

بررسی اثر تغییر کاربری بر افزایش رواناب با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC HMS در حوضه آبخیز خرم‌آباد

سعید سلطانی^{۱*}، فهیمه مختاری^۲، پوریا محیط^۳، عاطفه کلهر^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۸/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۷

چکیده

تغییرات کاربری و همچنین توسعه شبکه راه‌ها و مناطق مسکونی موجب افزایش تولید رواناب و خطر سیلاب شده است. برای بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر رفتار هیدرولوژیکی حوضه آبخیز خرم‌آباد، نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، نقشه شماره منحنی و ضریب رواناب سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰، ۲۰۱۶ تهیه و مورد بررسی قرار گرفت. برای مدل‌سازی بارش- رواناب از مدل هیدرولوژیکی HEC HMS استفاده شد. نتایج نشان داد که تغییر کاربری صورت‌گرفته در منطقه به‌ویژه کاهش اراضی جنگلی و افزایش مناطق مسکونی و شهری باعث افزایش دبی پیک، حجم رواناب، کاهش زمان تمرکز، زمان تأخیر و زمان تا اوج هیدروگراف و ضریب رواناب حوضه شده به‌گونه‌ای که در دبی اوج حوضه در دوره ۱۹۸۵-۲۰۰۰، ۵۴/۱۹۵ تا ۱۵۰٪، در دوره ۲۰۱۶-۲۰۰۰، ۸۶/۷ تا ۲۱۰/۷۱۴٪ و در دوره ۱۹۸۵-۲۰۱۶، ۱۸/۵۹۴ تا ۲۴/۲۸۵٪ تغییر حاصل شده است و زمان تمرکز و زمان رسیدن دبی به اوج به‌ترتیب تا ۶/۹۹- و ۵/۰۲- در دوره ۱۹۸۵-۲۰۱۶ تغییر کرده است. همچنین نتایج اجرای مدل برای بارش‌های با دوره بازگشت مشخص نشان داد با زیاد شدن دوره بازگشت، درصد تغییرات دبی کم می‌شود؛ مثلاً در دوره ۱۹۸۵-۲۰۱۶ میزان افزایش دبی در دوره بازگشت ۲ و ۱۰۰ ساله به‌ترتیب ۲۲/۵۵ و ۱۶/۸۷٪ است.

کلیدواژه‌ها: مدل HEC HMS، دبی اوج، حجم رواناب، ضریب رواناب، دوره بازگشت.

۱. استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، نویسنده مسئول؛ ssoltani@cc.iut.ac.ir
 ۲. دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه شهر کرد،
 ۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
 ۴. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
- این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان است.

مقدمه

کاربری اراضی تحت تأثیر دو مؤلفه نیازهای انسان و فرایندهای زیست محیطی شکل می‌گیرد که در دهه‌های اخیر، توسعه مناطق کشاورزی و شهری و بهره‌برداری بیشتر از جنگل‌ها در جهت برآوردن رشد روزافزون نیاز انسان‌ها باعث تغییرات چشمگیری در رژیم هیدرولوژیکی حوضه‌ها شده و تغییر کاربری اراضی را به‌عنوان یکی از چالش‌های عمده در قرن بیست و یکم مطرح می‌کند و برخی حتی اعتقاد به شدیدتر بودن تأثیرات آن نسبت به پدیده تغییر اقلیم دارند (دمیری، ۲۰۰۹). بررسی تغییرات رخ داده در کاربری اراضی در سال‌های گذشته از طریق تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی امکان‌پذیر است. سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در ترکیب با مدل‌های بارش-رواناب مناسب، ابزاری ایدئال برای برآورد حجم رواناب و دبی اوج هیدروگراف است (بلال^۲ و همکاران، ۲۰۰۹). HMS مخفف عبارت Hydrological Modeling System است. نرم‌افزار HEC-HMS یک نرم‌افزار مدل‌سازی هیدرولیکی از نوع شبیه‌سازی است که توسط مرکز مهندسی هیدرولوژیکی ارتش آمریکا تولید شده است. این مدل برای کاربرد در محدوده وسیعی از نواحی جغرافیایی برای حل دامنه وسیعی از مسائل، شامل منابع آب و هیدرولوژی حوضه‌های بزرگ و رواناب و سیلاب حوضه‌های آبخیز طبیعی یا شهری کوچک توسعه یافته است. هیدروگراف‌های محاسبه‌شده توسط این مدل به‌طور مستقیم یا در تلفیق با نرم‌افزار دیگر برای اهداف مختلف مطالعاتی نظیر آبرسانی، زهکشی شهری، پیش‌بینی سیل و دبی جریان، تأثیر تغییر کاربری اراضی، طراحی سرریز سدها، مطالعات کنترل سیلاب و بهره‌برداری از سیستم مخازن به کار می‌رود.

دمیری (۲۰۰۹) اثر تغییر کاربری اراضی بر رواناب سطحی و نوسانات آب زیرزمینی را در حوضه رودخانه خشک شیراز با استفاده از مدل HEC HMS مورد بررسی قرار داد که نتایج نشان داد نسبت دبی اوج و حجم جریان در سال ۲۰۱۱ نسبت

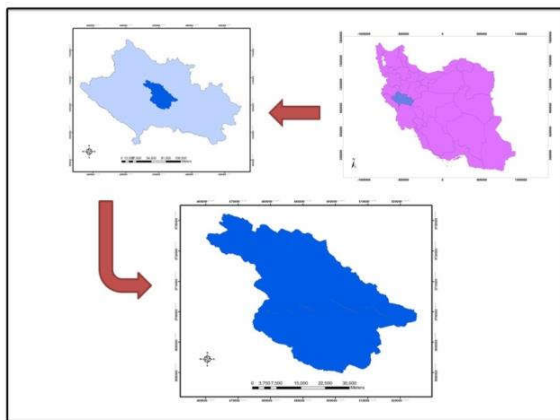
به ۱۹۸۷ به ترتیب در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله ۱۰/۳، ۱۰/۷ و در دوره بازگشت دو ساله ۹/۱، ۱۲/۳٪ بیشتر شده است و همچنین نتیجه شد که مدل در برآورد حجم جریان توفیق کمتری دارد. سوریا و مودگال^۳ (۲۰۱۲) در زیرحوضه سیروسولام در حوزه شهری چنای هند، رابطه بین تغییرات کاربری و واکنش رواناب را با تکنیک GIS و سنجش از دور (برای توسعه نقشه خطر سیل)، HEC HMS (برای مدل‌سازی بارش رواناب) و مدل هیدرولیکی یک‌بعدی، HEC RAS (توسعه نقشه منطقه سیل)، مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج نشان‌دهنده تغییر الگوی کاربری زمین است که ناشی از افزایش شهرنشینی بوده و اثرات منفی روی فرایند هیدرولوژیکی حوضه دارد که منجر به تخریب بیشتر محیط زیست می‌شود، به طوری که در طی سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵، مزارع از ۱۱/۳۸ کیلومتر مربع به ۴/۱۲ کیلومتر مربع و سطوح آبی از ۱۲٪ به ۹٪ کاهش یافته‌اند، در حالی که مناطق پوشیده از ساختمان‌ها از ۷۰/۳ کیلومتر مربع به ۱۰۷/۶۴ کیلومتر مربع افزایش یافته است.

