نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۷، شماره ۴، ۱۳۹۴، صفحات ۵۰۰-۵۱۰

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 7, Issue 4, 2016, Pages 500-510

شبیه‌سازی اثر سناریوهای تغییر کاربری اراضی روی هیدروگراف جریان حوزه آبخیز دینور با استفاده از مدل هیدرولوژیکی توزیعی-مکانی WetSpa

مریم آذین‌مهر*[۱]، عبدالرضا بهره‌مند[۲] و آتنا کبیر[۳]

[۱] کارشناس ارشد، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲] دانشیار، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و [۳] دکتری رشته آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۱/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۷/۱۰

چکیده

انواع کاربری اراضی و پوشش مختلف زمین عملکرد قابل توجه و مؤثری روی فرایندهای هیدرولوژیکی از جمله رواناب و سیل دارند. اما چگونگی و میزان این تأثیر در سطح و مکان‌های مختلف متفاوت می‌باشد. مدل‌های توزیعی مکانی به‌دلیل داشتن قابلیت توزیعی، برای بررسی تغییرات کاربری اراضی و برآورد کمی این تغییرات مناسب می‌باشند. هدف اصلی این تحقیق، ارزیابی اثرات سناریوهای تغییرات کاربری اراضی روی هیدروگراف خروجی حوضه با کمک ابزار مدل‌سازی توزیعی و GIS است. به‌منظور حصول هدف در این تحقیق مدل هیدرولوژیکی توزیعی-مکانی WetSpa که در گروه مهندسی هیدرولوژی و هیدرولیک دانشگاه آزاد بروکسل توسعه یافته است، به‌کار برده شد. این مدل در حوضه دینور با مساحت ۱۷۱۷ کیلومتر مربع از شاخه‌های رودخانه کرخه واقع در استان کرمانشاه استفاده شد. همچنین، مدل هیدروگراف روزانه را با توجه به معیار ناش-ساتکلیف ۶۶ درصد با دقت نسبتاً خوبی پیش‌بینی می‌نماید. طبق پتانسیل حوضه دینور، نه سناریو تغییر کاربری اراضی در محیط GIS طراحی و برای شبیه‌سازی به مدل واسنجی شده وارد شدند. سپس با مقایسه هیدروگراف خروجی در وضعیت موجود کاربری اراضی با نتایج شبیه‌سازی شده از نه سناریو، تغییرات در فرایندها و پارامترهای هیدرولوژیکی بررسی شد. نتایج حاکی از آن است که شبیه‌سازی این تغییرات به‌وسیله مدل با توجه به نتایج، قابل قبول می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: فرایندهای هیدرولوژیکی، رود کرخه، کرمانشاه، واسنجی، GIS

مقدمه

امروزه بهره‌برداری غیراصولی از اراضی موجود بدون در نظر گرفتن قابلیت آن‌ها، ظرفیت نگهداری خاک را کاهش داده، در نتیجه افزایش رواناب‌های سطحی و به‌دنبال آن فرسایش خاک را به همراه دارد، که خسارات ناشی از رواناب موجب کاهش میزان آب‌های زیرزمینی، فقیر شدن خاک، ایجاد اختلال در امر کشاورزی، پر شدن سدها و کانال‌ها، جریان سیلاب‌های مخرب و تخریب مزارع و آبادی‌ها، ایجاد اختلال در اشتغال مردم و در نهایت فقر در جهات مختلف می‌شود (Bahrami، ۲۰۱۰). ارزیابی اثرات کاربری اراضی بر واکنش‌های هیدرولوژیکی منطقه

* مسئول مکاتبات: mary.azin@yahoo.com

مثل رواناب و سیل حوضه از مباحث مهم مورد بحث در مدل‌سازی هیدرولوژیکی و سرفصل بسیاری از تحقیقات اخیر را تشکیل می‌دهد (Bahremand، ۲۰۰۶). به‌طور کلی استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی، به‌منظور شبیه‌سازی رفتار حوزه آبخیز و پیش‌بینی اثر تغییرات شرایط حوضه و متغیرها بر عکس‌العمل حوضه می‌باشد، تحقیقات اولیه در زمینه اثرات هیدرولوژیکی از تغییرات کاربری اراضی به‌صورت گسترده به‌وسیله Calder (۱۹۹۳) و Ward و Robinson (۱۹۹۰) ارائه شد. همچنین، جمع‌بندی بر این تحقیقات به‌وسیله DeRoo و همکاران (۲۰۰۳) صورت گرفت.

طبق این تحقیقات تغییرات کلیدی کاربری اراضی که فرایندهای هیدرولوژی را تحت تأثیر قرار می‌دهند عبارتند از جنگل‌زدایی، تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی، زهکشی مناطق مرطوب و شهرسازی می‌باشد. جدیدترین تحقیقات صورت گرفته با مدل‌های هیدرولوژیکی مختلف در این زمینه در خارج از کشور در ذیل ارائه شده است. Liu (۲۰۰۴)، در تحقیقی از مدل WetSpa برای ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی روی سیلاب در زیر حوضه مارگسانی[1] در کشور لوگزامبورگ[2] استفاده کرد. نتایج نشان می‌دهد که سناریو شهرسازی بیشینه دبی پیک را حدود ۳۶/۶درصد نسبت به حالت موجود در بین سناریوهای دیگر، افزایش می‌دهد و سناریوهای جنگل‌زدایی و جنگل‌کاری در رتبه‌های بعدی قرار دارند. Bahremand (۲۰۰۶)، در این تحقیق اثرات تغییر کاربری اراضی بر میزان رواناب سطحی و هیدروگراف با استفاده از مدل هیدرولوژیکی توزیعی WetSpa اثر جنگل‌کاری بر سیل را در حوزه آبخیز رودخانه هورنارد[3] و مارگسانی از شاخه‌های اصلی رودخانه تیزا[4] در کشور اسلواکی[5] شبیه‌سازی شد.

در نهایت نتایج در حوضه هورنارد نشان داد که سناریو افزایش ۵۱ درصدی از سطح جنگل، دبی پیک را ۱۲ درصد کاهش می‌دهد. همچنین، زمان تا اوج هیدروگراف شبیه‌سازی شده در این سناریو نسبت به کاربری موجود نه ساعت طولانی‌تر است و در حوضه مارگسانی[1] نتایج حاصل از اجرای مدل در منطقه نشان داد که جنگل‌کاری و احیای اراضی، دبی اوج را تا ۱۲ درصد کاهش داده، زمان رسیدن به اوج ۱۴ ساعت بیشتر از زمان تا اوج وضعیت قبلی می‌شود. همچنین، تأثیر پوشش زمین بر روی میزان سیل به طور شدیدی به خصوصیات سیلاب و رطوبت پیشین خاک بستگی دارد.

