



ارزیابی نتایج تغییرات کاربری اراضی بر دبی رودخانهی دره رود در بازه‌ی زمانی ۳۰ ساله با استفاده از مدل SWAT

رسول حسن‌زاده^۱، فریبا اسفندیاری درآباد^{۲*}، صیاد اصغری سراسکانرود^۳، زهرا میری آتشگاه

۱- دانشجوی دکتری گروه جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی)، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- استاد گروه گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- استاد گروه گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۴- کارشناسی ریاضی، آموزش و پرورش ناحیه ۵ تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۱

چکیده

در پژوهش حاضر از روش مبتنی بر شیء گرا در تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی حوضه‌ی آبریز دره رود با استفاده از تصاویر لندست ۵ و لندست ۸ در بازه‌ی زمانی ۳۰ ساله، از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ و تاثیرات آن بر تغییرات دبی رودخانه‌ی دره رود مورد بررسی قرار گرفت. تصاویر در چهارده کلاس طبقه‌بندی شد و تغییرات مساحتی کلاس‌ها مشخص شد که کلاس‌های کشت آبی، زراعت دیم، مناطق سنگی، مناطق مسکونی، باغات و دریاچه دارای افزایش مساحت و زمین‌های بایر، مراتع، اراضی جنگلی و بستر رودخانه دارای کاهش مساحت بودند. برای پی بردن به تغییرات روند جریان رودخانه، از روش SCS استفاده شد که در مدل SWAT اجرا شد و با توجه به کاربری اراضی در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۹ در مدل SWAT با توجه به لایه‌ی رقمی ارتفاعی حوضه تعیین شد و تمامی پارامترهای لازم به مدل که شامل لایه‌های خاک و تغییرات کاربری اراضی و داده‌های اقلیمی به مدل فراخوانی شد و از دو سناریوی مجزا برای سال ۱۹۹۰ و ۲۰۱۹ استفاده شد. نتایج نشان داد که با تغییر کاربری اراضی مقدار CN در سناریو دوم نسبت به سناریوی اول، ۵ درصد افزایش داشته و از ۰/۲۷۰ به ۵/۷۳ افزایش یافته که به دلیل تغییر در روند کاربری اراضی به نفع غیرقابل نفوذتر شدن حوضه در برابر بارش نسبت به سال ۱۹۹۰ است. هم‌چنین به دلیل افزایش تغییر در نوع پوشش گیاهی میزان نفوذ عمقی نیز از سناریو اول به سناریو دوم از ۲۵۷/۰۹ به ۹۷/۹ کاهش داشته است.

کلمات کلیدی: تغییر کاربری اراضی، طبقه‌بندی شیء گرا، مدل SWAT، روش SCS، دره رود.

۱- مقدمه

نمایش دقیق تغییر پوشش کاربری اراضی مربوط به شهرنشینی، گسترش کشاورزی و جنگل زدایی برای مدیریت منابع آب بسیار مهم است. جمعیت انسانی به طور قابل توجهی از ۲/۶ میلیارد نفر در سال ۱۹۵۰ به ۷/۷ میلیارد نفر در سال ۲۰۲۰ افزایش یافته است و پیش‌بینی می‌شود طی ۳۰ سال آینده ۲ میلیارد نفر دیگر افزایش یابد (تان^۱ و همکاران، ۲۰۲۱: ۲). افزایش سطح کشاورزی، جنگل‌زدایی، چرای مراتع و شهرنشینی نمونه‌هایی از فعالیت‌های انسانی است که منجر به تغییرات کاربری زمین شده است (وانسا^۲ و همکاران، ۲۰۲۰: ۱۹۴). کاربری و پوشش زمین حوضه‌های آبریز، با تحولات جمعیت منطقه، تغییرات آب و هوایی و سیاست‌های محلی به طور پویا در حال تغییر بوده و در همین حال، تغییرات کاربری زمین نیز از عوامل موثر در تغییرات محیطی منطقه‌ای یا جهانی بوده و پاسخ‌های رواناب به کاربری اراضی است که موجودیت منابع آب را تغییر می‌دهد (احمدی ثانی و همکاران، ۱۳۹۷؛ چن^۳ و همکاران، ۲۰۲۰: ۱). تغییرات کاربری اراضی مستقیماً بر میزان تبخیر و تعرق، نفوذ آب‌های زیرزمینی و رواناب‌های سطحی تأثیر می‌گذارد. تغییر پوشش/استفاده از زمین با توجه به پویایی جهانی و پاسخ آنها به محرک‌های زیست محیطی و اقتصادی-اجتماعی مسئله مهمی است (اسپروس^۴ و همکاران، ۲۰۲۰: ۱). حوضه‌های آبریز با ورودی‌های انرژی خورشیدی و نزولات جوی که عامل به وجود آورنده دبی، رسوب و پوشش گیاهی هستند (بلواسی و همکاران، ۱۳۹۹: ۳۳۲) و نیروی انسانی نیز بر اساس نیازهای خود باعث تغییرات کاربری زمین شده و این تغییرات تأثیر مهمی در رواناب، نفوذ و رسوب حوضه آبریز می‌گذارد. به دلیل تخریب منابع و بهره‌برداری نامناسب کشاورزی و تغییر در ائتلاف منابع و تقاضای اقدامات پرهزینه، جبران خسارت‌های ناشی از این فعالیت‌ها نیازمند مطالعات اساسی است (خالید^۵ و همکاران، ۲۰۲۰: ۱۱۵). پردازش تصاویر ماهواره‌ای نقشه‌ای اساسی در تحولات پژوهشی در RS، پایش کشاورزی، نجوم، سیستم اطلاعات جغرافیایی و امکان مدیریت بهینه بلایای طبیعی دارد (پومانی و سوتا^۶، ۲۰۲۰: ۱۶). روش‌ها و تکنیک‌های طبقه‌بندی برای استخراج دقیق داده‌های مربوط به پوشش زمین از تصاویر سنجش از دور بسیار متنوع است. به طور گسترده دو روش طبقه‌بندی مبتنی بر پیکسل (قابل دسترس توسط داده‌های طیفی)، و طبقه‌بندی مبتنی بر شیء (طبقه‌بندی در محدوده‌ای از پیکسل‌ها) وجود دارد. طبقه‌بندی شی‌گرا با وضوح فضایی مناسب و دقت بالای طبقه‌بندی نسبت به روش پیکسل پایه و دیگر روش‌ها اهمیت آن را چند برابر کرده است (آلشاری و گاوالی^۷، ۲۰۲۱: ۱۰). لذا طبقه‌بندی و بررسی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به علت هزینه بالا و وقت‌گیر بودن مطالعات میدانی، مناسب‌ترین روش برای ارزیابی تغییرات کاربری اراضی است