در تحقیقی کنبل^۴ و همکاران (۲۰۱۷) مدل منطقه‌ای سیل را با استفاده از مدل HEC-HMS و HEC-RAS بررسی کردند؛ آن‌ها در تبدیل بارش به رواناب از روش کلارک اصلاح‌شده بهره‌گرفته و پارامترهای حوضه مورد مطالعه را نیز به صورت دستی کالیبره کردند تا شبیه‌سازی خوبی از دبی ۱۲ زیرحوضه داشته باشند. نتایج حاکی از دست یافتن به ابزاری مناسب برای پیش‌بینی هیدرولوژیکی منطقه‌ای در حوضه بود. مک‌کول و آجت^۵ (۲۰۱۵) با استفاده از مدل HEC-HMS به پیش‌بینی الگوی کاربری اراضی در سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ در حوزه آبخیز کیتاتیس در واشنگتن پرداختند. آن‌ها از روش SCS برای تعیین رواناب و انتقال، از روش ماسکینگام ۸ نقطه‌ای کانز برای روندیابی کانال‌ها استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS قابلیت پیش‌بینی الگوهای مختلف کاربری اراضی را به‌ویژه در طراحی شهری و کاهش

3. Suriya and Mudgal
4. Knebl
5. McColl and Agget

1. Demiri
2. Bellal

به ترتیب ۴/۴۷ و ۳۶- درجه سانتی گراد، ارتفاع متوسط حوضه حدود ۶۵۰۰ متر و میانگین تبخیر و تعرق سالانه در آن ۱۸۳۵ میلی متر است (سمائی، ۲۰۱۶).



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه
Figure (1): Location of the study area

مراحل انجام تحقیق

برای انجام تحقیق، ابتدا آمار و اطلاعاتی که در سازمان‌ها و ادارات مختلف تهیه می‌شود، نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست تهیه شد. برای مدل‌سازی بارش-رواناب از مدل HEC HMS استفاده شد. اطلاعات تهیه‌شده برای سال ۲۰۱۶ وارد مدل شده و مدل اجرا گردید. پس از آن با استفاده از داده‌های مشاهداتی و انجام مراحل واسنجی، کارایی مدل افزایش یافت. در مرحله بعد با استفاده از مدل، وضعیت بارش رواناب برای دو سال ۱۹۸۵ و ۲۰۰۰ نیز شبیه‌سازی و مقایسه شد. این کار هم برای بارش‌های مشاهداتی و هم برای بارش‌های با دوره بازگشت معین، که از منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی استخراج شده بود، انجام پذیرفت. همچنین تغییر در زمان‌های هیدروگراف انجام شد، میزان ضریب رواناب نیز محاسبه و نقشه این ضریب تهیه شد تا با بررسی نتایج به‌دست‌آمده، تأثیر تغییر کاربری اراضی بر رفتار هیدرولوژیکی حوضه مشخص شود.

تهیه نقشه کاربری اراضی

برای بررسی کاربری‌های مختلف و تأثیر آن‌ها در هیدرولوژی حوضه، باید نقشه کاربری حوضه در طی دوره‌های مختلف زمانی تهیه شود که برای این کار از تصاویر ماهواره‌ای سال ۱۹۸۵ لندست ۵، سال ۲۰۰۰ لندست ۷ و ۲۰۱۶ لندست ۸

خسارات سیل که در حوضه‌های شهری از اهمیت بسزایی برخوردار است، داراست. محمودیان و همکاران (۲۰۱۶) برای تعیین هیدروگراف سیل در حوضه آبخیز رودخانه‌های کر و سیوند از مدل HEC-HMS استفاده کردند. آن‌ها برای تعیین تلفات بارش از روش شماره منحنی کمک گرفته و هیدروگراف حوضه را با استفاده از روش هیدروگراف اشنایدر به دست آوردند. نتایج این مطالعه تأییدکننده قابلیت‌های این مدل هیدرولوژیکی در پیش‌بینی هیدروگراف بود. در این تحقیق با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC HMS در محیط GIS شبیه‌سازی فرایندهای بارش و رواناب در حوضه خرم‌آباد انجام گرفت و تأثیر تغییر کاربری بر میزان رواناب و رفتارهای هیدرولوژیکی حوضه بررسی شد. از محدودیت‌های مدل HEC-HMS این است که از آنجا که اندازه‌گیری پارامترهای مورد نیاز در بخش‌های مختلف این مدل در حوزه آبخیز در دسترس نیست، بهتر است روش‌هایی انتخاب شود که علاوه بر کارایی بالا، حداقل پارامتر را داشته باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز خرم‌آباد از نظر موقعیت جغرافیایی بین "۳۷'۰۴" تا "۳۷'۴۸" عرض شمالی و "۱۶'۱۵" تا "۱۵'۳۳" طول شرقی و "۳۳۰" عرض شمالی در بخش میانی سلسله جبال زاگرس قرار گرفته است. از نظر تقسیمات سیاسی تنها شهرستان خرم‌آباد و تعدادی روستا در این حوضه قرار گرفته است. این حوضه یکی از زیرحوضه‌های کرخه محسوب می‌شود. مساحت حوضه آبخیز رودخانه خرم‌آباد ۱۵/۱۵۹۴ کیلومتر مربع و محیط آن ۲۷۱/۹۲ کیلومتر است. حوضه خرم‌آباد تقریباً مستطیل‌شکل است. پوشش گیاهی متنوع و از جنگل‌های بلوط گرفته تا مرتع و در مناطق مسطح، کشاورزی هم دیده می‌شود. تراکم پوشش گیاهی بیشتر در فصل بهار بوده و زمستان به‌علت سرمای شدید و تابستان به‌علت عدم بارش و افزایش دما، سبب از بین رفتن و خشک شدن پوشش گیاهی می‌شود. متوسط بارش سالیانه ۵۵۰ میلی‌متر، حداکثر و حداقل دما

سه زیر مدل شامل مدل حوضه، مدل اقلیمی و شاخص‌های کنترل تشکیل شده است که مدل حوضه سه بخش، تلفات اولیه، انتقال رواناب و دبی پایه را در بر دارد.