Horvat و همکاران (۲۰۰۹)، مدل بارش-رواناب FRIER را برای ارزیابی رواناب و بیلان آب ناشی از تغییرات کاربری اراضی در بخش مرکزی و شرق اسلواکی توسعه دادند. نتایج نشان داد، با اعمال سناریو تبدیل جنگل به گراس به‌طور متوسط ۱۸ درصد افزایش رواناب در کل سال و سطح تمام حوضه‌ها ایجاد خواهد شد (Wijesekara و همکاران، ۲۰۱۰) ، برای بررسی تغییر کاربری اراضی در اثر افزایش جمعیت و شهرسازی بر فرایندهای هیدرولوژیکی حوضه رودخانه البو[6] واقع در کانادا از مدل قطعی هیدرولوژیکی MIKE-SHE[7] استفاده کردند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که ۲۵درصد افزایش کاربری شهری در سطح حوضه، باعث افزایش رواناب سطحی، جریان سطحی و جریان پایه در داخل جریان رودخانه و کاهش تبخیر و تعرق می‌شود. Mango و همکاران (۲۰۱۱)، طی تحقیقی، مدل SWAT، را برای بررسی اثر سناریوهای تغییر کاربری اراضی بر آبدهی سالانه در بالادست حوضه رودخانه مارا[8] واقع در کنیا مورد استفاده قراردادند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که سناریوهای تغییر کاربری اراضی از جنگل به مراتع و کشاورزی باعث کاهش آبدهی حوضه و افزایش ناگهانی دبی اوج می‌شود.

در ایران نیز Khalighi و همکاران (۲۰۰۵)، در تحقیقی اثر تغییر کاربری اراضی بر سیل‌خیزی حوزه آبخیز باراندوزچای آذربایجان غربی با استفاده از مدل NRCS را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که سیلاب در دوره جدید (سال ۱۳۷۹) در بعضی از زیر

[1] Margecany
[2] Luxambourg
[3] Hornad
[4] Teaza
[5] Slovakia

[6] Elbow
[7] MIKE SHE emerged from System Hydrologique European (SHE)
[8] Mara

حوضه‌ها تا ۷۰ درصد نسبت به دوره قدیم (سال ۱۳۳۴) افزایش یافته، ولی این افزایش دبی اوج در دوره بازگشت بزرگ‌تر، کمتر است.

Saadati و همکاران (۲۰۰۷) اثرات تغییر کاربری اراضی در شبیه‌سازی رواناب سطحی با استفاده از مدل ریاضی SWAT را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های هیدرولوژیکی در مدیریت کاربری‌های مختلف متفاوت بوده و در کاربری زراعی به شکل بهتری در مدل مربوطه شناسایی می‌شوند. از جمع‌بندی تحقیقات گسترده صورت پذیرفته در رابطه با تغییر کاربری اراضی و کاربرد مدل‌ها چنین استنباط می‌شود که هیدرولوژیست‌ها و محققین برای بررسی اثر این تغییرات بر رژیم هیدرولوژیکی، کاهش خطرات ناشی از این تغییرات و همچنین، به‌دلیل تصادفی بودن فرایندهای هیدرولوژیکی، عدم قطعیت بالای موجود در آن‌ها، بهترین گزینه برای بررسی این تغییرات را یعنی مدل‌های هیدرولوژیکی را انتخاب کردند.

محققین در بحث اثر تغییر کاربری اراضی، تبدیل اراضی و عدم مدیریت صحیح در بهره‌برداری را به‌عنوان یک عامل مؤثر در ایجاد رواناب معرفی کرده‌اند. در عصر حاضر به‌منظور تغییراتی که عمدتاً تأمین تقاضاهای بشری مستوجب آن‌ها می‌شود و همچنین، پیشرفت بی‌شائبه نرم‌افزارها، استفاده از مدل‌ها با هدف جلوگیری از صرف زمان و هزینه بیشتر امری غیر قابل اجتناب می‌باشد که برای مدیریت و برنامه‌ریزی بهتر امری ضروری به‌شمار می‌رود. با توجه به اهمیت بررسی مسئله تغییر کاربری اراضی و همچنین، به‌دلیل موقعیت استراتژیک حوزه آبخیز کرخه و زیرحوضه‌های آن و اهمیت این حوضه بزرگ در تامین و مدیریت منابع آب در جنوب غرب کشور، حوضه دینور در بالادست سد کرخه برای رسیدن و نیل به اهداف تحقیق انتخاب شد.

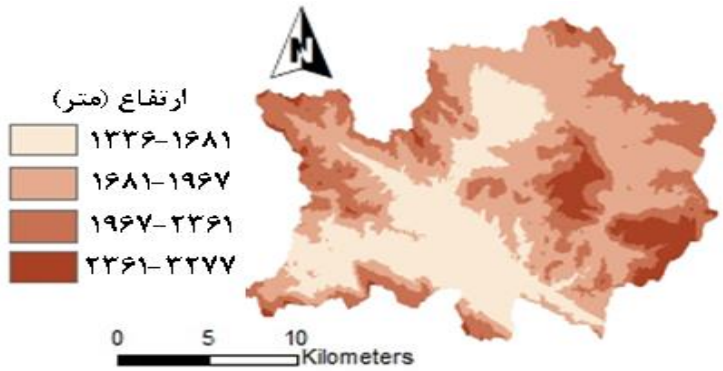
ضمن این‌که هدف فرعی این تحقیق بررسی کارایی مدل هیدرولوژیکی توزیعی مکانی WetSpa در رابطه با شبیه‌سازی اثر سناریوهای تغییر کاربری اراضی در حوضه‌های داخلی کشور می‌باشد و با وجود کارایی خوب مدل هیدرولوژیکی WetSpa در خارج از کشور، (Bahremand، ۲۰۰۶) و داخل کشور (Kabir، Yaghobi، ۲۰۱۱، ۲۰۱۱) این مدل برای شبیه‌سازی اثر سناریوهای تغییرکاربری اراضی انتخاب شد. نتایج این تحقیق برای برنامه‌ریزی برای مدیریت بهتر آمایش سرزمین در بالادست حوضه و مدیریت منابع آب در حوضه کارایی قابل توجهی خواهد داشت.

