

اثرات افزایش توسعه شهری روی رواناب حوضه سردآبرود کلاردشت با استفاده از مدل بارش -

رواناب HEC-HMS

مجتبی خوش روش^{۱*}، محمود رائینی^۲، اسماعیل نیکزاد طهرانی^۳ و علی کولانیان^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۹

چکیده

گسترش روزافزون پهنه شهرها و ساختوسازهای شهری، با تبدیل زمین‌های کشاورزی و منابع طبیعی، شدنی است. بنابراین پیامد آن گسترش پهنه‌های نفوذناپذیر و افزایش رواناب‌های سطحی خواهد بود، که در بلندمدت ممکن است سبب ایجاد سیلاب‌های ویرانگر شهری شود. به‌منظور کاهش این آسیب‌ها، کنترل، هدایت و سرانجام مدیریت سیلاب‌های شهری امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. بنابراین هدف این پژوهش ارزیابی تأثیر پهنه‌سازهای شهری بر رواناب در حوضه آبخیز سردآبرود شهرستان کلاردشت است. در این مطالعه نخست سطح زمین‌های مسکونی در زیرحوضه‌های مورد مطالعه، با استفاده از آخرین تصاویر ماهواره‌ای، تهیه شد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که پهنه زمین‌های مسکونی در زیرحوضه پایین دست (S2) نسبت به زیرحوضه بالادست (S1) افزایش قابل ملاحظه‌ای دارد. بدین ترتیب که اراضی مسکونی حدود ۰/۳ درصد سطح زیر حوضه S1 را تشکیل می‌دهد، در صورتی که این نوع کاربری در زیرحوضه S2 نزدیک به ۸ درصد آن را شامل می‌شود. پس از تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی و تهیه نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک و تعیین پارامترهای موردنیاز برای مدل HEC-HMS، اقدام به واسنجی مدل با استفاده از ۴ واقعه سیلاب شد که آنالیز حساسیت مدل نشان داد تلفات اولیه نسبت به تغییرات پارامتر، حساسیت بیش‌تری دارد و مدل با استفاده از این پارامتر واسنجی شد. نتایج R، RMSE و آزمون t-استیودنت نشان از همبستگی و تطابق بالای مدل در شبیه‌سازی دبی اوج دارد. در نهایت جهت تأثیر اثرات اراضی مسکونی روی رواناب حوضه، خصوصیات رگبار براساس مقادیر شدت - مدت با استفاده از آنالیز فراوانی داده‌های بارش حداکثر مقادیر حدی نوع یک انجام شده و دسته منحنی‌های آن در دوره برگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله به مدل هیدرولوژیکی معرفی شد. نتایج نشان داد که سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله برای زیرحوضه S2 نزدیک به ۴ برابر زیر حوضه S1 می‌باشد. پتانسیل تولید رواناب برای زیرحوضه S2 نسبت به زیرحوضه S1 به دلیل توسعه اراضی مسکونی در حوضه رودخانه سردآبرود افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: سطوح نفوذناپذیر، سیستم اطلاعات جغرافیایی، سیلاب شهری، شدت - مدت - فراوانی، مدل SCS

مقدمه

جنگل‌زدایی و در پی آن ازدیاد زمین‌های کشاورزی و افزایش توسعه شهری، افزون بر افزایش دبی اوج و فراوانی رخداد سیلاب، باعث افزایش فرسایش و رسوب و در نتیجه پیامدهای منفی زیست محیطی و اقتصادی و اجتماعی در آن می‌شود.

فراوانی رخداد سیل در ایران از سال ۱۳۳۰ روندی افزایشی داشته است. به‌گونه‌ای که افزایش سالانه شمار سیل‌ها در بازه سال‌های ۱۹۵۲ تا ۱۹۹۱ نزدیک به ۴ درصد، و افزایش آسیب‌های مالی نزدیک به ۶ درصد بوده است. به عبارت دیگر میزان رشد فراوانی سیل در درازای سه دهه (۱۹۹۰-۱۹۹۶) به ترتیب به ۱۳۱، ۱۷۵ و ۲۲۹ درصد رسیده است (صادقی، ۱۹۹۵). در طول چند سال اخیر سیلاب‌های پاییزی در منطقه کلاردشت باعث ایجاد خسارت‌های جبران‌ناپذیری شده است. طغیان رودخانه سردآبرود کلاردشت در سوم تیر ۱۳۹۰ یکی از این نمونه‌هایی می‌باشد که بیش از ۵۵ میلیارد تومان خسارت

تغییر کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین تغییرات انسان در برخورد با طبیعت می‌باشد. عدم رعایت قابلیت توسعه زمین در انتخاب کاربری‌ها و حتی اجرای غیر اصولی کاربری‌ها از جمله

- ۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
 - ۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
 - ۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
 - ۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، آبیاری و زهکشی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- (*- نویسنده مسئول: Email: khoshravesh_m24@yahoo.com)

شهری را نیز دارد. ضمن این که پارامترهای مختلف سیل گرفتگی از جمله عمق و حجم رواناب را هم با خطای کمی اندازه گیری می کند (Pathirana et al, 2011).

چیانگ و همکاران، در شهر تائپیی تایوان که در شمال غربی اقیانوس آرام واقع شده و دارای آب وهوایی نیمه استوایی است، برای به دست آوردن رابطه ای بین بارش و الگوی تراز آب در سامانه های فاضلاب شهری بر اساس رخدادهای بارش - رواناب های سیلابی ثبت شده اقدام کردند. آن ها با مقایسه میانگین واقعی بارش با داده های به دست آمده از مدل (Recurrent Neural Network)RNN در مناطق دارای داده، و در مناطق بدون آمار نیز با استفاده از برنامه SWMM یک سری داده های ترکیبی ایجاد و وارد مدل RNN کردند. نتایج نشان داد که هر چند که این رابطه می تواند میزان دبی اوج را با کاستی کمی بر آورد کند، اما تخمین تراز آب توسط RNN با داده های SWMM به واقعیت نزدیک تر می باشد (Chiang et al, 2010).

آهرنس و میدمنت برای پیش بینی آنمود سیلاب در امریکا اقدام به ارایه مدل هیدرولوژیک با استفاده از روش SCS حوضه آبخیز کردند و مطابق نتایج حاصله، مدل HEC-HMS برای شبیه سازی آنمود سیلاب مناسب می باشد (Ahrens and Maidment, 1999). رانزی و همکاران ضمن بررسی تأثیرات تغییرات کاربری اراضی و توسعه شهری بر توان تولید رواناب و وقوع سیلاب، بیان کردند، که ویرانی جنگل و کاهش پوشش گیاهی و هم چنین توسعه شهری موجب افزایش تولید رواناب و خطر سیلاب خواهد شد (Ranzi et al, 2002).

رحیمیان و زارع (۱۳۷۴)، در حوضه پس کوهک شیراز در مقایسه نتایج حاصل از آنمود واحد لحظه ای ژنومرفولوژی با روش های SCS، آشنایدر و مثلثی به این نتیجه رسید که آنمود واحد لحظه ای ژنومرفولوژی دارای انطباق بیشتری با آنمود مشاهده ای است.

هادیانی و همکاران (۱۳۸۶)، به بررسی تأثیر تغییرات کاربری و پوشش گیاهی در میزان رواناب در سطح زیر حوضه مادر سو حوضه آبخیز گرگان رود با استفاده از روش SCS و شماره منحنی پرداختند. نتایج حاصل دلالت بر تأثیر چشمگیر تغییرات کاربری و پوشش گیاهی در تولید رواناب در سطح حوضه داشت.