مدل حوضه

الف. مدل تلفات اولیه: در این تحقیق از روش SCS استفاده شده است؛ این مدل روشی ساده و مناسب برای پیش‌بینی تلفات اولیه حوضه که به‌طور وسیعی در اکثر کشورها پذیرفته شده است و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ب. انتقال رواناب: در برنامه HEC HMS هفت روش برای محاسبه رواناب در حوضه وجود دارد که در این تحقیق با توجه به اطلاعات موجود از روش هیدروگراف واحد SCS با هدف بهینه‌سازی و ارزیابی مدل استفاده شد که ورودی آن زمان تأخیر حوضه است.

زمان تأخیر به فاصله بین مرکز ثقل بارش و دبی اوج هیدروگراف سیل اطلاق می‌شود که از رابطه (۲) به دست می‌آید.

$$T_l = \frac{L^{0.8}(S+1)^{0.7}}{1900v^{0.5}} \quad (2)$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

که در آن L طول آبراهه اصلی برحسب فوت، Y متوسط شیب حوضه به درصد و CN نمایه خصوصیات حوضه از نظر نفوذپذیری است.

ج. دبی پایه: در این تحقیق به دلیل اینکه آب پایه را از هیدروگراف‌های موجود کم کرده‌ایم، نیازی به محاسبه دبی پایه نیست.

مدل اقلیمی

همه داده‌های مربوط به بارندگی در حوضه از طریق مدل اقلیمی به مدل معرفی می‌شود. داده‌های بارندگی باید دارای توزیع مکانی و زمانی در سطح حوضه آبخیز باشند که برای توزیع مکانی از بارش ۱۸ ایستگاه باران‌سنجی به روش وزن‌دهی عکس فاصله و برای توزیع زمانی از رگبارهای ثبت شده استفاده شد. روش محاسبه بارندگی در این مطالعه، روش هیتوگراف سفارشی است.

✓ **شاخص‌های کنترل:** در این قسمت زمان شروع و خاتمه شبیه‌سازی وارد مدل شد.

استفاده شده است. پس از اینکه بررسی‌های مختلف و تصحیح هندسی بر روی تصاویر اعمال شد، برای افزایش کتراست و وضوح داده‌ها و تشخیص بهتر پدیده‌های مختلف از روش‌های مختلف بارزسازی، شامل ساختن تصاویر رنگی کاذب، تحلیل مؤلفه‌های اصلی و شاخص گیاهی NDVI و تفسیر چشمی استفاده گردید تا اطلاعات با تضاد بیشتر نمایان شده و پدیده‌ها بارزتر شوند (زبیری، ۲۰۱۳).

تهیه نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک

برای تهیه این نقشه از نقشه خاک‌شناسی منطقه استفاده شد. در نقشه خاک‌شناسی بسیاری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت خاک، ساختمان خاک، سنگریزه خاک، عمق، نوع سنگ بستر، سرعت نفوذپذیری خاک تحتانی و پوشش گیاهی و... در هر واحد تعیین شده است. با استفاده از این خصوصیات و عمدتاً با تکیه بر بافت خاک، عمق و سرعت نفوذپذیری خاک تحتانی نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک با توجه به تعاریف استاندارد گروه‌های خاک SCS تهیه شد.

تهیه نقشه شماره منحنی حوضه

برای تهیه نقشه CN حوضه ابتدا نقشه کاربری اراضی با نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک در محیط GIS تلفیق شد و در نتیجه، نقشه‌ای با واحدهای کوچک‌تر به دست آمد. برای محاسبه CN وزنی، شماره منحنی هریک از واحدهای حوضه (با استفاده از جدول تعیین شماره منحنی) در مساحت تحت پوشش آن ضرب شد و مجموع حاصل ضرب‌ها را به مساحت کل تقسیم کرده تا شماره منحنی متوسط حوضه طبق رابطه (۱) به دست آید (مهدوی، ۲۰۰۷).

$$CN = \frac{\sum_{i=1}^n (CN_i * A_i)}{\sum A_i} \quad (1)$$

که CN شماره منحنی حوضه، CN_i شماره منحنی هر کاربری و A_i مساحت هر زیرحوضه است.

وارد کردن و اجرای مدل HMS برای رویدادهای مشاهداتی

مدل بارش رواناب HEC HMS توسط مرکز هیدرولوژی ایالت متحده آمریکا به منظور شبیه‌سازی جریان برای مناطق کوهستانی و نیز شهری برنامه‌نویسی شده است. این مدل از

ارائه شده و علاوه بر در نظر گرفتن عوامل مختلف، دوره‌های بازگشت سیلاب نیز در آن دخالت داده شده‌اند، جدول chow می‌باشد (مه‌دوی، ۲۰۰۷). شایان ذکر است که دقت مقدار ضریب رواناب به توپوگرافی محل، مدیریت زمین، شرایط و الگوهای بارش بستگی دارد (افشاری آزاد و پورکی، ۲۰۱۶) بنابراین برای بررسی روند تغییرات ضریب رواناب ناشی از تغییر کاربری اراضی در طول دوره‌های مورد مطالعه، در مناطقی که چندین نوع بهره‌وری یا چندین نوع خاک وجود دارد، باید ضریب هرزاب مربوط به هر قسمت جداگانه تعیین شده و با توجه به سطح اشغالی هریک از آن‌ها، میانگین وزنی ضریب رواناب طی سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۶ محاسبه شود.

