

ارزیابی تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز الشتر با استفاده از مدل HEC- HMS

فاطمه ساکی*^۱

دانش آموخته دکتری جغرافیا و ژئومورفولوژی، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

مهتاب ساکی

دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد ملایر، دانشگاه آزاد اسلامی، ملایر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۱۱

چکیده

حوضه آبریز الشتر، به دلیل موقعیت جغرافیایی، شرایط اقلیمی و وابستگی معیشتی، در سال‌های اخیر با فشار فزاینده‌ای بر منابع طبیعی روبه‌رو شده است. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز الشتر با استفاده از مدل HEC- HMS است. بدین جهت ابتدا نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز الشتر برای سال‌های ۱۳۸۵ به بعد تهیه شد. بمنظور تعیین تلفات اولیه بارش و ارتفاع رواناب منطقه مورد مطالعه، روش SCS و برای روندیابی سیل روش ماسکینگام بکار گرفته شد. جهت ارزیابی اثر تغییرات کاربری اراضی بر ویژگی‌های سیل، داده‌های بارش و دبی سال آبی ۱۳۹۷ در مدل ایجاد شده با شرایط کاربری اراضی سال ۱۳۸۵ بکار گرفته شد. بررسی نقشه‌های کاربری اراضی، نشان از کم شدن مساحت اراضی جنگل و مراتع به میزان ۵۶۷۱ و ۲۸/۲۵ کیلومتر مربع معادل ۷/۳۹ و ۳/۶۸ درصد کل مساحت حوضه و اراضی زراعی 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 داشته‌اند. نتایج بدست آمده از این ارزیابی بیانگر آنست که میزان اوج رواناب به طور میانگین ۱۵/۴۶ درصد و حجم رواناب به طور میانگین ۱۹/۷۴ درصد زیاد شده است. به عبارتی میزان تلفات اولیه بارش کم شده و رواناب افزایش یافته است. در مجموع می‌توان بیان داشت که تغییرات کاربری اراضی شکل گرفته در حوضه آبریز الشتر (که اهم آن کاهش اراضی کشاورزی و افزایش مناطق مسکونی است) سبب افزایش اوج و حجم رواناب و در نهایت منجر به افزایش سیل خیزی در این حوضه شده است.

واژه‌های کلیدی: حوضه آبریز الشتر، تغییرات کاربری اراضی، مدل HEC- HMS، روش ماسکینگام.

^۱. (نویسنده مسئول): fatemehsaki143@gmail.com

مقدمه

تغییر کاربری اراضی یکی از اساسی‌ترین فرایندهای انسانی است که در دهه‌های اخیر به‌طور فزاینده‌ای در نقاط مختلف کشور رخ می‌دهد و عواقب آن بر پایداری محیطی، منابع طبیعی و ساختارهای اجتماعی، اقتصادی بسیار پرواضح است. حوضه آبریز یک سیستم باز با ورودی‌های انرژی خورشیدی و نزولات جوی است. با اعمال فرآیندهایی روی ورودی‌ها، خروجی‌هایی مانند دبی، رسوب و پوشش گیاهی تولید می‌کند. بنابراین خروجی‌های حوضه آبریز متأثر از ویژگی‌های داخلی حوضه از جمله زمین‌شناسی، فیزیوگرافی، کاربری اراضی و پوشش گیاهی است. اثر تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی در نفوذ و رواناب از اهمیت زیادی برخوردار است. بنابراین، بررسی هرچه بهتر اثرات تغییر کاربری اراضی بر ویژگی‌های سیل در پیش‌بینی پتانسیل و کاهش خطر سیل از اهمیت شایانی برخوردار است و این موضوع از مباحث مهم در زمینه برنامه‌ریزی، مدیریت، و توسعه پایدار حوزه آبریز است (Niehoff et al. 2002: 80-93). سیلاب از نظر تلفات جانی و خسارات مالی یکی از بلاهای طبیعی شناخته شده در جهان محسوب می‌شود (Lorestan Province Water Company, Forty Years Statistics of Doab Basin Hydrometric Stations). تلفات و خسارات ناشی از سیلاب در دهه‌های اخیر به خاطر افزایش جمعیت و دارایی‌ها در سیلاب‌دشت‌ها، تغییرات کاربری اراضی و اثرات مخرب انسانی، در جهان در حال افزایش است (Lorestan Province Water Company, Forty Years Statistics of Doab Basin Hydrometric Stations). مدیریت بحران سیل یا به عبارتی کنترل و کاهش اثرات مخرب و ویرانگر این بحران نیازمند پژوهش‌های درست و دقیق است. مطالعات انجام شده در این زمینه بیانگر آنست که تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی تأثیر مهمی در کمیت و کیفیت رواناب خروجی حوضه آبریز و اندازه و تکرار سیل دارند (Rezaei Moghaddam et al., 2014). از آن جایی 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 حاصل از مدل می‌توان حوضه آبریز را از طریق پیش‌بینی مدیریت کرد (Razavi Zadeh et al., 2013). در مدل‌های هیدرولوژیکی کاربری اراضی یکی از داده‌های اصلی محسوب می‌شود و تولید آن جهت اجرای مدل از اهمیت فراوانی برخوردار است (Yasunori et al., 2018). پژوهش‌های انجام شده، در زمینه تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر خصوصیات هیدرولوژیکی رودخانه‌ها بطور واضح تأثیر این مهم را در تغییر میزان رواناب و جریان رودخانه‌ها نشان داده است. سیستم مدل‌سازی هیدرولوژیکی HEC-HMS برای شبیه‌سازی فرآیندهای بارش - رواناب در سیستم حوضه آبخیز طراحی شده است. این مدل یک مدل ریاضی شبه‌توزیعی است، که روابط بین متغیرها و پارامترها را به صورت توابع همبستگی نشان می‌دهد. در این مدل حوضه آبریز به واحدهای هیدرولوژیکی کوچک‌تری تقسیم شده و مدل‌های یکپارچه برای هر کدام از این قسمت‌ها در نظر گرفته می‌شود. سیستم مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS با ۳ بخش، مدل حوضه، مدل اقلیم و شاخص‌های کنترل برای شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب در سیستم حوضه آبریز طراحی شده است. در قسمت مدل حوضه، اجزای هیدرولوژی حوضه آبریز، شامل زیرحوضه‌ها، محل تلاقی دو آبراهه و بازه رودخانه، به صورت شماتیک ترسیم و سپس داده‌های مساحت، درصد اراضی نفوذ ناپذیر، شماره منحنی، تلفات اولیه، و زمان تأخیر زیرحوضه‌ها به مدل وارد می‌شود. مدل اقلیم شامل مجموعه داده‌های مورد نیاز برای تعیین بارش‌های مورد استفاده 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. پس از تعریف سه بخش مدل حوضه، مدل اقلیم و شاخص‌های کنترل، هیتوگراف هر بارش با توجه به زمان‌های تعیین شده در

قسمت شاخص‌های کنترل، و هیدروگراف خروجی مشاهده‌ای متناظر آن به مدل معرفی خواهد شد. محققین فراوانی در داخل و خارج کشور به ارزیابی تاثیر 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 (۱۳۸۴) 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 (۱۳۷۹-۱۳۳۴) بررسی نمودند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که سطح اراضی دیم از ۴۵۲۸ هکتار به ۲۰۲۳۱ هکتار افزایش و سیلاب در دوره جدید در بعضی از زیر حوضه‌ها تا ۷۰ درصد نسبت به دوره قدیم افزایش یافته است.

هادیانی (۱۳۸۶) در تحقیقی به بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر دبی سیلاب در حوضه آبخیز مادرسو یکی از زیر حوضه‌های حوضه آبخیز گرگان رود واقع در شرق استان گلستان را با استفاده از روش سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) پرداخت. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تخریب شدید و تغییر کاربری اراضی در این حوضه سبب افزایش دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب از ۳۱ تا ۷۹ درصد شده است.