1-Tan
 2-Wanessa
 3-Chen
 4-Spruse

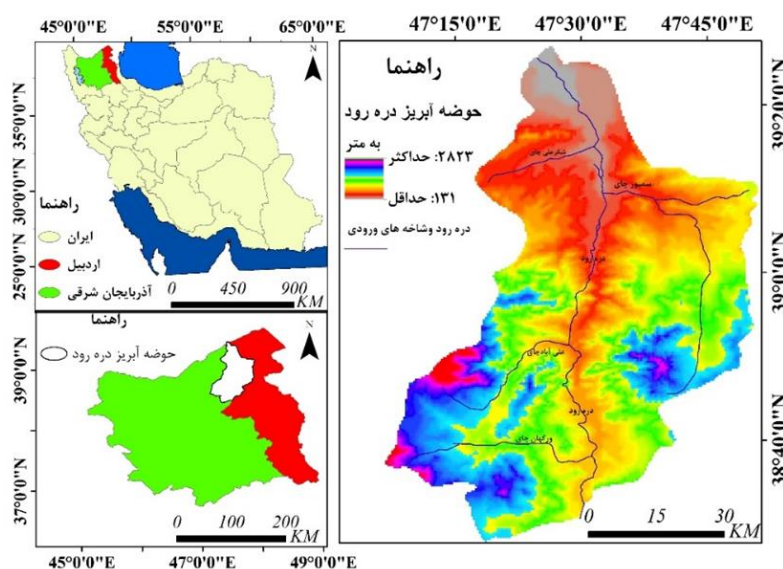
5-Khalid
 6-Punitha and Sutha
 7-Alshari and Ghawali

(سلمانی و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۰۶). مدل‌های هیدرولوژی جزء بهترین گزینه‌ها برای مطالعات جامع هستند و در این میان، مدل SWAT در زمینه‌های مختلف کیفیت و کمیت آب به‌صورت منطقه‌ای و جهانی با موفقیت استفاده شده است. انعطاف‌پذیری یکی از نقاط قوت مدل SWAT است که امکان شبیه‌سازی طیف گسترده‌ای از روش‌های حفاظت از خاک و آب را فراهم می‌کند (کیبی و کپکوریر^۱ و همکاران، ۲۰۲۱: ۳). تاثیر تغییرات کاربری زمین و اقلیم بر پاسخ‌های هیدرولوژیکی حوضه‌ی آبریز نیل در اتیوپی با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت و نشان داد که با گذشت زمان، کاربری زمین به‌دلیل افزایش استقرار و اسکان جمعیت در حوضه‌ی آبریز تغییر می‌کند، و در نتیجه باعث کاهش پوشش جنگل (طبیعی و دست‌کاشت) از تقریباً ۳۷ درصد در سال ۱۹۸۹ به ۲۶ درصد در سال ۲۰۱۹ شده است (گتاچیو^۲ و همکاران، ۲۰۲۱: ۱). در حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی گیدابو تاثیر تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین بر پاسخ هیدرولوژیکی رودخانه در سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۸ میلادی با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT و مدل PLSR بررسی شد و نتایج نشان داد که تغییر در کاربری اراضی منجر به افزایش متوسط رواناب سالانه سطح زمین به اندازه ۲۳/۶ میلی‌متر در طی دوره‌ی ۱۹۸۸-۲۰۱۸ شد (آراگاو و میشرا^۳، ۲۰۲۱: ۶۴۰). نقش تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبریز پومپانگ بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج استفاده از مدل هیدروگراف واحد مصنوعی (HSS) با روش ناکایاسو نشان داد که میزان رواناب سطحی (Qp) در حوضه‌ی آبریز پمپانگ^۴ به شدت تحت تاثیر تغییرات کاربری زمین قرار دارد (پرتیوی^۵ و همکاران، ۲۰۲۰: ۷-۱). شبیه‌سازی رواناب خروجی در محدوده بالادست ایستگاه هیدرومتری سنته در حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه با مدل هیدرولوژیکی SWAT بین سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳ نشان داد که در مرحله‌ی واسنجی ضریب NSE برابر ۰/۷۸ و R² برابر ۰/۸۲ است و در مرحله‌ی اعتبارسنجی ضریب آماری NSE و R² به ترتیب برابر با ۰/۹ و ۰/۹۱ محاسبه شد (فاتحی و شاهویی، ۱۳۹۹: ۲۹۳). تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر سطح آب‌های زیرزمینی دشت اردبیل مورد پژوهش قرار گرفت که جهت استخراج تغییرات کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست با روش شیء‌گرا استفاده شد. در نتیجه تغییرات رخ داده موجب استفاده بیش‌تر کشاورزان از منابع آب زیرزمینی شده که افت سطح آب زیرزمینی را طی دوره‌ی ۲۶ ساله در منطقه‌ی مورد مطالعه به دنبال داشته است (اصغری و همکاران، ۱۴۰۰: ۸۷). با توجه به این مساله که حوضه‌ی آبریز دره‌رود یکی از مهم‌ترین زیست‌بوم‌های استان اردبیل است. جریان رودخانه‌ی دره‌رود در سال‌های اخیر شاهد نوسانات شدید و خشک شدن رودخانه در فصل تابستان بوده است که تصرف بستر برای کشت بی‌رویه محصولات کشاورزی را منجر شده است تا در مواقع سیلابی، حوضه‌ی آبریز

دره رود دچار بحران‌های زیست محیطی و انسانی شود و خسارت‌های قابل توجهی را بر ساکنان این منطقه تحمیل نماید. لذا هدف تحقیق حاضر، ارزیابی نتایج تغییرات کاربری اراضی بر دبی رودخانه‌ی دره رود در بازه‌ی زمانی ۳۰ ساله با استفاده از مدل SWAT است.