یافته‌های تحقیق

پس از انجام بررسی‌ها و تحلیل‌های مختلف، لایه‌های اطلاعاتی شامل کشاورزی، مرتع و دیم‌زار کشت‌نشده، صخره، رودخانه و دریاچه، و شهر و روستاها (سطوح نفوذناپذیر) با استفاده از طبقه‌بندی نظارت‌شده تفکیک و نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز خرم‌آباد در سال‌های ۲۰۱۶، ۲۰۰۰، ۱۹۸۵ به دست آمد؛ سپس با به دست آوردن کاپای کلی ۸۴٪ صحت نقشه تأیید شد. مساحت کاربری‌ها در سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۶ در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول (۱): مساحت انواع کاربری اراضی حوضه آبخیز خرم‌آباد در

سال ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۶ (هکتار)

Table (1): Land Use Area of Khorramabad Watershed in 1985, 2000 and 2016 (ha)

سال کاربری	۱۹۸۵	۲۰۰۰	۲۰۱۶
رودخانه و دریاچه	۶۰/۵۵	۳۸/۴۷	۳۳/۳۴
جنگل	۵۴۹۳۰/۲۸	۴۲۵۶۰/۳۶	۳۵۱۳۱/۹۷
کشاورزی	۲۸۴۶۱/۱۹	۳۰۹۳۴/۵۹	۳۴۴۸۹/۸۷
مرتع و دیم‌زار کشت‌نشده	۶۲۶۶۰/۹۷	۶۹۸۲۰/۶۹	۷۲۵۵۴/۷۴
صخره	۱۱۷۰۳/۳۸	۱۱۷۰۳/۳۸	۱۱۷۰۳/۳۸
شهر و روستا	۱۵۹۸/۸۰	۴۳۵۷/۶۸	۵۵۰۱/۸۸
جمع	۱۵۹۴۱۵/۱۷	۱۵۹۴۱۵/۱۷	۱۵۹۴۱۵/۱۷

تغییر انواع کاربری اراضی در دوره‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شد که نتیجه آن در جدول (۲) و شکل (۲) قابل مشاهده است.

واسنجی و اعتبارسنجی مدل HEC HMS

چون هدف از مدل، تولید هیدروگراف خروجی حوضه مطابق با شرایط واقعی است، باید بتوان تمام پارامترهای مدل را برای حوضه مورد مطالعه به‌طور دقیق محاسبه کرد تا نتایج حاصل تطبیق بیشتری با مقدار واقعی داشته باشد؛ به این فرایند واسنجی مدل گفته می‌شود. عمل واسنجی زمانی میسر است که داده‌های مشاهده‌ای باران و جریان موجود باشد. بدین ترتیب در عمل واسنجی با بهینه‌سازی پارامترها، بهترین برازش بین هیدروگراف‌های شبیه‌سازی و مشاهده‌شده انجام می‌پذیرد. در این پژوهش برای یافتن مقادیر بهینه پارامترها از تابع هدف درصد خطای دبی اوج و روش جست‌وجو نلدِر-مید استفاده شد (رابطه ۳) (زبیری، ۲۰۱۳).

$$Z = 100 \left| \frac{Q_o(t) - Q_s(t)}{Q_o(t)} \right| \quad (3)$$

که در آن، Z تابع هدف، $Q_o(t)$ مقدار دبی مشاهده‌شده در زمان t ، $Q_s(t)$ مقدار دبی شبیه‌سازی‌شده در زمان t می‌باشد.

تغییر زمان تمرکز، زمان تأخیر و زمان تا اوج هیدروگراف

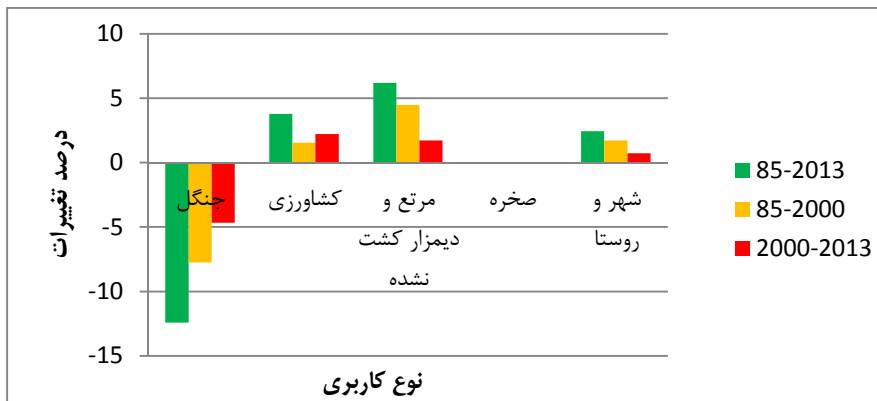
پس از تعیین تأثیر تغییر کاربری اراضی بر مقدار CN در هر حوضه، می‌توان میزان تغییر زمان تمرکز حوضه، زمان تأخیر و زمان تا اوج را برآورد نمود. برای برآورد زمان تا اوج نیز از فرمول زیر استفاده شد.

$$t_p = 0.6t_c + \sqrt{t_c} \quad (4)$$

که در آن، T_p زمان تا اوج (دقیقه) و T_c زمان تمرکز (دقیقه) است.

ضریب رواناب سطحی

ضریب رواناب سطحی نسبتی از ارتفاع بارندگی است که در سطح زمین جریان می‌یابد و به عواملی همچون شدت نفوذپذیری خاک، ذخیره چالابی، تراکم پوشش گیاهی، شدت بارندگی و شیب زمین بستگی دارد. در جداول موجود برای تعیین ضریب رواناب سطحی از یک و یا چند عامل استفاده شده و ضریب رواناب برای مناطق شهری و غیر شهری مشخص می‌شود. کامل‌ترین جدولی که در این زمینه رواناب



شکل (۲): درصد تغییر کاربری اراضی حوضه آبخیز خرم آباد در دوره های مختلف

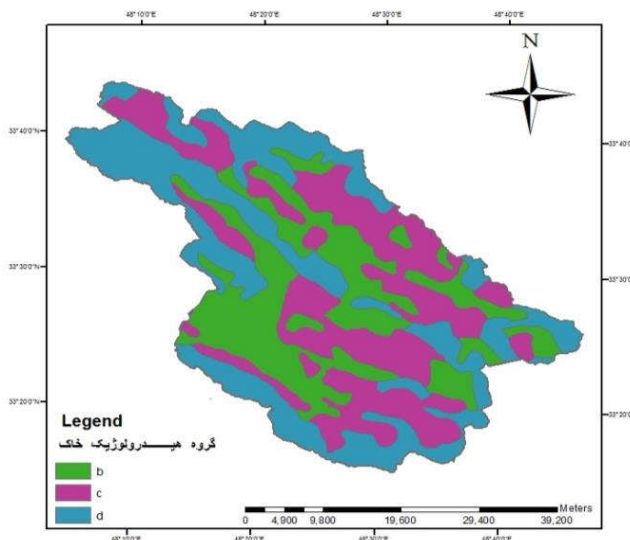
Figure (2): Land use change percentage of Khorramabad watershed in different periods

