

بررسی نقش تغییر کاربری اراضی در هیدروگراف سیل و نوسانات سطح آب زیر زمینی در بخشی از حوضه آبخیز قره سو

میشم یاری- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

سمیه سلطانی گردهرامزی^۱- استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

محسن قاسمی- دکتری علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۹/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۳/۱۰

چکیده

تغییرات کاربری اراضی موجب تغییر مؤلفه‌های مختلف چرخه هیدرولوژیکی می‌شوند. هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر کاربری‌های مختلف و تغییرات آن طی سال‌های ۱۳۷۱، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۱ بر روی سیلاب و نوسانات آب زیرزمینی در بخشی از حوضه آبخیز قره‌سو اردبیل است. در ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی و شماره منحنی در سال‌های مذکور تهیه و روند تغییرات کاربری اراضی مطالعه و تأثیر آن بر سطح تراز آب زیرزمینی و رواناب بررسی و سپس شبیه‌سازی سیلاب با استفاده از مدل HEC-HMS انجام گردید. نتایج نشان داد که در طول دوره مورد مطالعه، مساحت کاربری جنگل، زراعت آبی و زمین بایر به ترتیب ۲/۵۴، ۱۶/۶۹ و ۱/۱۹ درصد کاهش و مساحت کاربری مرتع، زراعت دیم و مناطق مسکونی به ترتیب ۵/۷۴، ۱۲/۳۹ و ۲/۲۹ درصد افزایش یافته است. با توجه به مقدار شماره منحنی و شبیه‌سازی سیلاب، نتایج به دست آمده نشان داد که دبی اوج و حجم سیلاب به ترتیب با افزایش ۹/۴۹ و ۶/۶۷ درصدی رو به رو شده است. در نهایت این تغییرات باعث کاهش سطح آب زیرزمینی به میزان ۶/۱۴ متر (۳۹/۰۶ درصد) در طول دوره آماری ۳۰ ساله شده است. محاسبه ضریب همبستگی بین کاربری‌های مختلف و حجم سیلاب و سطح آب زیرزمینی نشان داد که این متغیرها با کاربری‌های مرتع، زراعت دیم و مناطق مسکونی رابطه‌ی مستقیم دارند، در حالی که با کاربری‌های جنگل، زراعت آبی و زمین بایر دارای رابطه‌ی معکوس می‌باشند. **کلیدواژه‌ها:** کاربری اراضی، سیلاب، آب زیرزمینی، همبستگی، حوضه آبخیز قره‌سو اردبیل.

۱- مقدمه

در مباحث حفاظت از منابع آب و خاک، اطلاع از میزان تولید رواناب و فرسایش جهت دست یافتن به توسعه پایدار، پایه و اساس برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌ها است. از این رو بررسی دقیق رواناب سطحی و سطح آب‌های زیرزمینی، یک گام مهم و کلیدی در برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه منابع آب به شمار می‌آید. یکی از عواملی که بر خصوصیات رواناب سطحی و نوسانات آب‌های زیرزمینی حوضه‌های آبخیز تأثیر می‌گذارد، تغییرات کاربری اراضی در سطوح مختلف حوضه‌ها می‌باشد. تغییر کاربری زمین نیز می‌تواند تبدیل یک نوع کاربری به کاربری دیگر باشد، یا به عبارت دیگر به تغییرات در ترکیب و الگوی کاربری‌های اراضی در یک منطقه و یا اصلاح یک نوع کاربری خاص، تغییر کاربری اراضی گفته می‌شود (Jakeman et al., 2005). تغییرات نادرست کاربری اراضی باعث به هم خوردن چرخه آب از تعادل طبیعی می‌شود، که زیان‌های ناشی از سیل‌های ویرانگر اعم از خسارت‌های اقتصادی، تلفات جانی، هدر رفت آب و در نتیجه کاهش منابع آب را در پی خواهد داشت. تغییرات کاربری اراضی علاوه بر تغییر جریان سطحی بر جریان زیرسطحی و آب زیرزمینی نیز تأثیرگذارند (Palamuleni et al., 2011). آب زیرزمینی همانند سایر منابع طبیعی (چه به لحاظ کمی و چه به لحاظ کیفی) در معرض تهدید فعالیت‌های بشر قرار گرفته است. افت سطح آب زیرزمینی و تهی شدن سفره‌های آب زیرزمینی و پیامدهای آن از جمله افزایش هزینه‌های استحصال آب، نشست زمین و کاهش کیفیت آب در مناطق مختلف دنیا مشهود است. در سال‌های اخیر مطالعات مختلفی در زمینه تغییرات کاربری اراضی انجام شده است. برای مثال (Zope et al., 2016) اثرات تغییر کاربری اراضی و شهرنشینی بر جاری شدن سیل در حوضه اوشیوارا در بمبئی هند، را بررسی کردند. نتایج نشان داد در ۴۳ سال گذشته به دلیل افزایش ۷۴/۸۴ درصدی ساخت و ساز در منطقه سبب افزایش دبی اوج سیل و حجم سیل به اندازه ۳ تا ۴/۴۵ درصدی برای سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ سال شده و همچنین باعث افزایش ۱۰/۴ تا ۱۲/۲ درصدی سیل با دوره بازگشت ۲ سال شده است و به طور کلی مناطق خطر سیل ۲۲/۲۷ درصد افزایش یافته است. (Ozturk et al., 2013) به بررسی نقش تغییر کاربری در کشور ترکیه پرداختند و نتایج آنها نیز نشان از افزایش بیلان آبی در بخش رواناب داشت. بیگدلو و خان‌محمدی (۱۳۹۴) ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و افت سطح آب زیرزمینی در دشت زنجان در دو مقطع ۱۳۸۶ و ۱۳۹۲ بر اساس اطلاعات چاه‌های پیزومتری منطقه را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد بیشترین تغییرات کاربری در اراضی پوشش درختی رخ داده است که از منابع آب زیرزمینی استفاده شده و در نتیجه کاهش سطح آب زیرزمینی در منطقه را در پی داشته است. نصراللهی و همکاران (۱۳۹۳) به منظور بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر میزان افت آب زیرزمینی دشت گیلان غرب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای استفاده کردند. نتایج نشان داد که با جایگزینی طبقه کاربری مرتعی با طبقات کشاورزی آبی و کشاورزی دیم و بایر بر میزان افت آب زیرزمینی افزوده شده است. این تغییرات موجب گردیده است که در ۸۳/۹۳ درصد از منطقه، افت سطح

