

نقش تغییرات کاربری اراضی بر ویژگی‌های رواناب و سیل‌خیزی در حوضه آبریز دوآب

ایمان‌علی بلواسی^۱، صیاد اصغری سراسکانرود^{۲*}، فریبا اسفندیاری درآباد^۳، بتول زینالی^۲

۱. دانشجوی دکترای ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲. دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۳. استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

(تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۱۰/۲۰؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۹/۰۲/۲۸)

چکیده

تخریب جنگل و مراتع، تجاوز به حریم و بستر رودخانه و سیل‌خیز بودن حوضه آبریز دوآب طی سالیان اخیر به‌خصوص سیل فرودین ۱۳۹۸، احتمال تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر ویژگی‌های سیلاب را مطرح می‌کند. هدف از انجام مطالعه حاضر، ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر سیل‌خیزی حوضه آبریز دوآب با استفاده از مدل HEC- HMS است. به این منظور، ابتدا نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز دوآب برای سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۹۸ تهیه شد. برای محاسبه تلفات اولیه بارش و ارتفاع رواناب حوضه، از روش SCS و برای روندیابی سیل از روش ماسکینگام استفاده شد. به‌منظور بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر ویژگی‌های سیل، داده‌های بارش و دبی سال آبی ۱۳۹۷ در مدل ایجادشده با شرایط کاربری اراضی سال ۱۳۷۴ اجرا شد. ارزیابی نقشه‌های کاربری اراضی، بیانگر کاهش مساحت اراضی جنگل و مراتع به میزان ۵۶/۷۱ و ۲۸/۲۵ کیلومترمربع معادل ۷/۳۹ و ۳/۶۸ درصد کل مساحت حوضه و اراضی زراعی دیم، آبی و مناطق مسکونی به‌ترتیب ۵۸/۳۰، ۱۹/۸۸ و ۶/۷۸ کیلومترمربع معادل ۷/۶۰، ۲/۵۹ و ۰/۸۹ درصد افزایش داشته‌اند. همچنین، شماره منحنی (CN) به‌طور میانگین از ۶۴/۶۰ به ۷۶/۸۰ افزایش یافته است. نتایج به‌دست‌آمده از این مقایسه نشان داد اوج رواناب به‌طور میانگین ۱۵/۴۶ درصد و حجم رواناب حدود ۱۹/۷۴ درصد افزایش یافته است. این مطلب بیانگر کاهش مقدار تلفات اولیه بارش و افزایش رواناب است. بنابراین، می‌توان گفت که تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبریز دوآب موجب افزایش اوج و حجم رواناب شده و در نهایت، به افزایش سیل‌خیزی در این حوضه منجر شده است.

کلیدواژگان: اثر کاربری اراضی، روش SCS، شماره منحنی (CN)، مدل HEC- HMS.

مقدمه

حوضه آبریز یک سیستم باز با ورودی‌های انرژی خورشیدی و نزولات جوی است و با اعمال فرایندهایی روی ورودی‌ها، خروجی‌هایی مانند دبی، رسوب و پوشش گیاهی تولید می‌کند. بنابراین، خروجی‌های حوضه آبریز تحت تأثیر ویژگی‌های داخلی حوضه از جمله زمین‌شناسی، فیزیوگرافی، کاربری اراضی و پوشش گیاهی است. اثر تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی در نفوذ و رواناب اهمیت زیادی دارد. بنابراین، بررسی هرچه بهتر آثار تغییر کاربری اراضی بر ویژگی‌های سیل در پیش‌بینی پتانسیل و کاهش خطر سیل اهمیت زیادی دارد و این موضوع از مباحث مهم در زمینه برنامه‌ریزی، مدیریت، و توسعه پایدار حوضه آبریز است [۱]. سیلاب از نظر تلفات جانی و خسارت‌های مالی یکی از بلایای طبیعی شناخته‌شده در جهان محسوب می‌شود [۲]. تلفات و خسارت‌های ناشی از سیلاب در دهه‌های اخیر به دلیل افزایش جمعیت و دارایی‌ها در سیلاب‌دشت‌ها، تغییرات کاربری اراضی و آثار مخرب انسانی، در جهان در حال افزایش است [۲]. مدیریت بحران سیل یا به بیانی، کنترل و کاهش آثار مخرب و ویرانگر این بحران، به پژوهش‌های درست و دقیق نیاز دارد. مطالعات انجام‌شده در این زمینه بیانگر آن است که تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی تأثیر مهمی بر کمیت و کیفیت رواناب خروجی حوضه آبریز و اندازه و تکرار سیل دارند [۳]. از آنجا که آزمایش‌های صحرایی در سطح وسیع بسیار پرهزینه و یا غیر ممکن است، با مدل‌سازی، مطالعه سامانه‌های پیچیده امکان‌پذیر خواهد شد. همچنین، با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده از مدل می‌توان حوضه آبریز را از طریق پیش‌بینی مدیریت کرد [۴]. کاربری اراضی در مدل‌های هیدرولوژیکی، یکی از داده‌های اصلی محسوب می‌شود و تولید آن برای اجرای مدل اهمیت زیادی دارد [۵]. پژوهش‌های انجام‌شده، در زمینه تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر خصوصیات هیدرولوژیکی رودخانه‌ها به‌طور واضح تأثیر این مهم را در تغییر میزان رواناب و جریان رودخانه‌ها نشان داده است. سیستم مدل‌سازی هیدرولوژیکی HEC-HMS برای شبیه‌سازی فرایندهای بارش - رواناب در سیستم حوضه آبخیز طراحی شده است [۶]. مدل یادشده نوعی مدل ریاضی شبه‌توزیعی است که روابط بین متغیرها و پارامترها را به صورت توابع همبستگی نشان می‌دهد [۷]. در

این مدل حوضه آبریز به واحدهای هیدرولوژیکی کوچک‌تری تقسیم شده و مدل‌های یکپارچه برای هر یک از این قسمت‌ها در نظر گرفته می‌شود. سیستم مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS با ۳ بخش مدل حوضه، مدل اقلیم و شاخص‌های کنترل برای شبیه‌سازی فرایند بارش-رواناب در سیستم حوضه آبریز طراحی شده است [۸]. در قسمت مدل حوضه، اجزای هیدرولوژی حوضه آبریز، شامل زیرحوضه‌ها، محل تلاقی دو آبراهه و بازه رودخانه، به صورت شماتیک ترسیم می‌شود. سپس، داده‌های مساحت، درصد اراضی نفوذ ناپذیر، شماره منحنی، تلفات اولیه و زمان تأخیر زیرحوضه‌ها به مدل وارد می‌شود [۹]. مدل اقلیم شامل مجموعه داده‌های مورد نیاز برای تعیین بارش‌های استفاده‌شده در شبیه‌سازی است که به صورت مرتبط با مدل حوضه عمل می‌کند. در شاخص‌های کنترل زمان آغاز و پایان داده‌های بارش و دبی و همچنین فواصل زمانی اندازه‌گیری داده‌ها تعیین می‌شود [۱۰]. پس از تعریف سه بخش مدل حوضه، مدل اقلیم و شاخص‌های کنترل، هیتوگراف هر بارش با توجه به زمان‌های تعیین‌شده در قسمت شاخص‌های کنترل، و هیدروگراف خروجی مشاهده‌ای متناظر آن به مدل معرفی خواهد شد. محققان فراوانی در داخل و خارج کشور به ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر میزان رواناب و ویژگی‌های سیلاب پرداخته‌اند که در ادامه به برخی از این مطالعات اشاره شده است. خلیقی سیگارودی و همکاران [۱۱] در تحقیقی با استفاده از مدل HEC-HMS اثر تغییر کاربری اراضی بر سیل‌خیزی حوضه آبریز باراندوزچای واقع در شهرستان ارومیه، استان آذربایجان غربی را طی یک دوره ۴۵ ساله (۱۳۳۴ - ۱۳۷۹) بررسی کردند. نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه نشان داد سطح اراضی دیم از ۴۵۲۸ هکتار به ۲۰۲۳۱ هکتار افزایش و سیلاب در دوره جدید در بعضی از زیرحوضه‌ها تا ۷۰ درصد نسبت به دوره قدیم افزایش یافته است.

وارمش [۱۲] طی تحقیقی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر دبی سیلاب در حوضه آبخیز مادرسو، یکی از زیرحوضه‌های حوضه آبخیز گرگان‌رود واقع در شرق استان گلستان، را با استفاده از روش سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) بررسی کرد. نتایج مطالعه یادشده نشان داد تخریب شدید و تغییر کاربری اراضی در این حوضه سبب افزایش دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب از ۳۱ تا ۷۹ درصد شده است.