مواد و روش‌ها

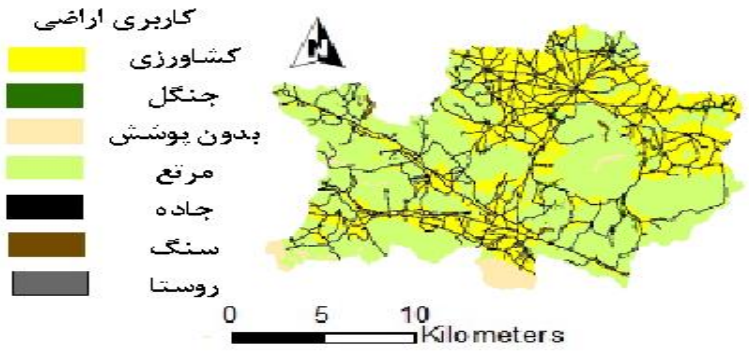
منطقه مورد پژوهش: حوضه دینور در بالادست سد کرخه، که بین ′۵ °۴۷ تا ′۵۱ °۴۷ طول شرقی و ′۲۳ °۳۴ تا ′۵۳ °۳۴ عرض شمالی واقع در شمال شرق استان کرمانشاه می‌باشد. وسعت حوزه آبخیز ۱۷۱۷ کیلومتر مربع، محیط حوضه دینور برابر با ۲۵۸ کیلومتر، کمینه ارتفاع حوضه ۱۳۳۶ متر و بیشینه ارتفاع آن ۳۲۷۷ متر می‌باشد (شکل ۱). بیشتر رودخانه‌های حوضه، دائمی بوده، به رودخانه دینور ختم می‌شوند. مقدار متوسط سالانه بارندگی، ۵۴۹/۱ میلی‌متر در سال و متوسط دمای سالانه ایستگاه‌های منطقه از ۱۰/۷ تا ۱۹/۸ درجه سانتی‌گراد متغیر است.

به‌طور کلی در منطقه مطالعاتی گرم‌ترین ماه‌ها، تیر و مرداد و سردترین ماه‌ها دی و بهمن می‌باشند. مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل به روش بلینی-کریدل در کل حوضه مورد مطالعه برابر ۱۶۲۳ میلی‌متر در سال بوده است، اقلیم منطقه مطالعاتی با استفاده از اقلیم نمای دومارتن اصلاح شده، نیمه‌خشک سرد تا خیلی مرطوب می‌باشد. انواع کاربری در این حوضه شامل تیپ‌های مرتعی، جنگلی، زراعت آبی و دیم، باغات، مخلوط باغات و زراعت آبی، اراضی بایر، اراضی شهری، بستر سیلابی رودخانه‌ها و برونزدگی‌های سنگی برای هر یک از زیرحوضه‌ها در قلمرو مطالعاتی ملاحظه شده‌است.

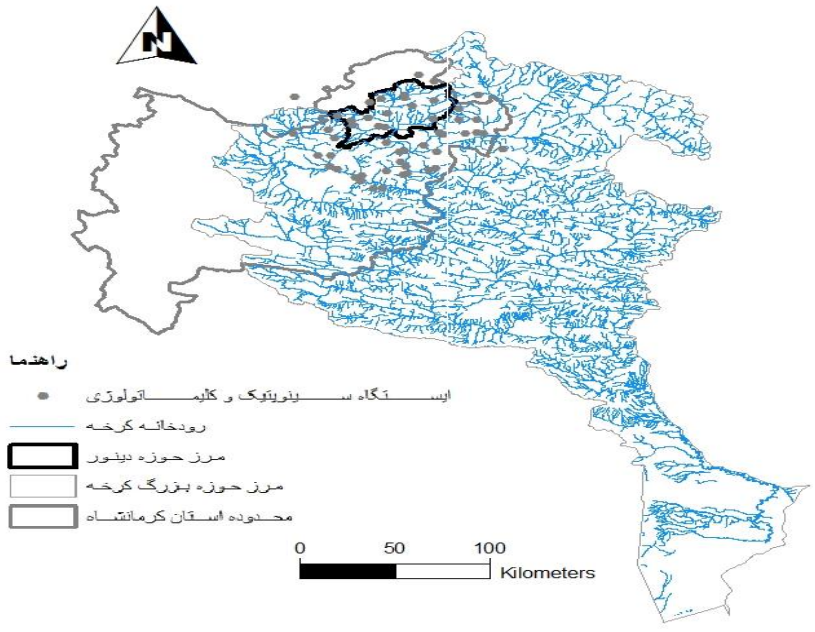
شکل ۲ کاربری‌های اصلی اراضی حوضه مطالعاتی را نشان می‌دهد. در این حوضه کاربری غالب مرتع با سطح ۸۷۹/۹۳ کیلومتر مربع، و ۵۱/۹ درصد از کل سطح حوضه را پوشانده است. منطقه مورد مطالعه از نظر خاک‌شناسی دارای دو بافت خاک می‌باشد که ۹۶/۷۹ درصد از حوضه دارای بافت رسی لوم و ۴/۱ درصد از مساحت حوضه دارای بافت شنی رسی لومی می‌باشد. شکل ۳ نیز محدوده آبخیز دینور در استان کرمانشاه، بالادست سد کرخه را نمایش می‌دهد.



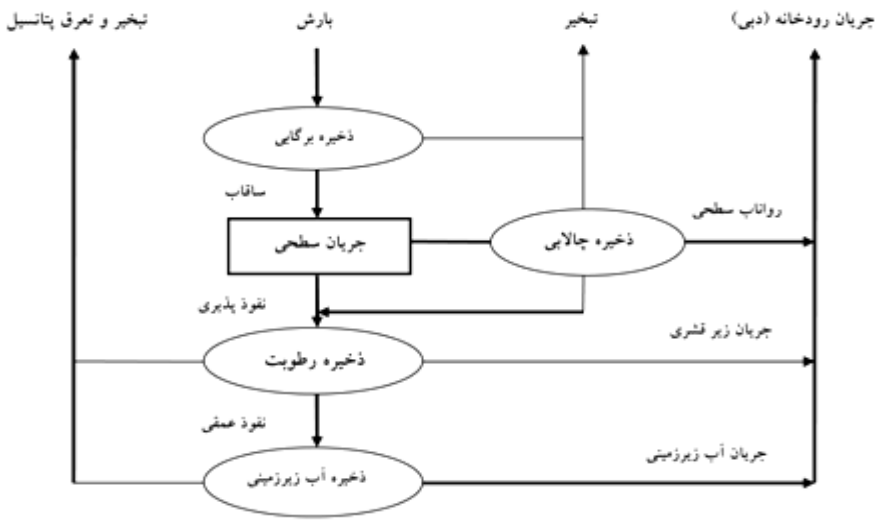
شکل ۱- مدل رقومی ارتفاعی آبخیز دینور



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی حوزه دینور



شکل ۳- محدوده آبخیز دینور در استان کرمانشاه بالادست سد کرخه



شکل ۴ – شماتیکی از دیاگرام مدل WetSpa در مقیاس سلول (Liu، ۲۰۰۴)

