ با استفاده از اطلاعات بارندگی و اطلاعات جریان ثبت شده توسط ایستگاه‌های هیدرومتری تعیین می‌شود. برای انجام این تحقیق، ابتدا با بررسی داده‌های دبی روزانه ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در منطقه، تعداد ۸۶ ایستگاه با آمار مناسب و دوره مشترک آماری انتخاب شد. اطلاعات دبی جریان ایستگاه‌های هیدرومتری در سطح استان بازسازی شده و سال‌های آماری به ۱۵ سال تطویل شد. با استفاده از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰ و تعیین موقعیت ایستگاه‌ها، محدوده مورد پژوهش و هر کدام از زیرحوضه‌ها مشخص و پارامترهای اولیه حوضه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، استخراج شد. آستانه شروع رواناب با استفاده از مدل شبیه ساز بارش رواناب AWBM و پس از واسنجی و بدست آوردن پارامترهای بهینه مدل شبیه‌سازی شد. پهنه‌بندی حوزه‌های آبخیز بر اساس مقادیر بدست آمده از مدل انجام و درصد پوشش سطحی حوضه‌ها با توجه به میزان آستانه شروع رواناب محاسبه شد. سپس نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که مقادیر آستانه رواناب استان در دامنه ۱ تا ۲۵ میلی‌متر می‌باشد. آستانه رواناب پهنه استان عمدتاً طبقه صفر تا پنج میلی‌متر با ۴۴/۹ درصد پوشش سطحی بوده که مناطق شمال و شمال شرق استان را تحت پوشش قرار داده است. طبقه پنج تا ۱۰ میلی‌متر با پوشش سطحی ۴۳/۶۵ درصد برآورد شده است. این طبقه مناطق مرکزی استان را پوشش می دهد. بعلاوه آستانه رواناب طبقه ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر با پوشش سطحی ۸/۴۶ درصد در بخش جنوب و جنوب غرب گسترده شده است. آستانه رواناب طبقه ۱۵-۲۰ با پوشش سطحی ۰.۸ درصد و آستانه رواناب طبقه ۲۰-۲۵ و بالاتر با پوشش سطحی ۲ درصد در مرکز استان واقع شده است.

واژه‌های کلیدی: آستانه رواناب، پهنه‌بندی، سیل‌خیزی، شبیه‌سازی، نفوذپذیری، کرمان

مقدمه

یکی از ویژگی های بسیار مهم هر حوزه آبخیز، آستانه شروع رواناب آن است که می تواند منعکس کننده خصوصیات مختلف حوضه و عامل مهم در شناخت و تعیین وضعیت سیل خیزی حوضه باشد. تعیین آستانه شروع رواناب از آنجا که به برآوردهای دقیق تر سیل، طراحی و تخمین پتانسیل تولید رواناب کمک می کند و در استفاده بهینه و مدیریت نزولات نقش دارد، حایز اهمیت است. تعاریف مختلفی از آستانه رواناب در ادبیات موجود به چشم می خورد. از نظر (Georgakakos و همکاران، ۱۹۹۳) آستانه رواناب را به عنوان مقدار بارش مؤثر یا مازادی که طی یک دوام معین در سطح حوضه مشخصی برای شروع سیلاب در خروجی آبراهه زهکشی آن سطح مورد نیاز است، تعریف شده است. نتایج تحقیقات (Gioia و همکاران، ۲۰۰۸) نشان داد که سیلاب های معمولی زمانی رخ می دهند که مقدار بارش در یک واقعه از آستانه نرخ نفوذ بیشتر شود، که همان شدت بارش آستانه رواناب برای شرایط معین می باشد. از نظر (Montesarchio، ۲۰۱۱) آستانه بارش مشخص کننده مقدار بارشی است که در یک دوام معین دبی معینی را در یک مقطع روخانه ایجاد نماید. (شریفی و ذهبیون، ۲۰۱۴) نمودارهای بارش آستانه را به عنوان ابزاری عمومی در سامانه هشدار سیل توصیه نمودند. از نظر (Toth، ۲۰۱۵) آستانه رواناب را به جریان سیلابی اطلاق می شود که موجب خسارت سیل شود. در این پژوهش آستانه شروع رواناب شامل مقدار بارشی است که در شرایط حوضه لازم است تا مقدار تلفات اولیه بارش تأمین و جریان رواناب سطحی شروع شود. رواناب سطحی، ناشی از فرآیند پیچیده ای است که بین بارش و زمین رخ می دهد. در تئوری مرسوم در ارتباط با تولید رواناب، برای سرتاسر حوضه، شرایط متوسطی در نظر گرفته می شود. آقای (Horton، ۱۹۳۳) مفهومی را ارائه کرد، مبنی بر اینکه رواناب سطحی هنگامی ایجاد می شود که شدت بارش از ظرفیت نفوذ زمین بیشتر شود. از نظر (Ward، ۱۹۹۱) بیان می کند که مدت زمان یک رگبار معمولاً کوتاه تر از زمانی است که برای اشباع لایه سطحی اکثراً خاک ها لازم است. از نظر (Karnieli، ۱۹۹۳) در چهار حوضه در آریزونا آمریکا با شبیه سازی رواناب روزانه مشاهده کرد که آستانه شروع رواناب تابعی از متوسط بافت خاک هر حوضه است و خاک های رسی کمترین آستانه و خاک های شنی بالاترین آستانه شروع رواناب را دارند. وی نتیجه گرفت که در حوضه های جنوب غربی آمریکا میزان آب اولیه خاک اثر مهمی در تولید رواناب دارد. استفاده از مدل های بارش رواناب در شبیه سازی آستانه رواناب در پژوهش های متعددی مورد استفاده قرار گرفته است که از جمله می توان به پژوهش (شریفی و بوید، ۱۹۹۴) اشاره کرد. ایشان مدل های بارش - رواناب ۳ پارامتره AWBM و SFB را در استرالیا مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که مدل AWBM بهتر از مدل SFB رواناب را شبیه سازی می کند. (شریفی، ۱۹۹۷) با مقایسه سه مدل SDI، AWBM و SFB در هشت حوضه استرالیا نشان داد که اگر جریان سطحی به رواناب سطحی و آب پایه تقسیم شود مدل AWBM بهتر از مدل های SDI و SFB جواب می دهد، ولی در برآورد رواناب در طول دوره مطالعاتی مدل SDI بهتر از AWBM و SFB جواب می دهد. طی تحقیق که توسط (Shetty و Ponce، ۱۹۹۵) انجام شد از بارش سالانه و یک مدل بیلان آبی برای شبیه سازی تغییرات رواناب و آب پایه در چند حوضه آمریکا، آفریقا، کانادا و هند استفاده کردند. نتایج این بررسی ها نشان داد: ۱- آستانه شروع رواناب بستگی به اقلیم دارد و میزان آستانه در مناطق نیمه خشک بیشتر از مناطق نیمه مرطوب است. ۲- حداکثر رواناب وابسته به شرایط اقلیم هر منطقه بوده و میزان آن در مناطق نیمه خشک بیش از مناطق مرطوب فصلی است. مکانیسم تولید رواناب در مناطق نیمه خشک مدیترانه ای اسپانیا توسط (Martinez، ۱۹۹۹) در حوضه های کوچک، بررسی و فاکتورهای مؤثر در تولید رواناب مطالعه شده است. در این بررسی از دو گروه خاک با عکس العمل های هیدرولوژیکی متفاوت استفاده شد. نتایج این بررسی نشان داد که خاک های ریزبافت با نفوذپذیری کم و مواد آلی کم، ضریب رواناب بالاتر و آستانه شروع رواناب کمتری از خاک های درشت بافت با نفوذپذیری بیشتر و مواد آلی متوسط دارند. اثر خصوصیات بارش در عکس العمل هیدرولوژیکی خاک متفاوت گزارش شده است. شدت بارش پارامتر عمده کنترل کننده رواناب در حوضه های با بافت ریز خاک، نفوذپذیری کم و پوشش گیاهی تنک بود در حالی که در خاک های درشت بافت تر، نفوذپذیری و با پوشش گیاهی متراکم تر رواناب با مجموع بارش ارتباط بیشتری نشان می دهد. یک مدل بارش - رواناب کالیبره شده توسط (Lang و