جدول (۲): تغییر کاربری اراضی حوضه آبخیز خرم آباد طی سال های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۶ برحسب درصد

Table (2): Land Use Change in Khorramabad Watershed during 1985 to 2016 Percentage

دوره آماری	۲۰۱۶-۲۰۰۰	۱۹۸۵-۲۰۰۰	۲۰۱۶-۱۹۸۵
رودخانه و دریاچه	-۰/۰۰۳	-۰/۰۱۳	-۰/۰۱
جنگل	-۴/۶۵	-۷/۷۵	-۱۲/۴۱
کشاورزی	۲/۲۳	۱/۵۵	۳/۷۸
مرتع و دیمزار کشت نشده	۱/۷۱	۴/۴۹	۶/۲۰
صخره	۰	۰	۰
شهر و روستا	۰/۷۱	۱/۷۳	۲/۴۴

برای تهیه نقشه CN حوضه، نقشه های کاربری اراضی با شرایط رطوبتی I، II و III به صورت وزنی محاسبه و در نقشه گروه هیدرولوژیک خاک (شکل ۳) تلفیق شد و با توجه به مساحت هر واحد مقدار CN برای حوضه در هر سه



شکل (۳): نقشه گروه های هیدرولوژیک خاک حوضه آبخیز خرم آباد

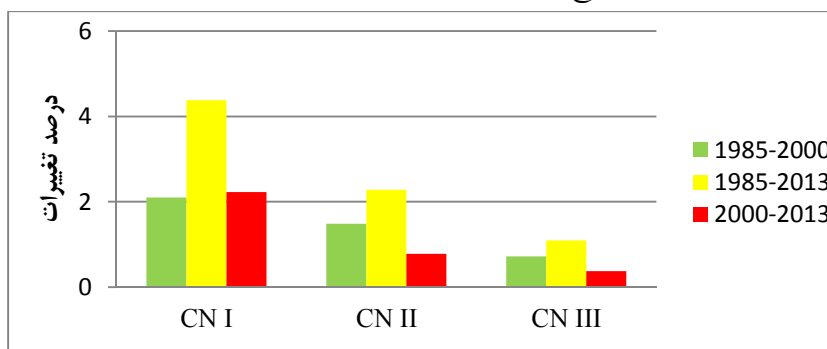
Figure (3): Map of hydrological groups of soil in Khorramabad watershed

جدول (۳): مقدار CN حوضه آبخیز خرم‌آباد در شرایط مختلف رطوبتی

Table (3): CN value of Khorramabad watershed under different humidity conditions

CN III	CN II	CN I	CN
۹۰/۵۹	۸۰/۷۲	۶۳/۷۴	۱۹۸۵
۹۱/۲۴	۸۱/۹۲	۶۵/۰۸	۲۰۰۰
۹۱/۵۸	۸۲/۵۶	۵۳/۶۶	۲۰۱۶

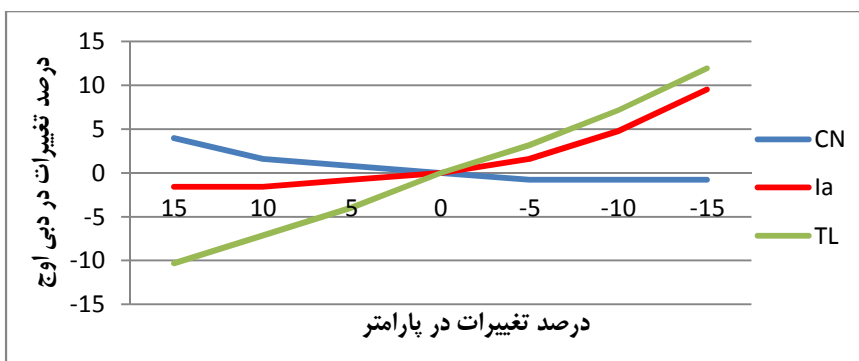
برای اطلاع از میزان تغییرات و بررسی تأثیر تغییر کاربری‌ها بر مقدار CN، درصد تغییرات CN در حوضه محاسبه و سپس در شکل (۴) مقایسه شد؛ نتایج نشان داد در سال‌های مورد بررسی مقدار CN افزایش چشمگیری داشته است.



شکل (۴): درصد تغییرات مقدار CN حوضه آبخیز خرم‌آباد در دوره‌های مختلف

Figure (4): Percentage of CN changes in Khorramabad watershed in different periods

با بررسی اطلاعات مربوط به رگبارهای مشاهده‌ای، رگبارهایی که هیدروگراف سیل آن‌ها در ایستگاه چم انجیر ثبت شده بود، انتخاب گردید؛ که مدل ابتدا با پارامترهای اولیه اجرا و سپس تحلیل حساسیت انجام شد و حساس‌ترین پارامترها که شامل تلفات اولیه و زمان تأخیر بود، برای



شکل (۵): نتیجه تحلیل حساسیت مدل به‌ازای تغییر در CN، تلفات اولیه و زمان تأخیر

Figure (5): Model sensitivity analysis results for changes in CN, initial losses and delay time

واقع‌های سیلابی مورخ ۱۳۹۱/۱۱/۹، ۱۳۹۲/۲/۱۳، ۱۳۸۸/۲/۴ با خطای کمتر از ۷٪ اعتبارسنجی شد. جدول (۴) و ۱۳۸۸/۸/۱۰ برای واسنجی انتخاب شدند و در نهایت با میانگین‌گیری مقادیر واسنجی‌شده مدل با واقعه سیلابی نتایج اجرای اولیه و اعتبارسنجی مدل را نشان می‌دهد.