تشـــریح خلاصـــه‌ای از مـــدل WetSpa: مـــدل هیـــدرولوژیکی تـــوزیعی-مکـــانی WetSpa در گـــروه مهندســـی هیـــدرولوژی و هیـــدرولیک دانشـــگاه آزاد بروکسل به‌منظور پیش‌بینی انتقـال آب و انـرژی بـین خـاک، گیـاه و اتمسـفر بـه‌وسـیله Wang و همکـاران (۱۹۹۷)، در مقیاس منطقه‌ای حوضه و بـا گـام زمـانی روزانـه توسـعه یافـت و سـپس بـه‌وسـیله De Smedt (۲۰۰۰) و Liu (۲۰۰۴) به‌منظور پـیش‌بینـی سـیلاب انطبـاق داده شـد. مـدل WetSpa، یـک نـوع مـدل هیـدرولوژکی و فرسـایش خـاک اسـت کـه بـاران اصلی‌ترین ورودی قسمت هیدرولوژیکی مدل اسـت. از آن‌جا که مدل بر اساس شـبکه سـلولی طراحـی شـده، سامانه هیدرولوژیک حوضه برای هر شـبکه سـلولی، از چهار لایه در جهت عمودی تشـکیل شـده اسـت، کـه عبارتند از لایه تاج پوشش، لایه سـطح خـاک، ناحیـه ریشه و ناحیه اشباع مدل در هر شبکه سلولی با توجه بـه میـزان بـارش، دمـا و تبخیـر و تعـرق، فراینـدهای هیدرولوژیک ذوب برف، ذخیره برگابی، ذخیره چالابی، رواناب سطحی، نفوذپذیری، تبخیر و تعرق، نفوذ عمقی، جریان زیر سطحی، جریان آب زیرزمینی را شبیه‌سازی می‌نماید.

شکل ۴ ساختار مدل مفهومی شبیه‌سـازی سـامانه هیدرولوژیک در مقیاس سلول با توجه بـه چهـار جـزء اصلی کنترل‌کننده سامانه-لایه تاج پوشش، لایه سـطح خاک، ناحیه ریشه و ناحیه اشباع را نشان مـی‌دهـد. در این مقاله از توضیح جزئیات مدل صرف‌نظر می‌شود.

تهیه داده‌های مورد نیاز: اطلاعات اولیه مورد نیاز اجرای مدل شامل آمار بارش، دما، تبخیر و دبی (برای ارزیابی مدل) در طول دوره شش سال با گام زمانی روزانه و همچنین، در محیط GIS سه نقشه پایه مدل رقومی ارتفاعی، کاربری اراضی و بافت خاک با ابعاد سلولی ۱۰۰ متر تهیه شد. اشکال مربوط به نقشه مدل رقومی ارتفاعی، کاربری اراضی حوضه دینور در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

روش تحقیق

اجرای مدل و شبیه‌سازی هیدروگراف جریان در وضعیت موجود کاربری اراضی: مدل هیدرولوژیکی توریعی مکانی WetSpa با استفاده از سه نقشه پایه مدل رقومی ارتفاعی، بافت خاک و کاربری اراضی با فرمت رستری و با ابعاد سلولی ۱۰۰ متر در حوضه کوهستانی دینور از سرشاخه‌های رود کرخه و بالادست سد کرخه و در طول دوره آماری سه سال آبی (۸۶-۸۳) اجرا شد. که در انتهای این مرحله هیدروگراف جریان برای وضعیت موجود کاربری اراضی حوضه دینور شبیه‌سازی شد.

واسنجی مدل WetSpa : واسنجی مدل در طول دوره آمـاری سه سال ۸۳-۸۶، با تغییر دادن ۱۱ پارامتر کلی انجام شد که نتایج واسنجی مدل به‌وسیله معیار ناش–

ساتکلیف برای جریان‌های عادی، کم و زیاد و خطای بایس مدل ارزیابی شد (جدول ۳).

اعتبارسنجی و ارزیابی مدل WetSpa : بعد از واسنجی مدل به‌منظور بررسی درستی مجموعه پارامترهای بهینه شده در مرحله واسنجی، مدل با دسته پارامتر بهینه در یک دوره آماری دیگر بررسی می‌شود. در این تحقیق اعتبارسنجی مدل در طول سه سال دوره آماری ۸۶-۸۸ انجام شد. نتایج ارزیابی مدل و اعتبارسنجی بر اساس معیار ناش-ساتکلیف برای جریان‌های عادی، کم و زیاد در جدول ۳ ارائه شده است.

تهیه سناریوها در محیط GIS: با توجه به قابلیت اراضی و شناسایی پتانسیل تغییر کاربری اراضی از مطالعات پایه حوزه آبخیز دینور در محیط GIS، هشت سناریو با سطوح، درصد شیب مشخص و همچنین، با ویژگی قابلیت اجرایی در سطح حوضه علاوه بر شرایط موجود کاربری اراضی در حوضه به‌صورت منطقی طراحی شد (جدول ۱و ۲).

اجرای مدل واسنجی شده WetSpa برای شبیه‌سازی اثر سناریوهای تغییر کاربری اراضی: بعد از اجرای اولیه مدل با وارد کردن نقشه کاربری اراضی، بافت خاک، مدل رقومی ارتفاعی به‌علاوه آمار هیدرومتئورولوژی، هیدروگراف جریان خروجی حوضه شبیه‌سازی می‌شود. در مرحله بعد برای شبیه‌سازی اثر سناریوها، با ثابت نگه داشتن اطلاعات ورودی و پارامترهای کلی واسنجی شده مدل به استثنای نقشه کاربری اراضی مربوط به سناریوهای تهیه شده در محیطGIS، مدل به ازای هر سناریو دوباره اجرا می‌شود.

در نهایت مدل یک هیدروگراف خروجی متناسب با شرایط جدید از کاربری اراضی را شبیه‌سازی می‌کند که با مشاهده اختلاف بین هیدروگراف خروجی حوضه در وضعیت موجود کاربری اراضی و سناریوها، تغییرات ناشی از تغییر کاربری شبیه‌سازی قابل مشاهده می‌باشد. به‌دنبال اعمال نقشه کاربری اراضی هر سناریو، پارامترهای هیدرولوژیکی وابسته به پوشش گیاهی و کاربری اراضی در فرمولاسیون مدل که در چندین فرایند هیدرولوژیکی حضور دارند، تغییر کرده، در نهایت سبب تغییر مقادیر فرایندهای هیدرولوژیکی و دبی شبیه‌سازی خواهند شد.

