

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست و دوم، زمستان ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۱۸

تاریخ بازنگری اولیه مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۱۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۱/۲۰

صفحات: ۱۶۲ - ۱۴۵

بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بر سیل خیزی و دبی رواناب حوضه آبریز عموقین

یاسر حسینی^{۱*}، جواد رضانی مقدم^۲، زهرا عبدالعلی زاده^۳

چکیده

پیشرفت تکنیکهای تخمین سیلاب امکان استفاده از مدل‌های بارش - رواناب را برای ارزیابی خصوصیات هیدروگراف سیل در حوضه‌های آبخیز و کاهش خطرات سیل ایجاد کرده است. این مطالعه با هدف تعیین تأثیر تغییرات کاربری اراضی در میزان بیشینه دبی سیلاب با استفاده از مدل WMS در حوضه عموقین واقع در استان اردبیل، انجام شده است. مساحت حوضه مذکور ۷۸ کیلومتر مربع بوده و برای تعیین مقدار CN منطقه از تلفیق نقشه کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیک خاک (B,C,D) بهدست آمده از تحلیل تصاویر ماهواره لندست ۸ در نرم افزار Idrisi32 و روی هم‌گذاری آنها در محیط ArcGIS بهدست آمد که برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ به ترتیب برابر ۷۶/۴ و ۷۸/۷ برآورد گردید. نتایج واسنجی (RMSE = 0.44, RE = 7.17) و اعتبارسنجی مدل (RMSE = 0.0042, RE = 2.51) با وقایع بارندگی - رواناب در منطقه نشان داد که میزان حداکثر دبی سیلاب و حجم سیلاب به خوبی با مقادیر مشاهده شده مطابقت دارد. نتایج نشان داد، با توجه به حساسیت بالای این مدل به توزیع بارندگی در سرتاسر منطقه، استفاده از هایتوگراف بارندگی منطقه برای دستیابی به نتایج مطلوب مدل ضروری می‌باشد. همچنین شماره منحنی حوضه، بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ افزایش سه درصدی داشته است که در نتیجه کاهش کیفیت مراتع و تغییر کاربری مراتع به زمین‌های کشاورزی بوده و در مناطقی از حوضه می‌باشد که بیشترین پتانسیل سیل خیزی و فرسایش را دارا می‌باشند که سبب می‌شود برای دوره‌های بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله، حداکثر دبی سیلاب به ترتیب برابر ۲۶/۲۲ و ۴۵/۵ درصد افزایش یابد. بنابراین، با توجه به افزایش قابل توجه دبی سیلاب‌ها متأثر از تغییر کاربری در سطح حوضه، مدیریت کاربری اراضی منطقه لازم و ضروری می‌باشد.

واژگان کلیدی: کاربری اراضی، حوضه، WMS، روندیابی، سیلاب، اردبیل.

y_hoseini@uma.ac.ir

j_ramazani@uma.ac.ir

abdolalizadeh09@gmail.com

^۱- دانشیار، گروه علوم آبیاری، دانشگاه محقق اردبیلی (نویسنده مسئول)

^۲- استادیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه محقق اردبیلی

^۳- دانشجوی دکتری مرتع و آبخیزداری دانشگاه محقق اردبیلی

مقدمه

در بین بلایای طبیعی، سیل، زلزله و خشک‌سالی به لحاظ خسارت مالی و جانی ناشی از وقوع آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. بررسی وضعیت و اطلاعات مربوط به خسارت‌های سالیانه ناشی از جاری شدن سیل در ایران و سرتاسر جهان، تأثیر جهانی این پدیده بر روی منابع طبیعی را نشان می‌دهد. کشور ایران از نظر سیل‌خیزی رتبه ششم دنیا را به خود اختصاص داده است (خسروشاهی و ثقفیان، ۱۳۸۲). در سال‌های اخیر در مناطق مختلف ایران به‌خصوص در مناطق شمال و شمال غرب کشور از جمله استان گلستان و شهرستان‌های آذرشهر، مشکین‌شهر، اردبیل و تبریز سیل‌هایی رخ داده است که باعث خسارات جبران‌ناپذیر جانی و مالی شده است. بنابراین توسعه‌ی برنامه‌های یکپارچه برای جلوگیری، کنترل و استفاده از سیل برای اقدامات مناسب مدیریت کاربردی اجتناب‌ناپذیر است. تغییر کاربری اراضی یکی از عوامل مهم در تغییر جریان هیدرولوژیک، فرسایش حوضه و کاهش تنوع زیستی است (چن و همکاران، ۲۰۰۷؛ مورنو و همکاران، ۲۰۱۱). داشتن آمار و اطلاعات به هنگام، لازمه مدیریت صحیح عرصه‌های طبیعی است. یکی از مبانی مدیریت منابع طبیعی، اطلاعات مربوط به نقشه‌های تغییرات کاربری اراضی است. با توجه به هزینه بالا و به هنگام نبودن تهیه این نقشه‌ها به‌وسیله عملیات زمینی، در سال‌های اخیر استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان روشی برای این کار مطرح‌شده است (پیلترن، ۲۰۰۴). بنابراین، ارزیابی بهتر آثار تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات سیل در پیش‌بینی پتانسیل و کاهش خطر سیل از اهمیت بسزایی برخوردار است و این موضوع از مباحث جدی در زمینه برنامه‌ریزی، مدیریت و توسعه پایدار حوضه آبخیز است (پوتر، ۱۹۹۱؛ بروور و ون، ۲۰۰۴؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۷). گنبدی (۱۳۸۴) پتانسیل تولید سیل در حوضه آبخیز کسلیان در البرز شمالی را با نرم‌افزار WMS بررسی نمود و نتایج نشان داد که لزوماً زیر حوضه‌هایی که دبی بیش‌تری دارند، بیش‌ترین مشارکت را در دبی خروجی ندارند. در زمینه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در مطالعات پوشش اراضی تحقیقات زیادی انجام شده است. ساندر کومار و همکاران (۲۰۱۲) تغییرات پوشش زمین در شهر ویجیوادا در طول ۳۶ سال را با استفاده از تصاویر لندست مورد مطالعه قرار دادند و آشکارسازی تغییرات نشان داد که در طول این سال‌ها (۱۹۷۳-۲۰۰۹)، مناطق شهری به میزان ۳۷۲/۲۸ درصد افزایش یافته و زمین‌های کشاورزی و جنگلی هرکدام به ترتیب ۶۵/۱۶ و ۶۰/۹۸ درصد کاهش داشته است. لالوزایی و همکاران (۲۰۱۳)، در مطالعه‌ای به مقایسه سهولت استفاده از روش‌های HEC-1 و TR-20 در شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب با مدل WMS پرداختند و به این نتیجه رسیدند که از میان این دو روش، مدل HEC-1 می‌تواند در تخمین رواناب خروجی بهتر عمل کند و عملکرد بهتری داشته باشد، همچنین مهم‌ترین عامل مؤثر در دبی اوج و هیدروگراف سیلاب، شماره منحنی شناخته شد و نتایج مشخص نمود که روش HEC-1 در مواقعی که داده‌ها در اختیار باشند شبیه‌سازی و اعتبارسنجی بارش-رواناب را با دقت بیشتری نسبت به TR-20 شبیه‌سازی می‌کند. میرزائی و همکاران (۱۳۹۴)، تحقیقی در حوضه آبخیز آتشفشان در استان اردبیل انجام دادند. آنها از شش تیپ الگوی بارش از جمله روش هاف، روش سازمان هواشناسی جهانی و روش SCS توسط مدل‌های بارش رواناب کلارک، شماره منحنی و اشنایدر اقدام به برآورد دبی سیلاب با دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال استفاده کردند. نتایج نشان داد که الگوی بارش WMO با مدل بارش-رواناب SCS با داشتن حداقل مقادیر درصد-خطای نسبی و ریشه میانگین مربعات خطا، به ترتیب برابر ۷ درصد و ۱/۵۷ مترمکعب بر ثانیه،