آب زیرزمینی بیشتر از ۵۰ سانتیمتر در سال باشد. اسکندری و همکاران (۱۳۹۵) تأثیر تغییر کاربری اراضی بر افت سطح آب زیرزمینی با استفاده از آمار منطقه‌ای در فاصله زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۴ با تصاویر لندست و آمار چاه‌های پیزومتری را مطالعه کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که ارتباط مؤثری بین تغییر کاربری و افت آب‌های زیرزمینی وجود دارد. بحری و دستورانی (۱۳۹۶) وضعیت هیدرولوژیکی حوزه آبخیز اسکندری در دهه آتی تحت تأثیر تغییر اقلیم و تغییر کاربری اراضی را پیش‌بینی کردند. نتایج نشان دهنده افزایش توامان دمای حداقل و حداکثر و افزایش دبی اوج و حجم سیلاب در اکثر ماه سال‌های مورد مطالعه بود. (Ali et al., 2011) در مطالعه‌ای به شبیه‌سازی تأثیر تغییرات کاربری اراضی در حوضه‌ای در اسلام‌آباد پاکستان پرداختند. در این مطالعه، آینده سناریو کاربری اراضی بر اساس طرح جامع و الگوی رشد اسلام‌آباد پیش‌بینی گردید. پیش‌بینی‌ها نشان داد که به دلیل افزایش ساخت و ساز در منطقه طی سال‌های مورد مطالعه، رواناب کل بین ۵۱/۶ تا ۱۰۰ درصد و دبی اوج بین ۴/۴ تا ۳/۳ درصد افزایش یافته است. (Sanyal et al., 2014) تغییرات دبی سیلاب تحت تأثیر تغییرات کاربری اراضی را در حوضه‌ای در شرق هند بررسی کردند و نشان دادند که هبستگی ضعیف ولی مثبت و معنی دار بین تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با دبی اوج سیلاب در خروجی حوضه وجود دارد. (Aich et al., 2016) در مطالعه‌ای به پیش‌بینی سیل در آینده با استفاده از تغییرات آب و هوا و تغییرات کاربری اراضی در حوضه رودخانه نیجر پرداخته‌اند. برای این منظور از مدل هیدرولوژیکی SWIM استفاده کرده‌اند. نتایج مدل‌سازی در هنگام مقایسه یک دوره سناریو در آینده نزدیک (۲۰۲۱ تا ۲۰۵۰) با یک دوره پایه (۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵) نشان داد که مقادیر سیل افزایش یافته است، و همچنین مناطق خشک حساسیت بالاتری نسبت به تغییرات آب و هوایی و تغییرات کاربری اراضی دارند که در این مناطق افزایش نگران‌کننده‌ای از سیل پیش‌بینی شده است. (Akter et al., 2018) رفتار هیدرولوژیکی ۲۰ زیر حوضه در بلژیک را بدلیل شهرسازی‌های اخیر تحت تأثیر سناریوهای مختلف اقلیمی در حال حاضر و برای آینده بررسی کردند. نتایج نشان داد که دبی حداکثر رواناب شهری و رواناب کل بصورت بسیار معنی‌دار بیشتر از دبی در حال حاضر خواهد بود. (Lee and Brody, 2018) اثر کاربری اراضی بر تلفات سیل در سئول کره جنوبی را بررسی کردند. نتایج حاکی از این بود که مناطق با کاربری مسکونی و شهری با سطوح غیر قابل نفوذ و کاربری کشاورزی باعث افزایش خسارت سیل می‌شود. هرچند مناطق توسعه یافته با تراکم زیاد می‌تواند تلفات سیل را کاهش دهد. (Jodar-Abellan et al., 2019) اثر تغییر کاربری اراضی را بر پیش‌بینی سیل با استفاده از مدل SWAT مطالعه کردند. نتایج حاکی از افزایش دبی حداکثر، افزایش شماره منحنی و کاهش زمان تمرکز و افزایش توسعه مناطق شهری بود. با توجه به اهمیت تغییرات کاربری اراضی در سال‌های اخیر و تأثیر آن بر آب‌های سطحی و زیرزمینی در حوضه‌های آبخیز، هدف از انجام این مطالعه بررسی اثرات کمی و کیفی تغییرات کاربری اراضی طی ۲۰

سال بر خصوصیات هیدرولوژیک حوضه شامل شماره منحنی، رواناب، سیلاب و سطح آب زیرزمینی بخشی از حوضه آبخیز قره‌سو در استان اردبیل می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

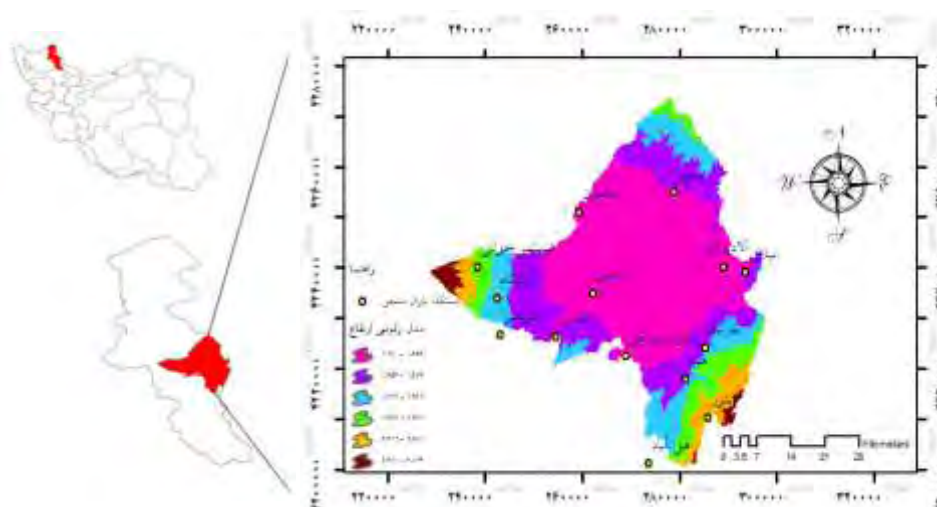
۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر شامل بخشی از حوضه‌ی آبخیز قره‌سو واقع در استان اردبیل است که با مساحت ۲۱۶۲/۶۲ کیلومتر مربع در محدوده‌ی جغرافیایی $48^{\circ} 27' 33''$ و $49^{\circ} 12' 06''$ طول شرقی و $37^{\circ} 25' 20''$ و $38^{\circ} 37' 25''$ عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). حداقل و حداکثر ارتفاع حوضه آبخیز مذکور به ترتیب ۱۲۸۰ و ۳۸۲۹ متر از سطح دریا و شیب متوسط آن ۱۱/۵۷ درصد می‌باشد. کاربری اراضی در این منطقه غالباً شامل زراعت دیم و آبی، مرتع، جنگل و مناطق مسکونی است. در بین انواع کاربری‌های موجود در حوضه آبخیز مورد مطالعه، کاربری زراعت دیم بیشترین سطح حوضه را به خود اختصاص داده است. به دلیل وجود سد در برخی از زیر حوضه‌ها، از زیر حوضه‌هایی استفاده شده که سد در بالادست وجود نداشته باشد. بیشترین بارندگی فصلی حوضه مورد مطالعه در فصل بهار اتفاق می‌افتد و کمترین بارندگی فصلی حوضه مربوط به فصل تابستان می‌باشد. در کل حوضه قره‌سو یک سیستم برفی - سیلابی است و مقدار زیادی از آب رودخانه‌ها، حاصل ذوب برفی است که در فصل زمستان تا اواخر فروردین ماه در ارتفاعات انباشته شده است، این انبار بزرگ آبی در تابستان به تدریج ذوب گشته و در رودخانه‌ها جریان می‌یابد.

۲-۲- تصاویر ماهواره‌ای، تهیه نقشه کاربری اراضی و شماره منحنی

گزینش و انتخاب نوع سنجنده، بستگی به هدف مطالعه، مشخصات منطقه و مقیاس زمانی و مکانی مورد نظر دارد. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای مورد نیاز در سال‌های مورد مطالعه (۱۳۷۱، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۱) از سایت سازمان زمین شناسی آمریکا^۱ تهیه گردید. خصوصیات تصاویر تهیه شده در جدول (۱) ارائه شده است.