سیلاب مربوط به از بین رفتن درختان جنگلی بوده و سطح دشت سیلابی ۱۴/۶۰ درصد افزایش یافته است. سامی و همکاران [۱۷] طی پژوهشی به ارزیابی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر رواناب با استفاده از مدل (SWAT) در حوضه آبریز چنار رهدار، یکی از زیرحوضه‌های دریاچه مهرارلو واقع در جنوب شرقی شیراز، پرداختند. در مطالعه یادشده از داده‌های روزانه بارش و دما طی دوره زمانی ۲۰۰۳-۲۰۱۵ و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۲۰۰۴ و ۲۰۱۵ استفاده شد. در مقاله یادشده تأکید می‌شود که مدل SWAT ابزاری بسیار انعطاف‌پذیر و قوی برای شبیه‌سازی انواع مشکلات مدیریت اراضی در حوضه‌های مختلف با شرایط مختلف آب‌وهوایی و پوشش زمین است. چن و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای برای بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر میزان رواناب، دو سناریوی تغییر کاربری اراضی ارائه دادند. در مطالعه یادشده کاربری اراضی منطقه در سال ۲۰۰۲ پایه قرار گرفت و سناریوهای کاربری اراضی برای سال ۲۰۵۰ ارائه شد. سناریوی A مشتمل بر افزایش مساحت شهری از ۲/۹ به ۱۷ درصد، سناریوی B افزایش آن از ۲/۹ به ۱۴ درصد بود. سپس، با استفاده از مدل HEC- HMS و ۷ واقعه منتخب، سناریوها امتحان شدند. نتایج مطالعه یادشده نشان داد سناریوهای کاربری اراضی آینده موجب افزایش کل رواناب سطحی و از جمله دبی اوج می‌شود، اما شدت افزایش در ارتباط با درصد افزایش مناطق شهری است.

کاستیلو و همکاران [۱۸] تأثیر تغییرات را بر اراضی توسعه‌یافته و باران را بر هیدرولوژی حوضه آبخیز آراناس در تگزاس بررسی کردند. در مطالعه یادشده مدل LCM حدود ۷۰ درصد افزایش را در مناطق توسعه‌یافته سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی کرد.

کاماچو المدو و همکاران [۱۹] تغییرات کاربری اراضی را در حوضه آبخیز سگورا واقع در جنوب اسپانیا با استفاده از مدل LCM مدل‌سازی کردند. آنها برای انجام مطالعه یادشده از تصاویر ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۲ به منظور مدل‌سازی پوشش اراضی استفاده کردند. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش یادشده دقت زیادی دارد.

جورابیان و همکاران [۲۰] در پژوهشی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، اثر تغییرات کاربری اراضی روی رواناب را در سواحل شرقی استان مازندران بررسی کردند.

نوحه‌گر و همکاران [۱۳] طی پژوهشی با استفاده از روش‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقش تغییرات کاربری اراضی بر پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبخیز تنگ بستانک واقع در شیراز را ارزیابی کردند. آنها ضمن بررسی تغییرات کاربری اراضی، به چگونگی تبدیل بارندگی به بارندگی مازاد تحت عنوان «شماره منحنی (CN)» پرداختند. نتایج مطالعه یادشده نشان داد حوضه آبخیز تنگ بستانک در دوره زمانی ۱۸ ساله مطالعاتی ۹ درصد سیل‌خیزتر شده است. ابراهیمی و همکاران [۱۴] کارکرد تغییرات کاربری اراضی نکارود، از حوضه‌های آبخیز دریای خزر بر پهنه‌های سیل‌خیز، را در محیط سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی کردند. نتایج تحقیق یادشده نشان داد کاربری اراضی کشاورزی، اراضی غیر قابل استفاده و مسکونی به ترتیب ۲/۲۷، ۷/۳۱ و ۱/۹۱ درصد افزایش، کاربری جنگل و مراتع به ترتیب ۱۰/۲۲ و ۱/۲۷ درصد کاهش یافته‌اند و این تغییرات سبب شده است تا مساحت پهنه‌های سیلابی ۱۳/۱۴ درصد نسبت به سال ۱۳۷۹ افزایش یابد. رضایی مقدم و همکاران [۱۵] اثر تغییرات کاربری و پوشش اراضی حوضه آبریز سد علویان واقع در شهرستان مراغه، استان آذربایجان شرقی را طی دوره ۱۹۸۷-۲۰۱۳ بر سیل‌خیزی حوضه و دبی رواناب با استفاده از مدل سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) ارزیابی کردند. آنها با استفاده از نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و نقشه کاربری اراضی نقشه شماره منحنی (CN) را تهیه کرده و سپس میزان نگهداشت خاک (S) را محاسبه کردند. نتایج پژوهش یادشده نشان داد کاربری اراضی کشاورزی، اراضی غیر قابل استفاده و شهر به ترتیب ۲/۲۷، ۷/۳۱ و ۱/۹۱ درصد افزایش و جنگل و مراتع به ترتیب ۱۰/۲۲ و ۱/۲۷ درصد کاهش و این تغییرات سبب افزایش ۱۳/۱۴ درصدی پهنه سیلابی نسبت به سال ۱۳۷۹ شده است.

فرزادمهر و همکاران [۱۶] با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر پهنه سیل‌خیز نکارود را بررسی کردند. در مطالعه یادشده برای تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر سنجنده ETM⁺ ماهواره لندست استفاده شد. نتایج پژوهش یادشده نشان داد مهم‌ترین تغییرات کاربری اراضی و احتمال وقوع

حوضه در یک منطقه کوهستانی، در شمال استان لرستان، شمال غرب خرم‌آباد، غرب بروجرد و جنوب نهاوند واقع شده و ارتفاع آن از شرق به غرب و از شمال به جنوب کاهش می‌یابد [۲۶]. رودخانه کهمان واقع در این حوضه از سراب تخت شاه تا منطقه دوآب معروف به سراب صیدعلی به طول ۳۸/۶۲ کیلومتر است. حوضه آبریز دوآب از نظر موقعیت زمین‌شناسی بخشی از زاگرس چین‌خورده و زاگرس مرتفع است. تشکیلات زمین‌شناسی حوضه مربوط به دوره تریاس فوقانی تا عهد حاضر بوده و بیشتر از سنگ آهک تشکیل شده است [۲۷]. وضعیت توپوگرافی، منطقه مطالعه شده را به صورت یک دشت میان کوهی درآورده است. از ارتفاعات مهم منطقه می‌توان به کوه‌های گرین، خرگوش‌ناب، اسپش و مه‌اب اشاره کرد که ناهمواری‌های غالب منطقه را تشکیل می‌دهند. این کوه‌ها با امتداد شمال‌غربی-جنوب‌شرقی جزء رشته‌کوه‌های زاگرس به حساب می‌آیند. حداکثر ارتفاع منطقه ۳۶۲۷ متر و حداقل آن ۱۴۵۶ متر است، که در خروجی حوضه است (شکل ۱).

این محدوده به لحاظ وجود ارتفاعات آهکی، بارش برف و باران و آبرفت مناسب منابع آب زیرزمینی درخور توجه و چشمه‌ها و رودخانه‌های دائمی دارد که از سرشاخه‌های رودخانه کرخه محسوب می‌شوند. از نظر خاک‌شناسی نیز خاک‌های منطقه مطالعه شده جزء گروه خاک‌های قهوه‌ای با افق تمرکز رس است. خاکی است خیلی عمیق به رنگ قهوه‌ای تیره تا قهوه‌ای مایل به قرمز و بافت سنگین است که در لایه‌های سطحی ۳-۱۵ درصد سنگریزه درشت و در لایه زیرین مقادیر نسبتاً زیاد آهک به صورت سخت‌دانه مشاهده می‌شود. با توجه به نقشه کاربری اراضی و مطالعات میدانی انجام شده در منطقه مطالعه شده، کاربری اراضی این حوضه شامل زراعت آبی و دیم، مراتع فقیر و متوسط، جنگل با تاج پوشش کم تا متوسط و محدوده شهر می‌شود.

روش کار (مواد و روش‌ها)

برای انجام مطالعه یادشده ابتدا با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، مرز حوضه آبخیز دوآب مشخص شده و بر اساس ویژگی‌های فیزیوگرافی به ۴ زیرحوضه تقسیم شد (شکل ۲).

نتایج مطالعه یادشده نشان داد به ترتیب ۱۹۶۴ و ۱۱۹۷ هکتار از وسعت جنگل‌ها و باغ‌ها کاسته و ۱۱۸۲ و ۱۹۷۸ هکتار به وسعت اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی اضافه شده و مساحت پهنه‌های سیلابی ۱۱ درصد افزایش یافته است.