خلیقی سیگارودی (۱۳۸۴)، به بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی در دبی اوج و حجم سیلاب حوضه آبخیز باراندوزچای در استان آذربایجان غربی پرداخت و بیان نمود که تغییرات کاربری اراضی موجب تغییرات قابل ملاحظه ای در پتانسیل تولید رواناب حوضه شده است. بنابراین نظر به اهمیت اثرات توسعه شهری و افزایش سطوح نفوذناپذیر در افزایش سیلاب، مطالعه کمی در منطقه شمال کشور با توجه به افزایش رگبارهای کوتاه مدت و سیل آسا در سال های اخیر صورت گرفته که لزوم مطالعه جامع سیلاب شهری را

بر سیمای این منطقه وارد آورد. خسارت گسترده به زیرساخت های راه، آب، شهرداری و بخشی از خانه ها و واحدهای صنعتی تا مدت ها اثراتش را روی این منطقه وارد کرده بود.

رشد شهرنشینی با ایجاد سطوح نفوذناپذیر شامل گذرگاه ها، پشت بام ها، حیاط ها، سازه های شهری و ایجاد جوی ها در خیابان ها و جوی های کم عمق داخل کوچه ها که در تبعیت کامل با احداث خانه ها، کوچه ها و خیابان ها هستند، همراه بوده و باعث ایجاد تغییر در وضعیت توپوگرافی در پهنه شهرها و در نتیجه تغییر مستقیم در تولید رواناب ها، سیلاب ها و روند حرکت و تخلیه آن ها می شود. پی آمد چنین تغییراتی، ضمن ایجاد مسایلی مانند آب گرفتگی گذرگاه ها و انباشت سیلاب ها همراه با زباله های شهری در نقاط معینی مانند زیرگذرها و تقاطع خیابان ها و اختلال در تردهای شهری و به وجود آمدن ترافیک های سنگین، باعث وارد آمدن آسیب های اقتصادی زیاد و گاهی خسارت های جانی نیز می شود. افزون بر این، انباشت نامحسوس آب پس از وقوع بارندگی ها در چاله های سطح آسفالت، موزاییک و نفوذ آن ها به درون درزها و ترک های آسفالت، موجب ویرانی سطوح نفوذناپذیر به ویژه در اثر یخبندان می شود، و اگر ریزش ها جوی به صورت برف باشد، با ذوب تدریجی آن در روز و یخزدگی دوباره در شب، سطوح یخی و لغزنده در گذرگاه ها به وجود می آید (رئیس، ۱۳۸۸). بنابراین، شناسایی و تعیین عوامل تهدید و حل دشواری های ناشی از آن ها اهمیت بسیار یافته است. با تغییر کاربری زمین های کشاورزی و منابع طبیعی به سطوح نفوذناپذیر شهری، و پیامد آن رخداد رواناب های سرکش، سیلاب ها و گاهی سیلاب های ویرانگر شهری رخ باعث آسیب های مالی و جانی فراوان می شود. برای کاهش این خسارت ها، کنترل، هدایت و سرانجام مدیریت سیلاب های شهری امری اجتنابناپذیر می شود.

اسپی و همکاران با توجه به یافته های مطالعاتی خود در زمینه ایجاد تغییرات چشمگیر در توپوگرافی و مشخصات فیزیوگرافی و ژنومرفولوژی پهنه های شهری به این نتیجه رسیده اند که پیشینه سیلاب شهری در مقایسه با مناطق مشابه غیر شهری نزدیک به سه برابر افزایش، و زمان افزایش شاخه بالارونده آنمود واحد سیل نیز نزدیک به ۱/۳ کاهش یافته است، که این خود نمایشگر کوتاه شدن زمان اوج سیلاب ها در مناطق شهری است (Espey et al, 1965).

پاتیرانا و همکاران در مناطق با شرایط توپوگرافی مختلف به منظور دستیابی به امکان کاهش دادن زمان پیش بینی سیلاب، مدل های ۲ بعدی که در برنامه رایانه ای C++ انجام می شود را با برنامه یک بعدی SWMM ترکیب کرده و از نتایج آن برای طراحی سامانه های زهکشی شهری استفاده کردند. این ترکیب ظرفیت بالایی را در شرایطی که جریان های متنوعی در دشت های سیلابی واقعی اتفاق می افتد، نشان داد. افزون بر آن مشخص شد که این مدل امکان شبیه سازی روندهای رطوبت و خشکی در جریان های سیلابی مناطق

۱- ایستگاه کلاردشت (زیرحوضه S1) با حوضه‌ای به مساحت ۱۹۴/۹ کیلومتر مربع است، که پوشیده از گیاهان مرتعی و جنگلی می‌باشد.

۲- ایستگاه والت (شامل زیرحوضه های S1 و S2) که بعد از گذشتن از منطقه کلاردشت و بعد از به هم پیوستن چندین شاخه ریز به نام پس قلعه و لاهو قرار گرفته است. مساحت حوضه بالادست آن ۳۲۷/۲ کیلومتر مربع می‌باشد. جدول ۱ مشخصات فیزیوگرافی زیرحوضه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. شکل ۱ موقعیت منطقه و ایستگاه‌های آب‌نمود و هواشناسی را نشان می‌دهد.

مواد و روش‌ها

برای مشخص کردن اثرات تغییر پوشش گیاهی روی رواناب حوضه مورد مطالعه، در آغاز آخرین نقشه‌های پوشش گیاهی از طریق تصاویر ماهواره‌ای IRS سال ۲۰۱۳، برای دو حوضه ایستگاه والت و کلاردشت تهیه شد. سپس تغییرات پوشش گیاهی در هریک از زیرحوضه‌های مورد مطالعه (الت و کلاردشت) محاسبه شد (نقشه ۳). سپس از مدل بارش - رواناب HEC-HMS برای رخدادهای مختلف استفاده شد تا پارامترهای مدل در هریک از زیرحوضه‌ها واسنجی و اعتبار سنجی شود.

در این منطقه می‌طلبید.

این پژوهش به بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی به ویژه توسعه مناطق شهری روی سیلاب رودخانه سردآبرود با استفاده از مدل بارش - رواناب می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

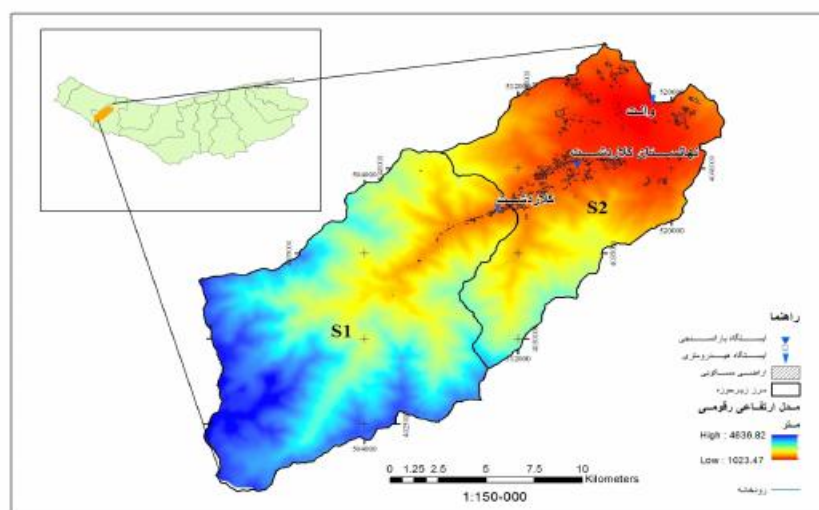
رودخانه سردآبرود با حوضه‌ای باریک از بلندی‌های برفگیر ۴۶۰۰ متری تخت سلیمان سرچشمه می‌گیرد، که دارای رژیم برفی، با دبی پایه نسبتاً زیاد است و دوره پرآب آن در بهار می‌باشد. ارتفاع ریزشگاه آن ۲۵- متر است.