نوحه‌گر و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی با استفاده از روش‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به ارزیابی نقش تغییرات کاربری اراضی بر پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبخیز تنگ بستانک واقع در شیراز پرداختند. آن‌ها ضمن بررسی تغییرات کاربری اراضی، به چگونگی تبدیل بارندگی به بارندگی مازاد تحت عنوان شماره منحنی (CN) پرداختند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که حوضه آبخیز تنگ بستانک در دوره زمانی ۱۸ ساله مطالعاتی ۹ درصد سیل‌خیزتر شده است. ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۲) نقش تغییرات کاربری اراضی نکا رود از حوضه‌های آبخیز دریای خزر بر پهنه‌های سیل‌خیز را در محیط سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی نمودند. نتایج حاصل از این تحقیق 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 (۱۳۹۳) اثر تغییرات کاربری و پوشش اراضی حوضه آبریز سد علویان واقع در شهرستان مراغه، استان آذربایجان شرقی را در بازه زمانی (۲۰۱۳-۱۹۸۷)، بر سیل‌خیزی حوضه و دبی رواناب با استفاده از مدل سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها با استفاده از نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و نقشه کاربری اراضی نقشه شماره منحنی (CN) را تهیه و سپس میزان نگهداشت خاک (S) را محاسبه نمودند. نتایج حاصل از این تحقیق 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 نسبه به سال ۱۳۷۹ شده است.

فرزادمهر و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر پهنه سیل‌خیز نکارود پرداختند. در این مطالعه جهت تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر سنجنده ETM^+ ماهواره لندست استفاده شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مهم‌ترین تغییرات کاربری اراضی و احتمال وقوع سیلاب مربوط به از بین رفتن درختان جنگلی بوده و سطح دشت سیلابی ۱۴/۶۰ درصد افزایش یافته است.

ولی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی به ارزیابی تاثیر تغییر کاربری اراضی بر رواناب با استفاده از مدل (SWAT) در حوضه آبریز چنار رهدار یکی از زیر حوضه‌های دریاچه مهارلو واقع در جنوب شرقی شیراز پرداختند. در این مطالعه از داده‌های روزانه بارش و دما (۲۰۱۵-۲۰۰۳) و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۲۰۰۴ و ۲۰۱۵ استفاده شد. در این مقاله تأکید می‌شود که مدل SWAT ابزاری بسیار انعطاف‌پذیر و قوی برای شبیه‌سازی انواع مشکلات مدیریت اراضی در حوضه‌های مختلف با شرایط مختلف آب

و هوایی و پوشش زمین است. چن و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای جهت بررسی تاثیر تغییر کاربری اراضی بر میزان رواناب، دو سناریوی تغییر کاربری اراضی ارائه دادند. در این مطالعه 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 حاصل از این مطالعه 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 (۲۰۱۴) تأثیر تغییرات را در اراضی توسعه‌یافته و باران را بر هیدرولوژی حوضه آبخیز آرانساس در تگزاس بررسی کردند. در این مطالعه مدل LCM حدود ۷۰ درصد افزایش را در مناطق توسعه‌یافته سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی کرد. کاماچو المدو و همکاران (۲۰۱۵) تغییرات کاربری اراضی را در حوضه آبخیز سگورا واقع در جنوب اسپانیا با استفاده از LCM مدل‌سازی نمودند. آنها جهت انجام این مطالعه از تصاویر ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۲ برای مدل‌سازی پوشش اراضی استفاده کردند و نتایج از دقت زیادی برخوردار بود.

جورایان و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، اثر تغییرات کاربری اراضی بر روی رواناب را در سواحل شرقی استان مازندران بررسی نمودند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که 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 و مساحت پهنه‌های سیلابی ۱۱ درصد افزایش یافته است.

لولو و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی با استفاده از مدل LCM اثر تغییرات کاربری اراضی را بر فرسایش بررسی نمودند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ کاربری جنگل و مراتع به ترتیب ۲/۶ و ۳/۱۴ درصد افزایش و کاهش یافته اند و فرسایش در منطقه مورد مطالعه بیشتر شده است.

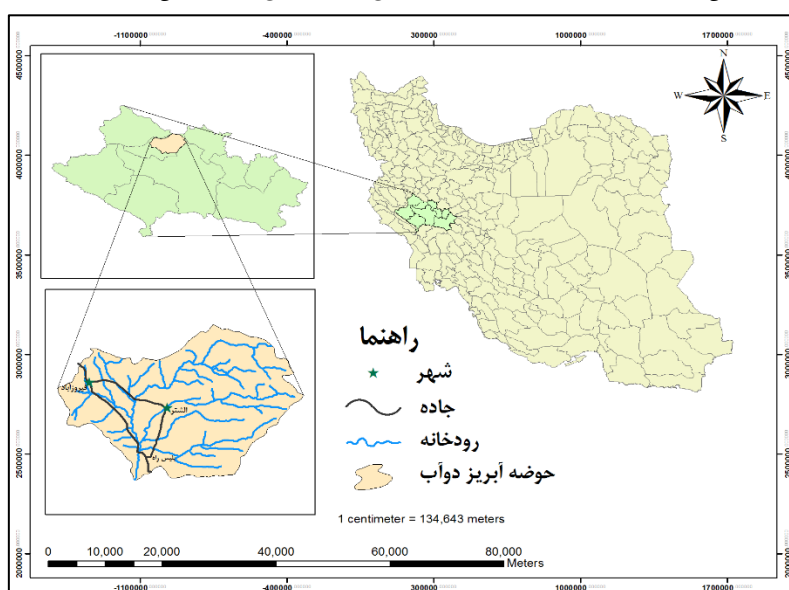
مارسین سازوگزیک و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر خطر سیل در کارپات‌های لهستان را با استفاده از مدل سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که توسع جنگل در منطقه مورد مطالعه سبب کاهش دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب به میزان ۵ درصد شده است.

در کشور ما نیز تعداد وقایع و خسارات سیل در سال‌های گذشته روند افزایشی داشته است (Ministry of Energy, Department of Water and Water Resources, n.d.) به عنوان نمونه می‌توان به سیل فروردین ۱۳۹۸ اشاره نمود که بر اثر آن خسارات جانی و مالی فراوانی را در چند استان کشور از جمله استان لرستان بر جای گذاشت. تغییرات گسترده کاربری اراضی، از بین بردن پوشش گیاهی، تخریب جنگل و تجاوز به حریم و بستر رودخانه در منطقه مورد مطالعه، هم‌چنین سیل خیز بودن حوضه آبریز الشتر طی سالیان اخیر خصوصاً سیل فروردین ۱۳۹۸، با دبی ۵۵۰ متر مکعب بر ثانیه در ساعت ۱۶ روز دوازدهم فروردین (Lorestan Province Water Company, n.d.) بر اهمیت این مطالعه می‌افزاید. در این مطالعه به ارزیابی تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر سیل خیزی حوضه آبریز الشتر با استفاده از مدل HEC- HMS پرداخته شد.