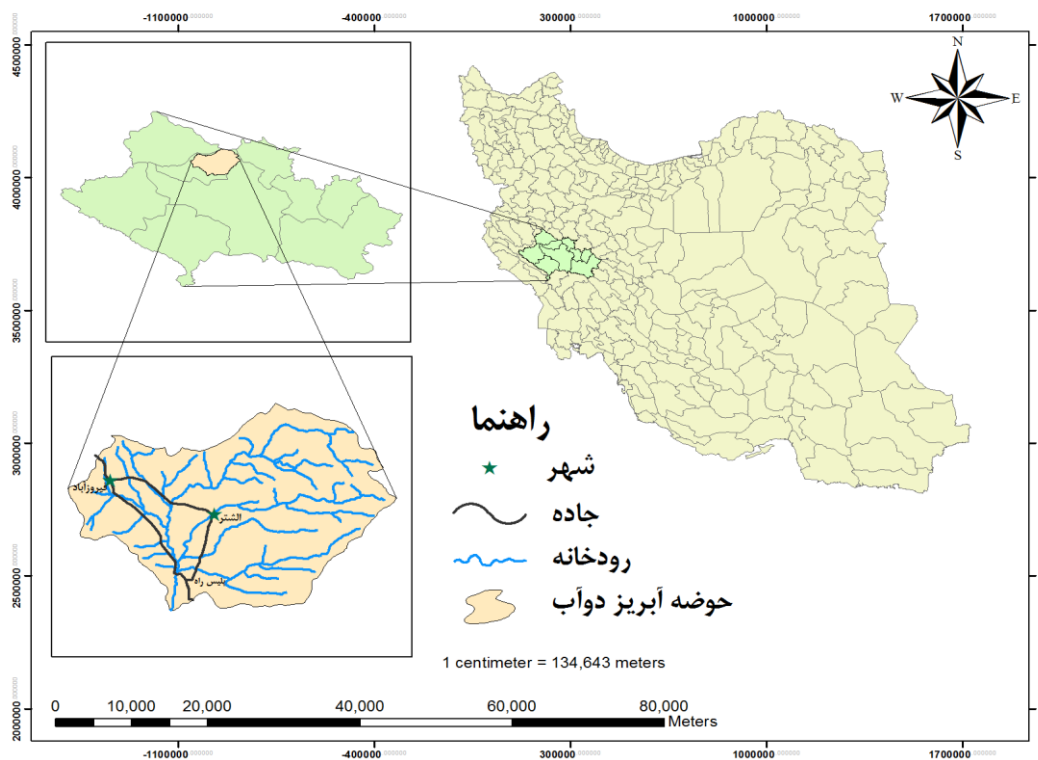
لولو و همکاران [۲۱] در پژوهشی با استفاده از مدل LCM اثر تغییرات کاربری اراضی را بر فرسایش بررسی کردند. نتایج مطالعه یادشده نشان داد طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ کاربری جنگل و مراتع به ترتیب ۲/۶ و ۳/۱۴ درصد افزایش و کاهش یافته‌اند و فرسایش در منطقه مطالعه شده بیشتر شده است.

مارسین سازوگریک و همکاران [۲۲] تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر خطر سیل در کارپات‌های لهستان را با استفاده از مدل سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) بررسی کردند. نتایج تحقیق یادشده نشان داد توسعه جنگل در منطقه مطالعه شده سبب کاهش دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب به میزان ۵ درصد شده است.

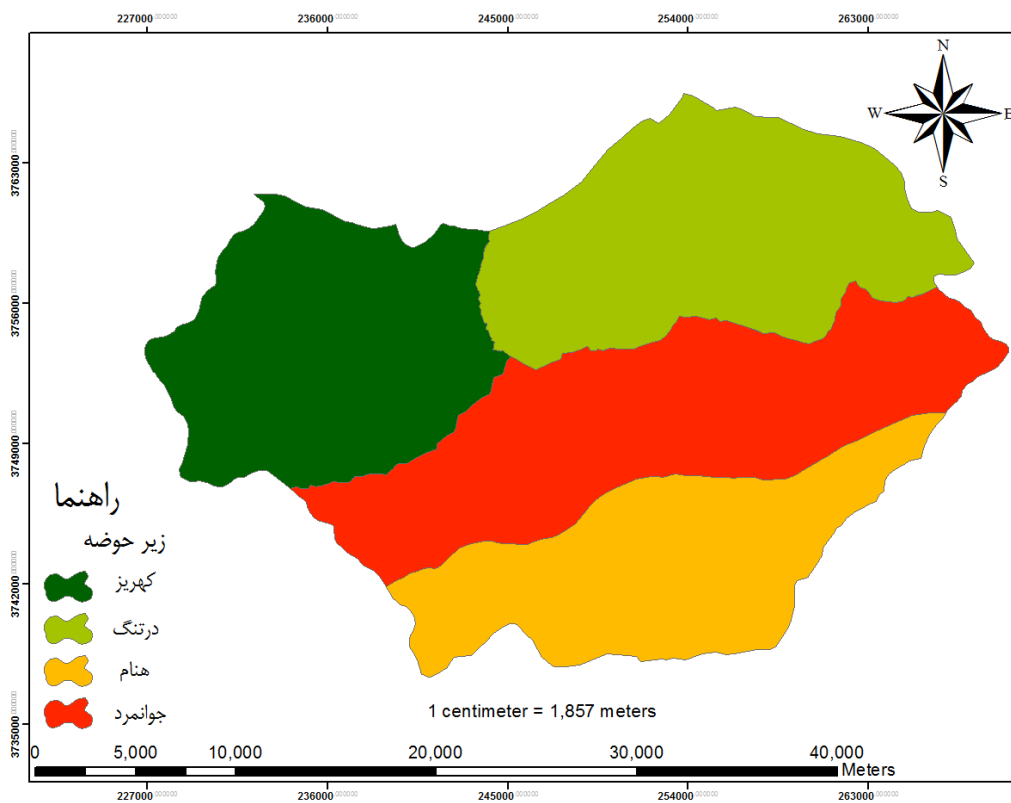
در کشور ما نیز تعداد وقایع و خسارت‌های سیل در سال‌های گذشته روند افزایشی داشته است [۲۳]. برای نمونه، می‌توان به سیل فروردین ۱۳۹۸ اشاره کرد که بر اثر آن خسارت‌های جانی و مالی فراوانی را در چند استان کشور از جمله استان لرستان بر جای گذاشت [۲۴]. تغییرات گسترده کاربری اراضی، از بین بردن پوشش گیاهی، تخریب جنگل و تجاوز به حریم و بستر رودخانه در منطقه مطالعه شده، همچنین سیل خیز بودن حوضه آبریز دوآب طی سالیان اخیر به خصوص سیل فروردین ۱۳۹۸، با دبی ۵۵۰ متر مکعب بر ثانیه در ساعت ۱۶ روز دوازدهم فروردین [۲۵]، بر اهمیت مطالعه حاضر می‌افزاید. در مطالعه حاضر به ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر سیل‌خیزی حوضه آبریز دوآب با استفاده از مدل HEC-HMS، پرداخته شد.

منطقه مطالعه شده

حوضه آبریز دوآب قسمتی از شهرستان الشتر محسوب می‌شود که با مساحت ۷۶۷/۹۴ کیلومتر مربع و با محیط ۱۲۱۶۵۲ متر، در طول جغرافیایی ۴۸°، ۳'، ۶" تا ۴۸°، ۳۱'، ۱۳" شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳°، ۴۴'، ۲۴" تا ۳۴°، ۳'، ۱۵" شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). این



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز دوآب در استان لرستان



شکل ۲. نقشه زیر حوضه‌های منطقه مطالعه شده

تصویر با پارامترهای مقیاس، فشردگی و شکل متفاوت، قدرت تفکیک رادیومتریکی و مکانی تصویر و با سعی و خطا در نظر گرفته شد. طبقه‌بندی شیء‌گرا در نرم‌افزار eCognition عبارت‌اند از: قطعه‌بندی تصویر، انتخاب کلاس‌ها، تعریف شرایط طبقه‌بندی و مبنای تفکیک کلاس‌ها (استفاده از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه در طبقه‌بندی شیء‌گرا برای تمامی کلاس‌ها و تعریف میانگین و انحراف معیار باندها)، نمونه‌برداری برای طبقه‌بندی، انجام طبقه‌بندی تصویر. پس از انتخاب شیء‌های نمونه آموزشی برای کلاس‌های تعیین شده، طبقه‌بندی شیء‌گرا انجام گرفت و در پایان، برای ارزیابی صحت نقشه‌های حاصل، از ماتریس خطا و ضریب آماری کاپا استفاده شده است.