۲- مواد و روش

حوضه‌ی آبریز دره رود با مساحت تقریبی ۳۷۴۲ کیلومترمربع یکی از مهم‌ترین حوضه‌های آبریز ارتفاعات قره‌داغ است که آب‌های سطحی رودخانه‌ی قره‌سو و بالیخلی‌چای، علی‌آباد، سمبور و ورگهان را به رودخانه‌ی ارس زهکشی می‌کند. این حوضه در موقعیت جغرافیایی $47^{\circ}06'34''$ تا $47^{\circ}05'21''$ طول شرقی و $38^{\circ}27'54''$ تا $39^{\circ}28'19''$ عرض شمالی واقع شده است. ارتفاع حداقل حوضه، ۲۰۰ متر (مصب رودخانه) و حداکثر ۴۸۱۱ متر * (قله سبلان) است (شکل ۱).

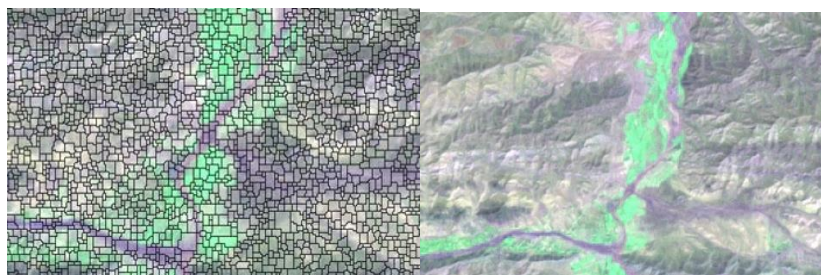


شکل (۱): موقعیت جغرافیایی حوضه‌ی آبریز دره رود

Fig (1): Geographical location of Darre Road catchment

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه عبارتند از (۱) تصاویر لندست، شامل سنجنده‌های (OLI و TM) با مسیر ۱۶۸ با گذر ۳۳ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر مربوط به سال ۱۹۹۰ و ۱۵ متر برای سال ۲۰۱۹ است. (۲) مدل رقومی ارتفاع (DEM) با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر و نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ جهت ترسیم (شکل ۱). (۳) آمار دبی و بارش روزانه ایستگاه‌های هیدرومتری مشیران و بران از شرکت آب منطقه‌ای استان اردبیل، (۴)

لایه‌ی گروه هیدرولوژی خاک برای برآورد میزان نفوذپذیری حوضه‌ی آبریز اخذ شده از اداره‌ی منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی. در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ی لندست ۵ با سنجه TM و لندست ۸ با سنجه OLI شامل باندهای طیف مرئی، مادون قرمز نزدیک، مادون قرمز دور و باند پانکروماتیک (در لندست ۸) استفاده شد. جهت ارزیابی تصاویر لندست در مرحله‌ی پیش‌پردازش از تصحیحات اتمسفری و رادیومتریک (FLAASH)، استفاده شد (خاوریان و همکاران، ۱۳۹۹). برای اینکه در بحث محاسبات عددی دقت کافی حاصل شود عملیات (RESCAAL) بر روی تصاویر تصحیح شده انجام یافت تا ارزش عددی پیکسل‌ها بین صفر و یک قرار بگیرد. در تصویر لندست ۸، برای افزایش دقت طبقه‌بندی، روش تلفیق تصاویر چندطیفی با تصویر پانکروماتیک انجام یافته و قدرت تفکیک مکانی به ۱۵ متر ارتقاء یافت. طبقه‌بندی با روش مبتنی بر شیء‌گرا به گونه‌ای است که تصویر براساس پارامترهای طیفی، فیزیکی و هندسی پدیده‌های زمینی ثبت شده بر روی تصویر، سگمنت‌سازی شده و واحدهای پردازش تصاویر از پیکسل به پدیده‌های تصویری یا سگمنت‌ها تغییر می‌یابد و در نتیجه آن با پردازش جامع‌تر این اطلاعات، اشیاء و پدیده‌های دنیای واقعی با دقت بیش‌تری استخراج می‌شود (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۵). این طبقه‌بندی به‌صورت کلی در سه مرحله سگمنت‌سازی، طبقه‌بندی و ارزیابی صحت اجرا می‌شود (سلمانی و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۰۷). سگمنت، گروهی از پیکسل‌های همسایه در یک منطقه است و نوع انتخاب صحیح سگمنت‌بندی تصویر و نتیجه آن تأثیر زیادی در طبقه‌بندی دارد (وین^۱ و همکاران، ۲۰۱۸: ۴). پارامترهای تأثیرگذار در سگمنت‌سازی عبارتند از تعیین مقیاس مناسب، ضریب شکل و ضریب فشردگی (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۱۱). در پژوهش حاضر از روش قطعه‌بندی چند تفکیکی استفاده شد که با استفاده از روش آزمون و خطا سعی شد تا بهترین ترکیب ضریب شکل و فشردگی و مقیاس اشیاء انتخاب شود. بنابراین تصویر زیر با ضریب فشردگی ۰/۳ و ضریب شکل ۰/۷ و وزن باندهای مرئی ۱ و مادون قرمز ۳ و مادون قرمز نزدیک ۳ انتخاب شد (شکل ۲).