نتایج و بحث

نتایج واسنجی و اعتبارسنجی شبیه‌سازی مدل: به‌منظور ارزیابی کارایی مدل WetSpa هیدروگراف شبیه‌سازی در مقایسه با هیدروگراف مشاهده‌ای در طول شش سال دوره آماری در دو مرحله واسنجی و اعتبارسنجی مدل، به‌صورت گرافیکی و آماری بررسی شد (شکل‌های ۵ و ۶). با توجه به شکل‌های ۵ و ۶ مشخص می‌شود که مدل هیدرولوژیکی توزیعی مکانی WetSpa بر اساس معیار ناش–ساتکلیف قادر به شبیه‌سازی نسبتاً خوب هیدروگراف روزانه حوزه آبخیز دینور در مقایسه با مقادیر مشاهداتی می‌باشد.

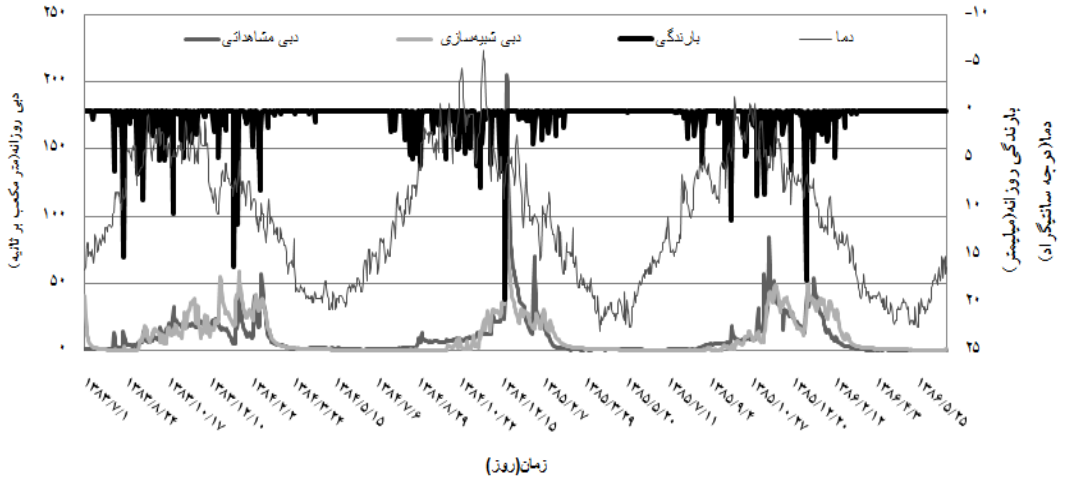
جدول ۱- معرفی سناریوهای فرضی تهیه شده در محیط GIS در حوضه دینور کرخه

سناریو	تعریف سناریو
سناریو یک	شرایط کاربری اراضی موجود در حوضه
سناریو دو	تبدیل اراضی مرتعی با شیب کمتر از ۳۰ درصد به اراضی کشاورزی
سناریو سه	ایجاد بافر برای افزایش دو برابری سطح مناطق روستایی
سناریو چهار	تلفیق سناریو دو و سه
سناریو پنج	تبدیل ۳۳ درصد از سطح مرتع با شیب ۳۰-۶۰ درصد به اراضی جنگلی
سناریو شش	تبدیل ۶۶/۶۳ درصد از سطح مرتع با شیب ۳۰-۶۰ درصد به اراضی جنگلی
سناریو هفت	تبدیل ۱۰۰ درصد از سطح مرتع با شیب ۳۰-۶۰ درصد به اراضی جنگلی
سناریو هشت	تلفیق سناریو ۲ و ۷
سناریو نه	تلفیق سناریو ۲ و ۵

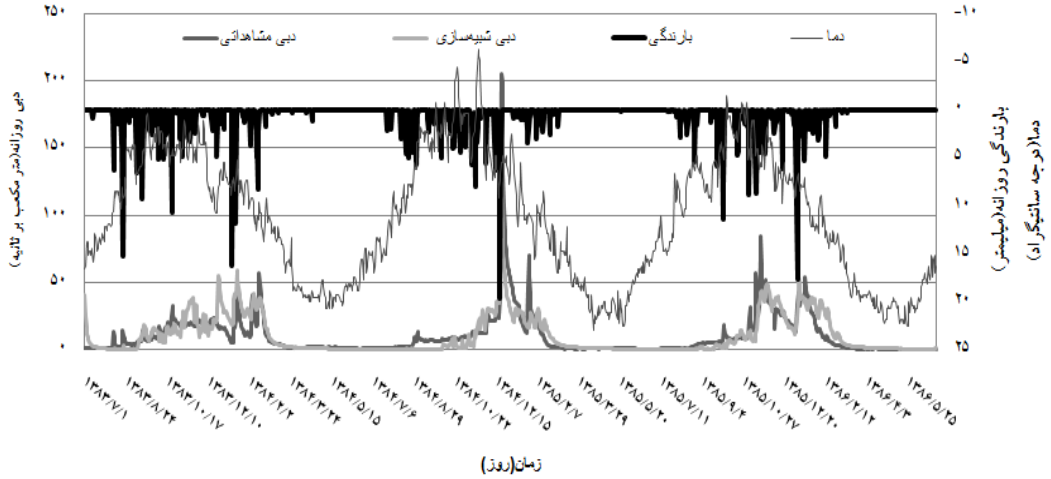
جدول ۲- میزان سطح تغییرات کاربری اراضی سناریوها در مقایسه با وضعیت موجود کاربری اراضی در حوضه دینور