جدول (۴): نتایج اجرا و اعتبارسنجی مدل HEC HMS
 Table (4): Implementation and Validation Results of HEC HMS Model

دبی حداکثر (متر مکعب بر ثانیه)		حجم سیل (متر مکعب * ۱۰۰۰)				زمان رسیدن به دبی اوج (ساعت)	
تاریخ وقوع	محاسباتی	مشاهداتی	درصد خطا	محاسباتی	مشاهداتی	درصد خطا	اختلاف
۱۳۸۸/۸/۱۰	۵۸/۵	۵۲/۲۶	۱۱/۹	۳۱۵۹/۳	۷۰۶/۶۱	۳۴۷/۱۰	۲
۱۳۹۱/۱۱/۹	۴۱	۳۳/۸۹	۲۰/۹۷	۱۷۳۲/۵	۲۴۱۹/۲۷	-۲۸/۳۸	۰
۱۳۹۲/۲/۱۳	۹	۸/۷۸	۲/۵	۳۹۳/۵	۵۴۹/۷	-۲۸/۴۱	۲
۱۳۸۸/۲/۴*	۱۱/۵	۱۰/۸	۶/۴۸	۵۳۳/۴	۵۳۵/۳۲	-۰/۳۶	۰

اعتبارسنجی

خاک در دوره قدیم). خلاصه نتایج در جدول (۵) ارائه شد. ۲. با استفاده از بارش طرح، تفاوت دبی اوج حوضه در دوره‌های قدیم و جدید برای دوره بازگشت‌های مختلف شبیه‌سازی شد. در جدول (۶) مقایسه دبی اوج با دوره بازگشت‌های مختلف در ایستگاه آمده است.

برای مقایسه تغییر وضعیت هیدرولوژیک منطقه در سه دوره مورد بررسی، به دو صورت عمل شد: ۱. با استفاده از مدل، بارش‌های مشاهده‌ای که ۲۰۱۶ ایجاد سیلاب کرده‌اند در دوره‌های قدیم نیز عیناً اجرا گردید (با همان شرایط رطوبتی

جدول (۵): نتایج شبیه‌سازی رواناب حاصل از رخدادهای بارش در دوره‌های زمانی مختلف
 Table (5): Results of the implementation of the event model across different periods

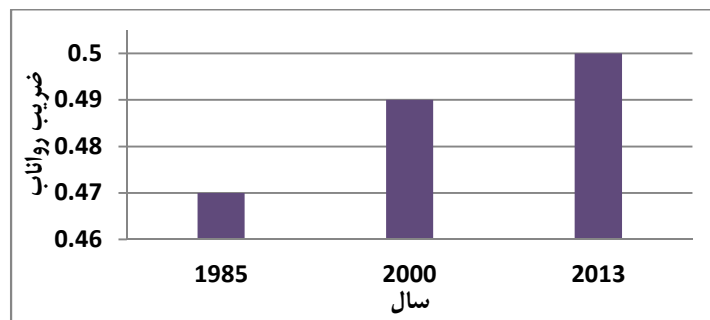
واقعه	۱۹۸۵		۲۰۰۰		۲۰۱۶		درصد تغییرات دبی پیک		درصد تغییرات حجم رواناب	
	V	R	V	R	V	R	۲۰۱۶-۱۹۸۵	۲۰۰۰-۱۹۸۵	۲۰۱۶-۲۰۰۰	۲۰۱۶-۱۹۸۵
۱۳۹۲/۲/۱۳	۲/۸	۱۱۷	۷	۳۰۳/۴	۸۷	۳۸۳/۶	۱۵۰	۲۱۰/۸۱	۲۴/۲۸	۱۵۹/۳۱
۱۳۹۱/۱۱/۹	۱۰/۲	۴۲۹/۵	۱۹/۱	۸۴۲/۵	۲۳/۲	۱۰۲۲	۸۷/۲۵	۱۲۷/۴۵	۲۱/۴۶	۹۶/۱۵
۱۳۸۸/۸/۱۰	۲۸/۶	۱۴۸۷/۶	۴۴/۱	۲۴۰۴/۸	۵۲/۳	۲۸۶۸/۶	۵۴/۱۹	۸۲/۸۶	۱۸/۵۹	۶۱/۶۵

جدول (۶): نتایج شبیه‌سازی دبی اوج مدل در دوره بازگشت‌های مختلف بر حسب درصد
 Table (6): Model implementation results in different return periods

دوره بازگشت	دوره			۲۰۱۶	۲۰۰۰	۱۹۸۵
	درصد تغییرات	درصد تغییرات	درصد تغییرات			
	۲۰۱۶-۲۰۰۰	۲۰۱۶-۱۹۸۵	۲۰۰۰-۱۹۸۵			
Tr2	۷/۴۸	۲۲/۵۵	۱۴/۰۳	۲۶۷/۳	۲۴۸/۷	۲۱۸/۱
Tr5	۶/۳۴	۲۱/۲۱	۱۳/۹۹	۳۶۹/۱	۳۴۷/۱	۳۰۴/۵
Tr10	۵/۸۳	۲۰/۵۲	۱۳/۸۹	۴۳۴	۴۱۰/۱	۳۶۰/۱
Tr20	۵/۴۶	۱۹/۰۴	۱۲/۸۸	۴۹۰/۸	۴۶۵/۴	۴۱۲/۳
Tr50	۵/۱۹	۱۷/۷۹	۱۱/۹۷	۵۵۲/۹	۵۲۵/۶	۴۶۹/۴
Tr100	۵/۰۱	۱۶/۸۷	۱۱/۳۰	۶۰۸/۱	۵۷۹/۱	۵۲۰/۳

استفاده از مقادیر به دست آمده، ضریب رواناب سطحی حوضه به صورت وزنی برای حوضه در سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۶ محاسبه شد. جدول (۷) و شکل (۶) ضریب رواناب و تغییرات آن را در دوره‌های مختلف در حوضه نشان می‌دهد.