ماتریس خطا رابطه بین داده‌های مرجع شناخته‌شده (حقایق زمینی) و نتایج یک طبقه‌بندی را به صورت طبقه‌به‌طبقه مقایسه می‌کند (رابطه ۱).

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^C E_{ii}}{N} \quad (1)$$

OA نشان‌دهنده صحت کلی و N معرف تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده و $\sum_{i=1}^C E_{ii}$ مجموع پیکسل‌های قطر اصلی ماتریس خطا (تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده) است [۲۸].

ضریب آماری کاپا یک تکنیک ناپیوسته چندمتغیری برای ارزیابی صحت است و به صورت رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$K = \frac{1}{(احتمال توافقی - (صحت مشاهده شده))} \quad (2)$$

شاخص کاپا مقداری بین صفر و یک دارد، مقدار کاپای صفر نشان‌دهنده یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی و مقدار شاخص کاپا یک نشان‌دهنده یک طبقه‌بندی کاملاً صحیح و ۱۰۰ درصد مطابق با واقعیت زمینی است. پس از محاسبه ضریب کاپا اگر مقدار آن بین صفر تا ۲۰ درصد باشد بین مشاهده زمینی و طبقه‌بندی توافقی وجود ندارد، اگر ضریب کاپا بین ۲۰ تا ۴۰ درصد باشد توافق ناچیز، اگر ضریب کاپا بین ۴۰ تا ۶۰ درصد باشد توافق متوسط، اگر ضریب کاپا بین ۶۰ تا ۸۰ درصد باشد، توافق خوب و اگر ضریب کاپا بین ۸۰ تا ۱۰۰ درصد باشد، توافق بین مشاهده و پیش‌بینی عالی خواهد بود.

سپس، در محیط نرم‌افزار Arc GIS به صورت رقومی ترسیم شده و از ویژگی‌های فیزیکی حوضه و زیرحوضه‌ها، به عنوان پارامترهای مورد نیاز در مطالعه حاضر استفاده شد. داده‌های بارش و دبی منطقه مطالعه شده طی دوره ۱۳۷۰-۱۳۹۸ از سازمان آب منطقه‌ای استان لرستان تهیه شد. پس از بررسی و تحلیل داده‌ها، ۴ واقعه هم‌زمان بارش و سیلاب (جدول ۵) تعیین شد. برای ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر سیل‌خیزی منطقه مطالعه شده، نقشه کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۹۸ تهیه شد. همچنین، نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک از اداره منابع طبیعی استان لرستان تهیه و برای تعیین شماره منحنی (CN) به کار گرفته شد.

برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، تصاویر مربوط به سال ۱۹۹۵ (سنجنده TM ماهواره لندست ۵ تاریخ ۲۶/۰۵/۱۹۹۵ گذر ۱۶۶ ردیف ۳۷) و سال ۲۰۱۹ (سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ تاریخ ۱۰/۰۶/۲۰۱۹ گذر ۱۶۶ ردیف ۳۷) منطقه مطالعه شده تهیه شد. سپس، عملیات پیش‌پردازش شامل تصحیح اتمسفری و هندسی روی تصاویر اعمال شد. روش‌های متفاوتی برای طبقه‌بندی تصاویر وجود دارد. در روش شیء‌گرا علاوه بر اطلاعات طیفی از اطلاعات مربوط به محتوا، بافت و الگو نیز در طبقه‌بندی تصاویر استفاده می‌شود. به این دلیل در مطالعه حاضر روش طبقه‌بندی شیء‌گرا در محیط نرم‌افزار eCognition به کار گرفته شد. همچنین، با استفاده از نرم‌افزار Google Earth و مطالعات میدانی منطقه مطالعه شده بررسی شد. در روش شیء‌گرا ابتدا سگمنت‌سازی تصویر با استفاده از مدل قطعه‌بندی چندمقیاسه انجام شده و قطعه‌بندی با استفاده از پارامترهای مقیاس و معیار همگنی روی تصاویر اعمال شد. به منظور یافتن بهترین نتیجه برای بافت و شکل تصاویر، قطعه‌بندی به صورت آزمون و خطا و طی دفعات متعددی با ترکیب‌های وزنی متفاوت انجام گرفت. برای قطعه‌بندی از اطلاعات مربوط به خصوصیات طیفی و هندسی کلاس‌های کاربری اراضی (شامل اندازه، شکل، بافت) استفاده شده و این فرایند با روش قطعه‌بندی چندتفکیکه^۱ انجام شد. برای انجام این کار با بررسی نتایج قطعه‌بندی

1. Multiresolution Segmentation

روش مدل ثابت ماهانه استفاده شده است. برای روندیابی سیل در حوضه آبریز دوآب از روش ماسکینگام استفاده شد. این روش دو ضریب X و K دارد. X ضریب بدون بعدی است که درجه اهمیت دبی ورودی و دبی خروجی را در تعیین ظرفیت ذخیره رودخانه نشان می‌دهد. مقدار X حداقل صفر و حداکثر $0/5$ و به طور متوسط بین $0/2$ و $0/4$ تغییر می‌کند. در ادامه، مدل طراحی شده واسنجی و اعتبارسنجی می‌شود. در واسنجی مدل سعی بر آن است که با تغییر در پارامترهای مدل، تفاوت بین داده‌های مشاهده‌ای با نتایج حاصل از مدل به کمترین حد مورد انتظار برسد [۳۳]. به این منظور، برای واسنجی از پارامتری استفاده خواهد شد که مدل نسبت به آن حساس باشد.

برای بررسی حساسیت مدل به تغییر پارامترها، منحنی تغییرات نتایج مدل نسبت به تغییر هر یک از پارامترها رسم می‌شود. هر قدر شیب خط مماس بر منحنی بیشتر باشد یعنی مدل نسبت به آن پارامتر حساس‌تر خواهد بود و اگر شیب کم باشد مدل نسبت به آن پارامتر غیر حساس است [۳۴]. برای ارزیابی حساسیت مدل نسبت به تغییرات هر یک از پارامترها از رابطه ۹ استفاده می‌شود [۳۵].

$$SEN = 100 [New - Old] / [Old |Pc|] \quad (9)$$

که SEN حساسیت تابع هدف حاصل از تغییر در مقدار پارامتر، New مقدار جدید خروجی مدل حاصل از پارامتر، Old خروجی اولیه مدل و $|Pc|$ قدر مطلق درصد تغییرات در پارامتر. در این مرحله پارامترهای مدل با یک گروه از داده‌ها، واسنجی می‌شود [۳۶]. سپس، اعتبارسنجی مدل از طریق اجرای مدل با پارامترهای بهینه‌شده برای گروه دوم داده‌ها انجام می‌شود. در نهایت، هیدروگراف شبیه‌سازی با هیدروگراف مشاهده‌شده، مقایسه می‌شود. در مطالعه یادشده برای مشخص کردن بهترین برازش بین هیدروگراف مشاهده و محاسبه شده از تابع درصد خطای دبی پیک و تابع انحراف معیار وزنی دبی استفاده شده است.

یافته‌ها

در تهیه نقشه کاربری اراضی برای بهترین نتیجه برای بافت و شکل تصاویر، قطعه‌بندی با ترکیب‌های وزنی متفاوت انجام و بر اساس مقایسه بصری، واقعیت زمینی و اطلاعات شخصی در نهایت پارامترهای مقیاس ۳، شکل و فشردگی هر

برای ورود داده‌های بارش به مدل روش‌های متفاوتی وجود دارد که در مطالعه یادشده از روش هیتوگراف بارش استفاده شد.