1 <http://earthexplorer.usgs.gov>



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های بارانسنجی (ماخذ نگارندگان)

جدول ۱- مشخصات تصاویر دانلود شده

ردیف	ماهواره	سنجنده	تاریخ اخذ تصاویر (میلادی)	تاریخ اخذ تصاویر (شمسی)	تعداد باندها
۱	لندست ۵	TM	۱۹۹۲/۰۷/۰۹	۱۳۷۱/۰۴/۱۸	۷
۲	لندست ۷	ETM ⁺	۲۰۰۲/۰۹/۱۵	۱۳۸۱/۰۶/۲۴	۸
۳	لندست ۷	ETM ⁺	۲۰۱۲/۰۸/۰۹	۱۳۹۱/۰۵/۱۹	۸

با توجه به اهداف این تحقیق، ابتدا مدل رقومی ارتفاعی حوضه با اندازه ۳۰ در ۳۰ متر با استفاده از نقشه توپوگرافی تهیه شده از سازمان نقشه برداری کشور با مقیاس ۱ به ۵۰۰۰۰ هزار، آماده گردید و خصوصیات از جمله مساحت، شیب متوسط حوضه و جهت شیب استخراج شد. برای تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد و تصحیحات هندسی، تصحیحات رادیومتریک، بارز سازی تصاویر و برش دادن تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار ENVI صورت گرفت. برای طبقه‌بندی تصاویر از روش حداکثر احتمال یا بیشترین شباهت در محیط نرم‌افزار IDRISI Selva استفاده شد. بدین صورت که ابتدا نقاط تعلیمی تعیین گردید و نرم‌افزار بر اساس این نقاط ۶ کاربری شامل جنگل، مرتع، زراعت دیم، زراعت آبی، مناطق مسکونی و زمین بایر را برای سال‌های ۱۳۷۱، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۱ استخراج کرد. در مرحله بعد نقشه کاربری اراضی برای حوضه آبخیز قره‌سو تهیه شده و میزان توزیع مکانی انواع کاربری‌ها در سطح حوضه بررسی شد. با استفاده از نقشه خاکشناسی منطقه (شکل ۲)، نفوذپذیری خاک محدوده مورد مطالعه تعیین و نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک (A, B, C و D) استخراج شد. سپس با استفاده از جداول استاندارد SCS، نقشه شماره منحنی برای هر واحد چندضلعی حاصل از تلفیق نقشه کاربری اراضی و نقشه

گروه‌های هیدرولوژیک خاک با استفاده از نرم‌افزار HECGEO-HMS در محیط نرم‌افزار Arc GIS تولید شده و شماره منحنی متوسط وزنی برای کل حوضه محاسبه گردید.

۲-۳- محاسبه ارتفاع رواناب

به منظور محاسبه ارتفاع رواناب، ابتدا مقدار تلفات کل با استفاده از رابطه (۱) بدست آمد:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن CN: شماره منحنی و S: تلفات کل بر حسب میلیمتر می‌باشد.

در ادامه برای بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر روی رواناب سطحی، ارتفاع رواناب (رابطه ۲) به صورت سالانه و سپس برای ماه‌های هر سال برای کاربری‌های مختلف محاسبه گردید.

$$Q = \frac{(p-0.2S)^2}{p+0.8S} \quad \text{معادله (۲)}$$

که در آن Q: ارتفاع رواناب بر حسب میلیمتر، p: بارندگی بر حسب میلیمتر و S: تلفات کل بر حسب میلیمتر می‌باشد.

جهت محاسبه رواناب سالانه و ماهانه، از میانگین بارش بلند مدت سالانه و ماهانه ۱۴ ایستگاه باران‌سنجی در منطقه استفاده گردید. با توجه به اینکه در محاسبه رواناب ماهانه، بارندگی در ماه مرداد کمتر از ۰/۲S بود، محاسبه نگردید و از میزان محدود بارش این ماه چشم پوشی شد.

۲-۴- محاسبه سیلاب

جهت محاسبه سیلاب از مدل بارش- رواناب (HEC-HMS) و روش SCS استفاده گردید. بدین منظور از داده‌های اقلیمی، دبی جریان و بارش منطقه که به ترتیب از ایستگاه‌های هواشناسی، هیدرومتری و باران‌سنجی قابل استخراج بود، استفاده گردید. برای شبیه‌سازی سیلاب ابتدا بارش حداکثر روزانه هر سال از سال ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۱ برای هر یک از ایستگاه‌های باران‌سنجی به دست آمد. سپس با استفاده از نرم‌افزار تحلیل فراوانی Hyfran، بارش با دوره بازگشت ۱۰۰ سال برای هر یک از ایستگاه‌های باران‌سنجی محاسبه شد و در نهایت با روش تیسن بندی در GIS میانگین وزنی بارش با دوره بازگشت ۱۰۰ سال برای کل منطقه مورد مطالعه به دست آمد. همچنین با به دست آوردن زمان تمرکز حوضه با استفاده از معادله کریچ ۱ (معادله ۳)، زمان تأخیر بر اساس معادله (۴) محاسبه شد و با توجه به مقدار CN هر سال، سیلاب منطقه شبیه‌سازی گردید. در این معادلات t_c : زمان تمرکز (hr)، L: طول آبراهه اصلی (کیلومتر) و H: اختلاف ارتفاع بین بلندترین و پست‌ترین نقطه حوضه (متر) و t_L : زمان تأخیر (hr) می‌باشد.

$$t_c = 0.949 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad \text{معادله (۳)}$$

$$t_L = \frac{t_c}{1.66} \quad \text{معادله (۴)}$$

۲-۵- نوسانات سطح آب زیرزمینی

در این مطالعه تجزیه و تحلیل داده‌های آب زیرزمینی با استفاده از آمار ۵۱ حلقه چاه مشاهداتی موجود در منطقه در خلال سال‌های آبی مورد مطالعه (۱۳۷۱ تا ۱۳۹۱) صورت گرفت. به دلیل آنکه چاه‌های مشاهداتی موجود نمی‌توانند تمامی سطح دشت را پوشش دهند، از روش‌های میانمایی برای به دست آوردن تراز دشت و میزان افت سطح آب زیرزمینی استفاده شد. در این پژوهش از روش میانمایی وزن‌دهی عکس فاصله به عنوان یکی از معمول‌ترین تکنیک‌های میانمایی نقاط پراکنده استفاده شده است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نقشه کاربری اراضی

پس از تهیه کلیه لایه‌های کاربری اراضی شامل: ۱- جنگل ۲- مرتع ۳- زراعت دیم ۴- زراعت آبی ۵- مناطق مسکونی ۶- زمین بدون پوشش (زمین بایر) با استفاده از نرم‌افزار IDRISI Selva نقشه کاربری اراضی بخشی از حوضه آبخیز قره‌سو در سال‌های ۱۳۷۱، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۱ بدست آمد. به منظور بیان صحت یک نقشه از دو معیار کمی، صحت کلی و ضریب کاپا استفاده شد. صحت کلی عبارت است از نسبت پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی می‌شوند به تعداد کل پیکسل‌های مورد مقایسه. به این ترتیب صحت کلی که به درصد بیان می‌گردد، نشان دهنده میزان همخوانی تصویر حاصل از طبقه‌بندی با واقعیت زمینی است. همچنین برای ارزیابی دقت از ضریب کاپا که معیار مشخص اختلاف توافق بین نقشه‌ها (که به صورت کلی بیان می‌شود) و توافقی که ممکن است ناشی از همخوانی اتفاقی دو نقشه باشد، استفاده می‌شود. این شاخص سعی می‌کند تا معیار سنجش توافق تصادفی فراهم کند. جدول (۲) نتایج ماتریس خطای طبقه‌بندی انجام شده را نشان می‌دهد.