شکل (۲): سگمنت‌بندی‌های تصویر
Fig (2): Image segmentations

با تکنیک آستانه‌گذاری از شاخص‌های (NDVI, EVI, CIG, GVM) و ویژگی‌های میانگین باندهای آبی، سبز، قرمز، مادون‌قرمز و ویژگی درخشندگی تصویر، اشیاء تعلیمی برای طبقه‌بندی روش نزدیک‌ترین همسایه لحاظ شد (سلمانی و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۰۸)، به میزانی که کلاس‌ها در تمامی شاخص‌ها و ویژگی‌ها به حد اشباع برسند. ویژگی شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش در زیر توضیح داده شده است (جدول ۱).

جدول (۱): شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش

Table (1): Indicators used in this research

منبع	وزن شاخص	رابطه	شاخص
Aman	۰/۳	$NDVI = \frac{N - R}{N + R}$	NDVI
Min Liu	۰/۲	$GVM = \frac{(NIR + 0/1) - (SWIR + 0/02)}{(NIR + 0/1) + (SWIR + 0/02)}$	GVM
Karkauskaite	۰/۲	$EVI = G \frac{\rho NIR - \rho Red}{\rho NIR + C_1 \times \rho Red - C_2 \times \rho Blue + L'}$	EVI
Qiaoyun Xie	۰/۲	$CI_{green} = \frac{NIR}{Green} - 1$	CIG

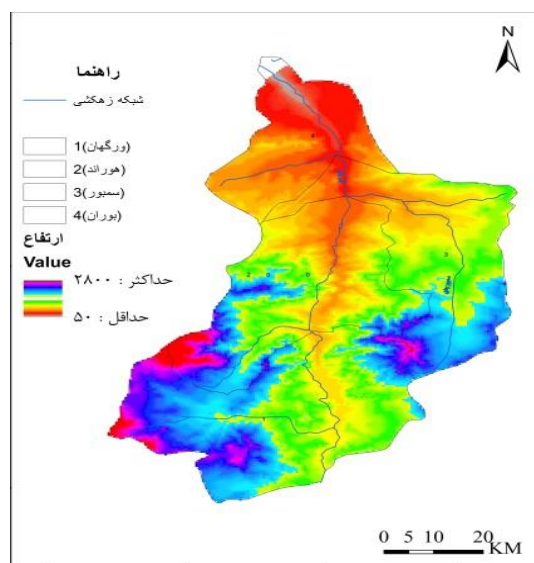
در نرم‌افزار eCognition این امکان وجود دارد که پارامترهایی که بیش‌ترین درجه عضویت را در هر کلاس دارند، در طبقه‌بندی تأثیر داده شود. در این تحقیق ۱۱ پارامتر مؤثر در طبقه‌بندی انتخاب شده و در هر کلاس درجه عضویت این پارامترها وارد شد.

لزوم استفاده از هر نوع اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای، آگاهی از میزان صحت و درستی آن است (فیضی‌زاده و هلالی، ۱۳۸۹: ۷۶). لذا جهت ارزیابی دقت طبقه‌بندی، به محاسبه دقت کاربر، دقت کلی و ضریب کاپا پرداخته شد. دقت کاربر از تقسیم تعداد اشیاء طبقه‌بندی شده در هر رده بر کل اشیاء طبقه‌بندی شده در آن رده به دست می‌آید. صحت کلی که میانگینی از صحت طبقه‌بندی است که نسبت اشیاء صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل اشیاء معلوم را نشان می‌دهد. هم‌چنین ضریب کاپا نیز یک تکنیک چندمتغیره گسسته است که اگر یک ماتریس خطا تفاوت معناداری با دیگری داشته باشد، در ارزیابی صحت برای تصمیم‌گیری‌های آماری مورد استفاده قرار می‌گیرد. شاخص کاپا برای اندازه‌گیری صحت طبقه‌بندی است، که بر اساس تفاوت بین صحت واقعی در ماتریس خطا و تغییرهای صحت که به وسیله مجموع سطر و ستون نشان داده شده است. شاخص کاپا در واقع معرف اختلاف بین توافق واقعی در داده‌های مرجع و یک طبقه‌بندی‌کننده خودکار و توافق احتمالی بین داده‌های مرجع و طبقه‌کننده تصادفی است. ابزار SWAT امکان شبیه‌سازی فرآیندهای مختلف فیزیکی را فراهم می‌کند

و به داده‌های هواشناسی، هیدرولوژی، جغرافیایی و مدیریت حوضه‌ی آبریز متکی است. چرخه‌ی هیدرولوژیکی در SWAT بر اساس معادله‌ی بیلان آب ارائه شده است (رابطه‌ی ۱)، که اساس هر فرآیند بررسی شده در یک حوضه آبریز استفاده می‌شود (وانسا و همکاران، ۲۰۲۰: ۱۹۶). اجزای اصلی در تراز آب، زمین و انشعابات و فازهای آبی هستند (ضیایی و همکاران، ۱۴۰۰؛ بهاری و همکاران^۱، ۲۰۲۱: ۴).