برای ارزیابی نقش تغییرات کاربری اراضی بر ویژگی‌های سیلاب از مدل HEC-HMS استفاده شد. در این مطالعه روش SCS به کار گرفته شد و معادلات آن به صورت رابطه ۳ است.

$$Q_d = (P - I_a)^2 / (P - I_a + S) \quad (3)$$

که معمولاً در شرایط کلی $I_a = 0.2 * S$ در نظر گرفته می‌شود (رابطه ۴) [۲۹].

$$S = (25400 / CN) - 254 \quad (4)$$

Q_d ارتفاع رواناب، P بارش، S پتانسیل نگهداشت بارش روی زمین، همه بر حسب میلی‌متر، CN شماره منحنی متوسط وزنی حوضه، I_a تلفات اولیه بارش شامل برگاب، چلاب و نفوذ است [۳۰]. در این صورت، حداکثر دبی سیل از رابطه ۵ محاسبه می‌شود.

$$Q_p = (0.208 * A * Q_d) / (T_p) \quad (5)$$

Q_p دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه)، A مساحت حوضه (هکتار) و T_p زمان رسیدن دبی به مرحله اوج (ساعت) و T_p از رابطه ۶ تخمین زده می‌شود [۳۱].

$$T_p = 0.6 T_c + (T_c)^{0.5} \quad (6)$$

همچنین، زمان تمرکز از رابطه ۷ محاسبه می‌شود (رابطه ۷).

$$T_c = 1.67 * (T_{Lag}) \quad (7)$$

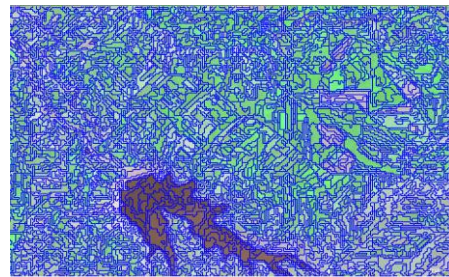
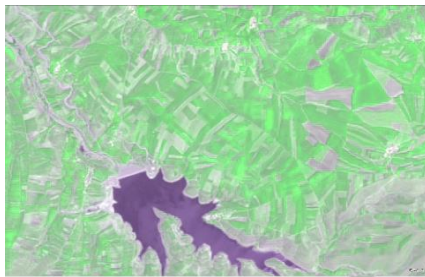
T_c و T_{Lag} به ترتیب زمان تمرکز و زمان تأخیر (فاصله زمانی بین مرکز بارندگی تا نقطه اوج هیدروگراف) بر حسب ساعت.

$$T_{Lag} = ((L^{0.8}) * (S+1)^{0.7}) / ((1900) * (y^{0.5})) \quad (8)$$

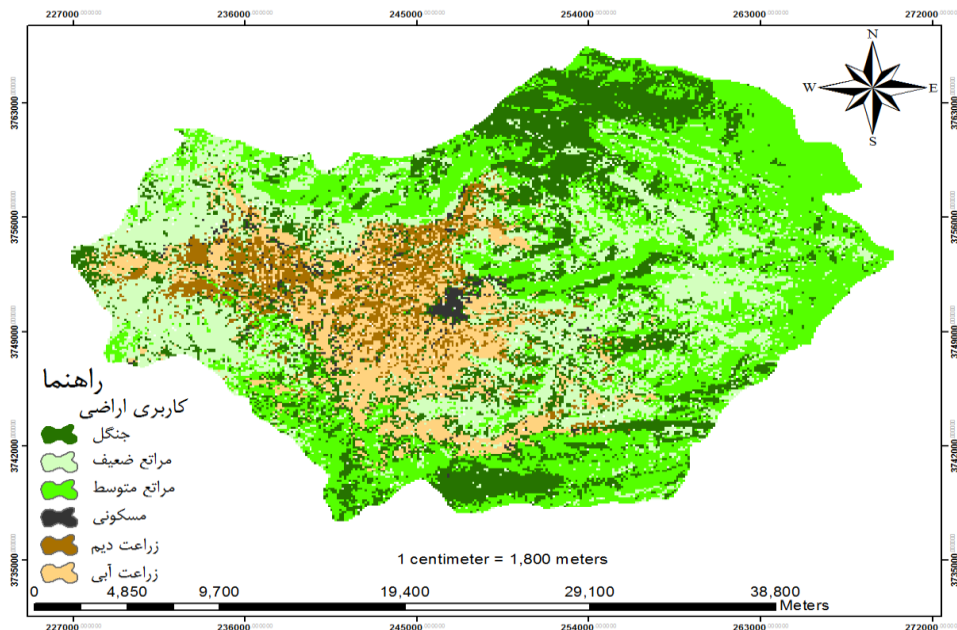
Y شیب متوسط حوضه بر حسب درصد، L طول رودخانه اصلی بر حسب فوت و S پتانسیل نگهداشت بارش روی زمین بر حسب اینچ [۳۲]. برای تعیین آب پایه می‌توان روشی را به مدل معرفی کرد و یا مدل را بدون آب پایه در نظر گرفت. در مطالعه حاضر در تمام زیرحوضه‌ها از

ضعیف ۱۸/۱۹ کیلومترمربع معادل ۲/۳۷ درصد افزایش، مراتع متوسط ۴۶/۴۴ کیلومترمربع معادل ۶/۰۶ درصد کاهش، مناطق مسکونی ۶/۷۸ کیلومترمربع معادل ۰/۸۹ درصد افزایش، زراعت دیم ۵۸/۳۰ کیلومترمربع معادل ۷/۶۰ درصد افزایش و زراعت آبی ۱۹/۸۸ کیلومترمربع معادل ۲/۵۹ درصد افزایش داشته‌اند. افزایش مراتع ضعیف ناشی از تبدیل مراتع متوسط به ضعیف است که در مجموع مراتع ۲۸/۲۵ کیلومترمربع معادل ۳/۶۸ درصد کل مساحت حوضه کاهش را نشان می‌دهد. به طور کلی، تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبریز دوآب بیانگر کاهش کاربری جنگل و مراتع و افزایش کاربری مسکونی و زراعی است (جدول ۱). به بیان دیگر، در منطقه مطالعه‌شده نفوذپذیری خاک (تلفات اولیه) کاهش یافته و این امر منجر به افزایش رواناب شده است.

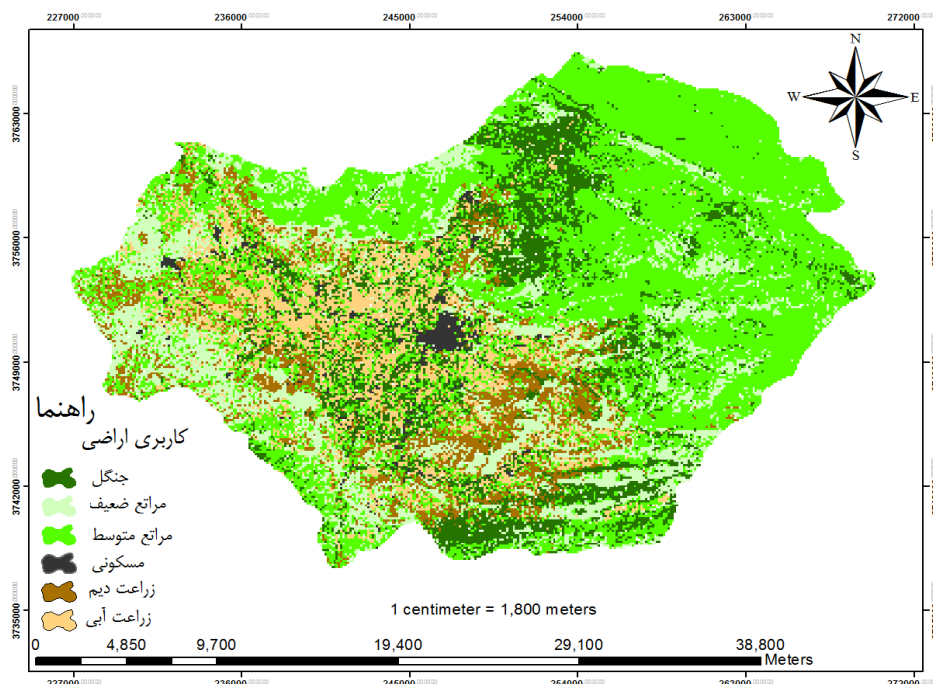
دو ۰/۵ تعیین شد (شکل ۳). نقشه کاربری اراضی با صحت کلی ۹۶/۱۷ و ضریب کاپای ۰/۹۳ برای حوضه آبریز دوآب، ۶ کاربری شامل جنگل، زراعت دیم، زراعت آبی، مناطق مسکونی، مراتع ضعیف و مراتع متوسط تهیه شد (شکل‌های ۴ و ۵). برای تفکیک مراتع از روش چهار فاکتوره استفاده شد. در روش چهار فاکتوره درجه وضعیت مرتع بر اساس جمع امتیازهای به‌دست‌آمده از چهار فاکتور عامل فرسایش و حفاظت خاک (در پنج طبقه بین صفر تا ۱۲ امتیاز)، درصد پوشش گیاهی (در پنج طبقه، صفر تا ۲۲ امتیاز)، ترکیب پوشش گیاهی (در پنج طبقه، صفر تا ۲۲ امتیاز) و عامل بنيه و شادابی گیاه (در چهار طبقه، صفر تا ۲۲ امتیاز) برای منطقه مطالعه‌شده انجام شد [۳۷]. نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی نقشه‌های کاربری اراضی تهیه‌شده برای منطقه مطالعه‌شده در سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۹۸ نشان می‌دهد کاربری جنگل ۵۶/۷۱ کیلومترمربع به میزان ۷/۳۹ درصد کاهش، مراتع



شکل ۳. قطعه‌بندی با مقیاس ۳، فشردگی ۰/۵، شکل ۰/۵ (سمت راست). تصویر اصلی (سمت چپ)