جدول ۲- ماتریس خطای طبقه‌بندی انجام شده

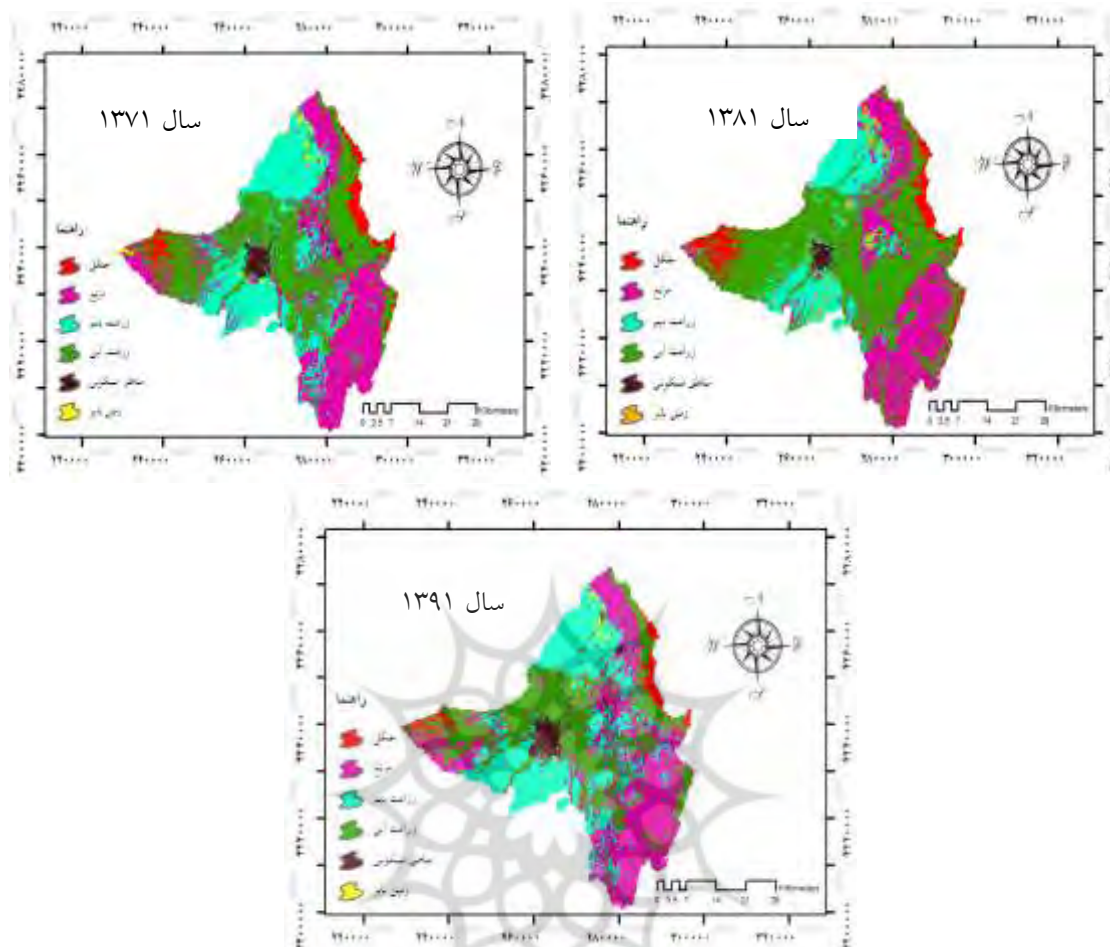
سال	جمع پیکسل‌های انتخاب شده	جمع پیکسل‌های صحیح	دقت کلی	کاپای کلی
۱۳۷۱	۹۰۵	۸۲۲	٪۹۰/۸۳	٪۸۸/۷۲
۱۳۸۱	۱۰۵۲	۹۳۲	٪۸۸/۵۹	٪۸۶/۲۱
۱۳۹۱	۹۵۸	۸۶۷	٪۹۰/۵	٪۸۷/۴۷

نقشه‌های کاربری اراضی برای سال‌های ۱۳۷۱، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۱ در شکل (۲) و مساحت مورد نظر در هر کاربری در جدول (۳) نشان داده شده است. همانطور که از شکل (۲) و جدول (۳) مشخص است، در سال ۱۳۷۱، بیشترین

مساحت را کاربری زراعت آبی با ۱۰۱۸۵۱ هکتار که ۴۷/۱ درصد از سطح حوضه را به خود اختصاص داده و کمترین مساحت را کاربری مناطق مسکونی با ۲۷۹۱ هکتار که برابر ۱/۲۹ درصد از سطح حوضه مورد مطالعه می‌باشد، تشکیل می‌دهد. همچنین مساحت کاربری‌های جنگل، مرتع، زراعت دیم و زمین بایر به ترتیب ۱۱۹۸۲ (۵/۵۴ درصد از سطح حوضه)، ۵۸۹۳۴/۶۸ (۲۷/۲۵ درصد از سطح حوضه)، ۳۶۶۰۲/۶ (۱۶/۹۲ درصد از سطح حوضه) و ۴۱۰۱/۱۵ هکتار (۱/۹ درصد از سطح حوضه) برآورد شد. نقشه کاربری اراضی و مساحت هر کدام از کاربری‌ها در سال ۱۳۸۱ نشان می‌دهد که کاربری زراعت آبی بیشترین مساحت در حوضه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است و مساحت آن برابر ۷۶۳۷۹/۴ هکتار که ۳۵/۳۲ درصد از مساحت حوضه مورد مطالعه می‌باشد و کمترین مساحت کاربری نیز متعلق به کاربری زمین بایر با مساحت حدود ۲۲۸۷ هکتار است، که ۱/۰۶ درصد سطح حوضه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهد. همچنین مساحت کاربری‌های جنگل، مرتع، زراعت دیم و مناطق مسکونی در سال ۱۳۸۱ به ترتیب ۸۹۹۷/۶۹ (۴/۱۶ درصد از سطح حوضه)، ۶۵۷۴۴/۰۹ (۳۰/۴ درصد از سطح حوضه)، ۵۷۴۸۹/۵ (۲۶/۵۸ درصد از سطح حوضه) و ۵۳۶۴/۹۹ هکتار (۲/۴۸ درصد از سطح حوضه) محاسبه گردید. همچنین بیشترین مساحت کاربری اراضی در سال ۱۳۹۱ برای بخشی از حوضه آبخیز قره‌سو، متعلق به کاربری مرتع می‌باشد، که مساحت آن برابر ۷۱۳۳۴/۶۹ هکتار (۳۲/۹۹ درصد) و کمترین مساحت کاربری را نیز زمین بایر تشکیل می‌دهد که مساحت آن نیز برابر با ۱۵۳۴/۵۹ هکتار (۰/۷۱ درصد) می‌باشد. همچنین مساحت کاربری‌های جنگل، زراعت دیم، زراعت آبی و مناطق مسکونی در سال ۲۰۱۲ به ترتیب ۶۵۰۴/۰۷ (۳ درصد از سطح حوضه)، ۶۳۳۸۸ (۲۹/۳۱ درصد از سطح حوضه)، ۶۵۷۶۵/۲ (۳۰/۴۱ درصد از سطح حوضه) و ۷۳۳۶/۲۸ هکتار (۳/۵۸ درصد از سطح حوضه) محاسبه گردید.

۳-۲- نقشه گروه هیدرولوژیک خاک و شماره منحنی

در این پژوهش با استفاده از نقشه خاکشناسی منطقه که دربرگیرنده خصوصیات بافت خاک می‌باشد، نفوذپذیری به دست آمد. سپس با توجه به نفوذپذیری خاک، نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک (A, B, C و D) استخراج شد. نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوضه مورد مطالعه و مساحت هر گروه به ترتیب در شکل (۳) و جدول (۴) ارائه شده است. مشاهده می‌شود که گروه هیدرولوژیکی C بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده که برابر با ۴۹/۸۲ درصد سطح حوضه می‌باشد و گروه هیدرولوژیکی B نیز ۴۴/۷۲ درصد از سطح حوضه رو شامل می‌شود؛ بنابراین، با توجه به اینکه گروه هیدرولوژیکی C بیشترین مساحت را در سطح حوضه دارا می‌باشد، حوضه مورد مطالعه از نظر تولید رواناب توانایی بیشتری دارد. با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که منطقه مورد مطالعه از نظر شدت نفوذپذیری، بیشتر در کلاس‌های نفوذپذیری متوسط و نسبتاً کم قرار گرفته است.