رودخانه در بخش آغازین پرشیب است و در ارتفاع ۱۴۰۰ متری وارد دشت کوچک و بلندی به نام کلاردشت می‌شود. پس از گذر از دشت باز وارد منطقه کوهستانی و همچنین جنگلی شده و در آب‌های ساحلی سردآبرود به دریا می‌ریزد. مصرف آب رودخانه بسیار کم و عمده آب آن وارد دریا می‌شود. طول رودخانه اصلی تا پایاب ۶۳/۶۲ کیلومتر می‌باشد.

مطالعه حاضر روی دو ایستگاه آب‌سنجی که بر روی شاخه اصلی سردآبرود وجود دارد، انجام شد که مشخصات آن به شرح زیر می‌باشد.

جدول ۱ مشخصات فیزیوگرافی زیرحوضه‌های رودخانه سردآبرود

نام زیرحوضه	کد زیرحوضه	مساحت (km ²)	طول رودخانه (km)	ارتفاع حداقل (m)	ارتفاع حداکثر (m)	شیب متوسط (%)
رودبارک	S1	۱۹۴/۹	۳۱/۰۷	۳۰۷۰	۴۷۷۸	۵۴/۰۶
کلاردشت	S2	۱۳۲/۳	۱۹/۱	۱۴۵۷	۳۶۱۷	۳۰/۱۸
کل حوضه	St	۳۲۷/۲	۴۲/۰۲	۱۴۵۷	۴۷۷۸	۴۲/۱۲



شکل ۱ موقعیت حوضه مورد مطالعه و ایستگاه‌های آب‌سنجی و هواشناسی

$$Ia = 0.2S \quad (2)$$

در رابطه ۱، CN، یک عدد بدون بعد که بین صفر تا ۱۰۰ متغیر است. در CN برابر ۱۰۰، خاک توان جذب بارندگی را ندارد و در نتیجه ارتفاع رواناب با بارندگی مساوی است.

در رابطه ۲، Ia، گیرش اولیه (میلی متر) و S (میلی متر) مقدار ذخیره سطحی خاک است. درصد سطح غیر قابل نفوذ حوضه نیز به منزله پارامتر دیگر روش SCS Curve Number، از لایه پوشش گیاهی تهیه شد. شکل‌های ۳ و ۴ به ترتیب انواع پوشش گیاهی و گروه هیدرولوژیک خاک را نشان می‌دهد.

واسنجی، تحلیل خطا و ارزیابی مدل

در این پژوهش از اطلاعات حوضه آبخیز، بارندگی، سیلاب و تجزیه و تحلیل آن‌ها استفاده شده است. بدین صورت که ابتدا تعداد ۵ مورد آبنمود سیلاب مشاهده شده و باران نمود مولد آن برای دو ایستگاه والت و کلاردشت انتخاب و داده‌های آن‌ها از روی نمودار استخراج شد. جهت شبیه‌سازی رواناب، ابتدا پارامترهای مورد نیاز، محاسبه شده و بعد از پایان مرحله شبیه‌سازی، جهت تعیین مقدار بهینه این پارامترها عملیات واسنجی مدل برای ۳ رویداد بارش - رواناب انجام گرفت. طی فرایند واسنجی مدل، تصحیح مکرر پارامترها و محاسبه بهترین برازش بین آبنمود محاسبه شده و مشاهده شده، تحت تابع هدف انجام گرفت (کریمی و همکاران، ۱۳۹۰). در صورت برازش، مقدار پارامتر به دست آمده از واسنجی مدل قابل قبول تشخیص داده شده و در غیر این صورت عملیات شبیه‌سازی برای دستیابی به نتایج بهتر تکرار شد. در نهایت اعتبارسنجی مدل از طریق اجرای مدل با پارامترهای بهینه شده برای دو رویداد دیگر بارش - رواناب انجام شد.

آنالیز حساسیت

آنالیز حساسیت برای ارزیابی پارامترهای مدل هیدرولوژیکی استفاده شد. آبنمودهای منتج شده از سناریوهای پارامترهای مدل تنظیم یافته، با آبنمود مدل مشاهداتی ایستگاه‌های والت و کلاردشت، مقایسه شد. برای تعیین حساسیت مدل به تغییر پارامترها از معادله ۳ استفاده شد (خلیقی سیگاردی، ۱۳۸۴).

$$SEN = 100 \frac{New - Old}{Old|_{PC}} \quad (3)$$

که در آن، SEN مقدار حساسیت تابع هدف حاصل از تغییر در اندازه پارامتر، New مقدار جدید خروجی مدل حاصل از پارامتر جدید، Old: خروجی اولیه مدل و PC قدر مطلق درصد تغییرات در پارامتر است.

در مرحله بعد خصوصیات رگبار بر اساس مقادیر شدت-مدت با استفاده از آنالیز فراوانی داده‌های بارش به دست آمد. در این طرح اطلاعات شدت بارش در تداوم‌های ۱۵ دقیقه، ۳۰ دقیقه، ۴۵ دقیقه، ۱ ساعت، ۲ ساعت، ۳ ساعت، ۴ ساعت، ۵ ساعت، ۶ ساعت، ۱۲ ساعت، ۱۸ ساعت، و ۲۴ ساعت در یک دوره ۲۰ ساله توسط نرم افزار SMADA آنالیز شده و مقادیر شدت بارش در دوره برگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ سال به دست آمد. سپس با بررسی نحوه برازش منحنی داده‌های اولیه و منحنی پوش محاسبه شد و بهترین توزیع انتخاب شد. سرانجام دسته منحنی‌های آن در دوره برگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله به مدل بارش-رواناب معرفی شد. بدین ترتیب مقدار سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف برای حوضه‌های مورد مطالعه برای بررسی اثرات سطوح نفوذ ناپذیر محاسبه شد.

معرفی مدل HEC-HMS

مدل HEC-HMS یک برنامه رایانه‌ای است که برای تجزیه، تحلیل و تبدیل بارندگی به رواناب تهیه شده است (USACE, 1998). مدل HEC-HMS حوضه آبخیز را با مؤلفه‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی نمایش می‌دهد. در این مدل ابتدا با استفاده از الحاقیه HEC-GeoHMS از طریق مدل ارتفاعی رقومی (DEM) به محاسبه پارامترهای فیزیکی حوضه اقدام شد (شکل ۲). بعد از محاسبه پارامترهای فیزیکی، شبیه‌سازی رواناب با استفاده از نرم افزار HEC-HMS انجام شد. اجرای تمامی پروژه‌ها با ایجاد حداقل یک مدل حوضه، یک مدل هواشناسی و یک مشخصه کنترل، امکان‌پذیر است. در مدل حوضه پس از معرفی عناصر هیدرولوژیکی، در هر زیرحوضه، سه بخش تلفات، رواناب مستقیم و آب پایه تعیین شد. بدین ترتیب برای محاسبه میزان تلفات، از روش شماره منحنی و رواناب مستقیم از روش آبنمود مصنوعی SCS استفاده شد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۰، محمد صالحی و همکاران، ۱۳۸۶). برای محاسبه دبی پایه از روش جداسازی آبنمود استفاده شد (علیزاده، ۱۳۸۲). برای روندیابی سیلاب در مقطعی از رودخانه از روش روندیابی تأخیری استفاده شد (پنی هاشمی، ۱۳۸۵). داده‌های هواشناسی با مؤلفه مدل هواشناسی تحلیل شد و این مؤلفه شامل اطلاعات بارندگی و تبخیر-تعرق و ذوب برف است. با توجه به این که داده‌های بارش-رواناب انتخاب شده برای مدل به صورت رگبارهای کوتاه مدت است، لذا میزان تبخیر و تعرق در محدوده مطالعاتی نقش چندانی در شبیه‌سازی بارش-رواناب ندارد. همانطوری که ذکر شد در بخش تلفات بارش روش SCS Curve Number استفاده شد. پارامترهای مورد نیاز این روش گیرش اولیه، شماره منحنی و درصد سطح غیر قابل نفوذ حوضه است.