سناریو	سطح جنگل (km^2)	سطح کشاورزی (km^2)	سطح مرتع (km^2)	سطح روستا (km^2)	سطوح سنگی (km^2)	سطح بدون پوشش (km^2)	سطح جاده (km^2)
یک*	۲۰/۲۸۶	۶۶۷/۱۰۶	۸۷۹/۹۳۴	۸/۸۴۸	۴/۲۵۸	۵۰/۷۵۱	۶۳/۹۵۶
دو	۲۰/۳۵۵۱۱	۱۰۱۶/۴۹۵۹۸	۵۳۱	۸/۶۸۸	۴/۱۷۸۱۷۲	۵۰/۶۳۸۱	۶۳/۹۵۶
سه	۲۰/۰۷۴۵	۶۶۲/۰۵۱۹	۸۷۸/۶۹	۱۷/۶۹۸	۴/۲۵۸۳	۵۰/۷۵	۶۱/۹۳
چهار	۱۹/۸۷۱	۱۰۰۹/۱۵	۵۳۲/۴۳۵	۱۵/۷۲۶	۴/۱۷۸	۵۰/۶۳۸	۶۳/۹۵۶۲
پنج	۱۵۶/۹۹۴	۶۶۷/۱۰۶	۷۴۴/۲۵۶۳	۸/۱۶۸	۴/۲۱۰۲	۵۰/۷۷۰۷	۶۳/۹۴۰
شش	۲۹۲/۶۳۷	۶۶۷/۹۵۰۹۸	۶۰۷/۷۸۸	۸/۱۶۵	۴/۱۹۶	۵۰/۶۵۸	۶۳/۹۵۶
هفت	۴۳۱/۱۳۹	۶۶۷/۱۰۹	۴۷۰/۰۹۸	۸/۱۶۵	۴/۱۹۶	۵۰/۷۷۰	۶۳/۹۵
هشت	۴۳۱/۱۳	۱۰۱۶/۹۰	۱۲۰/۳۱۷۶	۸/۱۶	۴/۱۹۶	۵۰/۶۵	۶۳/۶۷
نه	۱۵۶/۸۷۹	۱۰۱۶/۹	۳۹۴/۵۹	۸/۱۶۵	۴/۱۹۶	۵۰/۶۵۸	۶۳/۹۵۶

* سناریو یک همان سناریو وضعیت موجود می‌باشد.



شکل ۵- مقایسه بین دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده روزانه دوره آماری ۸۳-۸۶ برای دوره واسنجی حوضه دینور



شکل ۶- مقایسه بین دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده روزانه سال ۸۶-۸۹ برای دوره اعتبارسنجی حوضه دینور

ارزیابی کارایی مدل WetSpa: مقادیر معیارهای ارزیابی مدل بر اساس معیار ناش–ساتکلیف برای جریان‌های متوسط، کم و زیاد و همچنین، میزان خطای مدل در شبیه‌سازی بیلان آبی در جدول ۳ ارائه شده است.

مقایسه نتایج شبیه‌سازی‌های مدل در شرایط موجود (سناریو وضعیت موجود) با سناریوهای اعمال شده در مدل: مقادیر شبیه‌سازی شده پارامترهای هیدرولوژیکی به‌وسیله مدل در شرایط موجود و سناریوهای اعمال شده در جدول ۴ قابل مشاهده می‌باشد. طبق این مقادیر در سناریو هفتم و هشتم به‌علت افزایش سطح جنگل، بیشینه کاهش در دبی اوج، ضریب رواناب و سرعت جریان رخ داده است، همچنین، سناریو هفت باعث بیشینه افزایش زمان تمرکز و ضریب زبری مانینگ رادر سطح حوضه موجب شده است. همچنین طبق شکل ۷، در سناریو هفتم با بیشینه افزایش سطح جنگل در حوضه، تأثیر عمده‌ای بر دبی‌های اوج، متوسط و کم دارد، به‌طوری که این مقدار تأثیر با افزایش بارندگی در سطح حوضه و تکمیل ظرفیت جنگل برای جریان زیرسطحی، به‌تدریج این سناریو اثر کنترلی خود را از دست می‌دهد.

جدول ۳- مقادیر معیارهای ارزیابی کارایی مدل در مرحله واسنجی و اعتبارسنجی

معیار	واسنجی	اعتبارسنجی
ناش-ساتکلیف	۰/۶۶	۰/۵۲
ناش-ساتکلیف برای جریان‌های کم	۰/۵۹	۰/۶۲
ناش-ساتکلیف برای جریان‌های زیاد	۰/۷۲	۰/۵۶
خطای مدل در محاسبه بیلان آبی (درصد)	-۰/۰۰۰۳	۰/۵۵

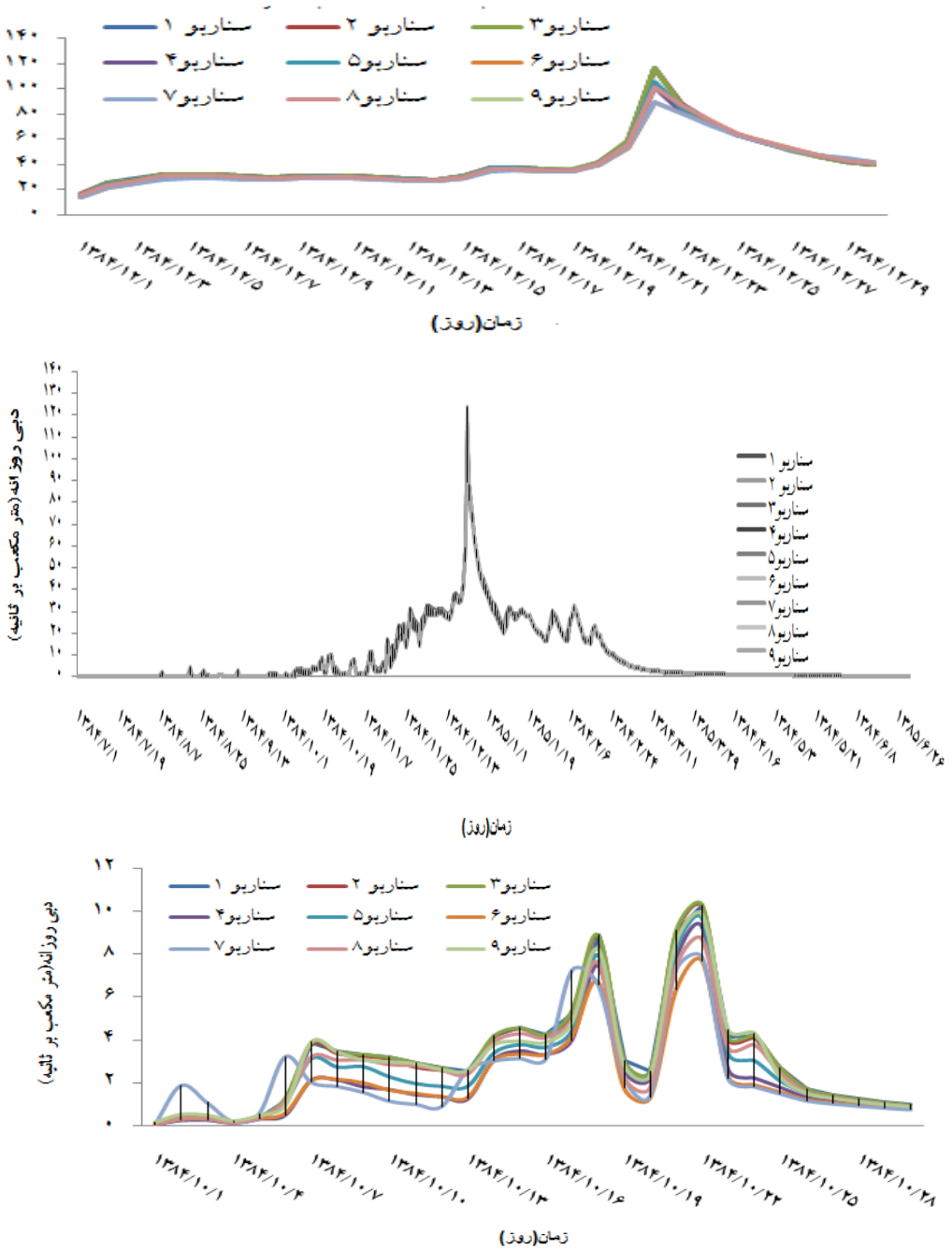
جدول ۴- مقایسه مقادیر پارامترهای هیدرلوژیکی شبیه‌سازی شده در سناریوهای تغییر کاربری اراضی اعمال شده (سناریوهای دو تا نه) با وضع موجود کاربری اراضی (سناریو یک) در حوضه دینور کرخه