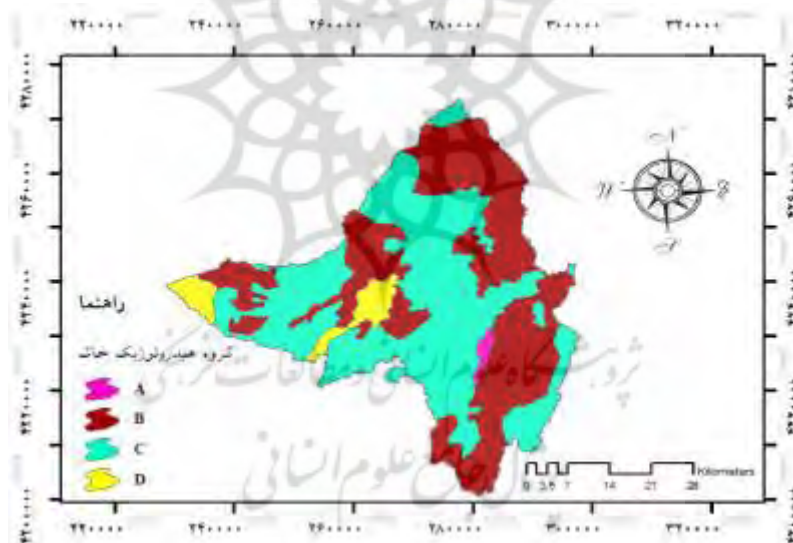
شکل ۲- نقشه کاربری اراضی برای دوره‌های مورد مطالعه (ماخذ نگارندگان)

جدول ۳- مساحت کاربری‌های اراضی بخشی از حوضه آبخیز قره سو در سال‌های مورد مطالعه

درصد مساحت	مساحت (هکتار)	نوع کاربری اراضی	
۵/۵۴	۱۱۹۸۲	جنگل	سال ۱۳۷۱
۲۷/۲۵	۵۸۹۳۴/۶۸	مرتع	
۱۶/۹۲	۳۶۶۰۲/۶	زراعت دیم	
۴۷/۱	۱۰۱۸۵۱/۱	زراعت آبی	
۱/۲۹	۲۷۹۱/۳	مناطق مسکونی	
۱/۹	۴۱۰۱/۱۵	بایر	
۱۰۰	۲۱۶۲۶۲/۸۳	جمع	
۴/۱۶	۸۹۹۷/۶۹	جنگل	سال ۱۳۸۱
۳۰/۴	۶۵۷۴۴/۰۹	مرتع	

ادامه جدول ۳

درصد مساحت	مساحت (هکتار)	نوع کاربری اراضی	سال ۱۳۹۱
۲۶/۵۸	۵۷۴۸۹/۵	زراعت دیم	
۳۵/۳۲	۷۶۳۷۹/۴	زراعت آبی	
۲/۴۸	۵۳۶۴/۹۹	مناطق مسکونی	
۱/۰۶	۲۲۸۷/۱۶	بایر	
۱۰۰	۲۱۶۲۶۲/۸۳	جمع	
۳	۶۵۰۴/۰۷	جنگل	
۳۲/۹۹	۷۱۳۳۴/۶۹	مرتع	
۲۹/۳۱	۶۳۳۸۸	زراعت دیم	
۳۰/۴۱	۶۵۷۶۵/۲	زراعت آبی	
۳/۵۸	۷۷۳۶/۲۸	مناطق مسکونی	
۰/۷۱	۱۵۳۴/۵۹	بایر	
۱۰۰	۲۱۶۲۶۲/۸۳	جمع	



شکل ۳- نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوضه مورد مطالعه (ماخذ نگارندگان)

جدول ۴- مساحت گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوضه مورد مطالعه

درصد مساحت	مساحت (هکتار)	گروه هیدرولوژیکی خاک
۰/۷	۱۴۹۵/۴۵	A
۴۴/۷۲	۹۶۷۳۴/۴۸	B
۴۹/۸۲	۱۰۷۷۴۱/۴۷	C

ادامه جدول ۴

گروه هیدرولوژیکی خاک	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
D	۱۰۲۹۱/۴۳	۴/۷۶
جمع	۲۱۶۲۶۲/۸۳	۱۰۰

در ابتدا لازم به ذکر است که CN مورد استفاده در این تحقیق برای وضعیتی است که در آن فرض شده است، خاک حوضه مورد مطالعه به لحاظ رطوبتی قبل از بارندگی در وضعیت متوسط بوده است (خاک منطقه قبل از بارندگی نه زیاد خشک و نه زیاد مرطوب بوده است). اگر بارندگی زمانی باشد که از قبل خاک حوضه خشک باشد و یا بارندگی زمانی صورت گیرد که قبل از آن باران دیگری باریده و خاک حوضه مرطوب باشد، در این صورت باید CN برای هر دو وضعیت خشک (CN_I) یا مرطوب (CN_{III}) اصلاح شود. مقدار شماره منحنی برای بخشی از حوضه آبخیز قره‌سو در شرایط رطوبتی متوسط (CN_{II}) برای سال ۱۳۷۱ محاسبه شد که طبق جدول (۵) برای سال ۱۳۷۱ مقدار شماره منحنی برابر با ۷۸/۵۷ بدست آمد. همچنین شماره منحنی در شرایط رطوبتی خشک و مرطوب برای سال ۱۳۷۱ محاسبه گردید که به ترتیب ۶۰/۶۳ و ۸۹/۴ می‌باشد. این مقدار شمار منحنی نشان از توانایی بالای حوضه مورد مطالعه در تولید رواناب می‌باشد. مقدار شماره منحنی در شرایط رطوبت پیشین متوسط (CN_{II}) برای سال ۱۳۸۱ برابر با ۷۹/۱۴ بدست آمد که نسبت به سال ۱۳۷۱ با افزایش ۰/۵۷ همراه بوده است. همچنین شماره منحنی در شرایط رطوبتی خشک و مرطوب برای سال ۱۳۸۱ به ترتیب ۶۱/۴۴ و ۸۹/۷۲ می‌باشد. در سال ۱۳۹۱ مقدار شماره منحنی در شرایط رطوبت پیشین متوسط (CN_{II})، در شرایط رطوبتی خشک و مرطوب به ترتیب برابر با ۷۹/۷۷، ۶۲/۳۵ و ۹۰/۰۷ بدست آمد که نسبت به سال ۱۳۸۱ با افزایش (۰/۶۳) روبرو شده است.

جدول ۵- مقدار میانگین وزنی شماره منحنی برای سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۱

سال	CN_I	CN_{II}	CN_{III}
۱۳۷۱	۶۰/۶۳	۷۸/۵۷	۸۹/۴
۱۳۸۱	۶۱/۴۴	۷۹/۱۴	۸۹/۷۲
۱۳۹۱	۶۲/۳۵	۷۹/۷۷	۹۰/۰۷

۳-۳- ارتفاع رواناب حاصل از روش شماره منحنی

برای محاسبه رواناب حاصل از بارش سالانه، از میانگین بارش بلندمدت سالانه ۱۴ ایستگاه باران‌سنجی بخشی از حوضه آبخیز قره‌سو استفاده شد. با استفاده از روابط موجود، مقادیر شماره منحنی، تلفات کل و بارش بلند مدت سالانه، ارتفاع رواناب محاسبه گردید که نتایج آن در جدول (۶) ارائه شده است؛ بنابراین با توجه به نتایج تلفات کل

در سال ۱۳۷۱، ۶۹/۲۸ میلی‌متر بوده که در سال ۱۳۸۱ به میزان ۶۶/۹۵ میلی‌متر و در سال ۱۳۹۱ میزان آن به ۶۴/۴۲ میلی‌متر کاهش یافته است. بر اثر کاهش مقدار نگهداشت سطحی، بر میزان رواناب افزوده شد که در سال ۱۳۷۱، ۲۶۳/۴ میلی‌متر ولی در سال ۱۳۸۱ میزان رواناب به ۲۹۴/۷۸ میلی‌متر و در سال ۱۳۹۱ نیز به مقدار ۲۹۷/۰۷ میلی‌متر افزایش یافته است. افزایش در میزان رواناب در حوضه مورد مطالعه می‌تواند به دلیل افزایش در میزان شماره منحنی باشد.