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز الشتر قسمتی از شهرستان سلسله محسوب می‌شود که با مساحت ۷۶۷/۹۴ کیلومتر مربع و با محیط ۱۲۱۶۵۲ متر، در طول جغرافیایی ۳۱°، ۳۱'، ۱۳" تا ۳۱°، ۳۱'، ۴۸" شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳°، ۴۴'، ۲۴" تا ۳۳°، ۳۴'، ۱۵" شمالی قرار گرفته

است (شکل ۱). این 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. رودخانه کهمان واقع در این حوضه از سرآب تخت شاه تا منطقه دوآب معروف به سراب صیدعلی به طول ۳۸/۶۲ کیلومتر است. حوضه آبریز الشتر 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 عمدتاً از سنگ آهک تشکیل شده است. وضعیت توپوگرافی، منطقه مورد مطالعه را به صورت یک دشت میان کوهی درآورده است. از ارتفاعات مهم منطقه می‌توان به کوه‌های گرین، خرگوش‌ناب، اسپش و مهاب اشاره نمود که ناهمواریهای غالب منطقه را تشکیل می‌دهند. این کوه‌ها با امتداد شمال‌غربی-جنوب‌شرقی جزء رشته کوه‌های زاگرس به حساب می‌آیند. حداکثر ارتفاع منطقه ۳۶۲۷ متر و حداقل آن ۱۴۵۶ متر است، که در خروجی حوضه می‌باشد (شکل ۱).

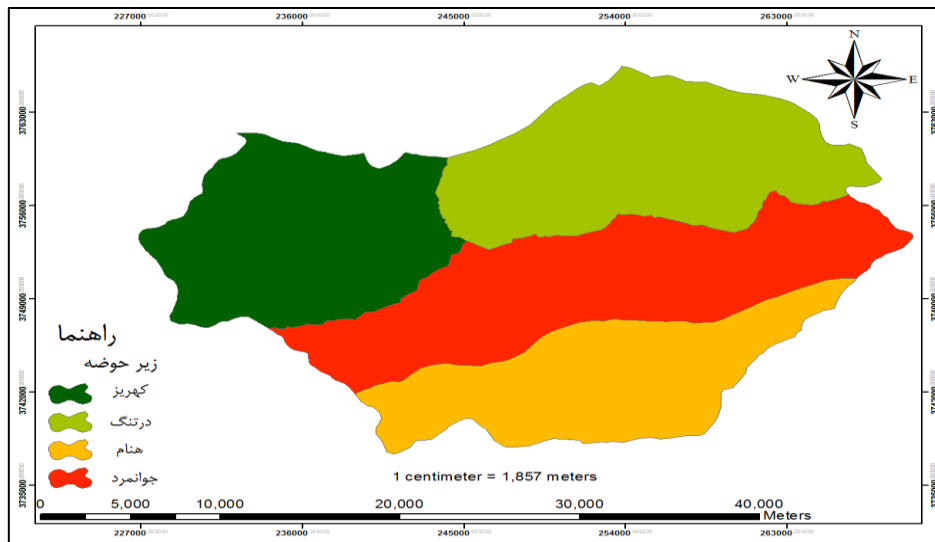


شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز الشتر در ایران و استان لرستان

این محدوده به لحاظ وجود ارتفاعات آهکی، بارش برف و باران و آبرفت مناسب دارای منابع آب زیرزمینی قابل توجه و چشمه‌ها و رودخانه‌های دائمی می‌باشد که از سرشاخه‌های رودخانه کرخه محسوب می‌شوند. از نظر خاک‌شناسی نیز خاک‌های منطقه مورد مطالعه 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 می‌باشد که در لایه‌های سطحی ۱۵-۳ درصد سنگریزه درشت و در لایه زیرین مقادیر نسبتاً زیاد آهک به صورت سخت دانه مشاهده می‌گردد. با عنایت به نقشه کاربری اراضی و مطالعات میدانی انجام شده در منطقه مورد مطالعه، کاربری اراضی این حوضه شامل زراعت آبی و دیم، مراتع فقیر و متوسط، جنگل با تاج پوشش کم تا متوسط و محدوده شهر می‌باشد.

روش کار (مواد و روش‌ها)

برای انجام این پژوهش ابتدا با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، مرز حوضه آبریز الشتر مشخص و بر اساس ویژگی‌های فیزیوگرافی به ۴ زیرحوضه تقسیم گردید (شکل ۲).



شکل ۲: نقشهٔ زیرحوضه‌های منطقه مورد مطالعه

سپس در محیط نرم‌افزار Arc GIS بصورت رقومی ترسیم و از ویژگی‌های فیزیکی حوضه و زیرحوضه‌ها، به عنوان پارامترهای مورد نیاز در این پژوهش استفاده شد. داده‌های بارش و دبی منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی ۱۳۸۵ به بعد از سازمان آب منطقه‌ای استان لرستان تهیه و پس از بررسی و تحلیل داده‌ها ۴ واقعه هم‌زمان بارش و سیلاب (جدول ۵) تعیین گردید. جهت ارزیابی تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر سیل‌خیزی منطقه مورد مطالعه، نقشه کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۴۰۴ تهیه گردید. در ادامه نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک از اداره منابع طبیعی استان لرستان تهیه و بمنظور محاسبه شماره منحنی (CN) مورد استفاده قرار گرفت.

برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، تصاویر مربوط به سال ۲۰۰۵ (سنجنده TM ماهواره لندست ۵ تاریخ ۲۶/۰۵/۲۰۰۵) گذر ۱۶۶ ردیف ۳۷) و سال ۲۰۲۵ (سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ تاریخ ۱۰/۰۶/۲۰۲۵ گذر ۱۶۶ ردیف ۳۷) منطقه مورد مطالعه تهیه و سپس عملیات پیش پردازش شامل تصحیحات اتمسفری و هندسی بر روی تصاویر اعمال گردید. روش‌های مختلفی برای طبقه‌بندی تصاویر وجود دارد. در روش شی‌گرا علاوه بر اطلاعات طیفی از اطلاعات مربوط به محتوا، بافت و الگو نیز در طبقه‌بندی تصاویر استفاده می‌شود. در این پژوهش از روش طبقه‌بندی شی‌گرا در محیط نرم‌افزار eCognition استفاده شد. هم‌چنین با استفاده از نرم‌افزار Google Earth و مطالعات میدانی منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. در روش شی‌گرا ابتدا سگمنت‌سازی تصویر با استفاده از مدل طبقه‌بندی چند مقیاسه انجام و طبقه‌بندی با استفاده از پارامترهای مقیاس و معیار همگنی بر روی تصاویر اعمال گردید. جهت یافتن بهترین نتیجه برای بافت و شکل تصاویر، طبقه‌بندی به صورت آزمون و خطا و طی مراحل متعددی با ترکیب‌های وزنی مختلف انجام شد. جهت طبقه‌بندی از اطلاعات مربوط به ویژگی‌های طیفی و هندسی کلاس‌های کاربری اراضی (شامل اندازه، شکل، بافت) استفاده شده و این مراحل با روش طبقه‌بندی چندتفکیکه^۱ صورت گرفت. به‌منظور انجام این کار با بررسی نتایج طبقه‌بندی تصویر با پارامترهای مقیاس، فشردگی و شکل متفاوت، قدرت تفکیک رادیومتریکی و مکانی تصویر و با سعی و خطا در نظر گرفته شد. جهت طبقه‌بندی شی‌گرا در نرم‌افزار eCognition مراحل زیر انجام شد. طبقه‌بندی 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 و در پایان جهت ارزیابی صحت نقشه‌های حاصل، از ماتریس خطا و ضریب آماری کاپا استفاده شده است. ماتریس خطا رابطه‌ی بین داده‌های مرجع شناخته شده (حقایق زمینی) و نتایج یک طبقه‌بندی را به صورت طبقه به طبقه مقایسه می‌کند.