$$S = (25400 / CN) - 254 \quad (1)$$

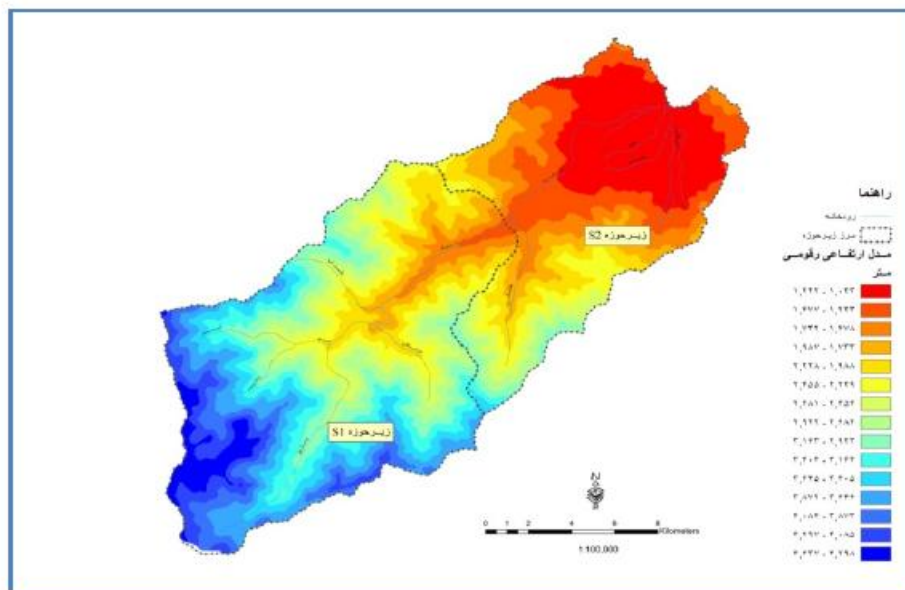
ارزیابی کارایی نتایج

به منظور بررسی و ارزیابی نتایج حاصل از شبیه سازی آبنمود سیل پس از بهینه سازی از دو آماره ضریب همبستگی پیرسون (r)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و همچنین از آزمون t -استیودنت با کمک نرم افزار SPSS انجام پذیرفت. بهترین شبیه سازی ها متعلق به رگباری است که ماکزیمم کارایی را داشته باشد و همچنین مقدار P -Value کم تر یا مقادیر کوچک تری از RMSE را ارایه نماید (کریمی و همکاران، ۱۳۹۰؛ محمد صالحی و همکاران، ۱۳۸۶).

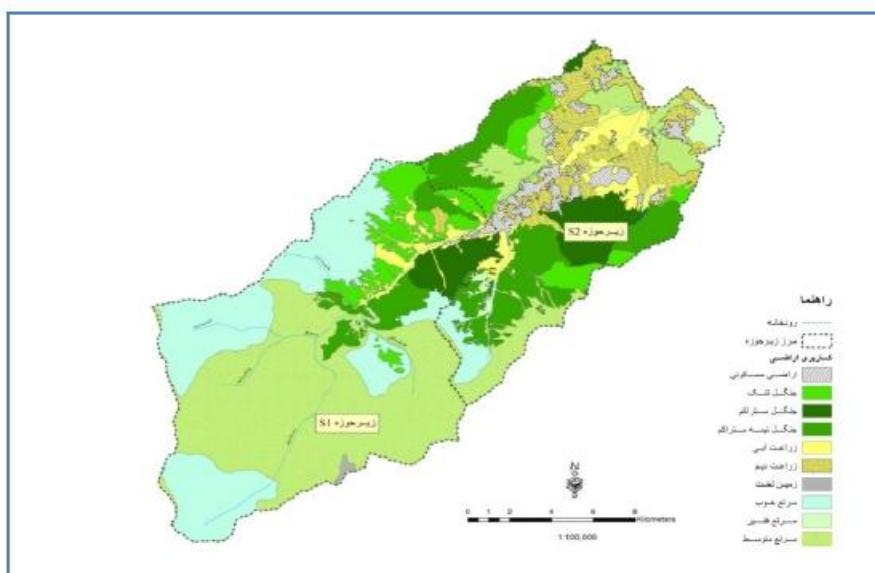
نتایج و بحث

محاسبه سطوح نفوذناپذیر

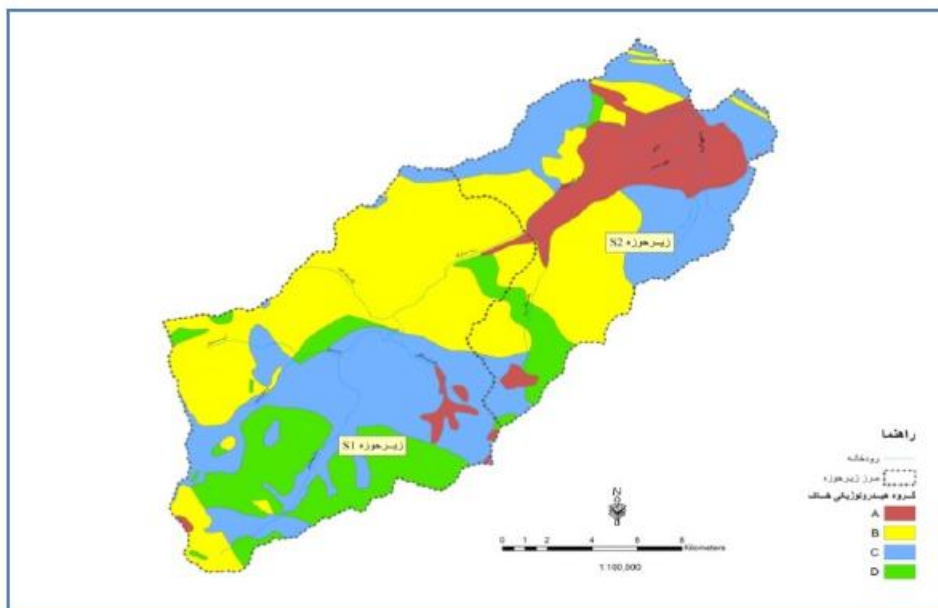
سطوح پوشش گیاهی در ۲ حوضه ایستگاه کلاردشت و والت در جدول ۲ نشان داده شده است. جدول ۲ نشان می دهد که پوشش گیاهی در بالادست (ایستگاه کلاردشت) بیش تر از نوع مرتع است ولی در پایین دست از نوع جنگل و زراعت دیم می باشد.