$$sw_t = sw_0 + \sum_{i=1}^t (P - Q_s - ET - W_s - Q_{gw}) \quad (1)$$

SWt مقدار نهایی آب خاک در زمان (میلی‌متر) و SW0 مقدار اولیه آب خاک در زمان (میلی‌متر) است. t زمان (روز)، P بارندگی در زمان (میلی‌متر)، Qs رواناب سطحی در زمان (میلی‌متر)، ET تبخیر و تعرق واقعی در زمان (میلی‌متر)، Ws نفوذ در زمان (میلی‌متر)، و Qgw جریان پایه در زمان (میلی‌متر) است. فرآیند مدل‌سازی SWAT در سه مرحله‌ی اصلی انجام می‌شود: (۱) مشخص کردن حوضه آبریز و تولید شبکه جریان از یک مدل ارتفاعی DEM (۲) تعریف HRUها از لایه‌های کاربری اراضی، خاک و شیب. (۳) ورود داده‌های آب‌وهوا که امکان محاسبه‌ی عناصر مختلف تعادل هیدرولوژیکی (رواناب، تبخیر و تعرق، ...) را با توجه به نوع خاک امکان‌پذیر می‌کند (تایا^۲ و همکاران، ۲۰۲۱: ۳). برای اجرای مدل نیاز به داده‌هایی است که شامل مدل رقومی ارتفاع و داده‌های هواشناسی و هیدرومتری مانند دما و بارش و داده‌های خاک و کاربری اراضی است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۷: ۴۹۲). لایه‌ی رقومی ارتفاعی (DEM) از نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ تولید شد و برای ایجاد شبکه زهکشی و مرز حوضه استفاده شد (شکل ۳). حوضه آبریز دره‌رود با توجه به چهار زیرشاخه اصلی خود از پایین دست به بالادست حوضه به ترتیب (بران، سمبور، هوراند، مشیران)، به چهار زیر حوضه توسط مدل با توجه به حداقل مساحت ممکن در زیرحوضه‌ها تقسیم شد (شکل ۳). در زیرحوضه‌های مشیران و بران ایستگاه‌های هیدرومتری شرکت آب منطقه‌ای و باران‌سنجی اداره هواشناسی استان اردبیل وجود دارد که داده‌های مورد ارزیابی قرار گرفت تا صحت داده‌ها در ورود به مدل SWAT افزایش یابد تا نتایج قابل قبولی حاصل شود (شکل ۳).



شکل (۳): لایه ی رقومی ارتفاع دره رود برای ساخت مدل SWAT
Fig (3): Digital layer of river valley height to build SWAT model

داده های اقلیمی برای دوره ی ۱۹۹۰-۲۰۱۹ (۳۰ سال) و داده های هیدرولوژیکی به مدل وارد شدند. داده های مکانی به صورت فایل در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شامل کاربری اراضی و پوشش زمین و فرم های خاک بود که کاربری اراضی از تصاویر ماهواره ای لندست به روش شیء گرا تعریف شد و براساس جدول کاربری اراضی SWAT2012 Iran به مدل معرفی شد. لایه خاک نیز از داده های خاک سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری استان آذربایجان شرقی و تطبیق آن با لایه خاک سازمان جهانی فائو به دست آمد. در چهار نوع خاک به مدل معرفی شد (شکل ۴). برای تحلیل لایه خاک در مدل SWAT، باید جدول توصیفی خاک به صورت فایل متنی به مدل فراخوانی شود که در (جدول ۲) ارائه شده است.

جدول (۲): زمان تصویر برداری و مشخصات ماهواره های مورد استفاده

Table (2): Characteristics of Darre Rrood catchment soils, used in SWAT model

ردیف	نام خاک	مساحت km^2	گروه هیدرولوژیکی	بافت
۱	XI16-2b-3315	۱۷/۷۹	D	H
۲	Xh31-3a-3288	۸۸/۲۵	A	L_M
۳	Rc33-3bc-3254	۲۱۷۴/۹۸	B	M
۴	I-Re-Yh-c-3129	۱۴۶۲/۸۱	C	M_H

لایه‌ی شیب حوضه در سه طبقه ۰ تا ۶ و ۶ تا ۱۱ و ۱۱ تا بی‌نهایت در مدل تولید شد تا مورد استفاده قرار گیرد. پارامترهای اقلیمی مورد نیاز شامل بارندگی روزانه، حداکثر و حداقل دما در روز، در SWAT در بازه‌ی زمانی ۳۰ ساله وارد مدل شد تا در برآورد روش تبخیر تعرق پتانسیل هارگریوس مورد استفاده قرار گیرد و برای مولد آب و هوا، از سه سال داده بارندگی روزانه حوضه برای شروع مدل استفاده شد. در مدیریت‌های کشاورزی نیز مدیریت‌های لازم برای کلاس‌های اراضی کشت آبی و باغات انجام شد. در این بخش، جهت اعمال آبیاری بر روی اراضی کشاورزی از روش تعیین میزان آب اراضی در هر ماه با استخراج از مدل کشاورزی NETWAT استفاده شد. چون تنوع کشت نمی‌توانست در مدل به‌طور فراخوانی شود لذا کشت‌های غالب مدنظر قرار گرفت که شامل کشت سیب و گردو در محصولات باغی و کشت گندم و جو در کشت زراعی دیم و برنج و پیاز در کشت زراعی آبی بودند.

بعد از ورود داده‌های مورد نیاز، SWAT به واسنجی و اعتبارسنجی در مورد تبخیر و تعرق، نفوذ، محاسبه‌ی ذخیره‌ی آب و رواناب سطح نیاز دارد (وانسا و همکاران، ۲۰۲۰: ۱۹۷)؛ لذا تحلیل حساسیت با هدف درک بهتر از اثرات نسبی پارامترها در خروجی مدل انجام شد. SWAT-CUP قادر به شناسایی پارامترهایی است که متغیر کالیبره شده را تحت تأثیر قرار می‌دهند (ال بهاری و همکاران، ۲۰۲۱: ۵). از این‌رو این مرحله در مطالعه‌ی حاضر توسط نرم‌افزار SWAT-CUP انجام شد (عباسپور و همکاران، ۱۳۸۶: ۴۱۳ تا ۴۳۰) که می‌تواند تحلیل حساسیت پارامتر، واسنجی، اعتبارسنجی و تجزیه و تحلیل عدم اطمینان در مورد مدل SWAT را انجام دهد. روش بهینه‌سازی SUFI-2 موجود در SWAT-CUP پرکاربردتر است و در این مطالعه نیز از SUFI-2 برای تکمیل حساسیت، واسنجی و اعتبارسنجی استفاده شد. فرآیند متناهی SUFI-2 روشی است که با استفاده از جستجوی شیب و محاسبه‌ی پارامترهای بدست آمده از طریق نمونه‌برداری مکعب لاتین انجام می‌شود. تحلیل حساسیت عمدتاً توسط دو شاخص کنترل می‌شود. مقدار p معنای حساسیت را تعیین می‌کند و هرچه مقدار p به صفر نزدیک‌تر باشد، معنادارتر است. T -stat میزان حساسیت را نشان می‌دهد و هرچه مقدار مطلق بیش‌تر باشد حساسیت آن نیز بیش‌تر است (چن و همکاران، ۲۰۲۰: ۵). برای انجام تجزیه و تحلیل حساسیت، در این نیز پژوهش ۲۰ پارامتر با اقتباس از مطالعات مشابه مورد بررسی قرار گرفت. معیارهای ارزیابی برای مقایسه‌ی همبستگی بین داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهداتی نیاز است (بوون و همکاران، ۲۰۱۱: ۴۴۹-۱). در پژوهش حاضر از دو معیار ضریب تبیین و ضریب نش-ساتکلیف، جهت ارزیابی کارایی مدل استفاده شد.