جدول ۶- متوسط ارتفاع رواناب سالانه از روش شماره منحنی

سال	شماره منحنی (CN _{II})	تلفات کل (S) (میلی‌متر)	متوسط بلند مدت بارش سالانه (P) (میلی‌متر)	ارتفاع رواناب (Q) (میلی‌متر)
۱۳۷۱	۷۸/۵۷	۶۹/۲۸	۳۶۴/۳۹	۲۶۳/۴
۱۳۸۱	۷۹/۱۴	۶۶/۹۵	۳۶۴/۳۹	۲۹۴/۷۸
۱۳۹۱	۷۹/۷۷	۶۴/۴۲	۳۶۴/۳۹	۲۹۷/۰۷

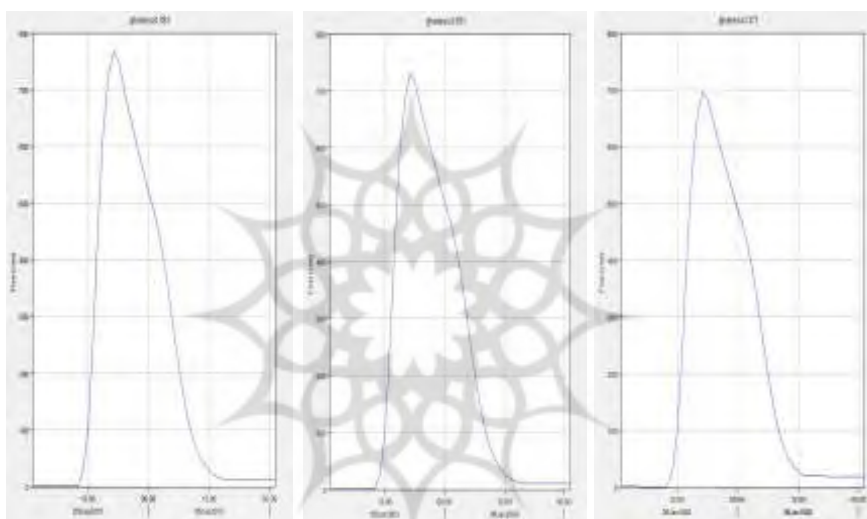
۳-۴- شبیه‌سازی سیلاب و رسم هیدروگراف سیل

مدل HEC-HMS، حوزه آبخیز را به عنوان یک سیستم به هم پیوسته با مؤلفه‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی نمایش می‌دهد. در پژوهش حاضر ابتدا به محاسبه زمان تمرکز از روش کریچ اقدم گردید که در این روش از طول آبراهه اصلی (۷۹/۵ کیلومتر) و اختلاف ارتفاع بین بلندترین و پست‌ترین نقطه حوضه آبخیز مورد مطالعه (۲۵۴۹ متر) استفاده شد. سپس با توجه به زمان تمرکز به دست آمده، زمان تأخیر محاسبه گردید. در نهایت برای شبیه‌سازی سیلاب از مدل HEC-HMS از بارش با دوره بازگشت ۱۰۰ سال و زمان تأخیر (به ترتیب برابر با ۵۵/۲ میلی‌متر و ۲۶۴ دقیقه) همچنین با در نظر گرفتن مقدار CN هر سال (به ترتیب برای سال‌های ۱۳۷۱، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۱ برابر با ۷۸/۵۷، ۷۹/۱۴ و ۷۹/۷۷) استفاده شد. همان‌طور که در جدول (۷) و هیدروگراف‌های ترسیمی (شکل ۴) نیز مشاهده می‌شود، دبی اوج و به تبع آن حجم سیلاب در سال‌های مورد مطالعه از سال ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۱ در حال افزایش می‌باشد. دبی اوج و حجم سیلاب به ترتیب از ۶۹۵/۳ متر مکعب بر ثانیه و ۳۴۲۲۶/۳ متر مکعب در سال ۱۳۷۱ به ۷۳۸/۲ متر مکعب بر ثانیه و ۳۶۶۷۲/۵ متر مکعب در سال ۱۳۹۱ رسیده است. افزایش مساحت کاربری‌هایی مثل مناطق مسکونی، مراتع و زراعت دیم که سبب کاهش نفوذ آب و جاری شدن آن در سطح زمین می‌شوند، می‌تواند دلیل بر افزایش سیلاب باشد. مقایسه هیدروگراف سیلاب در دوره‌های مورد مطالعه نیز نشان می‌دهد که میزان دبی اوج و به تبع آن حجم سیل برای سال ۱۳۹۱ برابر با ۳۶۶۷۲/۵ متر مکعب می‌باشد که بیشتر از دوره قبل از آن یعنی سال‌های ۱۳۷۱ و ۱۳۸۱ است که این امر به دلیل افزایش کاربری‌های نفوذناپذیر و بنابراین افزایش شماره منحنی می‌باشد. افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش کاربری‌های شهری، باعث می‌شود جنگل‌ها و مراتع تخریب شده یا به زمین زراعتی تبدیل شوند. با کاهش

مساحت جنگل‌ها و مراتع به عنوان منابع اصلی ذخیره آب سطحی، حجم سیل بیشتر شده و خسارت بیشتری نیز به مردم پایین دست حوضه وارد می‌سازد.

جدول ۷- نتایج شبیه‌سازی سیلاب با مدل HEC-HMS

سال	شماره منحنی (CN _{II})	زمان تأخیر (Min)	دبی اوج (M ³ /s)	حجم سیلاب (M ³)
۱۳۷۱	۷۸/۵۷	۲۶۴	۶۹۵/۳	۳۴۲۲۶۳
۱۳۸۱	۷۹/۱۴	۲۶۴	۷۲۹/۴	۳۵۱۴۸۷
۱۳۹۱	۷۹/۷۷	۲۶۴	۷۳۷/۲	۳۶۶۷۲/۵

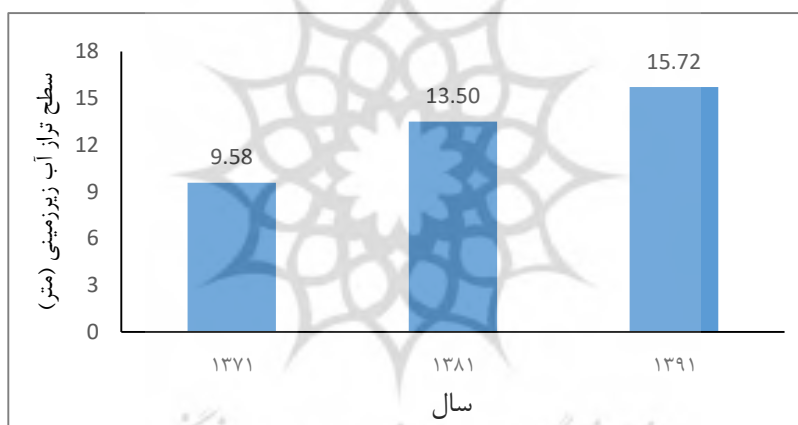


شکل ۴- هیدروگراف سیل در سال‌های مورد مطالعه (ماخذ نگارندگان)