ضریب رواناب سطحی یکی از عواملی است که تأثیر تغییر کاربری را بر حوضه بارز می‌کند. در این تحقیق با توجه به جداول تعیین ضریب رواناب سطحی (براتی، ۲۰۱۵؛ مهدوی، ۲۰۰۷) مقدار C برای انواع کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک به دست آمد. پس از آن با



شکل (۶): مقدار تغییر ضریب رواناب حوضه آبخیز خرم‌آباد در سال‌های مختلف

Figure (6): The amount of change of runoff coefficient of Khorramabad watershed in different years

رسیدن دبی به اوج به ترتیب تا ۶/۹۹- و ۵/۰۲- در دوره ۱۹۸۵-۲۰۱۶ تغییر کرده است. همچنین نتایج اجرای مدل برای بارش‌های با دوره بازگشت مشخص نشان داد با زیاد شدن دوره بازگشت، میزان تغییرات دبی کم می‌شود؛ زیرا در بارندگی‌های کمتر، درصد بیشتری از باران به تلفات تبدیل می‌شود که در دوره‌های ۱۹۸۵-۲۰۰۰، ۱۹۸۵-۲۰۱۶ و ۲۰۰۰-۲۰۱۶ در دوره بازگشت دوساله تغییرات به ترتیب ۱۴/۰۳۰، ۲۲/۵۵۸ و ۷/۴۷۸ بوده در حالی که در همین دوره‌ها در دوره بازگشت صدساله به ترتیب ۱۱/۳۰۱، ۱۶/۸۷۴ و ۱۰/۰۷۷/۵ بوده که با نتایج خلیقی (۲۰۰۷) همخوانی دارد. در این مطالعه با مقایسه نقشه‌های ضریب رواناب تهیه شده از حوضه طی سه دوره ۱۹۸۵-۲۰۱۶، ۱۹۸۵-۲۰۰۰ و ۲۰۰۰-۲۰۱۶ و مقدار C وزنی برآورد شده برای حوضه، مشاهده می‌شود که مقدار ضریب رواناب روند افزایشی داشته است، به طوری که از سال ۱۹۸۵-۲۰۱۶ میزان افزایش ضریب رواناب در حوضه تا ۰/۰۳ و در طی دوره‌های ۱۹۸۵-۲۰۰۰ و ۲۰۰۰-۲۰۱۶ به ترتیب ۰/۰۲ و ۰/۰۱ بوده است. علت اصلی این روند افزایشی، تغییرات شدید کاربری بدون در نظر گرفتن پتانسیل و قابلیت اراضی است که تأثیر منفی و غیر قابل جبرانی مانند افزایش میزان رواناب سطحی را به همراه داشته است؛ نتایج مطالعه براتی (۲۰۱۵) نیز این مسئله را تصدیق می‌کند. پیشنهاد می‌گردد که در مطالعات بعدی اثر تغییرات کاربری اراضی و اقلیم آینده بر رواناب حوضه آبخیز انجام شود.

جدول (۷): مقدار ضریب رواناب حوضه در سال‌های مختلف

Table (7): Basin runoff coefficient in different years

سال	۱۹۸۵	۲۰۰۰	۲۰۱۶
ضریب رواناب (C)	۰/۴۷	۰/۴۹	۰/۵

بحث و نتیجه‌گیری

تغییرات کاربری اراضی منطقه در قسمت‌های مختلف متفاوت است؛ تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی، اراضی مرتعی و کشاورزی به مناطق مسکونی و شهری و تبدیل اراضی کشاورزی به اراضی رها شده از جمله این تغییرات است. در قسمت‌های شمال و شمال غربی حوضه تخریب شدید اراضی جنگلی و تبدیل آن به اراضی کشاورزی و در قسمت‌های جنوبی و جنوب غربی حوضه تبدیل اراضی کشاورزی و مرتعی به مناطق مسکونی و شهری مشاهده می‌شود؛ به تبع بر مقدار شماره منحنی حوضه به‌ویژه در مناطق مذکور تأثیر دارد و موجب افزایش شماره منحنی می‌شود. با اجرای مدل در شرایط مختلف، نتایج نشان داد که تغییر کاربری صورت گرفته در منطقه، به‌ویژه کاهش اراضی جنگلی و افزایش مناطق مسکونی و شهری، باعث افزایش دبی پیک، حجم رواناب (دمیری ۲۰۰۹؛ کایسر^۱ و همکاران، ۲۰۱۱) و کاهش زمان تمرکز، زمان تأخیر و زمان تا اوج هیدروگراف حوضه (افشاری آزاد و پورکی، ۲۰۱۶) شده به‌گونه‌ای که در دبی اوج حوضه در دوره ۱۹۸۵-۲۰۰۰، ۵۴/۱۹۵ تا ۱۵۰ درصد، در دوره ۱۹۸۵-۲۰۱۶، ۱۸/۵۹۴ تا ۲۱۰/۷۱۴ درصد و در دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۶، ۱۸/۵۹۴ تا ۲۴/۲۸۵ درصد تغییر حاصل شده است. زمان تمرکز و زمان

منابع

1. Afshari Azad, M. and Pourki, E., 2016. Estimation of Surface Runoff in Rasht Case Study: Shahid Gholipour Street to Iceberg. Geographical Space Scientific Journal of Ahar Azad University. Twelfth Year, No. 37, pp. 130-121. In PERSIAN.
2. Barati Qhfrkhy, S., 2015. brsry land use changes and their impact on the hydrological behavior of sub-Fort Condor dam the river during the period 2013-2015. Master of Science in Range Management. Faculty of Natural Resources. Isfahan University of Technology. In PERSIAN.
3. Bellal, M. Sillen, X., and Zeck, Y., 2009. Coupling GIS with a distributed hydrological model for studying the effect of various urban planning options on rainfall-runoff relationship in urbanized basins, in Kovar, K. Nachtnebel, H.P. (eds.), Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management: International Association of Hydrological Sciences, Series of Proceedings and Reports, 235,99-106.
4. Demiri, J., 2009. Land use change and its effect on surface runoff and groundwater fluctuations. Case study: Dry River Basin of Shiraz. Master thesis. Faculty of Natural Resources. Isfahan University of Technology. In PERSIAN.
5. Khaliqi, S., 2007. Evaluation of the Impact of Land Use Change and Hydrological Characteristics of Surface Water of Barandoz Tea Watershed in West Azerbaijan Province, Ph.D. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. In PERSIAN.
6. Knebl, M.R., Yang Z.L., Hutchison, K. and Maidment, D.R., 2017. "Regional Scale Flood Modeling Using Nexrad Rainfall, Gis, and Hec-Hms/Ras: A Case Study for the San Antonio River Basin Summer 2017 Storm Event." Journal of Environmental Management 75, no. 336-325: 2017. 4.
7. Mahdavi, M., 2007. Applied Hydrology, Volume 2, University of Tehran Publications. In PERSIAN.
8. Mahmoodian Shooshtari, M., Majdzade Tabatabaei, M. and Yusefi, A., Investigation and app;ication HEC-HMS model in river engineering.case study:Kar and Sivend rivers in shirazuiversity of ahvaz.in iran. 2016, page-1061 1068. In PERSIAN.
9. McColl, Ch. and Aggett, G., 2015. Land use forecasting and hydrologic model integration for improved land use decision support. Journal of Environmental Management ,September 2007, pages 512-494.
10. Qaiser, K.Y., Yuan, R., Lopez. D., 2010. Urbanization Impacts on flooding in the Kansas River basin and evaluation of wetlands A mitigation measure, American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan ASABE. 55(3): 849-859, www.asabe.org.
11. Samaie, R., 2016. Flood Generation Reports in Khoram Abad Watershed. MSc Thesis. Khorramabad Free University.
12. Suriya, S.B. and Mudgal, V., 2012," Imact of urbanization on flooding: Thirusoolam sub watershed- A case study", Journal of hydrology 412-413.
13. Zubiri, M. and Majd, AS., 2013. Introduction to Remote Sensing Technique and Application in Natural Resources, University of Tehran Publications, No. 2315, First Edition, Tehran, 317 p. In PERSIAN.