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^C E_{ii}}{N} \quad \text{رابطه ی ۱}$$

OA نشان دهنده‌ی 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) می‌باشد (Green et al., 2000)

ضریب آماری کاپا یک تکنیک ناپیوسته چند متغیری برای ارزیابی صحت است و به صورت رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$K = \frac{\text{احتمال توافقی} - 1}{\text{احتمال توافقی} - (\text{صحت مشاهده شده})} \quad \text{رابطه ۲}$$

شاخص کاپا مقداری بین صفر و یک دارد، مقدار کاپا صفر نشان‌گر یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی و مقدار شاخص کاپا یک نشان‌دهنده‌ی یک طبقه‌بندی کاملاً صحیح و ۱۰۰ درصد مطابق با واقعیت زمینی است. پس از محاسبه ضریب کاپا اگر مقدار آن بین ۰ تا ۲۰ درصد باشد بین مشاهده زمینی و طبقه‌بندی توافقی وجود ندارد، اگر ضریب کاپا بین ۲۰ تا ۴۰ درصد باشد توافقی ناچیز، اگر ضریب کاپا بین ۴۰ تا ۶۰ درصد باشد توافقی متوسط، اگر ضریب کاپا بین ۶۰ تا ۸۰ درصد باشد توافقی خوب و اگر ضریب کاپا بین ۸۰ تا ۱۰۰ درصد باشد توافقی بین مشاهده و پیش‌بینی عالی خواهد بود.

برای ورود داده‌های بارش به مدل روش‌های مختلفی وجود دارد که در این پژوهش از روش هیئوگراف بارش استفاده شد. همچنین برای بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر ویژگی‌های سیلاب از مدل HEC-HMS استفاده شد. در این پژوهش روش SCS بکار گرفته شد و معادلات آن به صورت زیر است.

$$Q_d = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} \quad \text{رابطه ۳}$$

که معمولاً در شرایط کلی $I_a = 0.2 * S$ در نظر گرفته می‌شود (Alizadeh, 2009)

$$S = (25400 / CN) - 254 \quad \text{رابطه ۴}$$

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، چالاب و نفوذ است (Alizadeh, 2009) در این صورت حداکثر دبی سیل از رابطه (۵) محاسبه می‌شود.

$$Q_p = (0.208 * A * Q_d) / (T_p) \quad \text{رابطه ۵}$$

Q_p دبی اوج (متر مکعب بر ثانیه)، A مساحت حوضه (هکتار) و T_p زمان رسیدن دبی به مرحله اوج (ساعت) و T_p از فرمول زیر تخمین زده می‌شود (Alizadeh, 2009)

$$T_p = 0.6 T_c + (T_c)^{0.5} \quad \text{رابطه ۶}$$

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

$$T_c = 1.67 * (T_{Lag}) \quad \text{رابطه ۷}$$

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

$$T_{Lag} = ((L^{0.8}) * (S+1)^{0.7}) / ((1900) * (y^{0.5})) \quad \text{رابطه ۸}$$

Y شیب متوسط حوضه بر حسب درصد، L طول رودخانه اصلی بر حسب فوت و S پتانسیل نگهداشت بارش روی زمین بر حسب اینچ (Alizadeh, 2009) برای تعیین آب پایه می‌توان روشی را به مدل معرفی کرد و یا مدل را بدون آب پایه در نظر گرفت. در این پژوهش در تمام زیرحوضه‌ها از روش مدل ثابت ماهانه استفاده شده است. برای روندیابی سیل در حوضه آبریز الشتر از روش ماسکینکام استفاده گردید. این روش دارای دو ضریب X و K است. 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 ۰/۵ و بطور متوسط بین ۰/۲ و ۰/۴ تغییر می‌کند. در ادامه مدل طراحی شده مورد واسنجی و اعتبارسنجی قرار می‌گیرد. 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 (Kaviani & Alijani, 2007) بدین منظور برای واسنجی از پارامتری استفاده خواهد شد که مدل نسبت به آن حساس باشد.

جهت بررسی حساسیت مدل به تغییر پارامترها، منحنی تغییرات نتایج مدل نسبت به تغییر هر کدام 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 (Tellman et al., 2015) برای ارزیابی حساسیت مدل نسبت به تغییرات هر کدام از پارامترها از رابطه زیر استفاده می‌شود (Razavi Zadeh et al., 2013)

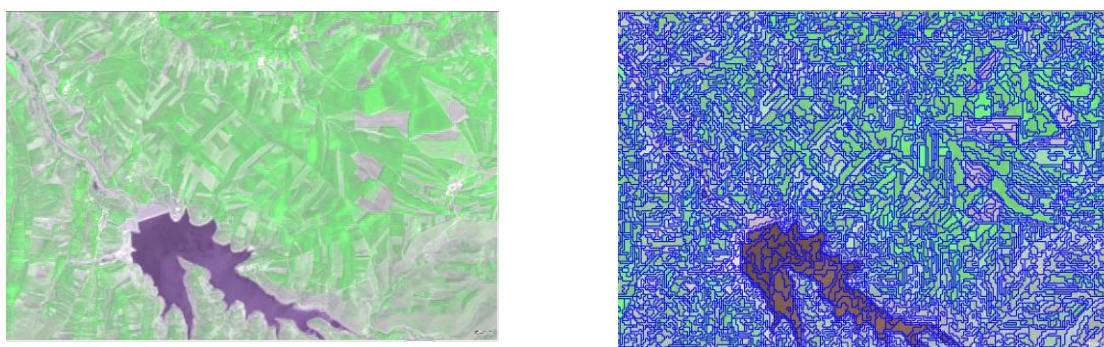
$$SEN = 100 [New - Old] / [Old |Pc|] \quad \text{رابطه ۹}$$

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 می‌گردد. برای اعتبارسنجی مدل از طریق اجرای مدل با پارامترهای بهینه شده برای گروه دوم داده‌ها انجام و نهایتاً هیدروگراف شبیه‌سازی با هیدروگراف مشاهده شده، مقایسه می‌شود. در این پژوهش برای مشخص نمودن بهترین برازش بین هیدروگراف مشاهده و محاسبه شده از تابع درصد خطای دبی پیک و تابع انحراف معیار وزنی دبی استفاده شده است.

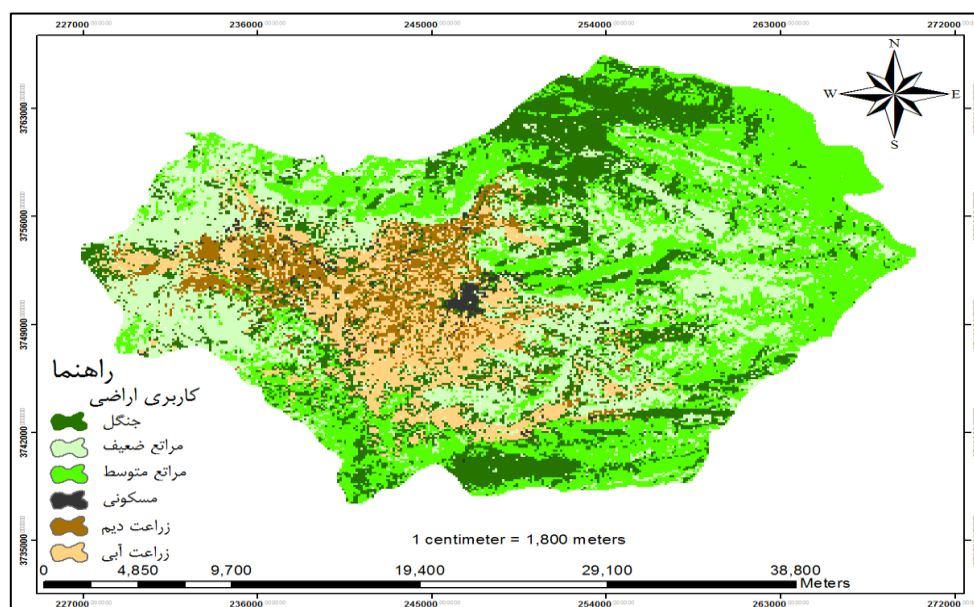
یافته‌ها

به منظور بهترین نتیجه برای تهیه نقشه کاربری اراضی، برای بافت و شکل تصاویر، قطعه بندی با ترکیب های وزنی مختلف انجام و بر اساس مقایسه بصری، واقعیت زمینی و اطلاعات شخصی نهایتاً پارامترهای مقیاس ۳، شکل و فشردگی هر دو ۰/۵ تعیین شد (شکل ۳). نقشه کاربری اراضی با صحت کلی ۹۶/۱۵ و ضریب کاپا ۰/۹۲ برای حوضه آبریز الشتر، ۶ کاربری شامل جنگل، زراعت دیم، زراعت آبی، مناطق مسکونی، مراتع ضعیف و مراتع متوسط تهیه گردید (شکل های ۴ و ۵). برای تفکیک مراتع از روش چهار فاکتوره استفاده شد. در این روش درجه وضعیت مرتع بر اساس جمع امتیازات به دست آمده 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 بنیه و شادابی گیاه (در چهار طبقه، صفر تا ۲۲ امتیاز) برای حوضه آبریز الشتر انجام شد (Mesdaghi, 2003) نتایج حاصل از بررسی نقشه‌های کاربری اراضی بدست آمده برای حوضه آبریز الشتر