پارامترهای هیدرولوژیکی	دبی پیک ($m^3.s^{-1}$)	تغییرات زمان تا اوج (h)	زمان تمرکز (h)	متوسط ضریب رواناب پتانسیل	متوسط ضریب مانینگ	متوسط سرعت جریان ($m.s^{-1}$)
سناریو یک	۱۲۴/۰۴۳		۳۸/۰۸۶	۰/۷۱۲	۰/۲۵۳	۰/۱۶
سناریو دو	۱۱۶/۸۴۴	۰	۴۰/۵	۰/۷۶۷	۰/۲۴۱	۰/۱۴
سناریو سه	۱۱۶/۵۹۹	-۲	۴۰/۵۸۲	۰/۷۶۷	۰/۲۷۸	۰/۱۶۷
سناریو چهار	۱۱۶/۷۴۴	-۲	۳۹/۹۸	۰/۷۶۷	۰/۲۱۵	۰/۱۳۱
سناریو پنج	۱۰۱/۱۰۷	۲	۴۰/۶۹	۰/۷۱۸	۰/۳۴	۰/۱۳۶
سناریو شش	۱۰۵/۹۵۸	۲/۵	۴۰/۵۸	۰/۷۱۸	۰/۳۰۸	۰/۱۳۱
سناریو هفت	۸۹/۳۵۸	۶/۵	۴۰/۵۸	۰/۷۱۸	۰/۳۶۹	۰/۱۳۱
سناریو هشت	۸۹/۲۶۶	۵	۴۰/۵۸	۰/۷۶۷	۰/۲۷۱	۰/۱۴۵
سناریو نه	۱۰۱/۸۷۸	-۰/۵	۴۰/۵۸	۰/۷۶۷۷	۰/۲۷۱	۰/۱۴۵

نتیجه‌گیری

در عصر حاضر به‌منظور بررسی تغییراتی که عمدتاً ناشی از تأمین تقاضاهای بشری می‌باشد و همچنین، به‌دلیل پیشرفت گسترده نرم‌افزارها، استفاده از مدل‌ها با هدف جلوگیری از صرف زمان و هزینه بیشتر، امری غیر قابل اجتناب و برای مدیریت و برنامه‌ریزی بهتر امری ضروری به شمار می‌رود. نظر به اهمیت بررسی مسئله تغییر کاربری اراضی در این تحقیق با استفاده از مدل هیدرولوژیکی توزیعی مکانی WetSpa در مدت زمان شش سال با گام زمانی روزانه و با استفاده از سه نقشه مدل رقومی ارتفاعی، کاربری اراضی و بافت خاک در ابتدا هیدروگراف جریان با توجه به معیار ناش-ساتکلیف ۶۶ درصد با دقت نسبتاً خوبی پیش‌بینی نماید و نشان می‌دهد، نتایج این

بخش تحقیق با نتایج و قابلیت مدل در تحقیقاتی همچون Liu (۲۰۰۴) و Bahremand (۲۰۰۶) در خارج از کشور و در داخل کشور، Kabir (۲۰۱۱) و Yaghobi (۲۰۱۱) مشابه می‌باشد.



شکل ۷- مقایسه گرافیکی بین دبی شبیه‌سازی شده در سناریو یک (شرایط موجود) و سناریوهای اعمال شده در مدل واسنجی شده در سال آماری ۱۳۸۴-۱۳۸۵

در مرحله بعد نقشه سناریوهای کاربری اراضی به‌عنوان ورودی اصلی و نقشه پایه در مدل واسنجی قرار گرفت و مدل به‌ازای هر سناریو مجدداً اجرا شد و در نهایت نتایج اجرای مدل با هر سناریو با سناریو یک (سناریو وضعیت موجود) مورد مقایسه قرار گرفت. که نتایج آن در جدول ۴ و شکل ۷ قابل ملاحظه است. طبق این نتایج مدل به‌خوبی توانسته است، شرایط تغییر کاربری اراضی و میزان تغییر پارامترهای

هیدرولوژیکی را نشان دهد که در این رابطه با اثبات توانایی مدل هیدرولوژیکی WetSpa برای شبیه‌سازی اثر سناریوهای تغییر کاربری اراضی در تحقیق Liu (۲۰۰۴) و سناریوهای جنگل‌کاری در حوضه مارگسانی در اسلواکی به‌وسیله Bahremand (۲۰۰۶)، مطابقت داشته است. همچنین، با اعمال سناریوها از نظر افزایش سطوح کشاورزی و روستایی و در پی آن افزایش ضریب رواناب و افزایش دبی اوج و همچنین، افزایش سطح جنگل و به‌دنبال آن کاهش دبی و افزایش زمان تمرکز با تحقیقاتی چون Liu (۲۰۰۴)، Bahremand (۲۰۰۶)، Khalighi و همکاران (۲۰۰۵)، Saadati و همکاران (۲۰۰۷)، مطابقت دارد.