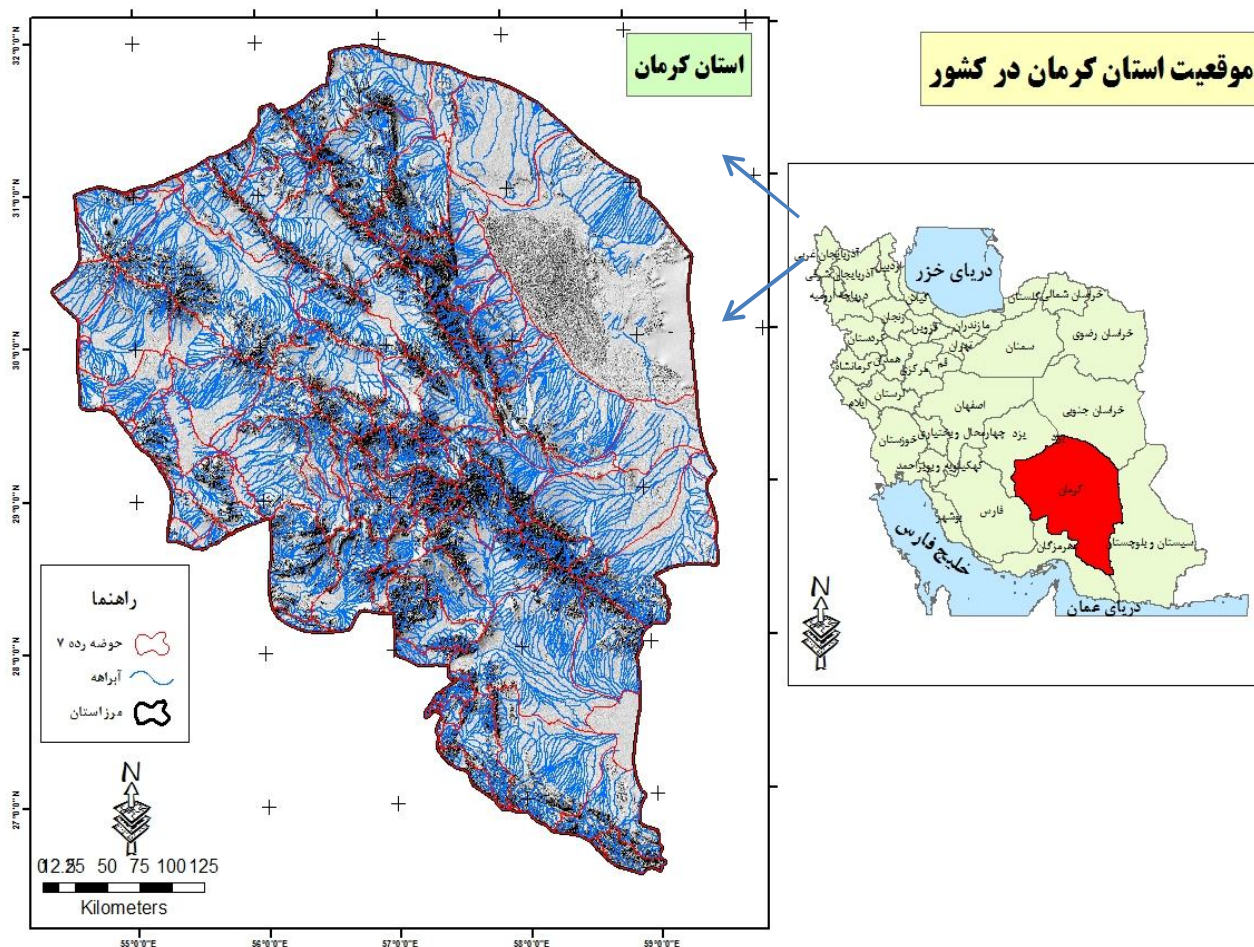
همکاران، ۱۹۹۹) برای حوضه های بزرگ خشک ارائه شد. نتایج مطالعه ی (Kirkby, ۲۰۰۱) که بر روی خصوصیات خاک و اثر آن روی فرسایش آبی انجام داد و اثر پستی و بلندی های کوچک را در ایجاد رواناب با توجه به آستانه شروع رواناب بررسی کرد نشان داد که خصوصیات خاک مثل پستی و بلندی های کوچک و شکل خاکدانه در مقدار و الگوی مکانی رواناب مؤثر است. طی تحقیقی (Kamphorst, ۱۹۸۷) باران ساز کوچکی را برای تعیین فاکتور فرسایش پذیری خاک (K) در معادله جهانی فرسایش به کار گرفت. نتایج حاصل از اندازه گیری میزان رواناب و غلظت رسوب با روش استاندارد برای خاک های مختلف نشان داد؛ مقدار رواناب و غلظت های رسوب برای خاک های مختلف به شدت تغییر می یابد. رواناب و رسوب ناشی از تأثیر وجود یک گونه گیاهی با در صد تراکم پوشش مختلف توسط (Gross و همکاران، ۱۹۹۱) مورد بررسی قرار گرفت. وجود پوشش گیاهی حتی با تراکم پائین، تأثیر عمده ای بر روی کاهش میزان رسوب دارد. تأثیر شرایط هیدرولوژیکی خاک های مرتعی و جنگلی توسط Ward, and Bolton (۱۹۹۱) بر روی میزان رواناب و رسوب تولید شده بررسی شد. نتایج بدست آمده حاکی از این است که اختلاف در میزان رواناب و رسوب می تواند ناشی از اختلاف در میزان رطوبت قبلی خاک، مواد آلی و درصد سیلت خاک ها باشد. نتایج پژوهش (Karnieli و همکاران، ۱۹۹۳). که در چهار حوضه در آریزونای آمریکا با شبیه سازی رواناب روزانه انجام شد، نشان داد که آستانه شروع رواناب تابعی از متوسط بافت خاک هر حوضه است و خاک های رسی و شنی به ترتیب کمترین و بالاترین آستانه شروع رواناب را دارند. این محققین نتیجه گرفتند که در حوضه های جنوب غربی آمریکا مقدار رطوبت خاک اثر مهمی در تولید رواناب دارد. نتایج پژوهش (Bissonnais و همکاران، ۱۹۹۳) در بررسی تشکیل آب بند، رواناب و فرسایش بین شیار بر روی خاک های مختلف، نشان داد که؛ میزان رس، مواد آلی و ترکیبات دارای آهن و آلومینیم نقش مؤثری در تشکیل آب بند در سطح خاک و به تبع آن بر روی میزان رواناب و رسوب دارد. آستانه شروع رواناب به اقلیم بستگی دارد و میزان آن در مناطق نیمه خشک بالاتر از مناطق نیمه مرطوب است. حداکثر رواناب در شرایط اقلیمی متفاوت فرق می کند و میزان آن در مناطق نیمه خشک بیش از مناطق مرطوب فصلی است. تأثیر تراکم پوشش گیاهی را در سه سطح صفر، ۳۰ و ۶۰ درصد بر روی تولید رواناب توسط (Giordanengo, ۲۰۰۲) بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در سال اول کاهش تراکم پوشش گیاهی بر مقدار رواناب اثر مهمی دارد و زمان آغاز رواناب با مجموع سطح زنده گیاهی و توپوگرافی همبستگی دارد. (رئیسپان، ۲۰۰۵)، نتیجه گرفت که آستانه شروع رواناب دارای بیشترین همبستگی با عمق بارش و کمترین همبستگی با درصد شیب می باشد. در این پژوهش با استفاده از شبیه سازی های باران قابل حمل، آستانه شروع رواناب در خاک های با کاربری کشاورزی و مرتع برای شرایط متفاوت رطوبتی و شیب های مختلف اندازه گیری شد. نتیجه گیری شد که در زمین های کشاورزی با افزایش شیب، آستانه شروع رواناب کاهش می یابد. بر خلاف انتظار، در مراتع با دو حالت رطوبتی، خاک مرطوب و خشک، با افزایش شیب از ۲۵ تا ۳۵ آستانه شروع رواناب نیز افزایش یافته است. (Hewlett و همکاران، ۱۹۹۷)، عبارات سطح مرجع متغیر و توسعه کانال برای اولین بار توسط (Hewlett و همکاران، ۱۹۹۷) معرفی شد. آن ها رواناب را به عنوان پاسخ سیستم رودخانه های حوضه به بارش در نظر گرفتند. در این نظریه، جریان روی زمینی به عنوان بخش توسعه یافته سیستم رودخانه دائم در قسمت های باظرفیت ذخیره پایین خاک که در اثر نفوذ به کناره های پست تر دره به سرعت اشباع می شود در نظر گرفته می شود. این رواناب دیررس، کانال توسعه یافته را از زیر تغذیه کرده، در حالی که بارش آن را از بالا تغذیه می کند. با تداوم بارش، رواناب سطحی از نواحی اشباع توسعه یافته ایجاد می شود. با توجه به مرور منابع انجام شده، مشخص است که عوامل متعددی در آستانه شروع رواناب حوضه اثر دارند که از جمله می توان به بافت خاک، اقلیم، خصوصیات بارش، پوشش گیاهی، رطوبت پیشین، توپوگرافی و سایر مولفه های فیزیکی حوضه اشاره کرد. لذا ضروری است که در هر حوضه و منطقه این بررسی ها صورت گیرد تا عوامل مؤثر شناسایی و در عملیات کنترل سیلاب و حفاظت خاک و کنترل رسوب، نقش بازدارندگی و یا کاهشی آن ها تقویت شود. از این رو در این تحقیق با نگاه به تحقیقات انجام شده قبلی و با توجه به وسعت بسیار زیاد منطقه تحقیق و اهمیت و نقش شبیه سازی در مطالعات منطقه ای و