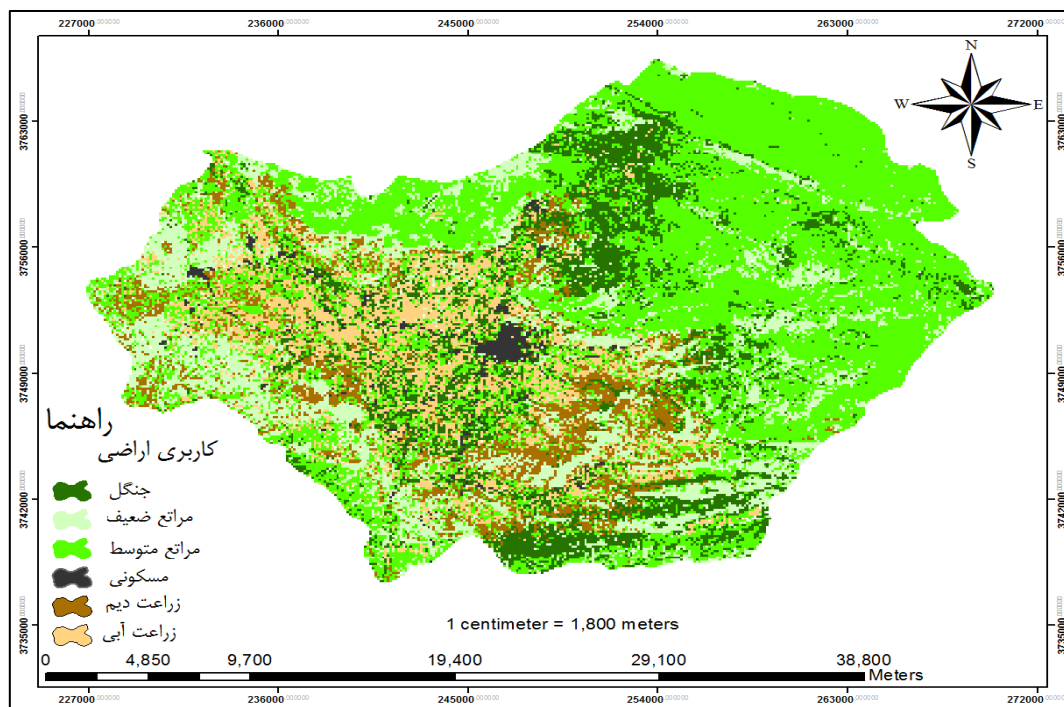
در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۴۰۴ بیان می‌کند که کاربری جنگل ۵۶/۷۱ کیلومتر مربع به مقدار ۷/۳۹ درصد کاهش، مراتع ضعیف ۱۸/۱۹ کیلومتر مربع معادل ۲/۳۷ درصد افزایش، مراتع متوسط ۴۶/۴۴ کیلومتر مربع معادل ۶/۰۶ درصد کاهش، مناطق مسکونی ۶/۷۸ کیلومتر مربع معادل ۰/۸۹ درصد افزایش، زراعت دیم ۵۸/۳۰ کیلومتر مربع معادل ۷/۶۰ درصد افزایش و زراعت آبی ۱۹/۸۸ کیلومتر مربع معادل ۲/۵۹ درصد افزایش یافته‌اند. افزایش مراتع ضعیف ناشی از تبدیل مراتع متوسط به ضعیف می‌باشد که در مجموع مراتع ۲۸/۲۵ کیلومتر مربع معادل ۳/۶۸ درصد کل مساحت حوضه کاهش را نشان می‌دهد. به طور کلی تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبریز الشتر نشان از کم شدن مساحت کاربری جنگل و مراتع و زیاد شدن مساحت کاربری مسکونی و زراعی می‌باشد (جدول ۱). به بیان دیگر در منطقه مورد مطالعه نفوذپذیری خاک (تلفات اولیه) کم شده و این فرآیند منجر به افزایش رواناب شده است.



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



شکل ۴: نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۸۵



شکل ۵: نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

جدول ۱: مساحت، درصد مساحت و تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبریز الشتر در سال‌های ۱۳۸۵ به بعد

ردیف	نوع کاربری	کاربری اراضی ۱۳۸۵		کاربری اراضی ۱۴۰۴		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 کاهش
۲	مراتع ضعیف	۱۹۵/۲۶	۲۵/۴۵	۲۱۳/۴۵	۲۷/۸۲	۱۸/۱۹	۲/۳۷ افزایش
۳	مراتع متوسط	۲۵۸/۶۰	۳۳/۷۰	۲۱۲/۱۶	۲۷/۶۵	۴۶/۴۴	۶/۰۶ کاهش
۴	مناطق مسکونی	۹/۸۴	۱/۲۸	۱۶/۶۲	۲/۱۷	۶/۷۸	۰/۸۹ افزایش
۵	زراعت دیم	۴۷/۵۹	۶/۲۰	۱۰۵/۸۹	۱۳/۸۰	۵۸/۳۰	۷/۶۰ افزایش
۶	زراعت آبی	۸۴/۸۷	۱۱/۰۶	۱۰۴/۷۵	۱۳/۶۵	۱۹/۸۸	۲/۵۹ افزایش

جهت اجرای مدل HEC-HMS ابتدا حوضه آبریز الشتر شامل زیر حوضه‌ها، آبراهه‌ها و نقاط اتصال آبراهه‌ها و پایین دست هر کدام از این عناصر به مدل معرفی شد. سپس داده‌های مورد نیاز برای اجرای مدل شامل خصوصیات فیزیوگرافی زیر حوضه‌ها، زمان تاخیر، درصد اراضی نفوذ ناپذیر، شماره منحنی، بارش و دبی وقایع سیلابی انتخاب شده به مدل وارد شد (جدول ۲).

جدول ۲: مشخصات فیزیوگرافی، زمان تاخیر، درصد اراضی نفوذ ناپذیر و شماره منحنی واحدهای حوضه آبریز الشتر

شماره منحنی (CN)	درصد اراضی نفوذ ناپذیر		زمان تاخیر (ساعت)		طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	شیب (درصد)	مساحت (کیلومتر مربع)	زیر حوضه	
	سال ۱۳۸۵	سال ۱۴۰۴	سال ۱۳۸۵	سال ۱۴۰۴					
	سال ۱۴۰۴	سال ۱۳۸۵	سال ۱۴۰۴	سال ۱۳۸۵					
۷۲/۱	۵۴/۶	۱/۷	۱/۰۲	۴/۱۶	۶/۳۲	۳۵/۸۵	۱۴/۰۵	۲۰۴/۱	درتنگ
۷۱/۲	۶۱/۱	۱/۶	۰/۹۸	۳/۱۱	۴/۴۱	۱۹/۱	۸/۷۲	۱۸۱/۶	کهریز
۷۳/۲	۵۷/۴	۳/۸	۱/۵۲	۳/۱۵	۵/۸۴	۳۰/۰۸	۱۲/۸۲	۲۲۰/۸	جوانمرد
۷۵/۴	۶۴/۱	۰/۹۵	۰/۷۳	۳/۰۲	۴/۷۳	۲۸/۵۶	۱۵/۲۱	۱۶۱/۴	هنام
۷۵/۸	۶۰/۵	۱/۷۵	۱/۳۹	۶/۸۶	۱۰/۰۲	۴۶/۴۵	۷/۸۱	۷۶۷/۹	کل حوضه

نتایج حاصل از جدول (۲) نشان می‌دهد که در بازه مورد مطالعه، در همه زیر حوضه‌های منطقه مورد مطالعه زمان تاخیر کاهش، درصد اراضی نفوذ ناپذیر و شماره منحنی (CN) افزایش یافته‌اند. این مطالب نیز بیانگر کاهش نفوذ پذیری و تلفات اولیه بارش و افزایش رواناب است. جهت روندیابی سیل در منطقه مورد مطالعه از روش ماسکینکام استفاده شد و مقادیر ضرایب X و K برای آبراهه‌های حوضه آبریز الشتر محاسبه گردید (جدول ۳).