Evaluating the Impact of Land Use Change on Increasing Runoff in Khorramabad Watershed Via HEC-HMS Model

Saeed Soltani^{1*}, Fahimeh Mokhtari², Poria Mohit³, Atefeh Kalhor⁴

Received: 16/11/2019

Accepted: 26/04/2020

Extended Abstract

Introduction: Various problems regarding watershed issues that have occurred because of human activities and economic development, are attracting increasing attention. Subsequently, many researchers are concerned about the effect of land use change on runoff which depends on the size, average slope, and the watershed's baseline land cover characteristics. Moreover, the extent of the land-use change effect on simulated runoff depends on the hydrological model used and the processes considered in this regard. Any change in Land Cover and Land Use (LCLU) would affect the runoff characteristics of a drainage basin to a great extent, which, in turn, influences the region's surface water and groundwater availability, leading to further changes in LCLU. Therefore, it is necessary to evaluate the effect LCLU changes on a region's runoff characteristics in general and on small watershed levels (sub-basin levels) in particular.

Land use changes in developing countries usually affect forests and national reserves. This is due to human activities such as creating settlements, developing agriculture, and encroaching on forestlands. Poor hydrological measuring infrastructure and lack of expertise are amongst the main factors which prevents a comprehensive analyses of catchment scenarios and their impact on the environment. Changes in climate and land use/cover (LUC) play an important role in altering the runoff trend. Climate change influences the runoff and the regional water balance by affecting precipitation and temperature rates. While precipitation is particularly crucial in determining the amount of water for runoff, temperature mainly affects evapotranspiration, which is regarded as a kind of loss for runoff formation. Moreover, changes in LUC influence the runoff routing trend.

For instance, the destruction of a forest may affect soil permeability and further alter the runoff generation trend. On the other hand, an increase in impermeability of the surface areas' soil because of urbanization can decrease the infiltration rate and concentration time, leading in turn to an increased in surface runoff. As changes in runoff considerably affect water resources, investigation of the runoff responses to climate and LUC changes is essential for the preservation of local ecology and sustainable utilization of water resources. Furthermore, environmental scientists and local planners need a model for estimating the impacts of land-use change on groundwater recharge, water supply, and wetland hydrology.

There are several evidences indicating that changes in land cover have influenced the hydrological regime of various river basins. Furthermore, the effects of climate change on hydrological cycle and the runoff behavior of river catchments have largely been discussed in recent years. However, it is currently not clear how, to what extent, and at which spatial scale such environmental changes are likely to affect storm runoff generation, and consequently on the rivers' flood discharges. Changes in Land Cover and Land Use (LCLU) affect to a great extent the runoff characteristics of a drainage basin, which in turn, influence the surface and groundwater availability of the area, leading to further change in LCLU.

1. Professor of Range and Watershed Management, Natural Resources Faculty, Isfahan University of Technology; ssoltani@cc.iut.ac.ir

2. Ph.D. Watershed, Faculty of Natural Resources, Shahrekord University

3. Graduated student of Pasture and Watershed Management, Isfahan University of Technology

4. Graduated student of Pasture and Watershed Management, Isfahan University of Technology

DOI: 10.22052/deej.2021.10.30.49

Land use/land cover (LULC) change is a dynamic and complex process that can be exacerbated by a number of human activities, including an increase in human population and population response to economic opportunities. While in the past, the rivers' corrective operations were focused on building constructs for controlling the rivers' flow and implementing construct operations, hydrological consequences of climate change and land use changes, flood plains' economic and ecological developments, and the alteration of social views regarding rivers' safety and ecological functions have directed the attentions to the more sustainable use of rivers. Unfortunately, river systems have not been monitored with sufficient spatiotemporal resolution over long periods to deal with the above-mentioned issues through field observations alone. Therefore, to make appropriate management decisions for watershed basins, the effect of land use change on runoff should be evaluated based on hydrological models.

Materials and methods: To assess the impact of land use changes on the Khorramabad watershed's hydrological behavior, land use map, CN and the runoff coefficient maps was prepared for 1985, 2000, and 2016, using Landsat satellite imagery. Moreover, HEC HMS computer model was used for modeling rainfall-runoff.

Results: The study's results showed that the change in the region's land use, especially the reduction of forest lands and increase of urban areas, has led to an increase in peak-flow discharge, an increase of runoff volume, the reduction of concentration time and lag time, the reduction of the time required for reaching the hydrograph time, and decrease of the watershed's runoff, with the watershed's peak discharge changed by 54.195 to 150 percent in 1985-2000 period, 82.867 to 210.714 percent in 1985-2016 percent, and 18.594 to 24.285 in 2000-2016, period, and the concentration time and the flood's peak discharge time changed by -6.99 and -5.02 percent in 1985-2016 period, respectively. Furthermore, the results of implementing the model on precipitations with return periods indicated that with an increase in return time, the amount of discharge changes decreased. For instance, in 1985- 2016 period, the increase in the discharge rate in return times of 2 and 100 years was 22.55 and 16.87, respectively.

Discussion and Conclusion: Land use changes vary in different parts of a land, including the conversion of forest lands to agricultural ones, ranch and agricultural lands to residential and urban areas, and agricultural lands into abandoned ones. In the north and northwestern part of the basin, severe destruction of forests and their conversion to agricultural lands, and in the south and southwestern part of the basin, the conversion of agricultural and rangeland lands into residential and urban areas was observed. Moreover, CN has particularly increased in these areas under the influence of land-use changes.

Keywords: HEC HMS Model, Peak discharge, Runoff volume, Return period.