ضرورت کاهش هزینه و زمان، از روش مدل سازی با استفاده از مدل بارش رواناب AWBM برای شبیه سازی آستانه شروع رواناب و تهیه نقشه آستانه رواناب در حوضه های رتبه هفت استان کرمان استفاده خواهد شد.

مواد و روش ها

ویژگی و موقعیت منطقه تحقیق

استان کرمان با مساحتی در حدود ۱۸۱۷۳۷ کیلومتر مربع بین ۲۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. حد شمالی استان کرمان به استان های خراسان، یزد و حد جنوبی به استان هرمزگان، حد شرقی به استان سیستان و بلوچستان و حد غربی آن به استان فارس محدود است. از نظر تقسیمات آب شناسی محدوده استان کرمان در چهار حوزه آبخیز اصلی کشور قرار دارند که عبارتند از: حوزه آبخیز باتلاق بافت، حوزه آبخیز باتلاق گاوخونی، حوزه آبخیز حاشیه کویر لوت و حوزه آبخیز جازموریان (سالنامه آماری استان کرمان - سرزمین و آب و هوا ۱۳۸۷). استان کرمان با دربرگرفتن حدود ۱۱ درصد از مساحت کشور بخش وسیعی از پیکر جنوب شرقی فلات مرکزی ایران را می پوشاند و بدان واسطه کلیه فعل و انفعالات پیچیده و خشن طبیعی مربوط به شرایط آب و هوایی خشک و شدید کویری را دارد. اما از آنجایی که دو سوم این سرزمین را کوه ها می پوشانند، وجود چنین گستره وسیع ارتفاعات، از نفوذ و تسلط کامل شرایط مرگبار کویری (کویر لوت) بر پهنه کرمان تا حد قابل ملاحظه ای کاسته است. در حال حاضر استان دارای ۲۰ شهرستان، ۴۸ بخش، ۶۱ شهر، ۱۴۴ دهستان و ۵۹۳۷ آبادی مسکونی بوده است. اقلیم استان کرمان از نظر تقسیم بندی های اقلیمی جزء اقلیم نیمه خشک بیابانی گرم محسوب گردیده است. میزان متوسط بارندگی سالیانه استان کرمان ۱۴۵ میلیمتر و میزان نزولات جوی وارده بر پهنه استان نزدیک به ۲۷ میلیارد متر مکعب برآورد گردیده است. مهم ترین رودخانه دائمی استان، هلیل رود در جیرفت با ۸۴۰ کیلومترمربع مساحت حوزه آبخیز است که از کوه های بافت سرچشمه می گیرد. رودخانه شور، نساء و تهرود در بم، خبر در بافت، آب بخشا در بردسیر، راور در منطقه راور، چاری و هفت کوسک در منطقه باغین رودخانه تنگوئیه یا پلنگی در سیرجان و رودخانه های شهداد، سیرچ و ده بکری جاری هستند که جمعاً ۱۶ رشته رودخانه های دائمی استان را تشکیل می دهند. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد تحقیق در کشور را نشان می دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور

روش تحقیق

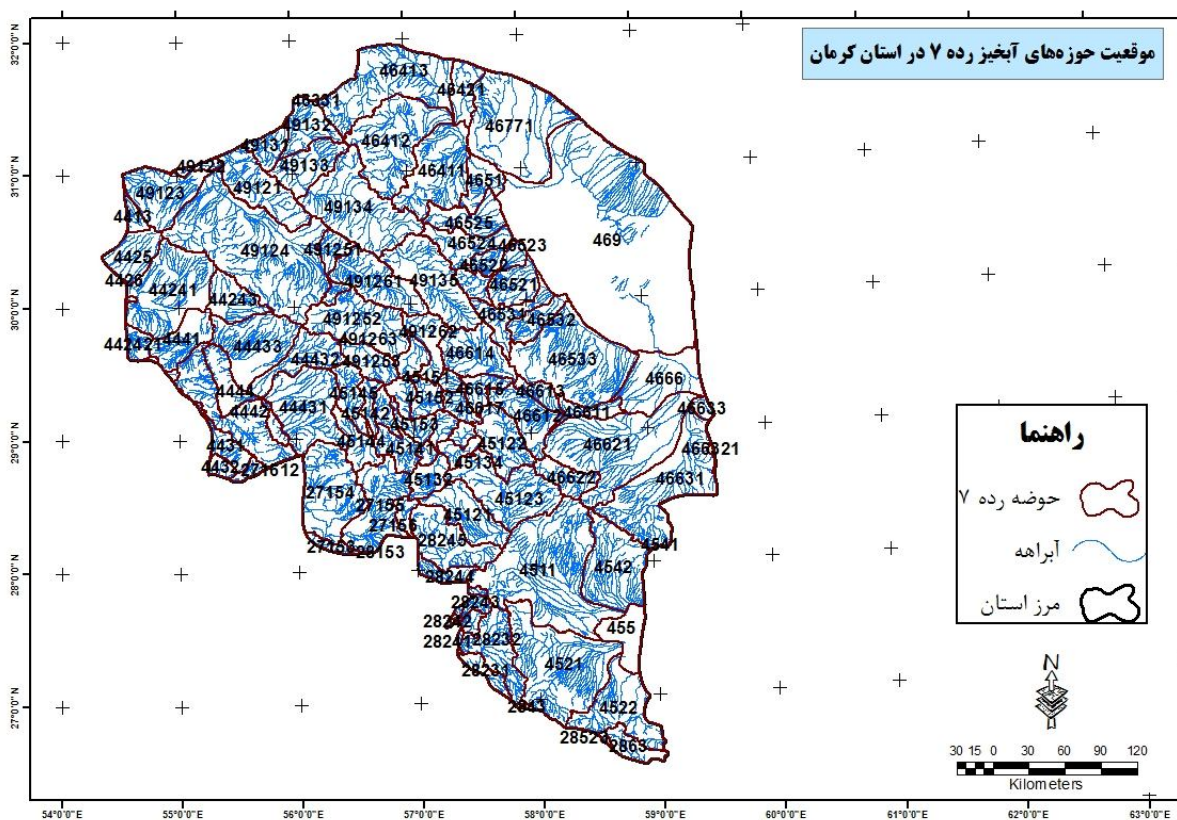
برای انجام این تحقیق، ابتدا با بررسی داده‌های دبی روزانه ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در منطقه، تعداد ۸۶ ایستگاه با آمار مناسب و دوره مشترک آماری انتخاب شد. با استفاده از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و تعیین موقعیت ایستگاه‌ها، محدوده مورد پژوهش و هر کدام از زیرحوضه‌ها مشخص و پارامترهای اولیه حوضه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، استخراج شد. جدول (۱) حوضه‌های مورد استفاده برای پژوهش را نشان می‌دهد. نقشه محل ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه‌های استان کرمان در شکل (۲) نشان داده شده است. به منظور برآورد رواناب سطحی حوزه‌های آبخیز کشور، اطلاعات دبی جریان ایستگاه‌های هیدرومتری در سطح استان تهیه و پس از دسته‌بندی ایستگاه‌ها بر مبنای سال‌های آماری، ایستگاه‌هایی که بین ۵ تا ۱۴ سال آمار داشتند، بازسازی شده و سال‌های آماری همه آن‌ها به ۱۵ سال تطویل شد. آستانه شروع رواناب با استفاده از مدل شبیه ساز بارش رواناب AWBM شبیه سازی شد. برای استفاده از مدل ابتدا واسنجی مدل^۱ در هر حوضه صورت گرفت و پارامترهای بهینه مدل در هر حوضه مشخص شد. سپس ارزیابی مدل^۲ در پیش‌بینی رفتار حوضه‌ها با استفاده از داده‌هایی که در مرحله واسنجی استفاده نشده بود، انجام و با استفاده از پارامترهای محاسبه شده در مرحله قبل، رواناب خروجی هر حوضه بدست آمد. در نهایت تحلیل حساسیت مدل^۳

1 Model Calibration
2 Model Verification
3 Model Sensitivity Analysis

به منظور تعیین پارامترهای مؤثر مدل صورت گرفت. سپس پهنه بندی حوزه های آبخیز بر اساس مقادیر بدست آمده از مدل انجام و درصد پوشش سطحی حوضه ها با توجه به میزان آستانه شروع رواناب محاسبه شد. سرانجام نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