شکل ۲ مدل ارتفاعی رقمی حوضه سردآبرود



شکل ۳ پوشش گیاهی حوضه سردآبرود



شکل ۴ گروه هیدرولوژیک خاک حوضه سردآبرود

جدول ۲ مساحت انواع پوشش گیاهی در حوضه رودخانه سردآبرود (هکتار)

نام زیرحوضه	کلیدواژه	مرتع خوب	مرتع متوسط	مرتع فقیر	جنگل متراکم	جنگل نیمه متراکم	جنگل تنگ	زراعت دیم	زراعت آبی	زمین لخت	اراضی مسکونی	کل حوضه
ایستگاه کلاردشت	S1	۶۱۵۰/۴۸	۹۱۹۸/۹۲	۳/۰۲	۷۴۷/۳۸	۱۰۴۳/۱۷	۱۵۲۱/۷۵	۸۵/۴۷	۶۰۳/۱۴	۶۰/۰۵	۵۹/۱۹	۱۹۴۷۳/۵۶
درصد		۳۱/۵۹	۴۷/۲۴	۰/۰۲	۳/۸۴	۵/۳۶	۷/۸۱	۰/۴۴	۳/۱۰	۰/۳۱	۰/۳	۱۰۰
ایستگاه واکت	S2	۴۷۱/۳۰	۲۴۵۱/۱۶	۴۰۵/۸۸	۱۱۹۲/۵۳	۳۱۶۳/۸۹	۹۵۸/۷۵	۲۳۶۵/۴۹	۱۱۶۴/۱۸	۱/۶۶	۱۰۴۷/۱	۱۳۲۲۲/۹۴
درصد		۳/۵۶	۱۸/۵۴	۳/۰۷	۹/۰۳	۲۳/۹۳	۷/۲۵	۱۷/۸۹	۸/۸	۰/۰۱	۷/۹۲	۱۰۰
کل حوضه	St	۶۶۲۱/۷۸	۱۱۶۵۰/۰۷	۴۰۸/۹	۱۹۴۰/۹۱	۴۲۰۷/۰۷	۴۲۸۰/۵۰	۲۴۵۰/۹۵	۱۷۶۷/۳۲	۶۱/۷	۱۱۰۶/۲۹	۳۲۶۹۵/۵
درصد		۲۰/۲۵	۳۵/۶۳	۱/۲۵	۵/۹۴	۱۲/۸۷	۷/۵۹	۷/۵	۵/۴۱	۰/۱۹	۳/۳۸	۱۰۰

بازه ۲۰- تا +۲۰ درصد تغییر پارامتر تلفات اولیه، مقدار حساسیت پارامتر از ۰/۷۱ تا -۰/۶۲ تغییر می‌کند. شکل ۵ منحنی تغییرات نتایج مدل به ازای تغییر در دو پارامتر یاد شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود شیب منحنی برای پارامتر تلفات اولیه بیش‌تر از پارامتر زمان تاخیر است که نشان می‌دهد، مدل حساسیت بیش‌تری نسبت به تغییرات تلفات اولیه دارد. بنابراین عملیات واسنجی بر اساس این پارامتر انجام می‌شود. در مورد آنالیز حساسیت مدل شایان ذکر است که یک تغییر کوچک در پارامتر مورد نظر، باعث تغییرات زیادی در مدل می‌شود و در این صورت، مدل را نسبت به پارامتر حساس گویند. اگر شیب منحنی کم باشد، تغییرات زیاد در مقدار پارامتر مربوطه، اثر کمی روی مقدار جواب مدل خواهد داشت و مدل را نسبت به آن پارامتر غیر حساس می‌گویند (تلوری ۱۳۷۵).

اگرچه اراضی پایین دست حوضه (S2) بیش‌تر از نوع پوشش جنگل و زراعت دیم می‌باشد ولی سطح اراضی مسکونی نسبت به زیر حوضه S1 افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است (حدود ۱۷۶۸ درصد). اراضی مسکونی در حوضه بالا دست نزدیک به ۰/۳ درصد (۵۹/۱۹ هکتار) از مساحت حوضه را تشکیل داده اما در حوضه پایین دست اراضی مسکونی نزدیک به ۸ درصد (۱۰۴۷/۱ هکتار) از حوضه را شامل می‌شود.

شبیه‌سازی مدل بارش - رواناب

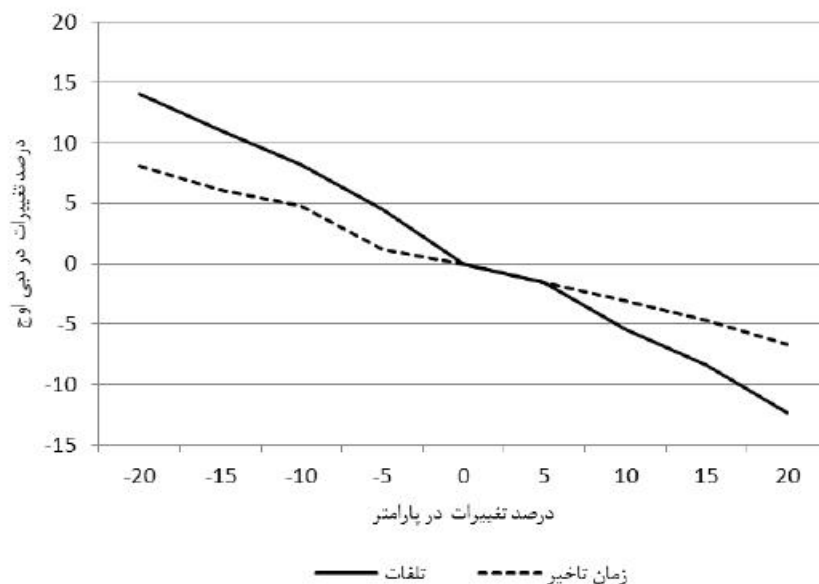
نتایج حاصل از آنالیز حساسیت مدل نسبت به دو پارامتر تلفات اولیه و زمان تاخیر در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه شده است. بررسی بر روی پارامترهای مدل نشان می‌دهد که پارامتر شماره منحنی و مقدار تلفات اولیه دارای حساسیت بالایی می‌باشد که در این بین تلفات اولیه از اولویت بیش‌تری جهت واسنجی مدل برخوردار است. به طوری که در

جدول ۳ نتایج حساسیت مدل به تغییر در پارامتر تلفات اولیه

حساسیت	درصد تغییر دبی اوج	دبی اوج	مقدار پارامتر	درصد تغییرات پارامتر
-۰/۷۱	۱۴/۱	۳/۵۴	۱۷/۲	-۲۰
-۰/۵۵	۱۱	۳/۴۴	۱۸/۲۸	-۱۵
-۰/۴۱	۸/۲	۳/۳۵	۱۹/۳۵	-۱۰
-۰/۲۳	۴/۵	۳/۲۴	۲۰/۴۳	-۵
۰	۰	۳/۱	۲۱/۵	۰
-۰/۰۸	-۱/۶	۳/۰۵	۲۲/۵۸	۰
-۰/۲۷	-۵/۴	۲/۹۳	۲۳/۶۵	۱۰
-۰/۴۲	-۸/۴	۲/۸۴	۲۴/۷۳	۱۵
-۰/۶۲	-۱۲/۴	۲/۷۲	۲۵/۸	۲۰

جدول ۴ نتایج حساسیت مدل به تغییر در پارامتر زمان تاخیر

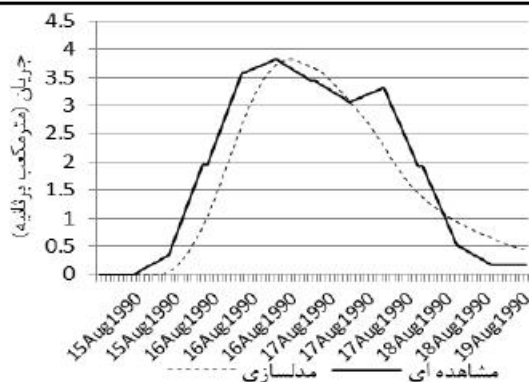
حساسیت	درصد تغییر دبی اوج	دبی اوج	مقدار پارامتر	درصد تغییرات پارامتر
-۰/۴۱	۸/۱	۵/۶۱	۳۲۰	-۲۰
-۰/۳۱	۶/۱	۴/۹۹	۳۴۰	-۱۵
-۰/۲۴	۴/۸	۳/۲۵	۳۶۰	-۱۰
-۰/۰۶	۱/۲	۳/۱۴	۳۸۰	-۵
۰	۰	۳/۱	۴۰۰	۰
-۰/۰۸	-۱/۶	۳/۰۵	۴۲۰	۵
-۰/۱۶	-۳/۱	۳	۴۴۰	۱۰
-۰/۲۴	-۴/۷	۲/۹۵	۴۶۰	۱۵
-۰/۳۴	-۶/۷	۲/۸۹	۴۸۰	۲۰