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی منطقه مطالعه‌شده در سال ۱۳۷۴



شکل ۵. نقشه کاربری اراضی منطقه مطالعه‌شده در سال ۱۳۹۸

جدول ۱. مساحت، درصد مساحت و تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبریز دوآب در سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۹۸

ردیف	نوع کاربری	کاربری اراضی ۱۳۷۴		کاربری اراضی ۱۳۹۸		تغییرات	
		مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	تغییرات مساحت (کیلومتر مربع)	تغییرات درصد
۱	جنگل	۱۷۱/۱۰	۲۲/۳۱	۱۱۴/۳۹	۱۴/۹۱	۵۶/۷۱	۷/۳۹
۲	مراتع ضعیف	۱۹۵/۲۶	۲۵/۴۵	۲۱۳/۴۵	۲۷/۸۲	۱۸/۱۹	۲/۳۷
۳	مراتع متوسط	۲۵۸/۶۰	۳۳/۷۰	۲۱۲/۱۶	۲۷/۶۵	۴۶/۴۴	۶/۰۶
۴	مناطق مسکونی	۹/۸۴	۱/۲۸	۱۶/۶۲	۲/۱۷	۶/۷۸	۰/۸۹
۵	زراعت دیم	۴۷/۵۹	۶/۲۰	۱۰۵/۸۹	۱۳/۸۰	۵۸/۳۰	۷/۶۰
۶	زراعت آبی	۸۴/۸۷	۱۱/۰۶	۱۰۴/۷۵	۱۳/۶۵	۱۹/۸۸	۲/۵۹

سیل در حوضه آبریز دوآب از روش ماسکینگام استفاده شد و مقادیر ضرایب X و K برای آبراهه‌های منطقه مطالعه‌شده محاسبه شد (جدول ۳).

در این مطالعه برای واسنجی مدل از سه پارامتر شماره منحنی، زمان تأخیر و تلفات اولیه استفاده شد. آنالیز حساسیت مدل نشان داد حساسیت مدل به پارامتر تلفات اولیه بیشتر است. به این دلیل واسنجی مدل بر اساس مقادیر تلفات اولیه اجرا شد (جدول ۴).

نتایج به‌دست‌آمده از واسنجی مدل (جدول ۴) نشان می‌دهد مدل طراحی‌شده برای حوضه آبریز دوآب، ارتفاع رواناب و حجم رواناب را با صحت ۹۶/۰۲ و اوج رواناب را با صحت ۹۹/۵ شبیه‌سازی می‌کند.

برای اجرای مدل HEC-HMS ابتدا حوضه آبریز دوآب شامل زیرحوضه‌ها، آبراهه‌ها و نقاط اتصال آبراهه‌ها و پایین‌دست هر یک از این عناصر به مدل معرفی شد. سپس، داده‌های مورد نیاز برای اجرای مدل شامل خصوصیات فیزیوگرافی زیرحوضه‌ها، زمان تأخیر، درصد اراضی نفوذناپذیر، شماره منحنی، بارش و دبی وقایع سیلابی انتخاب‌شده به مدل وارد شد (جدول ۲).

نتایج به‌دست‌آمده از جدول ۲ نشان می‌دهد در بازه مطالعه‌شده، در همه زیرحوضه‌های دوآب زمان تأخیر کاهش، درصد اراضی نفوذناپذیر و شماره منحنی (CN) افزایش یافته‌اند. این مطالب نیز بیانگر کاهش نفوذپذیری و تلفات اولیه بارش و افزایش رواناب است. برای روندیابی

جدول ۲. مشخصات فیزیوگرافی، زمان تأخیر، درصد اراضی نفوذناپذیر و شماره منحنی واحدهای حوضه آبریز دوآب

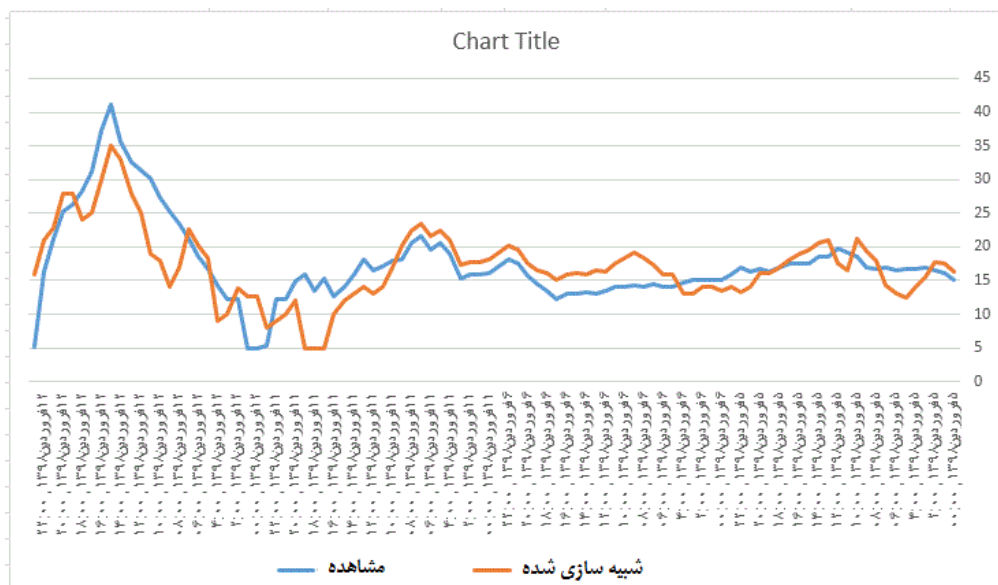
زیرحوضه	مساحت (کیلومترمربع)	شیب (درصد)	طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	زمان تأخیر (ساعت)		درصد اراضی نفوذناپذیر		شماره منحنی (CN)	
				سال ۱۳۷۴	سال ۱۳۹۸	سال ۱۳۷۴	سال ۱۳۹۸	سال ۱۳۷۴	سال ۱۳۹۸
				سال ۱۳۷۴	سال ۱۳۹۸	سال ۱۳۷۴	سال ۱۳۹۸	سال ۱۳۷۴	سال ۱۳۹۸
درتنگ	۲۰۴/۱	۱۴/۰۴	۳۵/۳	۴/۲۴	۱/۲	۱/۰۱	۶۱/۷	۷۶/۲	
کهریز	۱۸۱/۶	۸/۹۹	۱۸/۵	۴/۲۷	۳/۲۴	۰/۹۰	۶۵/۱	۷۵/۳	
جوانمرد	۲۲۰/۸	۱۲/۷۸	۲۹/۱۶	۵/۵۲	۳/۷۰	۱/۵۰	۶۲/۵	۷۷/۲	
هنام	۱۶۱/۴	۱۵/۱۱	۲۸/۱۲	۴/۶۱	۳/۱۷	۰/۷۰	۶۹/۱	۷۸/۵	
کل حوضه	۷۶۷/۹	۷/۷	۴۶/۳	۹/۹۸	۷/۱۵	۱/۳۰	۶۴/۶	۷۶/۸	

جدول ۳. مقادیر X و k آبراهه‌های اصلی حوضه آبریز دوآب

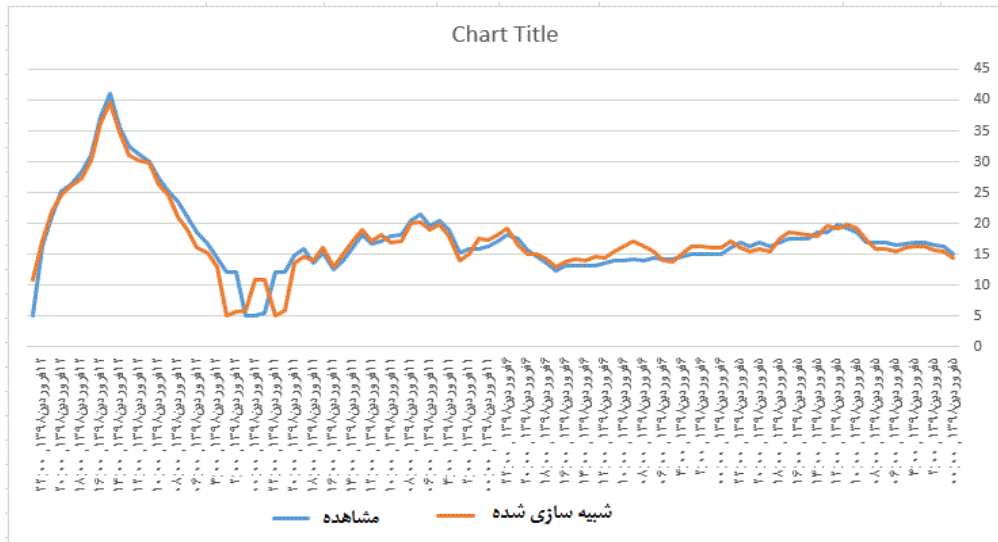
آبراهه	R ₁	R ₂
X	۰/۳	۰/۳
K	۱/۶	۱/۷

جدول ۴. نتایج به‌دست‌آمده از واسنجی مدل براساس مقادیر تلفات اولیه در حوضه آبریز دوآب