جدول ۱- حوضه های رده هفت موجود در محدوده استان کرمان

کد حوضه	نام حوضه	مساحت - کیلومتر مربع	کد حوضه	نام حوضه	مساحت - کیلومتر مربع	کد حوضه	نام حوضه	مساحت - کیلومتر مربع
455	پهنه جازموریان	2085.92	45143	شور دشتاب	980.69	44431	سوچ - فاربان	3313.17
469	پهنه لوت	26125.71	45144	سلطانی	993.93	44432	تنگوئیه	1701.94
2843	سراب جگین	3932.87	45145	رابر	550.00	44433	شمال شرق کویر	2887.09
2863	سراب سدیچ	2513.34	45151	هلیل خانه گزان	732.20	45121	گرفتو	1883.47
4413	جنوب شرق کویر	5818.35	45152	شصت پیچ	599.43	45122	شور	1765.09
4425	شرق کویر	1837.46	45153	شور بهاباد	2186.42	45123	هلیل جیرفت	3272.66
4426	پهنه کفه	443.18	46331	در بند - سر جنگل	3295.41	45131	رامون	320.76
4431	شمال کویر	3998.84	46411	میان رود	4079.26	45132	اسفندقه	819.73
4432	جنوب کویر	2033.24	46412	شور دربند	10185.21	45133	بحر آسمان	462.76
4441	کفه آبشور	1490.90	46413	حمامرود	3975.28	45134	هلیل کنارو	724.69
4442	غرب و جنوب کویر	3273.63	46421	چهر - پشوئیه	1226.56	45141	پایاب دهوج	928.72
4444	پهنه کویر	1432.59	46521	اندوهجرد	940.10	45142	تمبر نگوئیه	520.11
4511	پایاب هلیل	7486.95	46522	حوضه شمس	530.30	45143	بافت	473.33
4521	کم سفید	5446.37	46523	شهداد	1387.95	466321	پایاب کبوتر خان	853.86
4522	آب نما - کنگر	4666.89	46524	دهنه غار	1449.08	491251	لاله زار	1046.51
4541	مشهد محمد	1898.48	46525	گرنو	1240.56	491253	زرنه میانی ۲	4439.76
4542	میر سعیدی - دوهوا	3648.34	46531	شترکش	892.23	49134	زرنه میانی ۱	1661.52
4651	شمال دهنه غار	1037.10	46532	شمال پشت رود	5227.06	49133	سراب چاری	616.52
4666	دق کهورک	4979.52	46533	پایاب تهرود	664.23	491263	کشک	1149.25
27153	پایاب ده شیخ	1723.92	46611	تلنگو - ده بکری	1690.25	491262	نوق	2885.54
27154	ده شیخ ارزوئیه	4105.45	46612	تهرود میانی ۱	540.86	49121	بهادران	2305.13
27155	سوغان پایین	2915.77	46613	راین	1990.67	49122	سراب زرنه	3118.76
27156	سوغان بالا	402.65	46614	تهرود میانی ۲	713.19	49135	انار - رفسنجان	8688.04
28153	سراب حسن لنگی	1162.99	46615	گارچی دان	299.25	49124	آب بخشا	2916.82
28231	پایاب جغین	1410.19	46616	سیف آباد	545.67	491252	پایاب چاری	2325.79
28232	سراب جغین	1926.40	46617	فهرج	5861.17	46771	شور کوهبنان	2048.79
28241	پایاب رودان	788.56	46621	نساء	982.84	49132	ارتان	3881.51
28242	شور نودژ	284.16	46622	شور رحمت آباد	9370.08	49123	پایاب زرنه	2238.30
28243	کندر	342.86	46631	رود شوره گز	3838.68	49131	باینوج	1355.43
28244	رودان میانی	2742.99	46633	پایاب دهک	14122.03	271612	پایاب چاهک	2066.25
28245	سراب رودان	2414.02	44243	سرا ب شهر بابک	1336.57	442421	پایاب داری	3516.16
28246	کردی شیرازی	128.61	44241	پایاب شهر بابک	3999.71	28523	سراب گابریک	2362.46
28312	رزانی - سرنه	1462.71						



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری در حوضه‌های استان کرمان

ساختار مدل AWBM

مدل AWBM، یک مدل کامپیوتری بیلان آبی برای شبیه‌سازی بارش- رواناب است که اولین بار توسط (Boughton, ۱۹۹۳) ارائه شد. این مدل، یک مدل سطوح جزئی جریان سطحی اشباع است که از بارش روزانه و ساعتی و تبخیر متوسط ماهانه برای محاسبه رواناب روزانه و ساعتی استفاده می‌کند.

این مدل براساس تئوری جریان از سطوح جزئی اشباع^۴ که مشابه تئوری جریان سطحی اشباع است، توسعه یافته و مزیت‌های آن بر سایر مدل‌های شبیه‌سازی بارش- رواناب عبارتند از:

مدل سه پارامتره است و در رودخانه‌های فصلی که آب پایه ندارد، مدل یک پارامتره می‌شود. ساختار مدل نسبتاً ساده است و رواناب را در زمان‌های مختلف از مناطق مختلف محاسبه می‌کند.

مدل AWBM از ظرفیت‌های ذخیره سطحی ($Store_1$ ، $Store_2$ ، و $Store_3$) با مساحت‌های (A_1 ، A_2 و A_3) برای شبیه‌سازی سطوح رواناب استفاده می‌کند و بیلان آبی هر سطح ذخیره‌ای را مستقل از بقیه در گام‌های زمانی روزانه (یا ساعتی) محاسبه می‌کند. معادله بیلان آبی هر سطح به صورتی است که بارش به ذخیره سطحی اضافه شده و تبخیر و تعرق از آن کم می‌شود. لذا معادله بیلان آبی در حالتی که n تعداد Store در حوضه باشد به صورت زیر می‌باشد:

$$Store_{n+1} = Store_n + Rain - Evap \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (1)$$