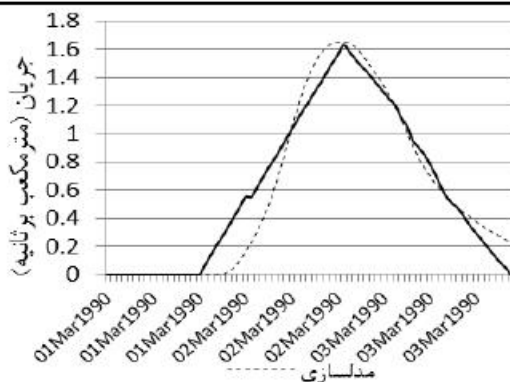
شکل ۵ منحنی تغییرات نتایج مدل به ازای تغییر در تلفات اولیه و زمان تاخیر

جدول ۵ مقادیر مربوط به ارزیابی نتایج پیش‌بینی شده و مشاهداتی وقایع مختلف ایستگاه‌های والت و کلاردشت

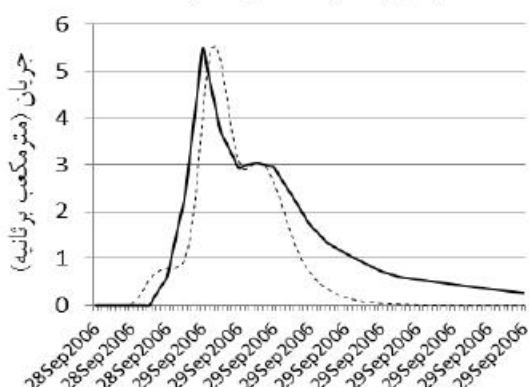
RMSE	R	P-Value	شرایط خاک	دبی شبیه سازی شده (مترمکعب بر ثانیه)	دبی مشاهده ای (مترمکعب بر ثانیه)	تاریخ	مرحله
۰/۴۴	۰/۹۷	<0.001	III	۱/۶۳	۱/۶۴	۱۱ خرداد ۱۳۶۹	واسنجی (کلاردشت)
۰/۸	۰/۹۱	<0.001	II	۵/۶۸	۵/۶	۲۴ خرداد ۱۳۷۰	واسنجی (کلاردشت)
۰/۶۴	۰/۹۷	<0.001	III	۳۴/۱۴	۳۳/۸	۲۹ آذر ۱۳۸۶	اعتبارسنجی (کلاردشت)
۰/۷۸	۰/۹۴	<0.001	III	۳/۸۱	۳/۸۲	۲۵ مرداد ۱۳۶۹	واسنجی (والت)
۱/۱	۰/۹۱	<0.001	III	۵/۵۲	۵/۵	۷ مهر ۱۳۸۵	اعتبارسنجی (والت)



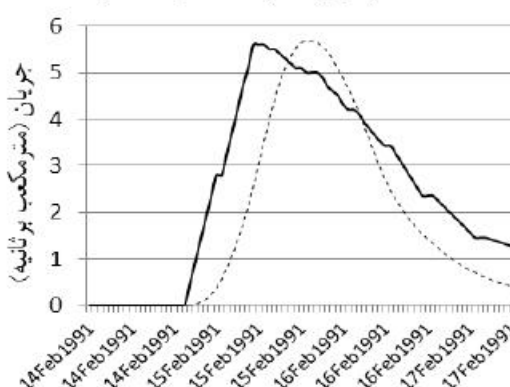
واسنجی ۲۵ مرداد ۱۳۶۹ ایستگاه والت



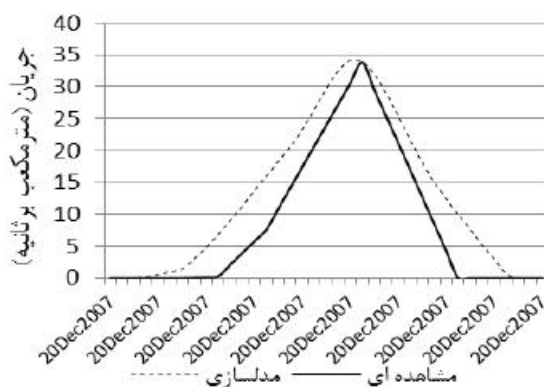
واسنجی ۱۱ خرداد ۱۳۶۹ ایستگاه کلاردشت



اعتبارسنجی ۷ مهر ۱۳۸۵ ایستگاه والت



واسنجی ۲۴ خرداد ۱۳۷۰ ایستگاه کلاردشت



اعتبارسنجی ۲۹ آذر ۱۳۸۶ ایستگاه کلاردشت

شکل ۶ واسنجی و اعتبارسنجی مدل بارش - رواناب برای وقایع مختلف سیلاب

شبه‌سازی شده وجود ندارد ($r > 0.9$; $P < 0.001$). مقادیر کوچک RMSE برای مرحله واسنجی و اعتبارسنجی، نشان‌دهنده کارایی مدل در شبیه‌سازی جریان رودخانه می‌باشد.

بررسی اثر توسعه شهری روی فراوانی سیلاب

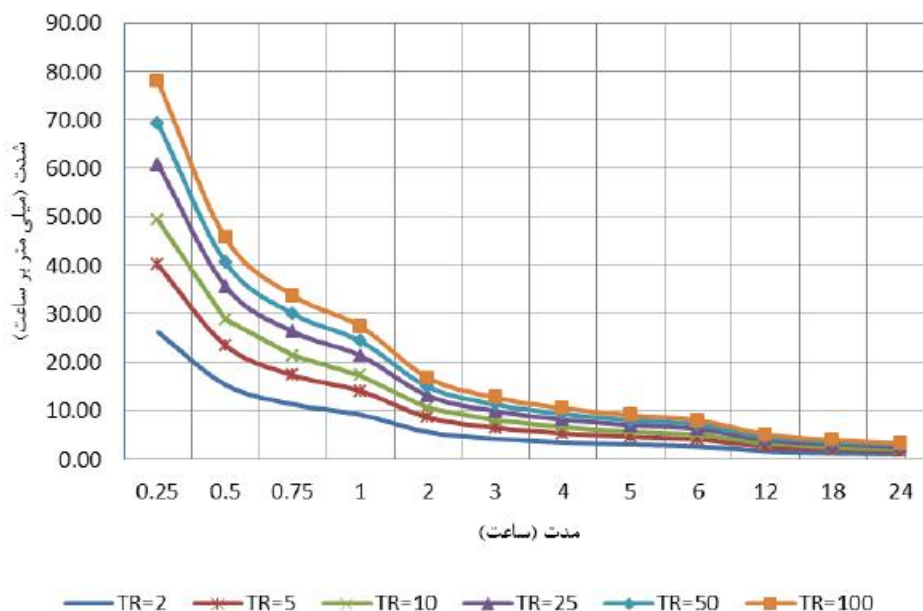
نتایج حاصل از بررسی خصوصیات رگبار بر اساس مقادیر شدت-مدت نشان می‌دهد که توزیع گامبل برآزش بهتری با اطلاعات رگبارها دارا می‌باشد. به‌طور کلی روش گامبل برای توزیع فراوانی مقادیر حدی یعنی تعیین فراوانی وقوع بالاترین یا پایین‌ترین مقادیر یک متغیر مناسب می‌باشد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۲).

در جدول ۶ شدت رگبارهای کوتاه مدت با دوام‌ها و دوره برگشت‌های مختلف معرف منطقه طی دوره آماری موجود ارایه شده است. همچنین شکل ۷، منحنی شدت-مدت-فراوانی را برای ایستگاه باران‌سنج ثبات نهالستان کلاردشت نشان می‌دهد.