به‌عنوان مدل پیشنهادی برای حوضه آتشفشان معرفتی گردید. رسول‌زاده و همکاران (۱۳۹۴)، در پژوهشی در منطقه نوران و عموقین استان اردبیل برای انتخاب بهترین مدل تحلیل منطقه‌ای سیلاب در اقلیم نیمه خشک چهار مدل مساحت، مساحت - شیب، مساحت - شیب - آبراهه و مدل فولر را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها این به نتیجه رسیدند که مدل مساحت، شیب، طول آبراهه‌ها برای دوره بازگشت کمتر از ۵۰ سال دقت قابل قبولی را ارائه می‌دهد. بررسی عوامل زیست‌محیطی نشان می‌دهد که دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در مناطق گوناگون از عرصه‌های آبخیز، کاربری غیراصولی اراضی، توسعه سطوح غیرقابل نفوذ و امثال آن پتانسیل سیل خیزی را افزایش داده است (شعبانی بازنشین و همکاران، ۱۳۹۵). امروزه استفاده از مدل در شبیه‌سازی بارش - رواناب برای دسترسی به خصوصیات سیلاب از قبیل زمان رسیدن به دبی اوج متداول شده است. در این ارتباط واسنجی و ارزیابی این مدل‌ها و روش‌های مختلف برآورد سیلاب در این مدل‌ها، امری ضروری و اجتناب ناپذیر گشته است. رثوف و حبیبی (۱۳۹۵) مدل WMS را در حوضه هیرچای استان اردبیل مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش دوره بازگشت از ۲ تا ۱۰۰ سال، اختلاف بین مقادیر محاسباتی و مشاهده‌ای از ۴/۴۹ تا ۱۳/۶۹ درصد افزایش می‌یابد و روش SCS موجود در مدل نتایج دقیق‌تری ارائه می‌دهد. حسینی و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی روش‌های TR-20، TR55 و HEC-1 موجود در مدل WMS برای تعیین حداکثر سیلاب در حوضه‌ای واقع در استان خوزستان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد استفاده از روش TR55 در مدل WMS بیش‌ترین تطابق را با مقادیر تجربی دارد. یکی از عوامل مهم در افزایش میزان و حجم سیلاب در ایران، تخریب منابع طبیعی و پوشش گیاهی منطقه می‌باشد که از یک طرف ناشی از خشکسالی سال‌های اخیر بوده و از طرف دیگر در اثر توسعه بی‌رویه و دخل و تصرف غیرمجاز توسط عوامل انسانی بوده است. به دلیل کاهش پوشش گیاهی و تغییر کاربری اراضی، رواناب ناشی از بارش بعضاً تا بیش از ۳۰ برابر افزایش یافته و در بخشی از مناطق که دارای شیب تند و از نظر زمین‌شناسی دارای خاک فرسایش‌پذیر بوده است، گل و لای زیادی جابه‌جا شده و خسارات و تلفات بسیاری به بار آورده است (یوسفی مبرهن، ۱۳۹۵). یاری و همکاران (۱۳۸۹) تغییر کاربری اراضی و تاثیر آن را بر سیل در حوضه آبخیز النگدره گرگان را مورد مطالعه قرار دادند. مطالعه ایشان در دوره ۱۳۴۱-۱۳۸۷ انجام شد و مقایسه کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۴۱ و ۱۳۸۷ نشان داد که سطح اراضی جنگلی و کشاورزی از سال ۱۳۴۱ تا سال ۱۳۸۷ کاهش یافته که این کاهش برای اراضی جنگلی و زراعت به ترتیب حدود ۳ و ۱۰ درصد می‌باشد. اراضی مسکونی از سال ۱۳۴۱ تا سال ۱۳۸۷ به دلیل شهرسازی و تبدیل اراضی جنگلی و زراعت به اراضی مسکونی حدود ۱۳ درصد افزایش یافته است که سبب افزایش ضریب رواناب سطحی و دبی اوج سیلاب شده است. محمدی و همکاران (۱۳۹۴) اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل حوضه آبخیز جعفرآباد استان گلستان را مورد مطالعه قرار دادند نتایج نشان داد که افزایش ۴/۲ درصدی مساحت جنگل باعث کاهش ۰/۸ درصدی دبی اوج سیل و ۴/۴۴ درصدی حجم سیلاب برای رخدادهای کوچک سیل می‌شود. همچنین تبدیل ۳/۹ درصدی اراضی جنگل به دیم، باعث افزایش به ترتیب ۱/۵۲ و ۰/۶ درصدی دبی اوج برای ۲/۶ و ۱/۶ درصدی حجم سیل برای رخدادهای کوچک و بزرگ سیل می‌شود. بنابراین طرح اصلاح کاربری اراضی حوضه در قالب احیاء جنگل‌ها و تغییر کاربری اراضی کشاورزی شیب‌دار به آگروفارستری به‌ویژه از نوع باغات زیتون می‌تواند مقدار ربایش و تلفات اولیه را به طور مؤثری افزایش داده و باعث کاهش میزان سیل خیزی

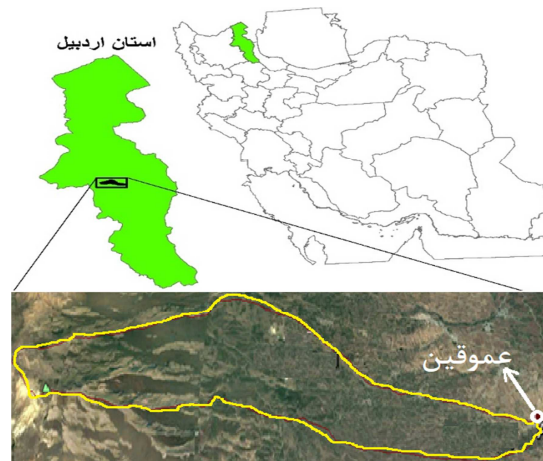
حوضه گردد. شنائی هویزه و زارعی (۱۳۹۵)، تاثیر تغییر کاربری اراضی را بر سیل خیزی حوضه آبخیز سد ابوالعباس در استان خوزستان، در دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۸ مورد بررسی قراردادند. نتایج نشان داد که مساحت جنگل‌های انبوه و نیمه انبوه در طی این سال‌ها به ترتیب ۸/۴۸ و ۱۲/۲۶ درصد کاهش یافته و جای خود را به جنگل‌های تنک شده و مراتع داده است. همچنین اراضی کشاورزی (زراعت دیم، زراعت آبی و باغات) به طور کلی ۱/۷۹ درصد کاهش و مناطق مسکونی نیز در این سال‌ها ۰/۱۹ درصد افزایش یافته‌است که این تغییرات می‌تواند علاوه بر اثرات منفی بر محیط زیست و منابع طبیعی، سبب افزایش بلایای طبیعی مانند سیل شود. مقدسی و همکاران (۲۰۱۷)، اثر تغییر کاربری اراضی را بر پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبخیز سد بوستان در فاصله سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۸۵ با استفاده از مدل WMS، مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که در دوره مورد مطالعه، در مجموع مساحت مراتع افزایش یافته است، این در حالی است که مرتع خوب کاهش، مرتع متوسط افزایش و مساحت مربوط به مرتع فقیر تقریباً ثابت مانده است که بیانگر افت کیفی مراتع در این حوضه آبخیز می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از آنالیز حساسیت مدل نشان داد که ۵ درصد کاهش در شماره منحنی، موجب ۴۰ درصد کاهش دبی اوج سیلاب شده و افزایش ۵ درصدی آن، می‌تواند تا ۶۰ درصد دبی اوج سیلاب را افزایش دهد. به گزارش «هزینه انسانی بلایای مرتبط با آب‌وهوا» (۱۹۹۵-۲۰۱۵) که توسط مرکز تحقیقات اپیدمیولوژی بلایا و دفتر حمایت از خطر بلایای سازمان ملل متحد، ارائه شده و در آن چارچوب زمانی ۲۰ سال اخیر مورد بررسی قرار گرفته است. نشان از افزایش تعداد حوادث جوی در این مدت دارد و مشخص می‌کند که این روند در افزایش طوفان و سیل تأثیرگذار بوده است. در بررسی دلایل افزایش خسارات در قاره آسیا از وسعت این قاره در کنار کثرت حوضه‌های آبریز و تراکم جمعیت به‌عنوان عوامل خطرزا در این قاره یاد شده است. همچنین نتایج تحقیقات صورت گرفته نشان می‌دهد که تعداد رخداد سیلاب از سال ۲۰۰۵ تا سال ۲۰۱۴ به‌طور میانگین ۱۱۷ مرتبه بیشتر از میانگین سالانه در دهه‌های قبل بوده است. در این راستا بررسی وضعیت سیلاب و مقادیر و هیدروگرافی آن متاثر از تغییر کاربری اراضی در کشور از اهمیت فراوانی برخوردار است. لذا در این تحقیق با توجه به افزایش جهانی رویدادهای سیل که در نتیجه تغییر کاربری اراضی در سال‌های اخیر می‌باشد، تاثیر این عامل بر میزان سیل حوضه عموقین در استان اردبیل، با استفاده از مدل هیدرولوژیکی WMS مورد بررسی قرار گرفت.