نتایج این تحقیق برای برنامه‌ریزی برای مدیریت بهتر در زمینه آمایش سرزمین در بالادست حوضه و مدیریت منابع آب در حوضه کارایی قابل توجهی خواهد داشت. با توجه به این‌که انجام این تحقیق با گام زمانی روزانه صورت گرفت، پیشنهاد می‌شود، مطالعه حاضر در گام زمانی ساعتی با تمام مراحل انجام شده در این تحقیق تکرار شود. چرا که با اجرای مدل در گام زمانی ساعتی تأثیر پوشش گیاهی بر پیک سیل کاملاً محسوس می‌شود تا در نهایت مشخص شود، آیا می‌توان در مطالعات اجمالی به نتایج قابل قبول‌تری دست یافت یا خیر؟

همچنین پیشنهاد می‌شود که به‌علت رفع محدودیت‌ها و لحاظ کردن انواع کاربری‌ها در مدل به‌طور مثال کاربری مرتع و اعمال انواع مرتع از جمله مراتع مشجر به جدول طبقه‌بندی کاربری اراضی اضافه شود و با ایجاد کدهای این نوع از کاربری‌ها در برنامه مدل برای بومی و منطقه‌ای کردن مدل اقدام لازم صورت گیرد. پیشنهاد آخر این است که به‌منظور تهیه سناریوهای تغییر کاربری اراضی از روش‌های دیگر مانند تهیه نقشه‌های تغییر کاربری اراضی در دو دوره (گذشته و حال) از طریق عکس هوایی و اطلاعات سنجش از دور و یا روش‌های زنجیره مارکف و سلول‌های خودکار استفاده شود.

تشکر و قدردانی

در این پژوهش از همکاری سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری و همچنین، سازمان مدیریت منابع آب در رابطه با ارائه آمار و اطلاعات حوضه دینور کرخه، سپاسگذاری و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Bahrami, S.A. 2010. Analysis effects of land use changes on the hydrological characteristics of Boostan Dam Watershed, Golestan Province, using HEC-HMS model. MSc Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 177 pages (in Persian).
2. Bahremand, A. 2006. Simulating the effects of reforestation on floods using spatially distributed hydrologic modeling and GIS. PhD Thesis, Brussel Belgium: Vrije Universiteit, 150 pages.
3. Calder, I.R. 1993. Hydrologic effects of land-use change. McGraw-Hill, New York, 50 pages.
4. De Smedt, F., Y.B. Liu and S. Gebremeskel. 2000. Hydrological modeling on a catchment scale using GIS and remote sensed land use information. Risk Analysis II, WTI press, Boston, 137: 295-304.
5. De Roo, A.P.J., C.G. Wesseling and W.P.A. van Deursen. 2000. Physically based river basin modelling within a GIS: the lisflood model. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 14: 1981-1992.
6. Horvat, O. and K. Hlavcova, S. Kohnova and M. Danko. 2009. Application of the FRIER distributed model for estimating the impact of land use changes on the water balance in selected Basins in Slovakia. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 57: 213-225.
7. Kabir, A. 2011. Application and development of a spatially distributed hydrologic model WetSpa for stream flow simulation in Gorgan river watershed, Golestan Province. PhD Thesis, Islamic Azad University of Tehran, Sciences and Rrsearch Branch, 124 pages (in Persian).
8. Khalighi, Sh., M. Mahdavi and B. Saghafian. 2006. Land use change effects on potential flooding using NRCS model, case study: Barandoozchay Basin. Iranian Journal of Natural Resources, 58(4): 121-134 (in Persian).
9. Liu, Y.B. 2004. Development and application of a GIS-based hydrological model for flood prediction and watershed management. PhD Thesis, Brussel Belgium: Vrije Universiteit.

10. Mango, L.M.L., A.M.L. Melesse, M.E. McClain, D. Gann and S.G. Setegn. 2011. Land use and climate change impacts on the hydrology of the upper Mara River Basin, Kenya: results of a modeling study to support better resource management. Hydrology and Earth System Sciences, 15: 2245-2258.
11. Saadati, H., Sh.A. Gholami, F. Sharifi and S.A. Ayoubzadeh. 2006. An investigation of the effects of land use change on simulating surface runoff using SWAT mathematical model, case study: Kasilian Catchment Area. Iranian Journal of Natural Resources, 59(2): 311-313 (in Persian).
12. Saghafian, B., H. Farazjoo, A. Sepehry and A. Najafinejad. 2006. Effects of land use change on flood in Golestan dam drainage basin. Iranian Journal of Natural Resources, 2(1): 18-28 (in Persian).
13. Wang, Z., O. Batelaan and F. De Smedt. 1997. A distributed model for wate and energy transfer between soil, plants and atmosphere (WetSpa). Physics and Chemistry of the Earth, 21: 189-193.
14. Ward, R.C. and M. Robinson. 1990. Principles of hydrology. Lewis publishers, Washington, 365 pages.
15. Wijesekara, G.N., A. Gupta, C. Valeo, J.G. Hasbani and D.J. Marceau. 2010. Impact of land-use changes on the hydrological processes in the Elbow river watershed in southern Alberta. International Environmental Modeling and Software Society (iEMSs), 2010.
16. Yaghubi, F. 2011. Streamflow simulation using a spatially distributed hydrologic model WetSpa, Chehel-chai Watershed, Golestan Province Iran. MSc Thesis, Gorgan University of Agricualtural Sciences and Natural Resources, Faculty of Range and Watershed Management, 126 pages (in Persian).

Simulating the effects of landuse change scenarios on flow hydrograph using the spatially distributed hydrological model, WetSpa, in the Dinvar Watershed, Karkheh, Iran

Maryam Azinmehr[*1], Abdolreza Bahremand[2] and Atena Kabir[3]
[1] MSc, Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, [2] Associate Professor, Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran and [3] PhD, Sciences and Researches Unit, Islamic Azad University, Iran

Received: 20 April 2013 Accepted: 02 October 2013

Abstract

The various types of land cover and land use have significant roles and impacts on runoff and flood; but how and to what extent is not clear and highly uncertain. The models are becoming more capable for flood prediction, landuse impacts on floods, and decision making in watershed management. The main objective of this research is to assess the impacts of land use changes on flow hydrograph by means of distributed modeling and GIS. A grid-based spatially distributed hydrologic model, WetSpa, which has been developed at the Department of Hydrology and Hydraulic Engineering of VUB, is used in this research to fulfill the aim. The basic model inputs are a digital elevation model (DEM), land use and soil maps of the study area in GIS raster format, and hydrometeorological data. The model is applied to the Dinvar river basin (1717 km^2), and its main tributaries. The Dinvar River located in Kermanshah, is one of the main tributaries of the Karkheh River. The model predicts the daily hydrographs with a good accuracy, 66% according to the Nash-Sutcliffe. For assessing the impact of landuse changes on floods, the calibrated model is applied for nine scenarios using the hourly data .The potential of Dinvar cachment, nine landuse change scenarios in GIS was determined and entered the calibrated model for simulation. Changes in processes and hydrological parameters were investigated by comparing the output hydrograph of present landuse with simulation result of 9 scenarios. Results show that model simulation is acceptable as for the result of model.

Keywords: Calibration, GIS, Hydrological processes, Karkheh river, Kermanshah

[*] Corresponding author: mary.azin@yahoo.com