در عملیات واسنجی به لحاظ اهمیت دبی اوج در وقایع سیل، مقادیر حداکثر دبی به‌عنوان شاخص واسنجی مد نظر قرار گرفت. نتایج واسنجی و اعتبارسنجی مدل در جدول ۵ برای دو ایستگاه والت و کلاردشت نشان داده شد. شاخص RMSE و ضریب همبستگی و همچنین آزمون t -استیودنت برای ارزیابی آماری نتایج مدل استفاده شده است. همان‌طوری که جدول ۵ نشان می‌دهد داده‌های شبیه‌سازی شده با داده‌های مشاهده‌ای در مرحله واسنجی (۳ واقعه سیلاب) همبستگی بالایی دارد ($r > 0.9$; $P < 0.001$). با بهره‌گیری از آزمون مقایسه میانگین‌ها، آزمون t -استیودنت، تفاوت معنی‌داری میان داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی دیده نشد. بنابراین، با احتمال ۹۹ درصد اعتماد می‌توان گفت که مدل، داده‌های واقعی را در مرحله واسنجی بازسازی می‌کند. همچنین در مرحله اعتبارسنجی برای دو واقعه سیلاب مدل با استفاده از آزمون مقایسه میانگین‌ها و آزمون t -استیودنت نشان داد که تفاوت معنی‌داری میان داده‌های مشاهده‌ای و

جدول ۶ مقادیر شدت مدت فراوانی ایستگاه نهالستان کلاردشت

دوره برگشت (سال)	زمان (ساعت)											
	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۱۲	۱۸	۲۴
۲	۲۶/۲۷	۱۵/۴۰	۱۱/۳۹	۹/۲۴	۵/۶۷	۴/۳۱	۳/۵۵	۳/۰۷	۲/۷۳	۱/۷۶	۱/۳۷	۱/۱۵
۵	۴۰/۱۴	۲۳/۵۳	۱۷/۴۰	۱۴/۱۲	۸/۶۷	۶/۵۸	۵/۴۳	۴/۶۹	۴/۱۷	۲/۶۸	۲/۰۹	۱/۷۵
۱۰	۴۹/۳۵	۲۸/۹۳	۲۱/۳۹	۱۷/۳۶	۱۰/۶۶	۸/۰۹	۶/۶۸	۵/۷۷	۵/۱۲	۳/۳۰	۲/۵۶	۲/۱۵
۲۵	۶۰/۸۷	۳۵/۶۸	۲۶/۳۸	۲۱/۴۱	۱۳/۱۵	۹/۹۸	۸/۲۴	۷/۱۱	۶/۳۲	۴/۰۷	۳/۱۶	۲/۶۵
۵۰	۶۹/۳۶	۴۰/۶۵	۳۰/۰۶	۲۴/۴۰	۱۴/۹۸	۱۱/۳۷	۹/۳۹	۸/۱۱	۷/۲۰	۴/۶۳	۳/۶۰	۳/۰۲
۱۰۰	۷۷/۹۶	۴۵/۶۹	۳۳/۷۹	۲۷/۴۳	۱۶/۸۴	۱۲/۷۸	۱۰/۵۵	۹/۱۱	۸/۰۹	۵/۲۱	۴/۰۵	۳/۴۰



شکل ۷ منحنی‌های شدت مدت فراوانی ایستگاه نهالستان کلاردشت

جدول ۷ مقادیر سیلاب با دوره بازگشت مختلف با استفاده از مدل HEC-HMS

نام زیرحوضه	کد زیرحوضه	دوره بازگشت				
		۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰
رودبارک	S1	۰/۶۱	۱/۰۵	۱/۳	۱/۶	۲/۱۱
کلاردشت	S2	۲/۵۱	۴/۳۵	۵/۳۶	۶/۸۵	۹/۱
کل حوضه	St	۳/۰۵	۵/۳	۶/۵۲	۸/۲۸	۱۱/۰۹

مورد مطالعه شده است. (Field and Sullivan, 2008). اسپیی و همکاران به این نتیجه رسیدند که عمق رواناب‌های سطحی در مناطق شهری به ۲ تا ۴ برابر، با توجه به خصوصیات شهری در مقایسه با مناطق مشابه غیرشهری با میزان بارش‌های مساوی، افزایش می‌یابد (Espey et al., 1965). رزمخواه و همکاران (۱۳۸۸) در تحقیق خود، با استفاده از مدل هیدرولوژیکی، بعد از بهینه‌سازی پارامترها، مدل را برای سناریوی تغییر درصد مناطق نفوذناپذیر از ۲ به ۱۷ تا ۷۹ درصد، تکمیل و اجرا نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که تغییرات کاربری اراضی از مراتع به شهری، باعث افزایش دبی تا ۱۳ برابر در خروجی حوضه آبریز مارون شد. همچنین نتایج این پژوهش با یافته‌های قدوسی (۱۳۸۸) و مطیعی (۱۳۸۸) مطابقت دارد.

منابع

بنی‌هاشمی، م. ۱۳۸۵. مدل‌سازی هیدرولوژیکی حوضه آبخیز نکارود - زیرحوضه گلورد با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای. طرح تحقیقات کاربردی. شرکت آب منطقه‌ای مازندران، ۱۶۲ ص.

تلوری، ع. ۱۳۷۵. مدل‌های هیدرولوژی به زبان ساده. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور. ۱۲۰ صفحه.

خلیقی سیگارودی، ش.، تقفیان، ب. ۱۳۸۴. بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر سیل‌خیزی با مدل (NRCS) مطالعه موردی حوضه آبخیز باراندوز چای در آذربایجان غربی، مجله منابع طبیعی ایران. ۷۳۳-۷۴۲: ۴: ۵۸.

رحیمیان، ر.، زارع،. ۱۳۷۴. کاربرد هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومرفولوژی جهت سنتز هیدروگراف در حوضه‌های فاقد آمار. مجموعه مقالات سومین سمینار هیدرولوژی وزارت نیرو. ص ۲۲۷-۲۰۳.

رئیس، ح. ۱۳۸۸. مدیریت آب‌های سطحی در طرح‌های جامع شهر تهران. مجموعه مقالات اولین همایش آبخیزداری.

رزمخواه، ه. بهارلو، م. ع. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر توسعه شهری بر پاسخ هیدرولوژیکی حوضه آبریز و افزایش سیلاب رودخانه مارون. همایش ملی میریت بحران آب، ۸ ص.

صادقی، ح. ر.، جلالی راد، ر.، حاجی قلی زاده، م. ۱۳۸۸. شبیه‌سازی سیل در حوضه آبخیز شهر تهران، مجموعه مقالات اولین

پس از واسنجی و اعتبارسنجی مدل، مقادیر توزیع بارش در مدل بارش-رواناب وارد شده و دبی پیک با دوره بازگشت‌های مختلف ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ ساله برای دو زیرحوضه S1 و S2 و حوضه St محاسبه شدند. نتایج فراوانی سیل با دوره بازگشت‌های مختلف برای زیرحوضه‌های مختلف رودخانه سردآبرود در جدول ۷ نشان داده شده است. برای دوره بازگشت‌های مختلف زیرحوضه کلاردشت که پوشش گیاهی آن بیش‌تر از نوع مسکونی می‌باشد، دبی اوج بیش‌تری را نسبت به زیرحوضه بالادست که اراضی آن عمدتاً از نوع مرتعی می‌باشد، تولید می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله برای زیرحوضه S2 تقریباً ۴ برابر زیر حوضه S1 می‌باشد.