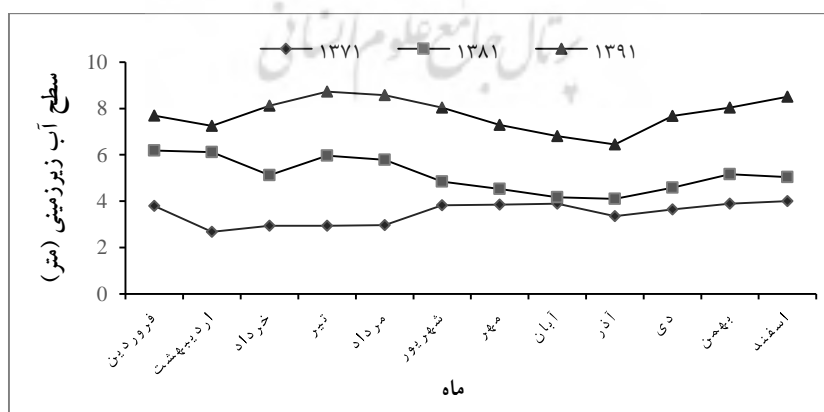
۳-۵- بررسی نوسانات آب زیرزمینی

برای این پژوهش از آمار ۵۱ حلقه چاه مشاهداتی استفاده گردید. پس از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۷۱، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۱ که پیش‌تر ذکر گردید، تجزیه و تحلیل و مقایسه بین میزان کاربری‌های مختلف و سطح آب زیرزمینی در بخشی از حوضه آبخیز رودخانه قره‌سو انجام گردید. با توجه به افزایش مساحت مراتع، مناطق مسکونی، زراعت دیم و کاهش زمین جنگلی در طول این دوره باعث افزایش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی گردیده است که این امر بر کاهش سطح ایستابی آب زیرزمینی منطقه تأثیر گذاشته است. برای نشان دادن نوسانات آب زیرزمینی، از سطح تراز چاه‌های مشاهداتی حوضه مورد مطالعه میانگین وزنی سالانه گرفته شد و نتایج آن در شکل (۵) نشان داد شده است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد، در سال ۱۳۷۱ میانگین سطح ایستابی چاه‌های مشاهداتی برابر ۹/۵۸ متر،

در سال ۱۳۸۱، ۱۳/۵ متر و در سال ۱۳۹۱ نیز برابر ۱۵/۷۲ متر می‌باشد؛ به عبارت دیگر در این دوره ۲۰ ساله، ۶/۱۴ متر (۳۹/۰۶ درصد) به میانگین سطح ایستابی چاه‌های مشاهداتی افزوده شده است. همچنین از سطح تراز چاه کرکوق به عنوان یک نمونه از چاه‌های مشاهداتی، میانگین ماهانه حساب شد (شکل ۶). همانطور که مشاهده می‌شود ارتفاع سطح ایستابی چاه کرکوق به مرور زمان بیشتر شده است. همانطور که مشاهده می‌شود که در سال ۱۳۷۱، کمترین و بیشترین سطح تراز به ترتیب ۲/۶۸ و ۴/۰۱ متر بوده است، که این مقدار در سال ۱۳۹۱ از ۶/۴۵ به ۸/۷۲ متر رسیده است. افزایش سطح ایستابی در حوضه مورد مطالعه به دلیل افزایش کاربری‌هایی مثل مناطق مسکونی می‌باشد که باعث کاهش نفوذپذیری خاک شده و نیز افزایش اراضی زراعت دیم باعث بهره‌برداری بیشتر از آب زیرزمینی شده که افت سطح آب زیرزمینی را به دنبال خواهد داشت. فرامرزی و همکاران (۱۳۹۳) نیز در تحقیقی به نتیجه مشابهی دست یافتند و نشان دادند که بین افزایش اراضی دیمی و جنگل دست کاشت با افت سطح ایستابی رابطه عکس وجود دارد.



شکل ۵- سطح تراز آب زیرزمینی در سال‌های مورد مطالعه (ماخذ نگارندگان)



شکل ۶- نمودار تغییرات میانگین ماهانه سطح ایستابی چاه کرکوق (ماخذ نگارندگان)

۳-۶- محاسبه ضریب همبستگی بین متغیرهای مورد مطالعه

به منظور بررسی رابطه مستقیم و غیر مستقیم بین متغیرهای تحقیق، ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرها محاسبه گردید. نتایج همبستگی در جدول (۸) ارائه شده است. نتایج همبستگی بین متغیرهای شماره منحنی و مساحت انواع کاربری‌ها نشان می‌دهد که قویترین همبستگی مثبت با کاربری مناطق مسکونی ($r= +0/999$) بدست آمده است. علامت مثبت به این معنی است که بین شماره منحنی و مساحت کاربری مناطق مسکونی رابطه مستقیم وجود دارد و علامت منفی نیز نشان دهنده رابطه معکوس بین شماره منحنی و مساحت کاربری جنگل است که بیشترین همبستگی منفی با مساحت کاربری جنگل ($r= -0/997$) مشاهده گردید؛ به عبارت دیگر با افزایش مساحت کاربری جنگل، مقدار شماره منحنی کاهش می‌یابد. همچنین همبستگی بین متغیرهای رواناب و مساحت انواع کاربری اراضی نشان داد که قویترین رابطه مثبت (رابطه مستقیم) با مساحت کاربری زراعت دیم ($r= +0/989$)، و بیشترین همبستگی منفی (رابطه معکوس) با مساحت کاربری‌های زراعت آبی و زمین بایر ($r= -0/974$) وجود دارد. نتایج محاسبه همبستگی بین متغیرهای حجم سیلاب و مساحت انواع کاربری اراضی نیز نشان می‌دهد که قویترین همبستگی مثبت با مساحت کاربری مناطق مسکونی ($r= +0/986$) بوده و حجم سیلاب بیشترین همبستگی منفی را با مساحت کاربری جنگل ($r= -0/981$) داشته است. در نهایت با توجه به نتایج همبستگی بین متغیرهای سطح آب زیرزمینی و مساحت انواع کاربری اراضی مشاهده می‌شود که قویترین رابطه مستقیم با مساحت کاربری مرتع ($r= +0/995$) برقرار بوده است، به این معنی که با افزایش سطح کاربری مرتع، به مقدار سطح آب زیرزمینی افزوده می‌شود. همچنین قویترین رابطه معکوس با مساحت کاربری‌های زراعت آبی و زمین بایر ($r= -0/997$) مشاهده گردید. به طور کلی نتایج این بررسی درباره تغییر نوع کاربری با نتایج مطالعات (Li et al., 2007) در تغییر کاربری از جنگل، مرتع، بوته‌زار به مناطق کشاورزی و مناطق شهری، پژوهش (Wang et al., 2008) در تغییر کاربری از جنگل به مرتع و مطالعات (Palamuleni et al., 2011) در تغییر کاربری از جنگل به مرتع، زراعت و مناطق مسکونی مطابقت دارد.