جدول ۳: مقادیر x و k آبراهه‌های اصلی حوضه آبریز الشتر

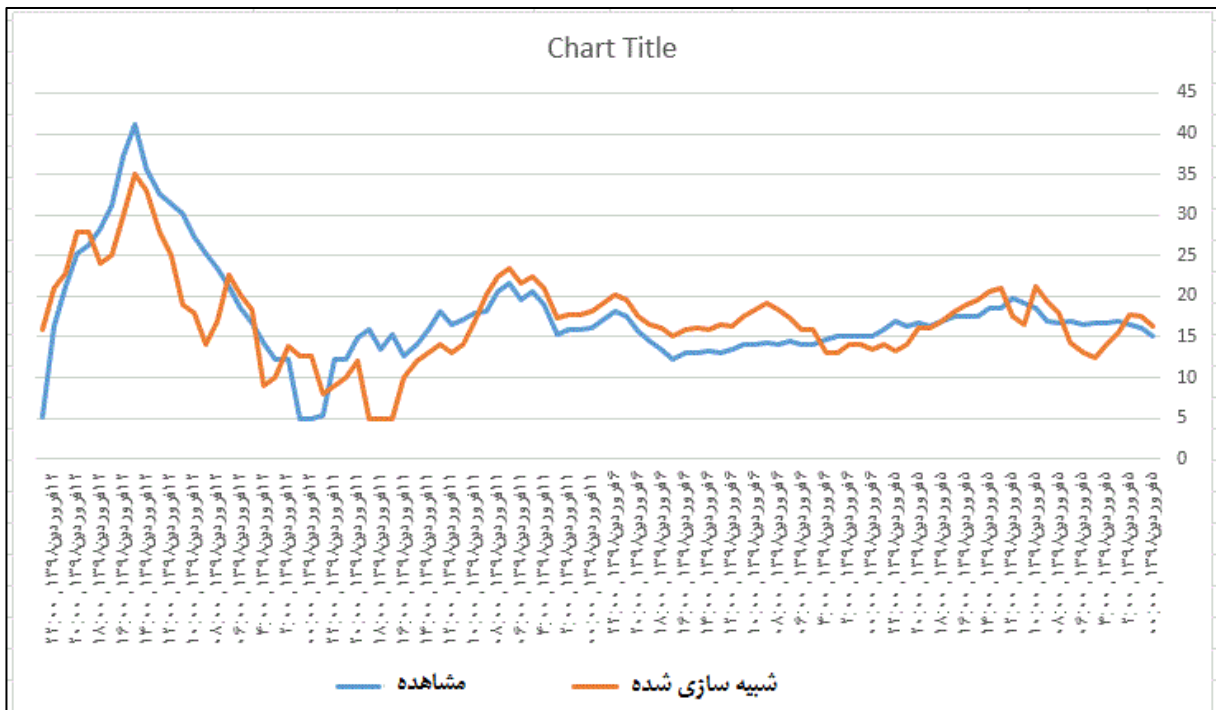
آبراهه	R_1	R_2
X	۰/۲۹	۰/۲۹
K	۱/۵	۱/۶

هم‌چنین جهت واسنجی مدل از سه پارامتر شماره منحنی، زمان تاخیر و تلفات اولیه استفاده شد. آنالیز حساسیت مدل نشان داد که حساسیت مدل به پارامتر تلفات اولیه بیشتر است. بدین خاطر واسنجی مدل بر اساس مقادیر تلفات اولیه اجرا شد (جدول ۴).

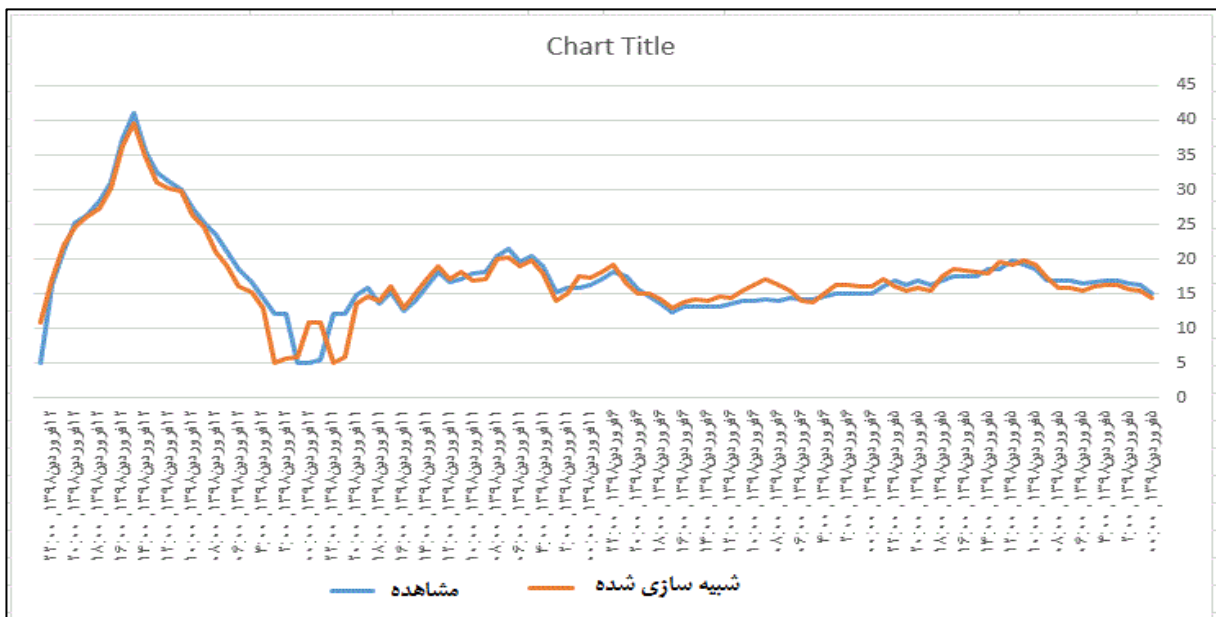
جدول ۴: نتایج حاصل از واسنجی مدل بر اساس مقادیر تلفات اولیه در حوضه آبریز الشتر

	محاسباتی	مشاهداتی	اختلاف	درصد اختلاف	درصد مطابقت
ارتفاع رواناب (میلی متر)	۱۱۴/۳۵	۱۱۹/۱۵	۴/۸	۳/۸۵	۹۶/۱۵
اوج رواناب (متر مکعب بر ثانیه)	۵۵۱/۳	۵۴۹	۲/۳	۱/۱۵	۹۸/۸۵
حجم رواناب (۱۰۰۰ متر مکعب)	۸۷۹۶۷/۱۵	۹۱۴۸۹/۵	۳۵۲۲/۳۵	۳/۸۵	۹۶/۱۵
زمان پیک	۱۳۹۸/۱/۱۲ ساعت ۲۳	۱۳۹۸/۱/۱۱ ساعت ۱۷	-----	-----	-----
Time of center of mass	۱۳۹۸/۱/۱۲ ساعت ۷:۲۳	۱۳۹۸/۱/۱۲ ساعت ۴:۳۹	-----	-----	-----
تابع هدف	Peak-Weighted RMS Error				

نتایج حاصل از واسنجی مدل (جدول ۴) نشان می‌دهد که مدل طراحی شده برای حوضه آبریز الشتر، ارتفاع رواناب و حجم رواناب را با صحت ۹۶/۱۵ و اوج رواناب را با صحت ۹۸/۸۵ شبیه سازی می‌نماید.