الف) ضریب تبیین: ضریب تبیین مشخص می‌کند که چه مقدار از واریانس مقادیر مشاهده‌ای توسط مقادیر شبیه‌سازی شده توجیه شده است و به‌عنوان بخشی از واریانس کل است که توسط رابطه‌ی خطی موجود بین

مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده توجیه می‌شود. ضریب تبیین بین صفر تا ۱ قرار دارد و بهترین مقدار آن ۱ است و از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

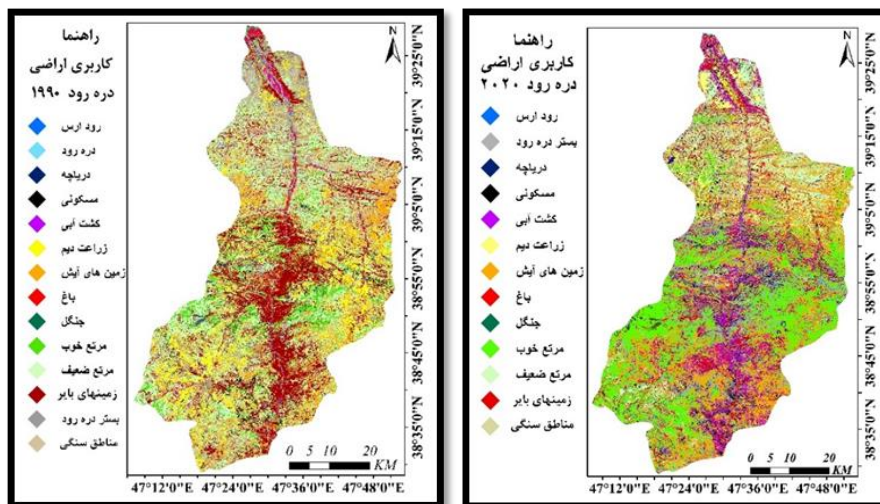
$$R^2 = \frac{[\sum_i (Q_{m,i} - \bar{Q}_m)(Q_{s,i} - \bar{Q}_s)]^2}{\sum_i (Q_{m,i} - \bar{Q}_m)^2 \sum_i (Q_{s,i} - \bar{Q}_s)^2} \quad (۶)$$

ب) ضریب نش- ساتکلیف: برخلاف ضریب تبیین، این روش تفاوت موجود بین مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده را آشکار می‌کند. عموماً محققان از این روش برای ارزیابی کارایی مدل‌های مختلف بهره می‌برند. مقدار این ضریب بین یک تا منفی بی‌نهایت تغییر می‌کند و مقدار بهینه آن ۱ است و با رابطه‌ی زیر تعریف می‌شود.

$$NS = 1 - \frac{\sum_i (Q_m - Q_s)_i^2}{\sum_i (Q_{m,i} - \bar{Q}_m)^2} \quad (۷)$$

۳- یافته‌ها و بحث

با استفاده از چهار شاخص طیفی (NDVI, GVMi, EVI, CIG) و میانگین باندهای مرئی و ویژگی درخشندگی تصویر و شکل اشیاء تصاویر در چهارده کلاس طبقه‌بندی شد و کاربری اراضی حوضه در دو بازه‌ی زمانی ۱۹۹۰ و ۲۰۱۹ استخراج شد (شکل ۴ و ۵).



شکل (۴ و ۵): تغییرات کاربری اراضی حوضه‌ی آبریز دره‌رود بین ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹

Fig (4&5): Land use changes in Darreh Rud catchment between 1990 and 2019

در شکل‌های بالا تفاضل بین هر کلاس به‌صورت مجزا مورد توجه قرار گرفته و در جدول زیر ارائه شد، با توجه به اینکه جهت دقت در مشاهده تغییرات کلاس‌های مرتع خوب و ضعیف، زراعت دیم و زمین‌های آیش، به‌علت شباهت در بافت کاربری به‌صورت ادغام شده در نظر گرفته شد و در این میان کاربری کشاورزی به‌منظور تفکیک بهتر در بازتاب طیفی آنها در دو کلاس کشت آبی و کشت دیم به‌صورت مجزا انتخاب شدند و کشت دیم نیز به‌صورت زراعت گندم و زراعت نخود به‌صورت نمونه‌های تعلیمی مختص به خود در نظر گرفته شد و کشت آبی به دو صورت کشت برنج و کشت پیاز به نمونه‌های متفاوت در نظر گرفته شد ولی در نتایج به‌صورت کشت آبی و زراعت دیم ارائه شد. براساس جدول ۳ بیش‌ترین تغییرات در کاربری اراضی شامل تغییرات کشت آبی و زراعت دیم و مرتع، اراضی بایر، مناطق سنگی، مناطق مسکونی و بستر دره‌رود است. بیش‌ترین مساحت تغییر متعلق به اراضی بایر است که ۴۶۴ کیلومترمربع کاهش مساحت داشته است. کم‌ترین تغییرات نیز متعلق به باغ و جنگل و دریاچه بود که کلاس دریاچه حداقل تغییرات را با ۱/۴۷ کیلومتر مربع افزایش داشته است.