	محاسباتی	مشاهداتی	اختلاف	درصد اختلاف	درصد مطابقت
ارتفاع رواناب (میلی‌متر)	۱۱۴/۴۱	۱۱۹/۱۶	۴/۷۵	۳/۹۸	۹۶/۰۲
اوج رواناب (مترمکعب بر ثانیه)	۵۵۲/۸	۵۵۰	۲/۸	۰/۵	۹۹/۵
حجم رواناب (۱۰۰۰ مترمکعب)	۸۷۸۵۵/۸	۹۱۴۹۹/۹	۳۶۴۴/۱	۳/۹۸	۹۶/۰۲
زمان پیک	۲۴ ساعت ۱۳۹۸/۱/۱۲	۱۹ ساعت ۱۳۹۸/۱/۱۱	-----	-----	-----
Time of center of mass	۷:۴۳ ساعت ۱۳۹۸/۱/۱۲	۴:۲۹ ساعت ۱۳۹۸/۱/۱۲	-----	-----	-----
تابع هدف	Peak-Weighted RMS Error				



شکل ۶. هیدروگراف مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده، قبل از واسنجی در حوضه آبریز دوآب



شکل ۷. هیدروگراف مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده، پس از واسنجی در حوضه آبریز دوآب

جدول ۵. نتایج به‌دست‌آمده از ۴ واقعه بارش سال آبی ۱۳۹۷ در شرایط کاربری اراضی ۱۳۷۴ با استفاده از مدل HEC-HMS

پارامتر	اوج رواناب (مترمکعب بر ثانیه)		وضعیت تغییرات اوج رواناب (مترمکعب بر ثانیه)		وضعیت تغییرات حجم رواناب (هزار مترمکعب)		واقعه‌ها
	۱۳۹۸	۱۳۷۴	تغییرات درصد	۱۳۹۸	۱۳۷۴	تغییرات درصد	
واقعه ۱	۵۵۰	۴۱۲/۷۰	۱۳۷/۳۰	۸۷۱۷۶/۳۰	۶۳۲۵۴/۲۰	۲۳۹۲۲/۱۰	۱۳۹۸/۱/۱۲
واقعه ۲	۱۸۵/۹۰	۱۶۱/۲۰	۲۴/۷۰	۱۴۲۳۷/۸۰	۱۱۷۱۵/۴۰	۲۵۲۲/۴۰	۱۳۹۸/۱/۵
واقعه ۳	۴۱/۶۰	۳۹/۰۷	۱/۹۰	۵۸۸۰/۲۰	۵۳۶۷/۹۰	۵۱۲/۳۰	۱۳۹۷/۱۲/۲۴
واقعه ۴	۵۶/۳۰	۵۱/۹۰	۴/۴۰	۴۸۰۲/۹۰	۴۲۱۷/۵۰	۵۸۵/۴۰	۱۳۹۷/۱۱/۹
میانگین	۲۰۸/۴۵	۱۶۶/۳۸	۴۲/۰۸	۲۸۰۲۴/۳۰	۲۱۱۳۸/۷۵	۶۸۸۵/۵۵	۱۹/۷۴

حجم رواناب ایجادشده در شرایط کاربری اراضی سال ۱۳۹۸ با شرایط کاربری اراضی ۱۳۷۴، در شرایطی که هر دو ناشی از بارندگی یکسان هستند، فراهم شد و نتایج به‌دست‌آمده از این مقایسه محاسبه شد (جدول ۵).

نتایج به‌دست‌آمده از جدول ۵ بیانگر آن است که در واقعه ۱ اوج رواناب ۱۳۷/۳۰ مترمکعب در ثانیه معادل ۳۳/۲۷ درصد و حجم رواناب ۲۳۹۲۲/۱۰ هزار مترمکعب معادل ۳۷/۸۲ درصد افزایش، واقعه ۲ اوج رواناب ۲۴/۷۰ مترمکعب در ثانیه معادل ۱۵/۳۲ درصد و حجم رواناب ۱۱۷۱۵/۴۰ هزار مترمکعب معادل ۱۷/۷۲ درصد افزایش، واقعه ۳ اوج رواناب ۱/۹۰ مترمکعب در ثانیه معادل ۴/۷۹ درصد و حجم رواناب

برای شبیه‌سازی حوضه با استفاده از مدل ابتدا اعتبارسنجی مدل انجام گرفت. بررسی عملکرد مدل در تخمین حجم رواناب خروجی حوضه، با ۲ واقعه اعتبارسنجی شد. نتایج اعتبارسنجی، ضمن تأیید صحت واسنجی انجام‌شده، نشان داد متوسط اختلاف در حجم رواناب ۳/۹۸ درصد بوده است. به‌منظور بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر ویژگی‌های سیل در منطقه مطالعه‌شده در بازه مطالعاتی (۱۳۷۴-۱۳۹۸) داده‌های سال آبی ۱۳۹۷ (۴ واقعه از جمله بارش‌های فروردین ۱۳۹۸ که سبب ایجاد سیل شده‌اند)، در مدل ایجادشده با شرایط کاربری اراضی سال ۱۳۷۴ اجرا شد. به این ترتیب، مقایسه اوج و

تلفات اولیه بارش و افزایش اوج و حجم رواناب در منطقه مطالعه شده منجر شده است. بنابراین، می‌توان گفت که تغییرات کاربری اراضی صورت گرفته در حوضه آبریز دوآب به افزایش سیل خیزی در این حوضه منجر شده است.

منابع

- [1]. Soleimani Sardo, F., Priority of flood affected areas using remote sensing and GIS techniques and the HEC-HMS model at Halilrood, Isfahan University of Technology, Faculty of Natural Resources. 2009; p. 130. [Persian]
- [2]. Lorestan Province Water Company, Forty Years Statistics of Doab Basin Hydrometric Stations; 2019. [Persian]
- [3]. Tellman B, Saiers JE, Cruz OAR, Quantifying the impacts of land use change on flooding in datapoor watersheds in El Salvador with community based model calibration, Reg Environ Change. 2015; 134: 155-162.
- [4]. Razavi Zadeh, S, Salajegh, A ؛ Khaliqi Sigaroudi, Sh. ؛ Jafari, M. 2013, Investigation of the Impact of Land Use Changes on Floods Using HEC-HMS Model, Case Study of Taleghan Watershed, Range and Watershed Journal. 2013; 66(3) : 386-373. [Persian]
- [5]. Yasunori I., Kenichi N., Hiroya Y. and Otsukic S., Variation and changes in land use intensities behind nickel mining: Coupling operational and satellite data. Resources, Conservation and Recycling. 2018; 24: 361-366.
- [6]. Chen, Y., Xu, Y. & Yi, Y., Impacts of land use scenarios on storm run off generation in Xitiaoqi basin China, Journal of Hydrology. 2009; 289(4):1-8.
- [7]. Hammond MJ, Chen AS, Djordjevic S., Urban flood impact assessment: a state of the art review, Urban Water J. 2015; 12:14-29.
- [8]. Li, K.Y., Coe, M.T., Ramankutty, N.R. & De Jong, R., Modeling the hydrological impact of land use change in West Africa. Journal of Hydrol. 2007; 337: 257-268.
- [9]. Knebl, M.R., Yang, Z.L., Hutchison, K. & Maidment, D.R., Regional Scale Flood Modeling using NEXRAD, Rainfall, GIS, and HEC-HMS\RAS: A Case Study for the Scan Antonio River Basin Summer 2002 Storm Event, Journal of Environment Management. 2005; 75: 325-336.
- [10]. Olang, L.; Fürst, J., Effects of land cover change on flood peak discharges and runoff volumes: Model estimates for the Nyando River Basin, Kenya. Hydrology. 2011; 25: 80-89.