داده‌ها و روش‌ها

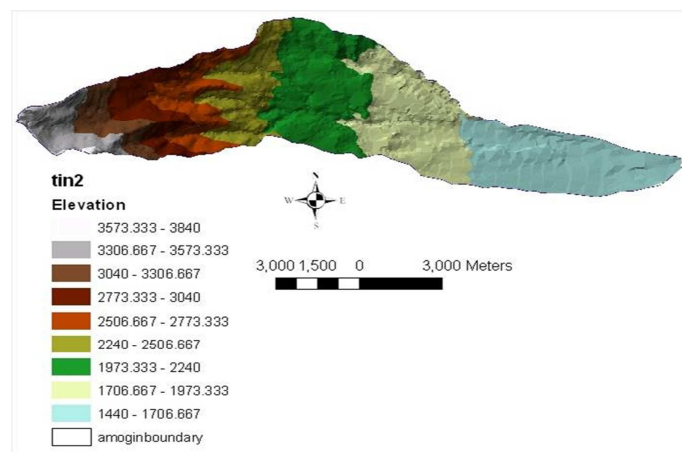
منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در استان اردبیل حوضه آبخیز عموقین در موقعیت جغرافیایی، $59^{\circ} 53' 47''$ تا $48^{\circ} 10' 34''$ طول شرقی $5^{\circ} 15' 38''$ تا $32^{\circ} 15' 38''$ عرض شمالی قرار دارد. این حوضه با مساحتی حدود ۷۸ کیلومتر مربع، روی رودخانه یدی بولیک چای شهرستان اردبیل واقع شده است. کمترین و بیشترین ارتفاع منطقه به ترتیب برابر ۱۴۳۶ و ۳۸۴۸ متر است و قسمت قابل توجهی از منطقه را کاربری کشاورزی آبی و دیم با شیب ۱ تا ۲۵ درصد تشکیل می‌دهد. زون زمین ساختی آتشفشانی دوران سوم قرار دارد که آتشفشان‌های جدید نئوژن و کواترنری روی سنگ‌های آتشفشانی قدیمی‌تر قرار دارند (رسول‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴). در تجزیه و تحلیل‌های هیدرولوژیکی از آمار ایستگاه

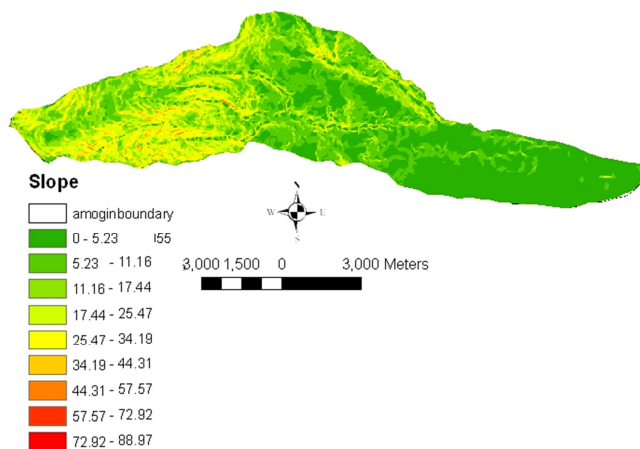
هیدرومتری عموقین در خروجی حوضه و ایستگاه باران سنجی آتشگاه و سرعین در مجاورت حوضه استفاده شده است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را در نقشه ایران نشان می‌دهد. جهت انجام مطالعات فیزیوگرافی از نقشه ۱:۲۵۰۰۰ حوضه و همچنین نرم افزار WMS استفاده شد. براساس مطالعات فیزیوگرافی انجام شده، مساحت حوضه برابر ۷۸ کیلومتر مربع بوده و محیط حوضه برابر ۵۸۲۱۷ متر محاسبه شد. طول شاخه اصلی رودخانه برابر ۲۰۷۱۵ متر و متوسط ارتفاع حوضه برابر ۲۲۱۹ متر محاسبه گردید. شیب متوسط حوضه برابر ۰/۱۲۲۹ متر بر متر و ضریب شکل حوضه برابر ۵/۷۷ متر مربع بر متر مربع و ضریب سینوسی آن برابر ۰/۹۷ برآورد گردید. شکل ۲ نقشه رقومی ارتفاع حوضه و شکل ۳ نقشه شیب حوضه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت حوضه آبخیز عموقین در استان اردبیل و کشور



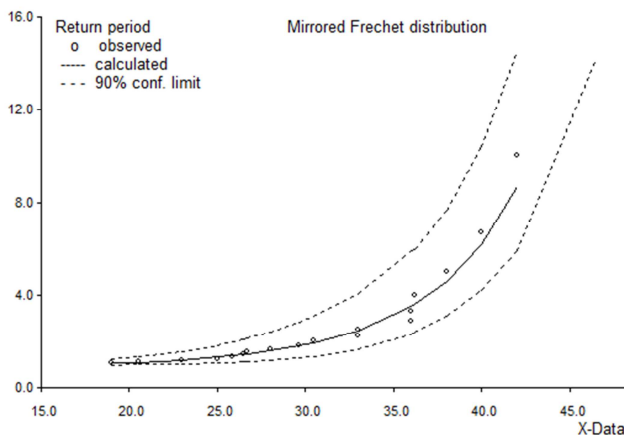
شکل ۲: نقشه رقومی ارتفاع حوضه عموقین.



شکل ۳: نقشه شیب اراضی حوضه عموقین

مطالعات دوره بازگشت بارندگی و انتخاب باران طرح

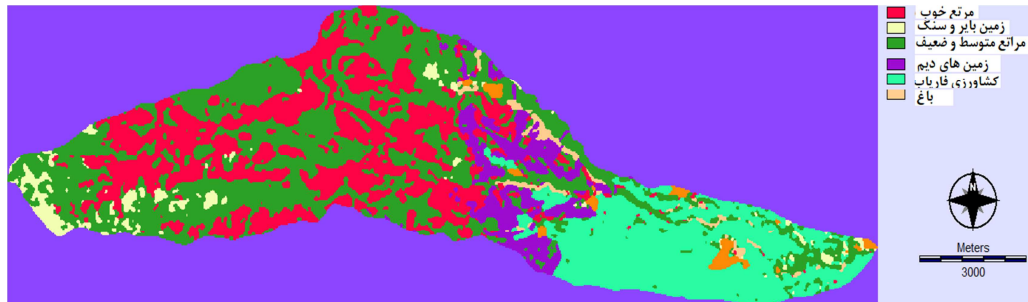
برای بررسی آینده‌ی سالیانه طرح از برنامه CUMfreq استفاده‌شد و میزان بارندگی احتمالی با دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه گردید. انواع توزیع‌های آماری از جمله توزیع‌های نرمال، لوگ پیرسون، لوگ نرمال دو و سه پارامتری برای توزیع داده‌های بارندگی سالانه بررسی شد و مناسب‌ترین توزیع برای برآورد باران طرح با دوره‌های بازگشت مختلف به‌دست آمد. مناسب‌ترین توزیع آماری محاسبه شده برای حداکثر بارندگی ایستگاه باران‌سنجی آتشگاه، توزیع فریسه آینه‌ای با متوسط قدرمطلق اختلاف مقادیر مشاهداتی و محاسباتی به میزان ۲ درصد و $R^2 = ۰.۹۹$ درصد به‌دست آمد. شکل ۴ توزیع حداکثر بارندگی سالانه ۲۴ ساعته در ایستگاه آتشگاه را نشان می‌دهد. در این مطالعه با توجه به آنکه زمان تمرکز حوضه مورد نظر کمتر از ۶ ساعت است، لذا تداوم بارش طرح برابر ۶ ساعت منظورگردید. زمان تمرکز حوضه طبق روش SCS برابر ۱/۲۲ ساعت و طبق روش کرپیچ برابر ۳/۸۱ ساعت محاسبه گردید. بنابراین حداکثر باران ۶ ساعته با دوره بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال به‌ترتیب برابر ۳۲، ۳۴ و ۳۶ میلی‌متر برآورد گردید.



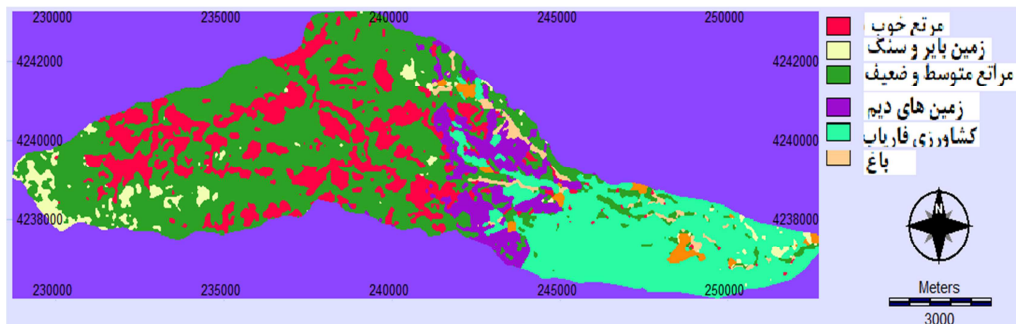
شکل ۴: توزیع احتمال فریسه آینه‌ای بارندگی ۲۴ ساعته ایستگاه آتشگاه