شکل ۶: هیدروگراف مشاهداتی و شبیه سازی شده، قبل از واسنجی در حوضه آبریز الشتر



شکل ۷: هیدروگراف مشاهداتی و شبیه سازی شده، پس از واسنجی در حوضه آبریز الشتر

بمنظور شبیه‌سازی حوضه با استفاده بکارگیری مدل، ابتدا اعتبارسنجی مدل انجام گرفت. بررسی عملکرد مدل در تخمین حجم رواناب خروجی حوضه، با ۲ واقعه اعتبارسنجی شد. نتایج حاصل از اعتبارسنجی، ضمن تأیید درستی واسنجی انجام شده، نشان داد که متوسط اختلاف در حجم رواناب ۳/۸۵ درصد بوده است. جهت بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر ویژگی‌های سیل در منطقه مورد مطالعه در بازه مطالعاتی (۱۴۰۴-۱۳۸۵) داده‌های سال آبی ۱۳۹۷ (۴ واقعه از جمله بارش‌های فروردین ۱۳۹۸ که سبب ایجاد سیل شده‌اند)، در مدل ایجاد شده با شرایط کاربری اراضی ۱۳۸۵ اجرا گردید. بدین ترتیب مقایسه اوج و حجم

رواناب ایجاد شده در شرایط کاربری اراضی سال ۱۳۹۸ با شرایط کاربری اراضی ۱۳۸۵، در شرایطی که هر دو ناشی از بارندگی یکسان هستند، فراهم گردید و نتایج حاصل از این مقایسه محاسبه شد (جدول ۵).

جدول ۵: نتایج حاصل از وقوعه بارش سال آبی ۱۳۹۷ در شرایط کاربری اراضی ۱۳۸۵ با استفاده از مدل HEC-HMS

پارامتر	اوج رواناب (متر مکعب بر ثانیه)		وضعیت تغییرات اوج رواناب (متر مکعب بر ثانیه)		حجم رواناب (هزار متر مکعب)		وضعیت تغییرات حجم رواناب (هزار متر مکعب)	
	۱۳۸۵	۱۳۹۸	تغییرات	درصد	۱۳۸۵	۱۳۹۸	تغییرات	درصد
واقعها								
واقعہ ۱ ۱۳۹۸/۱/۱۲	۵۵۰	۴۱۲/۷۰	۱۳۷/۳۰	۳۳/۲۷	۶۳۲۵۴/۲۰	۸۷۱۷۶/۳۰	۲۳۹۲۲/۱۰	۳۷/۸۲
واقعہ ۲ ۱۳۹۸/۱/۵	۱۸۵/۹۰	۱۶۱/۲۰	۲۴/۷۰	۱۵/۳۲	۱۱۷۱۵/۴۰	۱۴۳۳۷/۸۰	۲۵۲۲/۴۰	۱۷/۷۲
واقعہ ۳ ۱۳۹۷/۱۲/۲۴	۴۱/۶۰	۳۹/۷۰	۱/۹۰	۴/۷۹	۵۳۶۷/۹۰	۵۸۸۰/۲۰	۵۱۲/۳۰	۹/۵۴
واقعہ ۴ ۱۳۹۷/۱۱/۹	۵۶/۳۰	۵۱/۹۰	۴/۴۰	۸/۴۸	۴۲۱۷/۵۰	۴۸۰۲/۹۰	۵۸۵/۴۰	۱۳/۸۸
میانگین	۲۰۸/۴۵	۱۶۶/۳۸	۴۲/۰۸	۱۵/۴۶	۲۱۱۳۸/۷۵	۲۸۰۲۴/۳۰	۶۸۸۵/۵۵	۱۹/۷۴

نتایج حاصل از جدول ۵ بیانگر آنست که در واقعہ ۱ اوج رواناب ۱۳۷/۳۰ متر مکعب در ثانیه معادل ۳۳/۲۷ درصد و حجم رواناب ۲۳۹۲۲/۱۰ هزار متر مکعب معادل ۳۷/۸۲ درصد افزایش، واقعہ ۲ اوج رواناب ۲۴/۷۰ متر مکعب در ثانیه معادل ۱۵/۳۲ درصد و حجم رواناب ۲۵۲۲/۴۰ هزار متر مکعب معادل ۱۷/۷۲ درصد افزایش، واقعہ ۳ اوج رواناب ۱/۹۰ متر مکعب در ثانیه معادل ۴/۷۹ درصد و حجم رواناب ۵۱۲/۳۰ هزار متر مکعب معادل ۹/۵۴ درصد افزایش و در واقعہ ۴ اوج رواناب ۴/۴۰ متر مکعب در ثانیه معادل ۸/۴۸ درصد و حجم رواناب ۵۸۵/۴۰ هزار متر مکعب معادل ۱۳/۸۸ درصد افزایش داشته است. در مجموع میانگین هر ۴ واقعہ بارشی حاکی از افزایش اوج رواناب به میزان ۴۲/۰۸ متر مکعب در ثانیه معادل ۱۵/۴۶ درصد و حجم رواناب ۶۸۸۵/۵۵ هزار متر مکعب معادل ۱۹/۷۴ درصد می‌باشد. بنابر اطلاعات حاصل از جدول (۵) می‌توان گفت که در حوضه آبریز الشتر، تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی مورد مطالعه سبب افزایش حجم و اوج رواناب و به عبارت دیگر سبب افزایش سیل خیزی گردیده است.

بحث و نتیجه‌گیری

ارزیابی نقشه‌های کاربری اراضی حوضه آبریز الشتر، حاکی از آنست که کاربری جنگل و مراتع به ترتیب ۵۶/۷۱ و ۲۸/۲۵ کیلومتر مربع معادل ۷/۳۹ و ۳/۶۸ درصد کل مساحت حوضه کاهش، 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 است. هم‌چنین نتایج حاصل از اجرای مدل برای نزولات اندازه‌گیری شده سال آبی ۱۳۹۷ در شرایط کاربری اراضی ۱۳۸۵ نشان داد که اوج رواناب از ۳۳/۲۷-۴/۷۹ و به

طور میانگین ۱۵/۴۶ درصد به میزان ۴۲/۰۸ متر مکعب در ثانیه افزایش یافته است. حجم رواناب از ۳۷/۸۲-۹/۵۴ و به طور میانگین ۱۹/۷۴ درصد به میزان ۶۸۸۵/۵۵ هزار متر مکعب افزایش داشته است. با عنایت به حساسیت مدل به پارامتر تلفات اولیه، واسنجی مدل بر اساس مقادیر تلفات اولیه انجام شد. نتایج اعتبارسنجی مدل، ضمن تأیید درستی واسنجی محاسبه شده، بیانگر آنست که دقت مدل ۹۶/۱۵ درصد و متوسط اختلاف در حجم رواناب ۳/۸۵ درصد می‌باشد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبریز الشتر با کم شدن مساحت جنگل و مراتع و افزایش زمین‌های کشاورزی و مسکونی خصوصاً کشت دیم روبرو شده است. همینطور در تمامی زیر حوضه‌های منطقه مورد مطالعه زمان تاخیر کم شده و درصد اراضی نفوذناپذیر افزایش یافته‌اند. به بیان دیگر این تغییرات سبب کاهش نفوذپذیری زمین و تلفات اولیه بارش شده است. همین مطلب افزایش اوج و حجم رواناب در منطقه مورد مطالعه را به دنبال داشته است. در مجموع می‌توان بیان کرد که تغییرات کاربری اراضی شکل گرفته در حوضه آبریز الشتر (که اهم آن کاهش اراضی کشاورزی و افزایش مناطق مسکونی است) منجر به افزایش سیل خیزی در این حوضه شده است.