جدول (۳): تفاضل مساحت کلاس‌ها در کاربری اراضی ۳۰ ساله حوضه

Table(3): Class area difference in 30-year over the study area

نام کلاس	مساحت ۱۹۹۰	مساحت ۲۰۱۹	تفاضل مساحت KM	بیش‌ترین تغییرات	کم‌ترین تغییرات
کشت آبی	۴۵/۶۹	۳۸۷/۸۲	۳۴۲/۱۳	*	-
زراعت دیم و آیش	۸۵۰/۵۵	۱۰۱۳/۰۸	۱۶۲/۵۳	*	-
باغ	۵۹/۷۹	۶۵/۵۰	۵/۷۱	-	*
جنگل	۸/۷۸	۵/۴۹	-۳/۲۹	-	*
دریاچه	۰/۱۶	۱/۶۳	۱/۴۷	-	*
مرتع	۱۳۹۱/۴۲	۱۱۳۷/۰۶	-۲۵۴/۳۶	*	-
مناطق سنگی	۳۱۲	۳۷۰/۹۳	۵۸/۹۳	*	-
زمین‌های بایر	۶۶۵/۴۰	۲۰۱/۳۵	-۴۶۴/۰۵	*	-
مسکونی	۹۴/۹۱	۲۵۷/۶۶	۱۶۲/۷۵	*	-
بستر دره‌رود	۳۱۰/۶۷	۲۵۸/۹۱	-۵۱/۷۶	*	-

طبقه‌بندی شیء‌گرا با ضریب کاپای ۹۳ درصد و با استناد به دقت کلی طبقه‌بندی با ۰/۹۲۳۵، دارای دقت بیش‌تری بوده است. بر اساس نقشه‌ی کاربری اراضی حوضه‌ی آبریز دره‌رود مربوط به سال ۱۹۹۰ که با روش نزدیک‌ترین همسایه استخراج شده است، بیش‌ترین کاربری‌ها در درجه اول مربوط به کلاس مرتع است که مساحتی تقریباً ۱۳۹۱/۴۲ کیلومترمربع را به خود اختصاص می‌دهد. سپس کاربری زراعت دیم و آیش با مساحتی بالغ بر ۸۵۰/۵۵ کیلومترمربع و اراضی بایر با مساحت ۶۶۵/۴۰ کیلومترمربع بیش‌ترین مساحت‌ها را شامل می‌شوند. این کاربری‌ها در سال ۲۰۱۹ نیز بیش‌ترین مساحت را دارا هستند با این تفاوت که کاربری

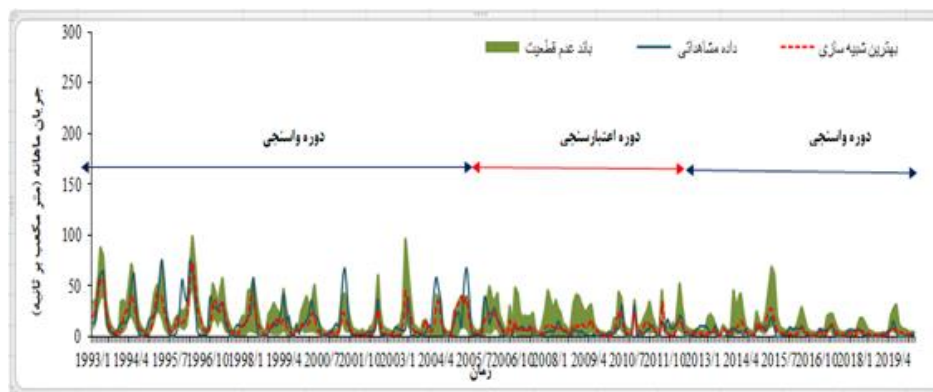
مرتفع مساحت ۱۱۳۷/۰۶ کیلومترمربع و زراعت دیم مساحت ۱۰۱۳/۰۸ کیلومترمربع را داشته و اراضی بایر به مساحت ۲۰۱/۳۵ کیلومترمربع کاهش یافته ولی مساحت کشت آبی از ۴۵/۶۹ به ۳۸۷/۸۲ کیلومترمربع افزایش یافته است. باغات و جنگل‌ها در سال ۱۹۹۰ به ترتیب مساحتی بالغ بر ۵۹/۷۹ و ۸/۷۸ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده‌اند. در سال ۲۰۱۹ اراضی باغی به ۶۵/۵۰ کیلومترمربع افزایش مساحت و اراضی جنگلی به ۵/۴۹ کیلومترمربع کاهش یافته است. افزایش مساحت کاربری مسکونی نسبت به سال ۱۹۹۰ با کاهش مراتع همراه بوده است که نشان از تخریب مراتع و ایجاد مناطق مسکونی است.

در پژوهش حاضر برای دوره‌ی اول از داده‌های دبی ماهانه ایستگاه بوران (۲۰۰۲-۱۹۹۳)، دوره‌ی دوم (۲۰۱۹-۲۰۱۰) برای واسنجی و برای اعتبارسنجی، دوره‌ی اول (۲۰۰۳)، دوره‌ی دوم (۲۰۰۹) استفاده شد و از ضریب نش-ساتکلیف به‌عنوان تابع هدف برای بهینه‌سازی استفاده شد. عدم قطعیت نتایج شبیه‌سازی مدل نیز توسط عدم قطعیت تخمین ۹۵ درصد (ppu 95) محاسبه شد. از شاخص‌های ضریب تبیین و ضریب نش-ساتکلیف نیز برای سنجش کارایی مدل در مراحل واسنجی و اعتبارسنجی بهره گرفته شد. واسنجی هر دوره با چند تکرار صورت گرفت. به طریقی که در تکرار اول به آماره‌ها، مقادیر اولیه نسبت داده شد و ۵۰۰ دور شبیه‌سازی در هر تکرار انجام شد. پس از اتمام تکرار اول، مقادیر شاخص‌های نش-ساتکلیف و ضریب تبیین بررسی شد و مقادیر پارامترها در بهترین شبیه‌سازی، به‌عنوان مقادیر اولیه پارامترها در تکرار بعدی جایگزین شدند. این فرآیند تا دستیابی به دقت مناسب در پیش‌بینی میزان جریان خروجی حوضه ادامه پیدا کرد. نتایج حاصل از واسنجی و اعتبارسنجی در دوره‌های شبیه‌سازی در جدول ۴ و نمودار شکل ۶ قابل مشاهده است. براساس نتایج شبیه‌سازی مشخص شد که مدل از قابلیت کافی برخوردار بوده و روند تغییرات جریان در مرحله‌ی واسنجی به خوبی شبیه‌سازی شده است.