تعیین شماره منحنی

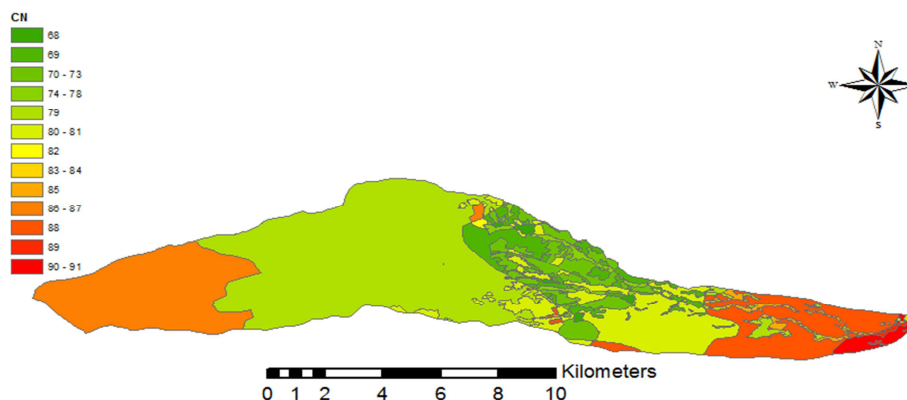
در این تحقیق از داده‌های سنجنده OLI ماهواره لندست، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ رقومی سازمان نقشه‌برداری، نقشه‌های زمین‌شناسی، جداول استاندارد SCS، نقشه‌های پوشش گیاهی، کاربری اراضی و دیگر اطلاعات رقومی چاپ‌شده موجود منطقه و نرم افزارهای GIS و RS استفاده شده است. برای تهیه نقشه کاربری اراضی، ابتدا به کمک تصاویر ماهواره لندست ۸ و تحلیل آن‌ها در نرم افزار Idrisi32، نقشه اولیه کاربری اراضی تهیه شد. نقشه کاربری اراضی حوضه برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ به ترتیب در اشکال ۵ و ۶ نشان داده شده است. این نقشه شامل لایه‌های رقومی مناطق مسکونی، پوشش گیاهی، مسیل و جاده است. سپس در نرم افزار GIS، نقشه گروه هیدرولوژیکی و نقشه کاربری اراضی را با هم تلفیق کرده با انجام محاسبات مربوطه نقشه شماره منحنی به دست آمد. به این ترتیب، مقدار CN برای زیرحوضه عموقین برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ محاسبه گردید که به ترتیب برابر ۷۶/۴ و ۷۸/۷ تخمین زده شد. لازم به ذکر است که خاک‌های حوضه از لحاظ هیدرولوژیکی جزء گروه C، B و D می‌باشند و برآوردها در شرایط رطوبتی متوسط صورت گرفته است. شکل ۷ و ۸ نقشه شماره منحنی را در حوضه آبریز عموقین در طول دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد.



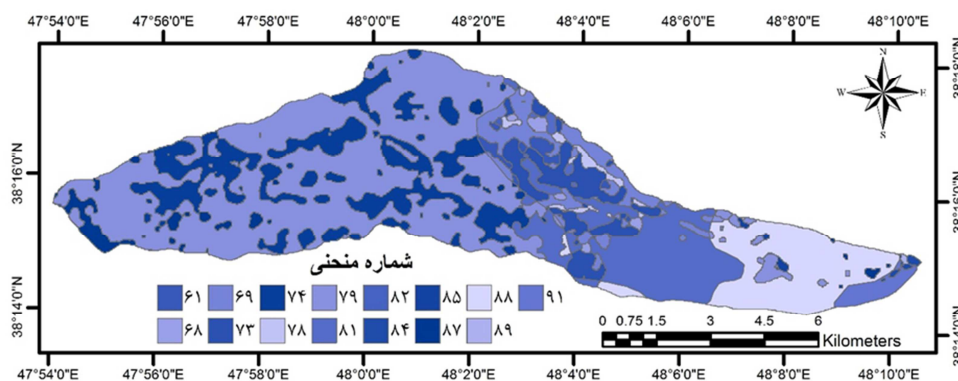
شکل ۵: نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز عموقین در سال ۲۰۰۰



شکل ۶: نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز عموقین در سال ۲۰۱۵



شکل ۷: نقشه شماره منحنی حوضه آبریز عموقین سال ۲۰۰۰



شکل ۸: نقشه شماره منحنی حوضه آبریز عموقین سال ۲۰۱۵

شاخص‌های آماری

جهت مقایسه داده‌های برآورد شده با داده‌های مشاهداتی دبی حداکثر سیلاب از محک‌های آماری ریشه میانگین مربعات خطا و درصد خطای نسبی استفاده شد.

- درصد خطای نسبی

این پارامتر برحسب درصد بیان می‌شود و از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$RE = \frac{\sqrt{\sum (Q_i - Q_m)^2}}{\sum Q_i} \quad (1)$$

که در این رابطه، Q_i : مقدار مشاهداتی و Q_m مقدار پیش‌بینی شده می‌باشد که در آن $i = 1, \dots, n$ که n تعداد داده‌های مشاهداتی می‌باشد.

- محاسبه ریشه میانگین مربعات خطا

این معیار تطابق کلی بین داده‌های مشاهداتی و مدل‌سازی شده را بیان می‌کند، دارای مقادیر بزرگ‌تر و یا مساوی صفر بوده و دارای حد بالا نمی‌باشد و مقدار آن برای یک مدل کامل برابر با صفر می‌باشد و همچنین خطاها را به صورت وزنی محاسبه می‌کند و از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Q_i - Q_m)^2}{n}} \quad (2)$$

Q_i مقدار مشاهداتی و Q_m مقدار پیش‌بینی شده می‌باشد که در آن $i = 1, \dots, n$ که n تعداد داده‌های مشاهداتی می‌باشد.

نتایج و بحث

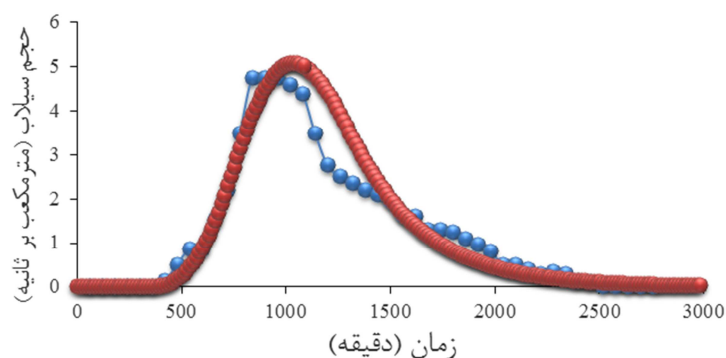
واسنجی مدل

واسنجی فرایندی است که مقادیر پارامترهای معرفی شده به مدل، با هدف دسترسی به نتایج همگون با داده‌های واقعی و طبیعی تصحیح می‌شود. در این مرحله پارامترهای مدل با یک گروه از داده‌ها، واسنجی می‌گردد. سپس اعتباریابی مدل از طریق اجرای مدل با پارامترهای بهینه‌شده برای گروه دوم داده‌ها انجام و نهایتاً هیدروگراف شبیه‌سازی با هیدروگراف مشاهده‌شده مقایسه می‌شود. اکثر مدل‌های هیدرولوژی، نیاز به تطبیق و تعدیل پارامترهای کنترل‌کننده فرآیندها دارند و پارامترهای منحنی توزیع بارندگی، ضریب تلفات اولیه و زمان تمرکز حوضه تعدیل می‌گردد تا زمانی که دبی مشاهداتی با دبی شبیه‌سازی به اختلاف خطای کمتر از ۱۰ درصد برسند و برای نیل به این هدف، مقادیر هر یک از پارامترهای ورودی تغییر می‌نماید.

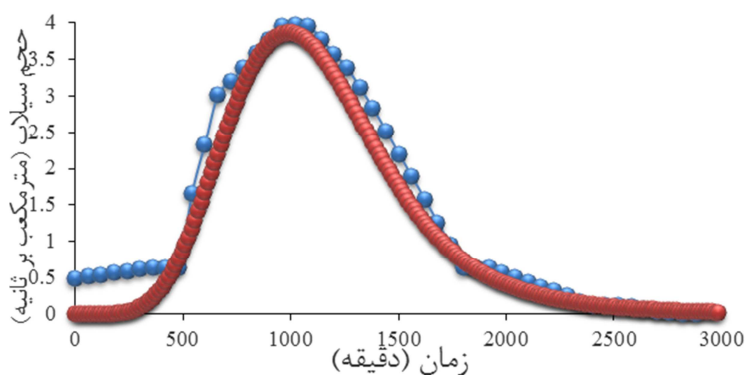
با توجه به مطالب بیان‌شده، در این پژوهش در مرحله واسنجی، شبیه‌سازی با خطای کمتر از ده درصد برای وقایع مورد نظر انجام شد. در این بررسی از سه واقعه بارش برای واسنجی مدل HEC-1 استفاده شد که مقادیر محاسبه شده توسط مدل در مرحله واسنجی در جدول ۱ نشان داده شده است. در تحقیق رثوف و حبیبی (۱۳۹۵) نیز روش HEC-1 نسبت به سایر روش‌های موجود در مدل WMS، از دقت بیشتری در برآورد دبی و حجم سیلاب در حوضه برخوردار بود لیکن دقت مدل با افزایش دوره بازگشت کاهش داشت که با نتایج این تحقیق مغایرت دارد زیرا میزان خطای دقت پیش‌بینی مدل با افزایش دبی بیشینه ارتباط معنی‌داری نشان نداد. تایید دقت روش HEC-1 نسبت به روش‌های دیگر در تحقیق میرزایی و همکاران (۱۳۹۴) نیز بیان شده است. در اشکال ۹ و ۱۰ هیدروگراف سیلاب‌های برآورد شده و اندازه‌گیری شده در مرحله واسنجی نرم افزار WMS را نشان می‌دهد.