نتیجه‌گیری

مهم‌ترین مداخله انسانی در چرخه هیدرولوژیک حوضه‌ها، تغییرات کاربری اراضی است. عدم رعایت قابلیت توسعه زمین در انتخاب کاربری‌ها و حتی اجرای غیر اصولی کاربری‌ها از جمله جنگل‌زدایی و به تبع آن ازدیاد زمین‌های کشاورزی و افزایش توسعه شهری، باعث افزایش دبی اوج و فراوانی وقوع سیلاب می‌شود. در طول چند سال اخیر سیلاب‌های مکرر در منطقه کلاردشت باعث ایجاد خسارت‌های جبران‌ناپذیری شده است. بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی به‌ویژه توسعه مناطق شهری روی سیلاب رودخانه سردآبرود از اهداف مهم این تحقیق می‌باشد. نتایج به‌دست آمده از آنالیز فراوانی سیل پس از واسنجی و اعتبارسنجی مدل ($t > 0.9$; $P < 0.001$) نشان می‌دهد که مقدار سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله برای زیرحوضه S1 برابر ۱/۶ مترمکعب بر ثانیه و برای زیر حوضه S2 برابر ۶/۸۵ مترمکعب بر ثانیه است که این مقدار برای زیرحوضه S2، ۴ برابر زیرحوضه S1 می‌باشد. از آن‌جا که کاربری مسکونی زیرحوضه S2، ۱۷ برابر افزایش داشته است، به نظر می‌رسد که نباید افزایش سطوح نفوذناپذیر حوضه را روی رواناب نادیده گرفت. به طور کلی تغییرات ایجاد شده، در نتیجه تأثیر تغییر پوشش گیاهی این حوضه بر سیستم هیدرولوژیکی آن اتفاق افتاده که با گسترش سطوح غیرقابل نفوذ و افزایش میزان CN، موجب افزایش ضریب رواناب و در نتیجه دبی‌های حداکثر لحظه‌ای بزرگ‌تر برای محدوده

هیدرولوژیکی حوضه کردن با استفاده از مدل HEC-HMS

جغرافیا و پایداری محیط. ۴: ۱۶-۱.

Ahrens, S.R. and Maidment, D.R. 1999. Flood Forecasting for the Buffalo Bayou using CRWR-PrePro and HEC-HMS (CRWR Report 99-6). Center for Research in Water Resources, Austin.

Chiang, Y.M., Chang, L.C., Tsai, M.J., Wang, Y.F. and Chang, F.J. 2010. Dynamic neural networks for real-time water level predictions of sewerage systems-covering gauged and ungauged sites. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14.7: 1309-1319

Espey, W.H., Morgan, C.W., Masch, F.D. 1965. A study of some effects of urbanization on storm runoff from a small watershed. *Techology Report*. 44D 07-6501 CRWR-2. In *Water Resource*, University. Texas, Austin

Field, R., Sullivan, D. 2008. *Wet-Weather flow in the Urban Watershed: Technology and Management*. (Edited), Lewis Publication.

Pappas, E.A., Smith, D.R., Huang, C., Shuster, W.C. and Bonta, C. 2008. Impervious surface impacts to runoff and sediment discharge under laboratory rainfall simulation. *Catena Journal*. 72.1: 146-152.

Pathirana, A., Tsegaye, S., Gersonius, B. and Vairavamoorthy, K. 2011. A simple 2-D inundation model for incorporating flood damage in urban drainage planning. *Hydrology and Earth System Sciences*. 15.8: 2747-2761.

Ranzi, R., Bochicchio, M. and Bacchi, B. 2002. Effects on floods of recent afforestation and urbanization in the Mella River (Italian Alps). *Hydrology and Earth System Sciences*, 6: 239-254.

همایش آبخیزداری شهری.

علیزاده، ا. ۱۳۸۲. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چاپ شانزدهم. ۹۱۲ صفحه.

قدوسی، ج. ۱۳۸۸. تحلیل راهبردها، امکانات و روش‌های استحصال آب با رویکرد آبخیزداری شهری. مجموعه مقالات اولین همایش آبخیزداری شهری. ۱۰ ص.

کریمی، م.، ملکی‌نژاد، ح.، عبقری، ه.، عزیزیان، م. ص. ۱۳۹۰. ارزیابی روش‌های مختلف شبیه‌سازی هیدروگراف سیل با استفاده از بسته نرم‌افزاری HEC-HMS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز چهل‌گزی). *مجله پژوهش آب ایران*. ۹: ۳۸-۲۹.

کریمی، و.، سلیمان، ک.، حبیب‌نژاد، روشن، م.، شاهی، ک. ۱۳۹۲. مقایسه برخی روش‌های تعیین الگوی توزیع زمانی بارش جهت برآورد سیلاب‌های شهری مطالعه موردی بابلسر. ۱۳: ۱۱۲-۱۰۲.

محمدصالحی، پ.، رائینی سرجاز، م.، ضیاء تبار احمدی، م. خ. ۱۳۸۶. شبیه‌سازی بارش-رواناب با مدل ریاضی مبتنی بر سامانه اطلاعات جغرافیایی برای حوضه آبریز امامه. *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی*. ۱۵ صفحه.

مطیعی، ه. ۱۳۸۸. مدل‌سازی و مدیریت سیلاب در حوضه‌های آبریز شهری، مجموعه مقالات اولین همایش آبخیزداری شهری. ۸ ص.

هادیانی، م. ۱۳۸۶. نقش تغییر کاربری اراضی بر دبی سیلاب‌های منطقه‌ای (مطالعه موردی در حوضه آبخیز مادرسو، محیط شناسی، ۴۲: ۱۶-۹).

یمانی، م.، مهرجونژاد، ا. ۱۳۹۱. اثر تغییر کاربری اراضی بر بیلان

The Impacts of Urbanization and Impervious Surfaces on Runoff of Sardaabrud Basin, Kalardasht, using HEC-HMS Rainfall-Runoff Model

M. Khoshravesh^{1*}, M. Raeini², E. Nikzad-Tehrani³, A. Koulaian⁴

Received: Jan. 31, 2014

Accepted: Apr. 29, 2015

Abstract

Urbanization development and residential constructions cause permanent changes in agricultural land use features. Therefore the outcome of these changes is an increase in impervious areas in cost of farm lands and natural resources ecosystems, which in turn results in devastating urban runoff. To reduce the cause of urbanization it is inevitable to control, conduct and manage urban flooding. Therefore, the aim of the present study is to assess the impacts of urbanization development on the watershed runoff of Sardaabrud basin, Kalardasht, using HEC-HMS hydrological model. Using the most recent satellite images the residential land areas in the sub-basin were determined. Results show that residential area in downstream of sub-basin (S2) has remarkable growth in compared to upstream sub-basin (S1). Residential area in S1 sub-basin includes 0.3 percent of total area, while in S2 sub-basin it took 8 percent of the total area. Four flooding events were employed to analyze the sensitivity of the model. Results showed that initial loss has high sensitivity compared to the other parameters. Based on this finding the model was validated. The RMSE, t-test and correlation coefficient (r) values were acceptable for peak flow in model simulation. Finally, in order to determine the impacts of urban area on watershed runoff, the thunderstorm characteristics were estimated based on intensity - duration. For this purpose the frequency analysis of rainfall data was employed using extreme value type 1 and its curves for 2, 5, 10, 25, 50, 100 years return period. The results show that 25 years flood for S2 sub-basin is almost 4 times of S1 sub-basin. The potential runoff producing of the S2 sub-basin has increased compared to the S1 sub-basin, which is due to development of residential areas.

Key words: Urbanization development, Urban runoff, Rainfall-runoff model, Sardaabrud river

1- Assistant Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

2- Associate Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

3- MSc Graduated, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

4- MSc Graduated Irrigation and Drainage, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

(*-Corresponding Author's Email: khoshravesh_m24@yahoo.com)