۵۱۲/۳۰ هزار مترمکعب معادل ۹/۵۴ درصد افزایش و در واقعه ۴ اوج رواناب ۴/۴۰ مترمکعب در ثانیه معادل ۸/۴۸ درصد و حجم رواناب ۵۸۵/۴۰ هزار مترمکعب معادل ۱۳/۸۸ درصد افزایش داشته است. در مجموع، میانگین هر ۴ واقعه بارشی بیانگر افزایش اوج رواناب به میزان ۴۲/۰۸ مترمکعب در ثانیه معادل ۱۵/۴۶ درصد و حجم رواناب ۶۸۸۵/۵۵ هزار مترمکعب معادل ۱۹/۷۴ درصد است. بنا بر اطلاعات به دست آمده از جدول ۵ می‌توان گفت که در حوضه آبریز دوآب، تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی مطالعه شده سبب افزایش حجم و اوج رواناب و به بیان دیگر، موجب افزایش سیل خیزی شده است.

بحث و نتیجه گیری

مقایسه نقشه‌های کاربری اراضی حوضه آبریز دوآب، نشان می‌دهد کاربری جنگل و مراتع به ترتیب ۵۶/۷۱ و ۲۸/۲۵ کیلومتر مربع معادل ۷/۳۹ و ۳/۶۸ درصد کل مساحت حوضه کاهش داشته، کاربری‌های کشاورزی دیم، آبی و مناطق مسکونی به ترتیب ۵۸/۳۰، ۱۹/۸۸ و ۶/۷۸ کیلومتر مربع معادل ۷/۶۰، ۲/۵۹ و ۰/۸۹ درصد افزایش یافته و شماره منحنی (CN) به طور میانگین از ۶۴/۶۰ به ۷۶/۸۰ افزایش یافته است. همچنین، نتایج به دست آمده از اجرای مدل برای بارش‌های اندازه‌گیری شده سال آبی ۱۳۹۷ در شرایط کاربری اراضی ۱۳۷۴ نشان داد اوج رواناب از ۳۳/۲۷-۴/۷۹ و به طور میانگین ۱۵/۴۶ درصد به میزان ۴۲/۰۸ مترمکعب در ثانیه افزایش و حجم رواناب از ۳۷/۸۲-۹/۵۴ و به طور میانگین ۱۹/۷۴ درصد به میزان ۶۸۸۵/۵۵ هزار مترمکعب افزایش یافته است. با توجه به حساسیت مدل به پارامتر تلفات اولیه، واسنجی مدل بر اساس مقادیر تلفات اولیه انجام شد. نتایج اعتبارسنجی مدل، ضمن تأیید صحت واسنجی انجام شده، نشان داد دقت مدل ۹۶/۰۲ درصد و متوسط اختلاف در حجم رواناب ۳/۹۸ درصد بوده است. بنا بر نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبریز دوآب با کاهش سطح جنگل و مراتع و افزایش اراضی زراعی و مسکونی به خصوص کشت دیم پیش رفته است. همچنین، در همه زیرحوضه‌های دوآب زمان تأخیر کاهش درصد اراضی نفوذناپذیر و شماره منحنی (CN) افزایش یافته‌اند. به بیانی، این تغییرات به کاهش نفوذپذیری و

- [11].Khalighi Sigaroudi, Sh ؛ Mahdavi, M ؛ Saghafian, B, Investigating the Effect of Land Use Changes on Flooding Using the NRCS Model in the Baravandozchai Basin, Iranian Journal of Natural Resources.2005; 58(4) : 742-733.[Persian]
- [12].Varamesh S., Hosseini S.M. and Rahimzadegan M., Detection of land use changes in northeastern Iran by landsat satellite data. Applied Ecology and Environmental Research.2017; 15(3) : 1443-1454.
- [13].Noohgar, A, Kazemi, M, Ghasr Dashti Roshan, M, Rezaei, P., The Impact of Land Use Change on Flood Potential, Case Study of Tang Bastak Watershed of Shiraz, Journal of Environmental Erosion Research. 2012; 2: 28-41.[Persian]
- [14].Ebrahimi, P., Soleimani, K., Shahedi, K., Investigation of Land Use Change on Flood Zones in Remote Sensing Environment and GIS Engineering and Watershed Management.2013; 2 : 73-67.[Persian]
- [15].Rezaei Moghaddam, M.H; Andriani, S., Almaspour, F., Valizadeh Kamran, Kh., Mokhtari Asl, A., Investigation of Land Use Changes and Land Coverage on Flooding and Runoff Discharge, Case Study of Alavian Dam Basin, Hydrogeomorphology. 2014; 34: 57-41.[Persian]
- [16].Farzadmehr, J ؛ Ebrahimi, P, Modar, M, The Impact of Land Use Changes on the Deluge Flooding Area Using Remote Sensing and Geographic Information, Rangeland and Watershed Management, Iranian Journal of Natural Resources. 2016; 69(3) : 646-6. 633.[Persian]
- [17].Samie M., Ghazavi R., Vali A. and Pakparvar M., Evaluation of the effect of land use change on runoff using supervised classified satellite data, Global NEST Journal.2019; 21(2): 245-252.
- [18].Castillo, C.R, Güneralp, I. ,and Güneralp, B., Influence of changes in developed land and precipitation on hydrology of a coastal Texas watershed, Applied Geography.2014; 47: 154-167.
- [19].Camacho Olmedo, M.T., Pontius, R.G., Paegelow, M., and Mas, J., (2015). Comparison of simulation models in terms of quantity and allocation of land change, Environmental Modelling & Software.2015; 69: 214-221.
- [20].Joorabian S.S., Kamran S., Gholamalifard M., Azari M., Serrano-Notivoli, R and Ignacio López-Moreno J., Impacts of future land cover and climate change on the water balance in northern Iran. Hydrological Sciences Journal. 2017;45: 2150-3435.
- [21].Lollo, J.A., Guerrero, J.V.R., Abe, A., and Lorandi, R., Land Change, Soil Degradation Processes, and Landscape Management at the Clarinho River Watershed, Brazil, IAEG/AEG Annual Meeting Proceedings, San Francisco, California. 2019; 2 : 99-106.
- [22].Szwagrzyk, M., Kaim, D., Price,B., Wypych,A., Grabska, E., Kozak, J.,(2018), Impact of forecasted land use changes on flood risk in the Polish Carpathians, Nat Hazards. 2018; 10 : 3365-3384.
- [23].Zolfaghari, H ؛ Tahmasebipour, N ؛ Baharvandi, N, Simulation of rainfall-runoff relationships of Kashkan watershed in Lorestan province by SCS method, Geography and Sustainability.2014; 10 : 1-12.[Persian]
- [24].Meteorological Organization of Lorestan Province, Thirty Years Statistics of Rainfall and Synoptic Stations.2019.[Persian]
- [25].Mesdaghi, M., 2003. Range Management in Iran. Imam Reza University Publications,p.333(Persian).
- [26].Ministry of Energy, Department of Water and Water Resources, Introduction to Developing a Flood Crisis Management Operational Plan.2019; p. 12.[Persian].
- [27].Mazidi, A; Koushaki, S, Rainfall-Runoff Simulation and Flood Estimation in Khorramabad Basin Using HEC-HMS Model, Geography and Development.2015; 41 : 1-10.[Persian]
- [28].Green, C.H., Parker, D.J. & Tunstall, S.M. (2000). Assessment of flood control and management options, Flood Hazard Center.2000; p. 124.
- [29].Alizadeh, A., Principles of Applied Hydrology, Twenty-sixth Edition, Imam Reza University.2009; 509-512.[Persian]
- [30].Radwan, A., Flood analysis and mitigation for area in Jordan, Journal of Water Resources and Management. 1999; 125(3): 170-177.
- [31].Riebsame, W.E., Meyer, W.E. & Turner, B.L., Modeling land use and cover as part of global environment change. Climate Change.1994; 28 : 45-64.
- [32]. Ristic, R.; Radic, B.; Vasiljevic, N., Land Use Change for Flood Protection prospective study for the restoration of the river Jelasnica watershed, Glasnik Umarskog Fakulteta.2011; 103: 115-130.

- [33].Kaviani, M., Alijani, B., (2007), Basics of Meteorology, Khome Publications.2007; p.84.[Persian]
- [34].Tellman B., Saiers JE., Quantifying the impacts of land use change on flooding in datapoor watersheds in El Salvador with community-based model calibration.2015; 54: 147-159.
- [35].Potter, K.W., Hydrological impacts of changing land management practices in a moderate sized agricultural catchments, Water Resources Research.1991; 27: 845-855.
- [36].Markar, M.S., Kwan, R.T.F., Conroy, A.L., Mingxin, L., Jing, Z. & Lina, A. (2002). Evaluation of five hydrologic models for Real-Time flood forecasting use in the Yangtze river catchment, Flood Defence science Press, New York. 2002; 7:5-10.
- [37].Maalim F.K., Melesse A.M., Belmont P. and Gran K.B. (2013), Modeling the Impact of Land Use Changes on Runoff and Sediment Yield in the Le Sueur Watershed, Minnesota Using GeoWEPP Catena. 2013; 107: 35-45.