جدول ۱: وقایع متناظر برای واسنجی مدل

زمان تأخیر (hr)	دبی پیک شبیه سازی شده (m^3/s)	دبی پیک اندازه گیری شده (m^3/s)	میانگین بارش (mm)	تاریخ رخداد متناظر
۹	۵/۰۹	۴/۷۶	۱۹/۴	۱۹۹۸/۵/۷
۱۰	۳/۷۸	۳/۹۶	۱۷/۸	۱۹۹۹/۱/۲۵
۴	۱/۳۱	۱/۹۸	۶/۹	۱۹۹۷/۸/۱



شکل ۹: هیدروگراف سیلاب برآورد شده و اندازه‌گیری شده در مرحله واسنجی مربوط به رخداد اول



شکل ۱۰: هیدروگراف سیلاب برآورد شده و اندازه‌گیری شده در مرحله واسنجی مربوط به رخداد دوم

اعتبارسنجی مدل

کارایی مدل در شبیه‌سازی هیدروگراف سیل در مرحله اعتبارسنجی نشان داده می‌شود تا بتوان از نتایج حاصل از مدل‌ها در طرح‌های منابع آب خاک و همچنین مسائل مربوط به آبخیزداری استفاده کرد. لذا پس از واسنجی مدل، اعتبارسنجی مدل از طریق اجرای مدل با پارامترهای بهینه‌شده برای دو رویداد دیگر بارش- رواناب انجام گردید که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است. جهت مقایسه داده‌های برآورد شده با داده‌های مشاهداتی دبی حداکثر

سیلاب در مرحله واسنجی و اعتبارسنجی از محک‌های آماری درصد خطای نسبی و ریشه میانگین مربعات خطا استفاده شد که نتایج در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲: نتایج وقایع متناظر در مرحله اعتبارسنجی مدل WMS

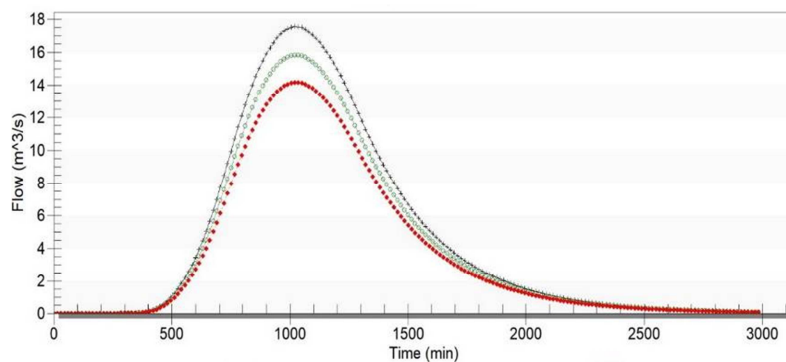
تاریخ رخداد متناظر	میانگین بارش (mm)	دبی پیک اندازه گیری شده (m ³ /s)	دبی پیک شبیه سازی شده (m ³ /s)	زمان تأخیر (hr)
۲۰۰۰/۱/۱۵	۱۰/۶	۲/۲	۲/۲۷	۱۲
۱۹۹۹/۱۲/۲۵	۵/۱	۰/۷	۰/۷۲	۵

جدول ۳: مقادیر خطاهای مشاهداتی و برآورد شده توسط نرم افزار WMS

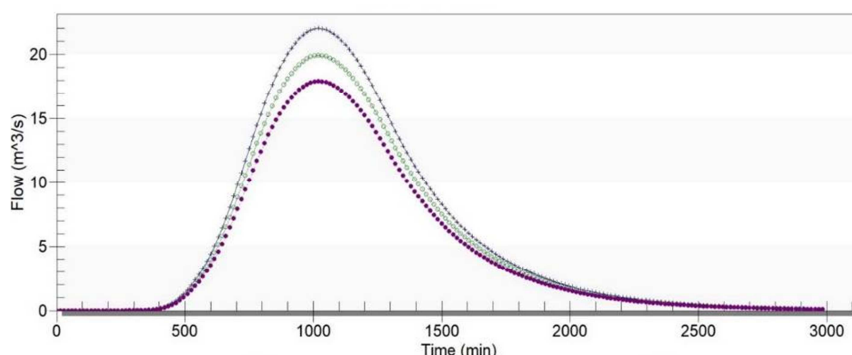
آماره اندازه گیری شده	درصد خطای نسبی (درصد)	ریشه میانگین مربعات خطا (m ³ /s)
مرحله واسنجی	۷/۱۷	۰/۴۴
مرحله اعتبارسنجی	۲/۵۱	۰/۴۲

برآورد سیلاب حوضه با دوره بازگشت‌های مختلف در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۰۰

جهت تخمین حداکثر سیلاب این حوضه به روش SCS از بارش حداکثر شش ساعته که از توابع توزیع احتمالاتی به دست آمده بود استفاده شد. پس از تعیین مقدار شماره منحنی حوضه که متوسط آن برای سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۰۰ به ترتیب برابر ۷۶/۴ و ۷۸/۷ محاسبه گردید و حداکثر دبی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف به دست آمد که به ترتیب در اشکال ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۱: هیدروگراف سیل حوضه عموقین با دروره بازگشت‌های ۵۰،۲۵ و ۱۰۰ سال برای سال ۲۰۰۰



شکل ۱۲: هیدروگراف سیل حوضه عموقین با دوره بازگشت‌های مختلف ۱۰۰ سال برای سال ۲۰۱۵

نتایج برآورد سیلاب روش HEC-1 در WMS در دوره مورد مطالعه در جدول ۴ بیان شده است. همان‌طور که در اشکال ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده است، زمان پایه هیدروگراف سیل در کلیه موارد یکسان بوده و با افزایش دوره بازگشت زمان رسیدن به دبی اوج تغییر نمی‌نماید و در حدود ۱۷ ساعت می‌باشد که با هیدروگراف‌های سیلاب‌های صورت گرفته در منطقه همخوانی دارد. این مسئله در تحقیق شنائی هویزه و همکاران (۱۳۹۵) نیز مشاهده شده است، ایشان بیا نمودند که اگرچه با افزایش شماره منحنی به دلیل تغییر کاربری اراضی، میزان بیشینه سیلاب افزایش می‌یابد ولیکن زمان رسیدن به دبی اوج افزایش نمی‌یابد. نتایج این تحقیق با تحقیقات انجام شده دیو و همکاران (۲۰۱۲) و سانیا و همکاران (۲۰۱۴) در این زمینه مطابقت دارد. همچنین با افزایش دوره بازگشت همان‌طور که در اشکال مربوط به هیدروگراف‌های سیل مشخص است، زمان پایه هیدروگراف سیل تقریباً یکسان بوده و تغییر شماره منحنی طی سالیان ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ تاثیری بر زمان پایه هیدروگراف نداشته است. باتوجه به رابطه شماره منحنی-رواناب، از آنجا که با افزایش شماره منحنی، میزان ذخیره کاهش یافته و مقدار سیلاب افزایش می‌یابد، همان‌طوری که در اشکال ۱۱ و ۱۲ مشاهده می‌گردد، در حالتی که مقدار شماره منحنی از سال ۲۰۰۰ که مقدار آن $76/4$ محاسبه گردید به مقدار $78/7$ در سال ۲۰۱۵ افزایش یافت، مقدار سیل ایجاد شده در حوضه عموقین به ترتیب برای دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال، ۲۶، ۲۲ و ۲۵/۵ درصد افزایش یافت. و این بیانگر آنست که افزایش شماره منحنی به میزان سه درصد می‌تواند تاثیر چند برابری در حجم سیلاب ایجاد شده داشته باشد که این موضوع در سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های بالاتر می‌تواند صدمات مالی و جانی فراوانی به‌همراه داشته باشد. این موضوع، با نتایج تحقیق مقدسی و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد در تحقیق ایشان نیز افزایش ۵ درصدی شماره منحنی باعث افزایش ۶۰ درصدی دبی اوج در حوضه مطالعاتی گردید. با مقایسه بین یافته‌های حاصل از تحلیل حداکثر سیلاب در مدل WMS در مرحله واسنجی و اعتبارسنجی، می‌توان نتیجه گرفت که یافته‌های حاصل از دبی سیلاب برآورد شده از نظر زمان رسیدن به نقطه اوج تطابق مناسبی با هیدروگراف‌های مشاهده شده در حوضه آبریز عموقین دارد و اگرچه این زمان با افزایش میزان بارندگی، افزایش می‌یابد، لیکن در سیلاب‌های با دوره بازگشت مطالعه شده، این مقدار ثابت شده و در حدود ۱۰۲۰ دقیقه ثابت می‌گردد. همچنین وجود بیش‌برآوردی در نرم افزار WMS را می‌توان به مباحث مربوط به ارتفاعات در منطقه مورد مطالعه و ضریب زهکشی منطقه مرتبط دانست و از آنجا که در مدل