منابع

1. Alizadeh, A, (2009), Principles of Applied Hydrology, Twenty-sixth Edition, Imam Reza University.[Persian]
2. 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, Vol 69, Pp 214-221.
3. Castillo, C.R, Güneralp, I., and Güneralp, B., (2014). Influence of changes in developed land and precipitation on hydrology of a coastal Texas watershed, Applied Geography, Vol 47, Pp 154-167.
4. Chen, Y., Xu, Y. & Yi, Y. (2009). Impacts of land use scenarios on storm run off generation in Xitiaoxi basin China, Journal of Hydrology, 289[1-4]:1-8.
5. Defries, R. & Eshleman, K.N. (2004). Land use change and hydrologic process: a major focus for the future, Hydrological Process 18 (11), 2183-2186.
6. Ebrahimi, Payam, Soleimani, Karim, Shahedi, Kaka,(2013) Investigation of Land Use Change on Flood Zones in Remote Sensing Environment and GIS, Engineering and Watershed Management, No. 2, pp. 73-67.[Persian]
7. 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, Volume 69, Number 3, Fall 2016, pp646-6. 633.[Persian].
8. Green, C.H., Parker, D.J. & Tunstall, S.M. (2000). Assessment of flood control and management options, Flood Hazard Center, 124p.
9. Hammond MJ, Chen AS, Djordjevic S et al (2015) Urban flood impact assessment: a state-of-the-art review, Urban Water J 12:14-29.
10. Joorabian S.S., Kamran S., Gholamalifard M., Azari M., Serrano-Notivoli, R and Ignacio López-Moreno J. (2017), Impacts of future land cover and climate change on the water balance in northern Iran. Hydrological Sciences Journal, 2150-3435.
11. Kaviani, M; Alijani, B, (2007), Basics of Meteorology, Khome Publications, 13th Edition.[Persian]
12. 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, 58, 4 (2005), pp. 742-733.[Persian]

13. Knebl, M.R., Yang, Z.L., Hutchison, K. & Maidment, D.R. (2005). Regional Scale Flood Modeling using NEXRAD, Rainfall, GIS, and HEC-HMS/RAS: A Case Study for the San Antonio River Basin Summer 2002 Storm Event, *Journal of Environment Management*, 75: 325-336.
14. Li, K.Y., Coe, M.T., Ramankutty, N.R. & De Jong, R. (2007). Modeling the hydrological impact of land use change in West Africa. *Journal of Hydrol*, 337: 257-268.
15. Lollo, J.A., Guerrero, J.V.R., Abe, A., and Lorandi, R., (2019). Land Change, Soil Degradation Processes, and Landscape Management at the Clarinho River Watershed, Brazil, *IAEG/AEG Annual Meeting Proceedings*, San Francisco, California, Vol 2, Pp 99–106.
16. Lin, p.Y., Verburg, P.H., Change, C., Chen, H. & Chen, M. (2009). *Landscape and Urbane Planning* 92: 242-254.
17. Lorestan Province Water Company, Forty Years Statistics of Doab Basin Hydrometric Stations.[Persian]
18. 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*, 107, 35-45.
19. 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 2002*, Wu et al., [eds] science Press, New York, Ltd, ISBN 7-03-008310-5.
20. Mazidi, A; Koushaki, S, Rainfall-Runoff Simulation and Flood Estimation in Khorramabad Basin Using HEC-HMS Model, *Geography and Development*, No. 41, Winter 2015, pp. 10-1.[Persian]
21. Meteorological Organization of Lorestan Province, Thirty Years Statistics of Rainfall and Synoptic Stations.[Persian]
22. Ministry of Energy, Department of Water and Water Resources, Introduction to Developing a Flood Crisis Management Operational Plan, p. 12.[Persian].
23. Mesdaghi, M., 2003. Range Management in Iran. Imam Reza University Publications,p.333(Persian).
24. Niehoff, D., Fritsch, U. & Bronstert, A. (2002). Land use Impacts on storm-runoff generation: Scenarios of land use change simulation of hydrological response in meso-scale catchment in Sw- Germany, *Journal of Hydrology* 267: 80-93.
25. Noohgar, A, Kazemi, M, Ghasr Dashti Roshan, M, Rezaei, P. 2012, The Impact of Land Use Change on Flood Potential, (Case Study of Tang Bastak Watershed of Shiraz), *Journal of Environmental Erosion Research*, No. 2 pp. 28-41.[Persian]
26. Olang, L.; Fürst, J. 2011, Effects of land cover change on flood peak discharges and runoff volumes: Model estimates for the Nyando River Basin, Kenya. *Hydrology*, P. 25, 80–89.
27. Potter, K.W. (1991). Hydrological impacts of changing land management practices in a moderate sized agricultural catchments, *Water Resources Research* 27, 845-855.
28. Radwan, A. (1999). Flood analysis and mitigation for area in Jordan, *Journal of Water Resources and Management*, 125(3): 170-177.
29. 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*, Volume 66, Number 3, Fall 2331, page 386-373.[Persian]
30. Rezaei Moghaddam, M.H; Andriani, Soghri, 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* No. 1 , Winter 2014, pp. 57-41.[Persian]

31. Riebsame, W.E., Meyer, W.E. & Turner, B.L. (1994). Modeling land use and cover as part of global environment change. *Climate Change* 28, pp. 45-64.
32. Ristic, R.; Radic, B.; Vasiljevic, N. 2011, Land Use Change for Flood Protection prospective study for the restoration of the river Jelasnica watershed, *Glasnik Umarskog Fakulteta* 103, 115-130.
33. Samie M., Ghazavi R., Vali A. and Pakparvar M. (2019), Evaluation of the effect of land use change on runoff using supervised classified satellite data, *Global NEST Journal*, 21(2), 245-252.
34. Soleimani Sardo, F, (2009), 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, p. 130.[Persian]
35. Suwanwerakamtorn, R. (1994). GIS and hydrologic modeling for management of watersheds, ITC, 343p.
36. Tellman B, Saiers JE, Cruz OAR (2015) Quantifying the impacts of land use change on flooding in datapoor watersheds in El Salvador with community-based model calibration. *Reg Environ Change*.
37. Varamesh S., Hosseini S.M. and Rahimzadegan M. (2017), Detection of land use changes in northeastern Iran by landsat satellite data. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(3), 1443-1454.
38. Vorosmarty, C.J., Green, P., Salsibury, J. & Lammers, R. (2000). Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science* 289 (5744), 284-288.
39. Wang, G.X., Liu, J.Q., Kubota, J.P. & Chen, L. (2007). Effects of land use changes on hydrological processes in the middle basin of the Heihe River, Northwest China, *Hydrological Processes* 21, (1010), 1370-1382.
40. Yasunori I., Kenichi N., Hiroya Y. and Otsukic S. (2018), Variation and changes in land-use intensities behind nickel mining: Coupling operational and satellite data. *Resources, Conservation and Recycling*, 134, 361-366.
41. Zolfaghari, H ؛ Tahmasebipour, N ؛ Baharvandi, N, Simulation of rainfall-runoff relationships of Kashkan watershed in Lorestan province by SCS method, *Geography and Sustainability*, No. 10, Spring 2014, pp. 12-1.[Persian]