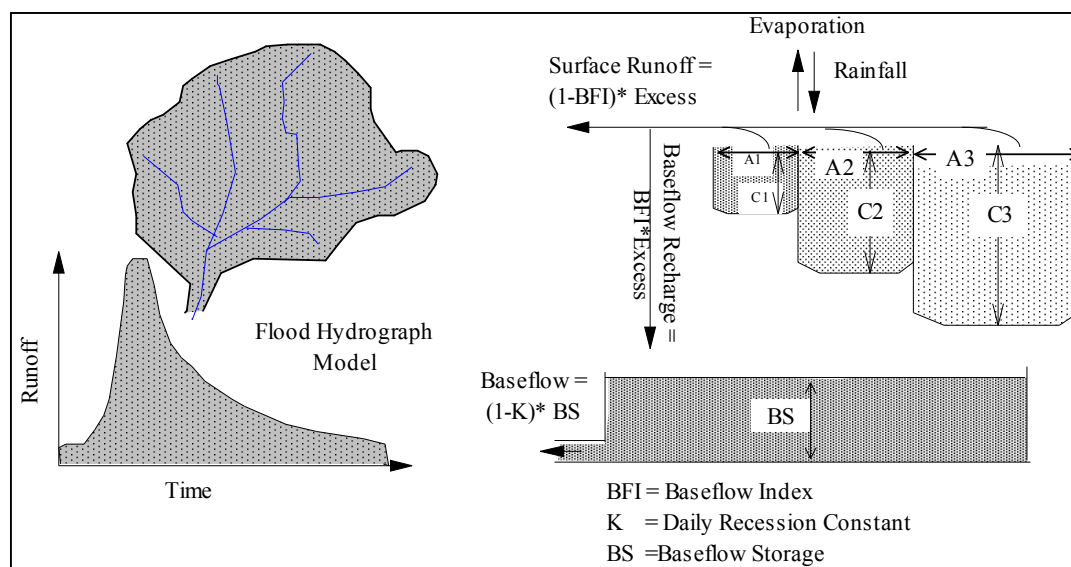
4 partial area runoff

در این معادله اگر میزان رطوبت ذخیره منفی شود، صفر در نظر گرفته می‌شود و اگر رطوبت ذخیره بیش از ظرفیت مخزن شود، رطوبت مازاد به رواناب تبدیل شده و رطوبت ذخیره معادل ظرفیت مخزن باقی می‌ماند (Boughton, 2002). در این مدل فرض می‌شود که رواناب از دو منبع اصلی رواناب سطحی و آب پایه تأمین می‌شود. سه پارامتر مدل عبارتند از:

شاخص جریان پایه^۵

ثابت خشکیدگی روزانه جریان^۶

ظرفیت‌های ذخیره سطحی (C_1, C_2 و C_3) و سطوح متناظر با این ظرفیت‌ها (A_1, A_2 و A_3) برای محاسبه این پارامترها از روش رگرسیون چند متغیره اتوماتیک استفاده می‌شود (Boughton, 2002). وقتی باران می‌بارد اول ظرفیت ذخیره C_1 ، بعد ظرفیت ذخیره C_2 و در نهایت ظرفیت ذخیره C_3 پرمی‌شود. وقتی C_1 پُر شد، سرریز می‌کند و رواناب آغاز می‌شود. مناطق با کمترین ظرفیت ذخیره (C_1)، کمترین قابلیت نفوذ و بیشترین تولید رواناب در هر حوضه، مثل مناطق صخره‌ای یا مناطقی که زودتر اشباع می‌شوند، C_2 مناطق با قابلیت نفوذ و ظرفیت ذخیره بیشتر و تولید رواناب کمتر از C_1 و C_3 مناطق با بزرگترین ظرفیت ذخیره سطحی، حداکثر نفوذ، حداکثر ذخیره و حداقل رواناب در یک حوضه می‌باشد. شکل (۳) ساختار مدل AWBM را نشان می‌دهد.



شکل ۳- ساختار مدل AWBM2002 (Boughton, 2002)

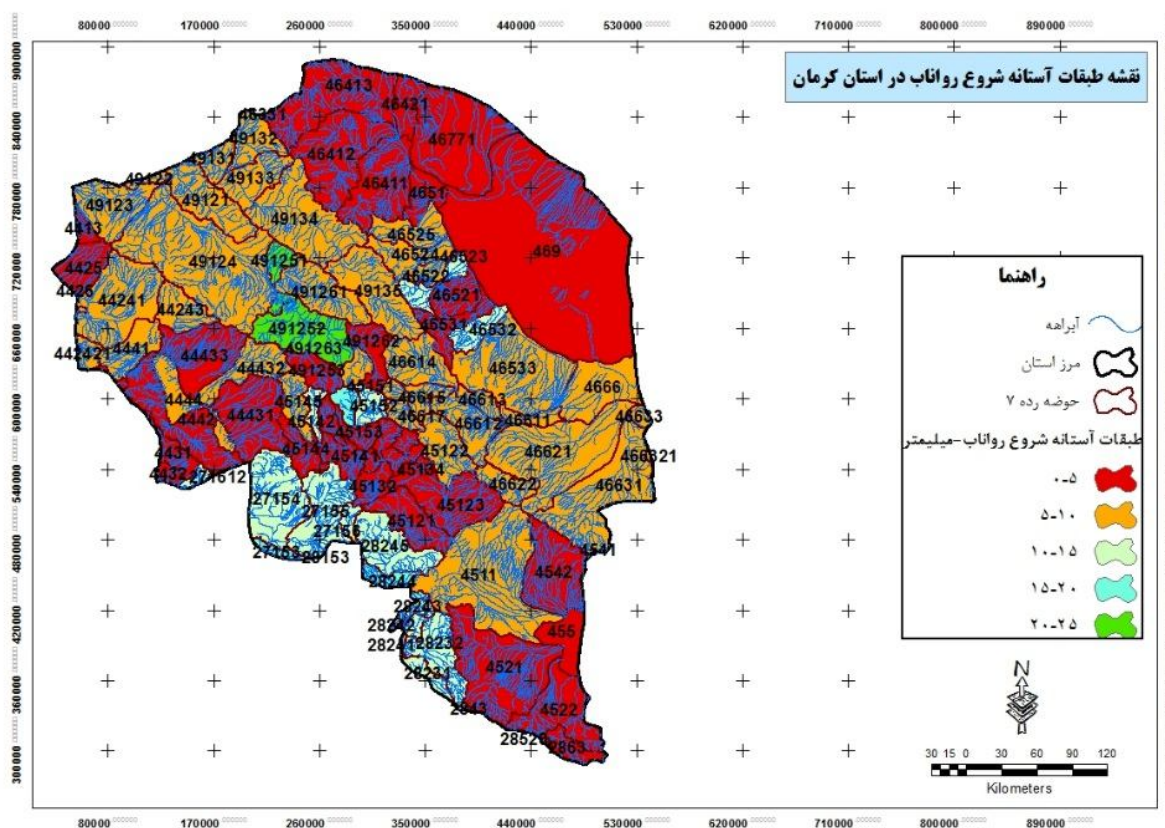
نتایج و بحث

پارامترهای مدل AWBM مطابق روش تحقیق برای تعیین آستانه رواناب تعیین شد. سپس در مدل با تقسیم اثر تغییرپذیری ظرفیت ذخیره حوضه به سه ظرفیت ذخیره (C_1, C_2 و C_3) و برآورد سطوح هر یک از این ظرفیت ذخیره‌ها (A_1, A_2 و A_3) رواناب حاصل از هر یک از این سطوح شبیه‌سازی شد. دامنه آستانه شروع رواناب بدست آمده از ۰-۲۵ میلی متر می‌باشد که در پنج