مورد مطالعه، بارندگی در سطح منطقه یکنواخت در نظر گرفته شده است می‌تواند در نتایج شبیه‌سازی مدل ایجاد خطا نماید. مشکل دیگری که در شبیه‌سازی فرایند سیلاب در حوضه‌های آبریز با استفاده از نرم افزار WMS وجود دارد، مسئله در نظر گرفتن متوسط شماره منحنی برای کل منطقه است. از آنجا که شماره منحنی در سطح منطقه متفاوت است، لذا در نظر گرفتن شماره منحنی یکسان و به طبع آن نفوذ و رواناب یکسان در سطح کل حوضه، می‌تواند نتایج شبیه‌سازی را از واقعیت دور نماید. بنابراین لازم است در شبیه‌سازی‌های انجام شده توسط مدل مذکور داده‌های سیلاب و وقایع متناظر در سطح منطقه به‌دقت مورد بررسی قرار گرفته و حتی توزیع پراکنش زمانی بارندگی‌ها در سطح منطقه به‌عنوان ورودی‌های مدل لحاظ گردد تا بتوان به نتایج دقیق‌تری و قابل اعتمادتری دست یافت. از آنجا که قله هیدروگراف در زیر حوضه‌های کشیده، پهن‌تر از سایر زیرحوضه‌ها می‌باشد و دبی سیلابی در واحد سطح آن‌ها کمتر از سایر زیر حوضه‌ها می‌باشد. در نتیجه زمان رسیدن به اوج آن‌ها طولانی‌تر می‌گردد. برعکس زیر حوضه‌های دایروی شکل، دبی سیلابی آن‌ها در واحد سطح بیشتر بوده و در زمان کوتاهی به دبی اوج می‌رسند و هیدروگراف آن‌ها نوک تیزتر می‌گردد. با توجه به هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده حوضه آبخیز عموقین می‌توان گفت که این هیدروگراف‌ها حالت کشیده داشته و زمان نسبتاً زیادی طول می‌کشد تا سیلاب به دبی اوج خود برسد. همچنین از آنجا که شیب متوسط حوضه عموقین کم بوده و این مسئله نیز در افزایش زمان لازم برای خروج رواناب از حوضه (زمان پایه هیدروگراف) نقش دارد، لذا یکی از دلایل بالا بودن زمان پایه هیدروگراف حوضه عموقین را می‌توان به کم بودن شیب عمومی حوضه مرتبط دانست. با توجه به آنکه نسبت انشعاب حوضه‌ها معمولاً بین ۳ تا ۵ نوسان دارد، تراکم شبکه آبراهه‌های حوضه عموقین نسبتاً زیاد است (۴/۵) و علاوه بر این، نسبت انشعاب حوضه نیز نسبتاً زیاد است (۱/۱)، بنابراین انتظار می‌رود که شکل هیدروگراف خروجی سیل حالت پهن‌تری داشته باشد و بخش‌های مختلف حوضه با روندی ثابت در هیدروگراف خروجی نقش داشته باشند که در اشکال (۱۱) و (۱۲) مشاهده می‌شود. با بررسی ضریب شکل حوضه که مقدار آن (۵/۷۷) است و در نظر گرفتن ضریب سینوسی (۰/۹۷) حوضه، می‌توان نتیجه گرفت که شکل حوضه مذکور انحراف زیادی از شکل دایروی داشته و این خود باعث افزایش زمان تمرکز شده و زمان تاخیر حوضه می‌گردد. تغییر کاربری اراضی در منطقه نشان داد که مراتع خوب به میزان ۳۳ درصد در طی ۱۵ سال کاهش داشته است در حالیکه مراتع متوسط و ضعیف به میزان ۱۵ درصد افزایش داشته است. همچنین اراضی فاریاب در سطح حوضه معادل ۱۳ درصد افزایش یافته است و اراضی دیم و باغات نیز به ترتیب دو و سه درصد افزایش داشته است. بر این اساس می‌توان بیان نمود که روند تغییر کاربری اراضی، تبدیل مراتع خوب به اراضی فاریاب و مراتع متوسط می‌باشد. کاهش مراتع خوب را می‌توان به دلیل تمایل کشاورزان روستای عموقین، به تبدیل زمین‌های دیم خود به اراضی فاریاب در قسمت شرقی حوضه دانست و کاهش نزولات جوی و تغییر اقلیم منطقه و چرای بی‌رویه دام را از عوامل اصلی تنک شدن مراتع این قسمت حوضه دانست. از آنجا که این قسمت حوضه در حاشیه روستای عموقین واقع شده است، در واقع علت اصلی کاهش کیفیت مراتع حوضه را می‌توان گسترش فعالیت‌های انسانی در قسمت‌های مرکزی و شرقی حوضه قلمداد نمود. گسترش زراعت آبی به خوبی در نقشه‌های کاربری اراضی در اشکال ۵ و ۶ مشاهده می‌گردد و نشان‌دهنده گسترش فعالیت‌های کشاورزی به ارتفاعات میانی حوضه می‌باشد. افزایش فعالیت‌های کشاورزی و گسترش آن در مراتع که باعث افزایش ریسک سیلاب و

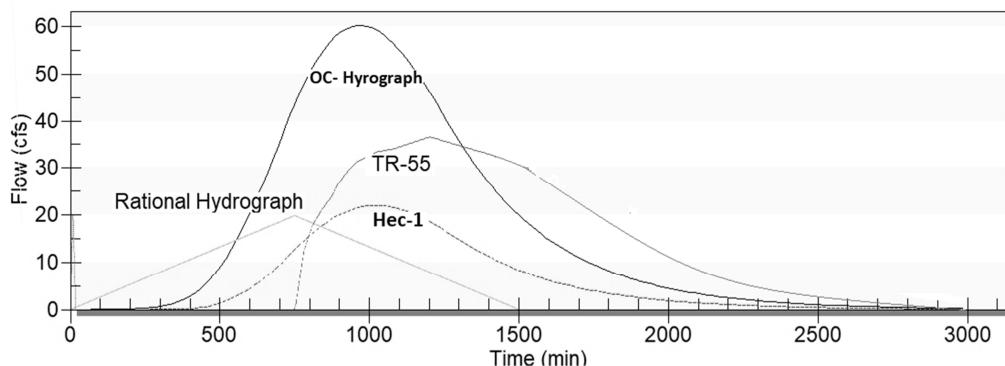
فرسایش می‌شود در اکثر حوضه‌های ایران به‌عنوان عامل اصلی تخریب مراتع، شناخته می‌شود و در تحقیق شنائی هویزه و همکاران (۱۳۹۵) نیز به این موضوع اشاره شده است. نکته دیگری که تفسیر تغییرات کاربری اراضی در سطح حوضه روشن می‌سازد، ضعیف شدن مراتع در مکان‌هایی است که غالب گروه هیدرولوژیک زمین‌های آن از نوع D بوده و از پتانسیل فرسایش‌پذیری بالایی برخوردار می‌باشند. در این مناطق که از شیب نسبتاً بالایی نیز برخوردار می‌باشند و مناطق مرکزی و غربی دشت را شامل می‌شوند، روند به هم پیوستگی مراتع ضعیف در طی دوره آماری به دلیل گسترش سطح این مناطق دیده می‌شود. علاوه بر این، این مناطق با داشتن شیب غالب شمال به جنوب که به سمت رودخانه اصلی حوضه می‌باشد، می‌تواند کانون فرسایش و سیلاب منطقه گردد. از آنجاکه، نحوه مشارکت بخش‌های مختلف حوضه‌ها در سیل خروجی، لزوماً یکنواخت نبوده و مکان‌های با شیب بیشتر و نزدیک به رودخانه اصلی حوضه، ضرورتاً تأثیر بیش‌تری در سیل خروجی حوضه ندارد. لذا برای هرگونه عملیات کنترل سیل و یا کاهش دبی اوج در خروجی حوضه، باید نحوه تأثیر بخش‌های مختلف حوضه را با توجه به پوشش گیاهی و شیب آن و دوری و نزدیکی آن به آبراهه‌های اصلی، تعیین نموده و سپس برای اقدامات آبخیزداری در منطقه تصمیم‌گیری نمود این مسئله با تحقیق امیر احمدی و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت دارد. براساس تحقیق اسمعیلی و همکاران (۱۳۹۷)، نوع خاک و متوسط شیب زیرحوضه‌ها عامل اصلی تولید رسوب می‌باشند و با توجه به اینکه در قسمت‌های مرکزی حوضه روند کاهش کیفیت پوشش گیاهی دیده می‌شود و با توجه به خصوصیات مورفولوژیکی حوضه، این قسمت از اراضی، مستعد فرسایش‌پذیری و سیل‌خیزی می‌باشند، لذا اقدامات پیشگیرانه در این نواحی لازم و ضروری می‌باشد. تأثیر تغییر کاربری اراضی و تنک شدن مراتع در تحقیقات محمدی و همکاران (۱۳۹۴) و یاری و همکاران (۱۳۸۹) نیز بیان شده است. برای مقایسه نتایج روش Hec-1 با چند روش دیگر برآورد سیلاب در مدل WMS، همانطور که در شکل ۱۳ نشان داده شده است، روش OC-Hydrograph مقدار بیشینه سیلاب را معادل $60/2$ متر مکعب بر ثانیه برآورد نمود که تقریباً سه برابر روش Hec-1 برای بارنگی با دوره بازگشت صد سال در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. روش TR-55 نیز مقدار بیشینه سیلاب را برابر $36/62$ متر مکعب بر ثانیه برآورد نمود که تقریباً ۶۶ درصد بیشینه سیلاب را بیشتر برآورد نموده است. در این روش حجم سیلاب برابر ۴۴ میلیون متر مکعب برآورد شده که در مقایسه با روش Hec-1 که ۳۶ میلیون متر مکعب می‌باشد دارای بیش برآورد است اما در مقایسه با روش OC-Hydrograph که مقدار بیشینه سیلاب را ۱۰۱ میلیون متر مکعب برآورد کرده دقیق‌تر بوده و در مقایسه با روش هیدروگراف استدلالی^۱ که حجم سیلاب را ۳۱ میلیون متر مکعب برآورد نموده از دقت کمتری برخوردار می‌باشد. به طور کلی در مقایسه این سه روش با روش Hec-1 می‌توان نتایج روش هیدروگراف استدلالی را نزدیکتر به روش Hec-1 دانست اگرچه در این روش زمان اوج سیلاب کمی کمتر از روش Hec-1 برآورد می‌گردد. از آنجا که روش Hec-1 برپایه حداکثر بارش‌های ۶ ساعته برای حوضه‌های با زمان تمرکز کمتر از ۶ ساعت می‌باشد، در صورتیکه روندیابی سیل برای بارانهای با مدت زمان کمتر یا بیشتر از ۶ ساعت مدنظر باشد می‌بایست با توجه به هیدروگراف واحد استخراج

^۱ - Rational Hydrograph

شده برای حوضه مورد نظر و استفاده از روش SCS، هیدروگراف سیلاب مربوط به باران را برآورد نمود. در این رابطه می‌توان از هیدروگرافهای مصنوعی دیگری چون اشنايدر و کلارک نیز استفاده نمود.