جدول ۸- ماتریس همبستگی بین متغیرهای مورد مطالعه

متغیر	جنگل	مرتع	زراعت دیم	زراعت آبی	مناطق مسکونی	زمین بایر
شماره منحنی	-0/997	+0/996	+0/942	-0/996	+0/999	-0/996
رواناب	-0/917	+0/919	+0/989	-0/974	+0/905	-0/974
حجم سیلاب	-0/981	+0/981	+0/899	-0/931	+0/986	-0/930
سطح آب زیرزمینی	-0/994	+0/995	+0/988	-0/997	+0/991	-0/997

۴- جمع‌بندی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تغییر کاربری اراضی با توجه به تأثیر آن بر روی شماره منحنی حوضه مورد مطالعه باعث تغییر بر روی رواناب سطحی و سیلاب می‌شود. در این تحقیق در طول دوره ۲۰ ساله، کاربری اراضی دستخوش تغییر شده است و این تغییر کاربری اراضی به سمتی میل کرده است که شماره منحنی آن افزایش یافته است. همانطور که مشاهده گردید از سال ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۱ کاربری‌های اراضی، مناطق مسکونی، مرتع و زراعت دیم به ترتیب ۲/۲۹، ۱۲/۳۹ و ۵/۷۴ درصد افزایش یافته و همچنین کاربری‌های جنگل، زراعت آبی و زمین بایر به ترتیب ۲/۵۴، ۱۶/۶۹ و ۱/۱۹ درصد کاهش یافته و به تبع آن بر میزان رواناب حاصله از این کاربری‌ها نیز افزوده شده است. چنانکه نتایج نشان داد، شماره منحنی حوضه مورد مطالعه در سال ۱۳۷۱ برابر با ۷۸/۵۷ که در سال ۱۳۹۱ این مقدار تا حدود ۷۹/۷۷ افزایش یافته است و به دنبال آن ارتفاع رواناب از مقدار ۲۶۳/۴ میلی‌متر در سال ۱۳۷۱ تا ۲۹۷/۰۷ میلی‌متر در سال ۱۳۹۱ گردیده است که بیانگر افزایش ۳۳/۶۷ میلی‌متری (۱۱/۳۳ درصد) رواناب در طول دوره مورد مطالعه می‌باشد. همچنین با توجه به مقدار شماره منحنی و شبیه‌سازی سیلاب، نتایج به دست آمده نشان داد که دبی اوج و حجم سیلاب به ترتیب با افزایش ۹/۴۹ و ۶/۶۷ درصدی رو به رو شده است. در نهایت این تغییرات در میزان شماره منحنی، تلفات کل، رواناب و سیلاب باعث کاهش سطح آب زیرزمینی به میزان ۶/۱۴ متر (۳۹/۰۶ درصد) گردیده است. بررسی‌های انجام شده در پژوهش حاضر نشان می‌دهد که حجم سیل نیز در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال ۱۳۷۱، ۲۴۴۶ متر مکعب بیشتر شده است. مجموعه عوامل زیست محیطی زمینه‌ساز این حوادث، حاکی از دخالت بی‌رویه انسان در چرخه‌های طبیعی آب از طریق توسعه سطوح غیرقابل نفوذ و امثال آن می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه، سطح ایستابی چاه‌ها در سال ۱۳۷۱ برابر با ۹/۵۸ متر بوده که میزان آن در سال ۱۳۹۱ به ۱۵/۷۲ متر افزایش پیدا کرده است. در تبیین مسئله مذکور می‌توان بیان کرد که تغییرات کاربری اراضی اگر به صورت نامعقول باشد اثرات زیان‌باری را در زمینه منابع آب و خاک در پی خواهد داشت که از مهم‌ترین اثرات تغییرات کاربری اراضی می‌توان به تغییر سطح ایستابی و تغییر در تعادل هیدرولوژیک مناطق مختلف اشاره کرد. به دلیل افزایش کاربری‌هایی مثل اراضی شهری و نیز افزایش زراعت‌های دیم و برداشت‌های بی‌رویه آب زیرزمینی و نیز کاهش نفوذپذیری خاک حوضه، بر میزان سیلاب و رواناب سطحی افزوده شده و در نهایت با افت آب زیرزمینی مواجه می‌شویم. لذا برای جلوگیری از هدر رفت آب و مدیریت صحیح منابع آبی، برقرار ساختن ارتباط مناسب بین کاربری‌های مختلف و توانایی اراضی، امری مهم و ضروری می‌باشد.

کتابنامه

- اسکندری، طاهره؛ ملک محمدی، بهرام؛ سادات، مهدیس؛ مشنقی، مریم؛ ۱۳۹۵. بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر افت سطح آب زیرزمینی با استفاده از تابع آمار منطقه‌ای مطالعه موردی: دشت اردبیل. دومین کنگره بین‌المللی علوم زمین و توسعه شهری. ۱۱ص.
- بحری، معصومه؛ دستورانی، محمدتقی؛ ۱۳۹۶. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و تغییر کاربری اراضی بر پاسخ هیدرولوژیک حوزه آبخیز اسکندری. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شماره ۲۲، ۳۷-۵۷.
- بیگدلو، سلمانعلی؛ خان محمدی، مهرداد؛ ۱۳۹۴. ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و افت سطح آب زیرزمینی در دشت زنجان. *اولین همایش ملی محیط زیست طبیعی*. ۱۳ ص.
- فرامرزی، مرزبان؛ یعقوبی، ثریا؛ و کریمی، کامران؛ ۱۳۹۳. اثر تغییرات کاربری اراضی روی افت تراز آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت دهلران، استان ایلام). *دو فصلنامه مدیریت آب در مناطق خشک*، ۱ (۲): ۵۴-۶۳.
- نصرالهی، محمد؛ ممبئی، مریم؛ ولی زاده، سارا؛ خسروی، حسن؛ ۱۳۹۳. بررسی تأثیر روند تغییرات کاربری اراضی / پوشش زمین بر وضعیت منابع آب زیرزمینی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: دشت گیلانغرب). *فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی*. ۲۳ (۹۱): ۸۹-۹۷.
- Aich, V., Liersch, S., Vetter, T., Fournet, S., Andersson, J.C., Calmanti, S., Van Weert, F.H., Hattermann, F.F., & Paton, E.N., 2016. Flood projections within the Niger River Basin under future land use and climate change. *Science of the Total Environment*, 562: 666- 677.
- Akter, T., Quevauviller, P., Eisenreich, S.J., & Vaes, G., 2018. Impacts of climate and land use changes on flood risk management for the Schijn River, Belgium. *Environmental science & policy*, 89, pp.163-175.
- Ali, M., Khan, S.J., Aslam, I., & Khan, Z., 2011. Simulation of the impacts of land-use change on surface runoff of Lai Nullah Basin in Islamabad, Pakistan. *Landscape and Urban Planning*, 102(4): 271-279.
- Jakeman, A., Letcher, R. A., Rojanasoonthon, S., Cuddy, S., & Scott, A., 2005. Integrating knowledge for river basin management. Australian Centre for International Agricultural Research.
- Jodar-Abellan, A., Valdes-Abellan, J., Pla, C., & Gomariz-Castillo, F., 2019. Impact of land use changes on flash flood prediction using a sub-daily SWAT model in five Mediterranean ungauged watersheds (SE Spain). *Science of the Total Environment*, 657, pp.1578-1591.
- Lee, Y., & Brody, S. D., 2018. Examining the impact of land use on flood losses in Seoul, Korea. *Land use policy*, 70, 500-509.
- Li, K.Y., Coe, M.T., Ramankutty, N., & De Jong, R., 2007. Modeling the hydrological impact of land-use change in West Africa. *Journal of Hydrology*, 337: 258-268.
- Ozturk, M., Coptu, N. K., & Saysel, A., 2013. Modeling the impact of land use change on the hydrology of a rural watershed, *Journal of Hydrology*, 497 (1): 97- 109.
- Palamuleni, L.G., Ndomba, P.M., & Annegarn, H.J., 2011. Evaluating land cover change and its impact on hydrological regime in Upper Shire river catchment, Malawi. *Journal of Regional Environmental Change* .11 (4): 845-855.

- Sanyal, J., Densmore, A. L., & Carbonneau, P., 2014. Analysing the effect of land-use/cover changes at sub-catchment levels on downstream flood peaks: A semi-distributed modelling approach with sparse data, *Catena*, 118:28-40.
- Wang, S., Kang, S., Zhang, L., & Li, F., 2008. Modelling hydrological response to different land-use and climate change scenarios in the Zamu River basin of northwest China. *Journal of Hydrological Processes*. 22: 2502-2510.
- Zope, P.E., Eldho, T.I., & Jothiprakash, V., 2016. Impacts of land use–land cover change and urbanization on flooding: A case study of Oshiwara River Basin in Mumbai, India. *CATENA*, 145: 142-154.