5 Base Flow Index , BFI

6 Recession Constant , K

کلاس شامل ۵-۰ میلی‌متر، ۱۰-۶ میلی‌متر، ۱۵-۱۱ میلی‌متر، ۲۰-۱۶ میلی‌متر و بیش از ۲۰ میلی‌متر تقسیم‌بندی و بر این اساس نقشه پهنه‌بندی آستانه رواناب استان به تفکیک حوضه‌های رتبه هفت تهیه شد. شکل (۴) پهنه بندی آستانه شروع رواناب و شکل (۵) درصد پوشش سطحی طبقات آستانه رواناب در سطح استان را نشان می‌دهد. و جدول (۲) نتایج پارامتر C1 که به عنوان شاخص آستانه رواناب در مدل می‌باشد را برای حوضه‌های رده هفت استان کرمان نشان می‌دهند. همان‌طور که جدول (۲) نشان می‌دهد مقادیر آستانه رواناب استان در دامنه ۱ تا ۲۵ میلی‌متر می‌باشد. همچنین، شکل (۴) نشان می‌دهد که آستانه رواناب پهنه استان عمدتاً طبقه صفر تا پنج میلی‌متر با ۴۴/۹ درصد پوشش سطحی بوده که عمدتاً مناطق شمال و شمال شرق استان را تحت پوشش قرار داده است. طبقه پنج تا ۱۰ میلی‌متر با پوشش سطحی ۴۳/۶۵ درصد برآورد شده است. این طبقه مناطق مرکزی استان را پوشش می‌دهد. بعلاوه آستانه رواناب طبقه ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر با پوشش سطحی ۸/۴۶ درصد مشاهده شده است. این طبقه در بخش جنوب و جنوب غرب گسترده شده است. آستانه رواناب طبقه ۱۵-۲۰ با پوشش سطحی ۰/۸ درصد و آستانه رواناب طبقه ۲۰-۲۵ و بالاتر با پوشش سطحی ۲ درصد در مرکز استان واقع شده است.

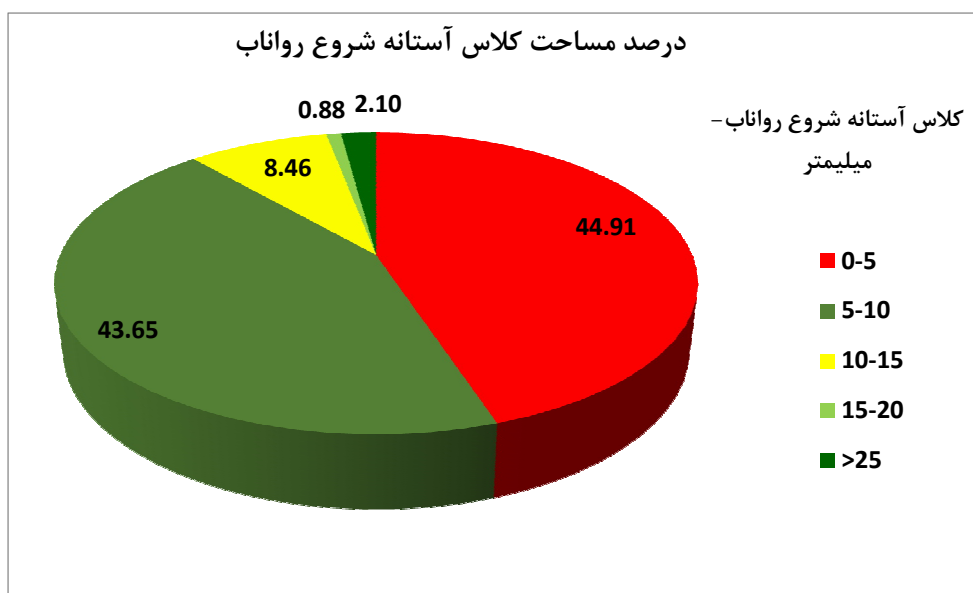


شکل ۴- نقشه پهنه بندی طبقات آستانه شروع رواناب در حوضه‌های رده هفت استان کرمان

جدول ۲- مقادیر آستانه شروع رواناب (C1) در حوضه های رده هفت استان کرمان

کد حوضه رده هفت (میلی متر)	C1- (میلی متر)	کد حوضه رده هفت	C1- (میلی متر)	کد حوضه رده هفت	C1- (میلی متر)	کد حوضه رده هفت	C1- (میلی متر)
5	13	46621	28232	3	45144	3	455
5	11	46622	28241	7	45145	3	469
5	12	46631	28242	15	45151	1	2843
5	13	46633	28243	12	45152	2	2863
4	15	46771	28244	3	45153	2	4413
8	13	49121	28245	7	46331	1	4425
8	15	49122	28246	4	46411	1	4426
8	11	49123	28312	4	46412	3	4431
8	1	49124	28523	4	46413	3	4432
5	9	49131	44241	4	46421	5	4441
5	9	49132	44243	2	46521	4	4442
5	4	49133	44431	10	46522	5	4444
5	5	49134	44432	7	46523	5	4511
5	4	49135	44433	6	46524	3	4521
12	3	271612	45121	7	46525	3	4522
9	7	442421	45122	3	46531	4	4541
5	2	466321	45123	10	46532	4	4542
25	3	491251	45131	6	46533	3	4651
25	3	491252	45132	5	46611	5	4666
3	3	491253	45133	6	46612	15	27153
5	3	491261	45134	5	46613	10	27154
4	3	491262	45141	5	46614	10	27155
7	3	491263	45142	5	46615	12	27156
	10		45143	5	46616	5	28153
				5	46617	10	28231

نتایج تحقیق در برآورد سطح تحت پوشش طبقات آستانه رواناب نشان داد که بیشترین مساحت استان دارای آستانه شروع رواناب بین ۰ تا ۵ میلیمتر است. این محدوده آستانه شروع رواناب در استان کرمان قریب ۴۴/۹۱ درصد از سطح کل حوضه های استان می باشد. بنابراین، با توجه این که هرچه آستانه شروع رواناب کمتر باشد نشان از قابلیت نفوذپذیری کمتر و در نتیجه سیل خیزی بیشتر است، لذا نیمی از پهنه های حوضه های استان مستعد تبدیل بارش به رواناب است. همچنین نتایج پژوهش نشان داد که بالاترین مقدار آستانه شروع رواناب در حوضه کد ۴۹۱۲۵۱، ۴۹۱۲۵۲ برابر با ۲۵ میلی متر است که دبی ویژه حداکثر لحظه ای آن به ترتیب برابر با ۰/۱ و ۰/۰۶ مترمکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع برآورد شده است. کمترین مقدار آن نیز در حوضه های ۴۴۲۵، ۴۴۲۶، ۲۸۴۳ و ۲۸۵۲۳ برابر با ۱ میلی متر به دست آمده است که دبی ویژه حداکثر لحظه ای آن برابر است با ۰/۵۸ در حوضه ۲۸۴۳ و ۰/۰۴ در حوضه ۴۴۲۶ و ۰/۰۲ در حوضه ۴۴۲۵ و ۰/۶۳ متر مکعب بر ثانیه در حوضه ۲۸۵۲۳ است.