جدول ۴: نتایج دبی سیلاب متناظر با دروره بازگشت‌های مختلف در دوره آماری

سال ۲۰۱۵		سال ۲۰۰۰		دوره بازگشت (سال)	روش محاسبه سیلاب
حجم سیلاب (M ³)	دبی سیلاب (M ³ /S)	حجم سیلاب (M ³)	دبی سیلاب (M ³ /S)		
۸۳۵۷۹۷	۱۷/۹۳	۶۶۰۸۲۵	۱۴/۱۷	۲۵	روش HEC-1
۹۲۹۲۹۱	۱۹/۹۳	۷۳۸۲۶۰	۱۵/۸۳	۵۰	
۱۰۲۵۷۰۵	۲۲	۸۱۸۶۰۹	۱۷/۵۵	۱۰۰	



شکل ۱۳: مقایسه نتایج حاصل از روش Hec-1 با روش‌های دیگر برآورد سیل در حوضه عموقین برای بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده از مرحله واسنجی و اعتبارسنجی حاصل از رویدادهای بارندگی - رواناب در سطح حوضه، مدل WMS برآوردهای قابل قبولی از میزان سیل حوضه مورد مطالعه ارائه نمود و نتایج مرحله اعتبارسنجی دقیق‌تر از مرحله واسنجی به دست آمد. لیکن کسب نتایج مناسب از مدل مذکور، نیاز به واسنجی دقیق این نرم افزار دارد. روش HEC-1 ارائه شده در مدل مذکور، جهت برآورد مناسب میزان سیل در منطقه، حساسیت بالایی به توزیع بارندگی در سطح حوضه نشان داد که نزدیک کردن توزیع بارندگی به توزیع بارندگی در سطح حوضه خصوصیات سیل ایجاد شده را در مرحله واسنجی مدل به وقایع سیل منطقه نزدیک نمود. نتایج تفسیر تصاویر ماهواره‌ای در رابطه با تغییر کاربری اراضی، کاهش کیفیت مراتع و تغییر کاربری مراتع به زمین‌های کشاورزی را نشان داد که این تغییرات در مناطقی از حوضه اتفاق افتاده است که بیشترین پتانسیل سیل‌خیزی و فرسایش را به دلیل میزان و جهت شیب دارا می‌باشند و در طول دوره آماری مطالعه شده میزان شماره منحنی در حوضه به میزان سه درصد

افزایش نشان داد که این موضوع، افزایش ۳۰ درصدی سیل را سبب شد. لذا تمهیدات بازدارنده جهت جلوگیری از تغییر کاربری اراضی در این مناطق حوضه لازم و ضروری است.

تقدیر و تشکر

این مقاله با حمایت معاونت محترم پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی طی قرارداد طرح شماره ۲۲۵۰ مورخ ۱۳۹۶/۱۲/۲۳ تهیه شده است و بدینوسیله از ایشان قدردانی می‌شود.

منابع

- اسمعیلی عوری، اباذر؛ میرزایی، یداله؛ مددی، عقیل (۱۳۹۷). برآورد میزان فرسایش خاک و رسوبدهی با بهره‌گیری از مدل بارش-رواناب WMS مطالعه موردی: حوضه آبخیز سعدل- استان آذربایجان غربی). مخاطرات محیط طبیعی، جلد ۷، شماره ۱۷، صص ۱۸-۱.
- امیراحمدی، ابوالقاسم؛ محمدنیا، ملیحه؛ گلشنی، نگار (۱۳۹۴). تحلیل حساسیت متغیرهای ژئومورفولوژی مؤثر بر سیلاب با استفاده از مدل HEC-HMS مورد مطالعه: زرچشمه هونجان- استان اصفهان. هیدروژئومورفولوژی، جلد ۱، شماره ۳، صص ۴۲-۲۱.
- رسول زاده، علی؛ آذرتاج، الناز؛ فرضی، پریسا (۱۳۹۴). ایجاد و بررسی مدل‌های مختلف تحلیل منطقه‌ای تناوب سیلاب تابعی از دوره بازگشت (مطالعه موردی: استان اردبیل)، مجله علمی تخصصی مهندسی و مدیریت ساخت، جلد ۲۲، شماره ۴، صص ۲۶۸-۲۶۱.
- رتوف، مجید؛ حبیبی، رضا (۱۳۹۵). برآورد حداکثر دبی سیلاب حوضه هیرچای با استفاده از WMS، اولین همایش ملی معماری و شهرسازی (اندیشه، نظریه‌ها و روش‌ها)، ملایر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر.
- شعبانی بانزین، آرمان؛ عمادی، علیرضا؛ فضالوی، رامین (۱۳۹۵). بررسی پتانسیل سیلخیزی حوضه‌های آبخیز و تعیین مناطق مولد سیل (مطالعه موردی: حوضه آبخیز نکا). پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز سال هفتم، شماره ۱، صص ۲۸-۲۰.
- شنائی هویزه، سیده مانده؛ زارعی، حیدر؛ رضانی، حبیب (۱۳۹۵). بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل (مطالعه موردی: حوضه آبریز ابوالعب، علوم و مهندسی آبیاری، جلد ۴۰، شماره ۱، صص ۲۲۹-۲۱۹).
- خسروشاهی، محمد؛ ثقفیان، بهرام (۱۳۸۲). بررسی نقش مشارکت زیرحوضه‌های آبخیز در شدت سیل‌خیزی حوضه. مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۵۹، صص ۶۷-۷۵.
- گنبدی، مجید. (۱۳۸۴). بررسی پتانسیل تولید سیل در حوضه آبخیز کسلیان در البرز شمالی با نرم افزار WMS پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه مازندران، ۹۷ صفحه.
- محمدی، مجتبی؛ شیخ، واحدبردی؛ سعدالدین، امیر (۱۳۹۴). مدل سازی اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل (مطالعه موردی: حوضه آبخیز جعفرآباد، استان گلستان). نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد ۲۲، شماره ۵، صص ۱۸۵-۱۷۱.
- میرزایی، سجاد؛ رتوف، مجید؛ رسول‌زاده، علی؛ پوراسکندر، ساناز (۱۳۹۴). شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب رودخانه حوضه آتشفشان استان اردبیل با بهره‌گیری از الگوی بارش بهینه، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد ۲۵، شماره ۵، صص ۸۰-۶۳.
- یاری، رضا؛ علی، کهنه؛ نادر، جندقی؛ فرزانه، خجسته (۱۳۸۹). بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر ضریب رواناب سطحی و دبی اوج سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف (مطالعه موردی: حوضه آبخیز النگدره گرگان)، ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، نور، دانشگاه تربیت مدرس.
- یوسفی مبرهن، ابراهیم؛ فرهنگ، کامبخش؛ فهیم، نفیسه؛ فهیم، عماد (۱۳۹۵). کارایی روش منحنی‌های تداوم جریان در صحت‌سنجی مدل هیدرولوژیکی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز زولاچای). دانش آب و خاک، جلد ۲۶، شماره ۲، صص ۱۱۳-۱۰۱.