شکل ۵- نمودار درصد مساحت کلاس های آستانه شروع رواناب (میلی متر) در استان کرمان

نتیجه گیری

در جمع بندی نتایج این پژوهش قابل ذکر است که با شناخت پهنه های آستانه شروع رواناب در حوضه های آبخیز استان، مولفه اصلی و موثر در مطالعات مربوط به سیل خیزی و پهنه بندی خطرات سیل تامین می شود و شرط اولیه و لازم برای مدیریت بهینه خطرات ناشی از سیل و همچنین استفاده از منابع آبی مربوطه در جهت اهداف مدیریت جامع منابع حوضه میسر می گردد. نکته قابل توجه در این روش تحقیق این است که این طبقات آستانه شروع رواناب که مستخرج از مدل است، مربوط به بخشی از حوضه ها می باشد که دارای آمار است و منظور از درصد پوشش اشاره شده در خصوص آستانه شروع رواناب، درصد پوشش مناطق دارای آمار است و نشان دهنده تعداد حوضه های واقع در آن طبقه می باشد و لزوماً کل پهنه استان را شامل نمی شود.

تقدیر و تشکر

این پژوهش مستخرج از بخشی از نتایج طرح تهیه و توسعه اطلس و آماده سازی داده های زمانی و مکانی سیل در حوضه های رده هفت استان کرمان با کد طرح : ۹۴۰۰۱-۹۴۵۱-۲۹-۲۹-۰۱۴ می باشد که با استفاده از امکانات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری به انجام رسیده است و بدین وسیله از همراهی و مساعدت مسئولین محترم پژوهشکده تشکر می نمایم.

منابع

- Bissonnais Yves Le. and Singer Michael J. 1993, Seal Formation, Runoff, and Interrill Erosion from Seventeen California Soils. Soil Sci Soc Am J 57:224-229 (1993).
- Boughton, W.C., Carroll, D.G., 1993. A simple combined water balance/flood hydrograph model. In: Proceedings of the 1993 Hydrology and Water Resources Conference, Institution of Engineers, Australia, National Conference Publication no. 93/14, pp. 299-304.
- Boughton, W., Srikanthan, S., Weinmann, E., 2002. Benchmarking a new design flood estimation system. Aust. J. Water Resour. Inst. Eng. Aust. 6 (1), 45-52.

- Georgakakos K. P., Carpenter T.M., Cramer J.A., Sperflage J.A., Sweeney T.L. and Fread D.L., 1993, A national system for threshold runoff estimation, ASCE International Symposium on Engineering Hydrology, San Francisco, CA., July 25-30, 1993.
- Gioia A., Iacobellis V., Manfreda S. and Fiorentino M., 2008, Runoff thresholds in derived flood frequency distributions, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 12, 1295-1307.
- Giordanengo, J. 2000. Dissipation of amitral on Capricornia rights-of way, sacramento, 5: 26-30.
- Gross, C.M., Angle, J.S., Hill, R. L., Welterlen, M. 1991. Runoff and sediment losses from tall fescue under simulated rainfall. (INCOMPLETE).
- Hewlett, J. D. and Hibbert, A. P. (1967), Factors Affecting Response of Small Watersheds to Precipitation in Humid Areas, *In Forest Hydrology, Edited by W.E. Sopper and H. W. Lull*, pp. 275-290, Pergammon, New York
- Horton, R.E., 1933. The Role of Infiltration in the Hydrologic Cycle, EOS, Transactions of American Geophysical Union, V 01. 14, pp. 446-460.
- Kamphorst, A. 1987. A small rainfall simulator for the determination of soil erobility, *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 35: 407-415.
- Karnieli, A. & J. Ben-Asher. 1993. A Daily Runoff Simulation in Semi-arid Watersheds Base d on Deficit Calculations. *J. Hydrology* 149: 9-25.
- Kirkby, M . 2001. Modeling the Interactions Between Soil Surface Properties and Water. Elsevier. Catena, 89-102.
- 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.
- Martinez, M.1998. Factors Influencing Surface Runoff Generation in a Mediterranean Semi-arid Environment: Chicamo Watershed Spain. 12(5): 741-745.
- Montesarchio V., Ridolfi E., Russo F. and Napolitano F., 2011, Rainfall threshold definition using an entropy decision approach and radar data, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 2061-2074.
- Ponce, V.M. & A.V. Shetty. 1995. A Conceptual Model of Catchments Water Balance: 2 Application of Runoff and Base flow Modeling. *J. Hydrology* 173:41-50.
- Raeesiyan R., 2005, Investigation of slope, soil moisture conditions and land use in runoff generation time, proceeding of 3th erosion and sediment national conference, 27-30 August 2005, Tehran-Iran, PP. 305-309.
- Sharafati A. and Zahabiyoun B., 2014, Rainfall Threshold Curves Extraction by Considering Rainfall-Runoff Model Uncertainty, *Arab J Sci Eng*, 39, 6835-6849.
- 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., 1997 : "Evaluation of Three Continuous Rainfall-Runoff Models, A New Approach", Proceeding of the 8thInternational Conference on Rainwater Catchments Systems, 416-432.32-Tsujimoto. T., (1999), flurial processes in streams with vegetal, abstract of papers. JHR volume 37.
- Toth E., 2015, Estimation of flood warning runoff thresholds, *Hydrol., Earth Syst. Sci. Discuss.*, 12, 6011-6041.
- Ward, T.J., Bolton, S.M., 1991. Hydrology parameters for selected in Arizona and New Mexico as determined by rainfall simulation. New Mexico Water Resources Research Institute, NMSU, Box 30001, MSC 3167, Las Cruces, NM 88003, <http://wrri.nmsu.edu/publish/order.html>.
- Ward, T.J., Bolton, S.M., 1991. Hydrology parameters for selected in Arizona and New Mexico as determined by rainfall simulation. New Mexico Water Resources Research Institute, NMSU, Box 30001, MSC 3167, Las Cruces, NM 88003, <http://wrri.nmsu.edu/publish/order.html>.