- Brouwer, R., & Van, E.K., (2004). Reintegrated ecological, economic and social impact assessment of alternative flood control policies in the Netherlands. *Ecological Economics*, 50:1-21.
- Chen, L., Huang, Z., Gong, J., Fu, B., & Huang, Y., (2007). The effect of land cover/vegetation on Soil water dynamic in the hilly area of the loess plateau, China. *Catena* 70, 200-208.
- Du, J., Qian, L., Rui, H., Zuo, T. Zheng, D., Xu, Y. & Xu, C. Y. (2012). Assessing the effects of urbanization on annual runoff and flood events using an integrated hydrological modeling system for Qinhuai River basin, China. *Journal of Hydrology*, 464-465(0), 127-139.
- Hoseini, Y., Azari, A., & Pilpayeh, A., (2017). Flood modeling using WMS model for determining peak flood discharge in southwest Iran case study: Simili basin in Khuzestan Province. *Applied Water Science*, 7, 3355.
- Lalozaee, A., Bahreini, F., Dahmardeh, Mr., Akbar pour, A., & Moghaddamnia, A.R., (2013). Efficiency Comparison HEC-1 and TR-20 Methods in Flood Hydrograph Simulation. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3 (15), 1719-1729.
- Moghadasi, N., Karimirad, I., & Sheikh, Vahedberdi. (2017). Assessing the Impact of Land Use Changes and Rangeland and Forest Degradation on Flooding Using Watershed Modeling System. *Journal of Rangeland Science*, 2017, Vol. 7, No. 2. 93-106.
- Moreno-de las Heras, M., Espigares, T., Merino-Martin, L., & Nicolau, J.M., (2011). Water-related ecological impacts of rill erosion processes in Mediterranean-dry reclaimed slopes. *Catena* 84 (3), 114-124.
- Pelletreau, A., (2004). Pricing soil degradation in uplands, the case of the Houay Pano catchment, Lao PDR. Internship Report. IRD-IWMI-NAFRI, Vientiane, Laos, 64.p append
- Potter, K.W., (1991). Hydrological impacts of changing land management practices in a moderate-sized agricultural catchment, *Water Resources Research*, 27, 845-855.
- Sanyal, J., Denmore, A, L., & carboneau, p. (2014). Analyzing the effect of land-use/cover changes at sub-catchment levels on downstream flood peaks: A semi-distributed modeling approach with sparse data. *CATENA*, 118, 28-40.
- Sundrakumar, K., Harika, M., Aspiya Begum, SK., Yamini, S., & Balakrishna, K., (2012). Land use and land cover change detection and urban sprawl analysis of Vijayawada city using multi-temporal Landsat data. *Journal of Engineering Science and Technology*, 4(1), 166-174.
- Wang, G.X., Liu, J.Q., Kubota, J.P., & Chen, L., (2007). Effects of land use changes on hydrological processes in the middle basin of the Heihe River, Northwest China, *Hydrological Processes*, 21(1010), 1370-1382.

Research Article

Evaluating the Impact of Land Use Changes on Flooding and Flood Runoff in Amuqin Drainage Basin

Yaser Hoseini^{*1}, Javad Ramezani Moghaddam², Zahra Abdolalizadeh³

Received: 09-11-2018

Revised: 07-01-2019

Accepted: 09-04-2019

Abstract

The progress in flood estimation techniques has enabled us to use rainfall-runoff models to evaluate the hydrographic properties of the flood in watersheds, thus lowering the risks of flooding. Accordingly, this study aimed to determine the peak flood discharge for Amuqin area to reveal the impact of land use changes on peak flood discharge using a WMS model. Amuqin area stretches across approximately 78 km² of land. The Curve Number (CN) of the basin was found by integrating land use maps with soil hydrologic group (B, C, D) obtained from analyzing Landsat 8 images in IDRISI32 and overlaying the maps in ArcGIS and were estimated at 76.4 and 78.7 for 2000 and 2015, respectively. The model calibration ($RE= 7.17$, $RMSE = 0.44$) and validation results ($RE\%= 2.51$, $RMSE= 0.0042$) with rainfall-runoff phenomena in the area, suggested consistency with observations. Given the high sensitivity of this method to rainfall distribution, an analysis of rainfall across the region is required to obtain reliable results. Further, the curve number of the basin showed a 3% increase between 2000 and 2015 due to the reduced quality of the rangelands and the change to agricultural land use in areas of the basin most prone to flooding and erosion, which increases the peak flood discharge by 22, 26 and 25.5% for return periods of 25,50 and 100 years, respectively. The management of land use seems necessary in order to prevent future increases in the catchment CN.

Keywords: Land Use, Watershed, WMS, SCS, GIS, Flooding, Ardabil.

^{1*}- Associate Professor of Moghan College of Agriculture & Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Email: y_hoseini@uma.ac.ir

²- Assistant Professor of Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

³- Ph.D. Student in Range Management, Faculty of Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

References

References (in Persian)

- Esmali, A., Mirzaei, Y., & Madadi, A., (2018). Assessment the Soil Erosion and Sediment Yield with Using of Rainfall-Runoff WMS model (Case Study: Sadal Watershed-West Azerbaijan Province). *Journal of Natural Environmental Hazards*, 7(17), 1-18. [In Persian]
- Gonbadi, M., (2005). Investigating the Potential of Flood Production in Kasaliyan Basin in North Alborz with WMS Software. Master's Thesis, Mazandaran University, 97 pages. [In Persian]
- Khosroshahi, M., & Saghafian, B., (2003). Investigating the role of watershed sub-basin participation in the flood intensity of the basin. *Journal of Research and Development*. 59: 67-75. [In Persian]
- Mirzaei, S., Raoof, M., Rasoulzadeh, A., & Poreskandar, S., (2016). Simulation Flood Hydrograph of Atashgah Basin River of Ardabil Province using optimized Rainfall Pattern', *Journal of Water and Soil Conservation*, 22(5), pp. 63-80. [In Persian]
- Mohammadi, M., Sheikh, V.B., & Sadoddin, A., (2015). Modeling the effects of land use changes on flood hydrograph (A case study: Ja'farabad watershed, Golestan province), *Journal of Water and Soil Conservation*, 22(5), 171-185. [In Persian]
- Rasulzadeh, A., Azartaj, E., & Farzi, P., (2016). Derivation and investigation of regional flood analysis models as a function of return period (Case study: Ardabil province). *Journal of Water and Soil Conservation*, 22(4), 261-268. [In Persian]
- Rauf, M., & Habibi, R., (2015). Estimating Maximum Flood Flood in the Hirchai Basin Using WMS, First National Conference on Architecture and Urban Planning (Thought, Theories and Methods). Malayer, Islamic Azad University of Malayer. [In Persian]
- Shabanie bazneshin, A., Emadi, A.R., & Fazaveli, R. (2016). Investigating the Potential of Flooding of Watershed Basins and Determining Flood Generation Areas (Case Study: Neka watershed). *Management Basin Research*. 7(1):20-28. [In Persian]
- Yari, R., Kohne, A., Gandaghi, N., & Khojasteh, F., (2010). Investigating the effect of land use change on surface runoff and peak flood discharge in different return periods (case study: Alngdareh Basin of Gorgan). 6 th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering, Noor, Tarbiat Modares University. [In Persian]
- Yousefi Mobarhan, E., Farahmand, K., Fahim, N., & Fahim, E., (2016). Efficiency of Flow-Duration Curves Method for Verification of a Hydrological Model (Case Study: Zola-Chay Watershed), *Water and soil Science*, 26 (2-1), 101-113. [In Persian]

References (in English)

- Brouwer, R., & Van, E.K., (2004). Reintegrated ecological, economic and social impact assessment of alternative flood control policies in the Netherlands. *Ecological Economics*, 50:1-21.
- Chen, L., Huang, Z., Gong, J., Fu, B., & Huang, Y., (2007). The effect of land cover/vegetation on Soil water dynamic in the hilly area of the loess plateau, China. *Catena* 70, 200–208.
- Du, J., Qian, L., Rui, H., Zuo, T. Zheng, D., Xu, Y. & Xu, C. Y. (2012). Assessing the effects of urbanization on annual runoff and flood events using an integrated hydrological modeling system for Qinhuai River basin, China. *Journal of Hydrology*, 464–465(0), 127-139.
- Hoseini, Y., Azari, A., & Pilpayeh, A., (2017). Flood modeling using WMS model for determining peak flood discharge in southwest Iran case study: Simili basin in Khuzestan Province. *Applied Water Science*, 7, 3355.
- Lalozaee, A., Bahreini, F., Dahmardeh, Mr., Akbar pour, A., & Moghaddamnia, A.R., (2013). Efficiency Comparison HEC-1 and TR-20 Methods in Flood Hydrograph Simulation. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3 (15), 1719-1729.
- Moghadasi, N., Karimirad, I., & Sheikh, Vahedberdi. (2017). Assessing the Impact of Land Use Changes and Rangeland and Forest Degradation on Flooding Using Watershed Modeling System. *Journal of Rangeland Science*, 2017, Vol. 7, No. 2. 93-106.
- Moreno-de las Heras, M., Espigares, T., Merino-Martin, L., & Nicolau, J.M., (2011). Water-related ecological impacts of rill erosion processes in Mediterranean-dry reclaimed slopes. *Catena* 84 (3), 114–124.
- Pelletreau, A., (2004). Pricing soil degradation in uplands, the case of the Houay Pano catchment, Lao PDR. Internship Report. IRD-IWMI-NAFRI, Vientiane, Laos, 64.p append
- Potter, K.W., (1991). Hydrological impacts of changing land management practices in a moderate-sized agricultural catchment, *Water Resources Research*, 27, 845-855.
- Sanyal, J., Denmore, A, L., & carboneau, p. (2014). Analyzing the effect of land-use/cover changes at sub-catchment levels on downstream flood peaks: A semi-distributed modeling approach with sparse data. *CATENA*, 118, 28-40.

Sundrakumar, K., Harika, M., Aspiya Begum, SK., Yamini, S., & Balakrishna, K., (2012). Land use and land cover change detection and urban sprawl analysis of Vijayawada city using multi-temporal Landsat data. *Journal of Engineering Science and Technology*, 4(1), 166-174.

Wang, G.X., Liu, J.Q., Kubota, J.P., & Chen, L., (2007). Effects of land use changes on hydrological processes in the middle basin of the Heihe River, Northwest China, *Hydrological Processes*, 21(1010), 1370-1382.