جدول (۴): مقادیر شاخص‌های ارزیابی کارایی مدل در شبیه‌سازی رواناب حوضه آبریز دره‌رود

Table (4): Values of model performance evaluation indicators in simulation of Darre Rood basin runoff

سال ۲۰۱۹	سال ۱۹۹۰	نقشه‌ی کاربری اراضی
۲۰۱۰-۲۰۱۹	۱۹۹۳-۲۰۰۲	دوره‌ی واسنجی
۰/۸۴	۰/۶۱	R2
۰/۸۳	۰/۶	NS
۰/۷۱	۰/۵۸	P-Factor
۱/۳۷	۰/۹۹	R-Factor
۲۰۰۳-۲۰۰۹		دوره‌ی اعتبارسنجی
	۰/۵۲	R2
	۰/۵۱	NS
		نتایج اعتبارسنجی



شکل (۶): نتایج واسنجی و صحت‌سنجی مدل SWAT با الگوریتم SUFI2 در حوضه‌ی آبریز دره‌رود

Fig (6): Calibration and validation results of SWAT model with SUFI2 algorithm in Darre Rood Basin

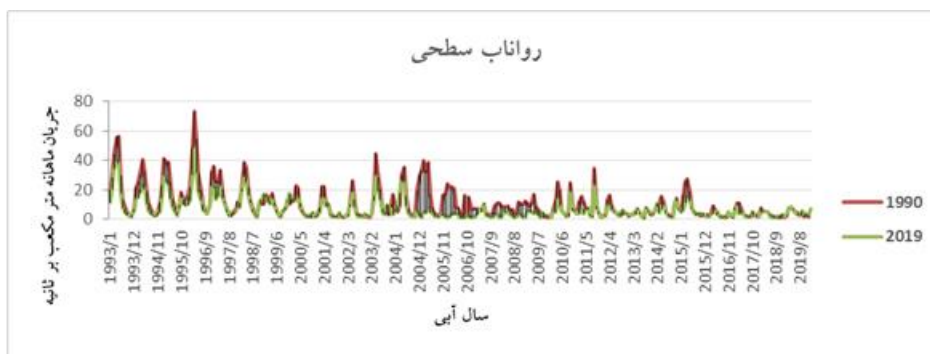
برای هر سناریو در مدل SWAT، شبیه‌سازی مجزایی اجرا شد و نتایج شبیه‌سازی به‌عنوان ورودی به نرم‌افزار SWAT-CUP فراخوانی شد. پس از آن میزان پارامترها در بهترین شبیه‌سازی حاصل از دوره‌های اول، دوم به‌ترتیب برای سناریو اول، دوم لحاظ شد و جهت ارزیابی اثر تغییرات کاربری اراضی شبیه‌سازی شدند. از سناریوی اول به‌عنوان شاهد در مقایسه بهره گرفته شد؛ به این معنی که در صورت عدم تغییر کاربری اراضی در گام زمانی این مطالعه، مؤلفه‌های هیدرولوژی متناظر با نتایج حاصل از سناریو اول باقی می‌ماند. نتایج حاصل از شبیه‌سازی سناریوهای تعریف شده، به‌صورت میانگینی از کل دوره در (جدول ۵) نشان داده شده است.

جدول (۵): مؤلفه‌های بیلان آب ماهانه دو سناریو شبیه‌سازی شده با مدل SWAT

Table (5): Monthly water balance components of two scenarios simulated with the SWAT model

واحد	۲۰۱۹	۱۹۹۰	سال شبیه‌سازی
MM3	۳۰/۰۷	۳۷/۰۴	رواناب به میلی‌متر مکعب
MM3	۹۷/۹	۲۵۷/۰۹	نفوذ به آبخوان عمیق
MM3	۱۴/۲۴	۶۴/۵۶	تغذیه آبخوان عمیق
-	۷۳/۵	۷۰/۰۲	ضریب CN

بررسی رواناب سالانه در دو سناریو نشان می‌دهد که تحت سناریو دوم رواناب سطحی به ۱۸/۹ درصد نسبت به سناریو شاهد کاهش یافته است (نمودار شکل ۷). چنانچه در نمودار مشخص است زمانی که جهت شبیه‌سازی سناریوی اول (۱۹۹۰) از تغییرات کاربری اراضی سناریوی دوم استفاده می‌شود، میزان جریان سطحی ماهانه در طی دوره‌ی ۳۰ ساله کاهش پیدا می‌کند به گونه‌ای که این کاهش در سال نهایی نسبت به سناریوی اول به میزان ۱۸/۹ درصد یعنی تقریباً ۷ متر مکعب در هر ثانیه می‌باشد.



شکل (۷): نمودار رواناب سطحی دو سناریو شبیه‌سازی شده با مدل SWAT
Fig (7): Surface runoff diagram of two scenarios simulated with SWAT model

با توجه به یافته‌ها مشخص می‌شود که با تغییرات کاربری اراضی در حوضه باعث تغییر میزان CN حوضه از ۷۰/۰۲ به ۷۳/۵ باعث شده تا میزان نفوذ به آبخوان عمیق از ۲۵۷/۰۹ به ۹۷/۹ کاهش پیدا کند که این امر نیز باعث کاهش تغذیه‌ی آبخوان عمیق از ۶۴/۵۶ به ۱۴/۲۴ می‌شود و در نهایت با کاهش میزان تغذیه‌ی آبخوان‌ها، جریان چشمه‌ها که منبع اصلی تا تأمین‌کننده‌ی آب رودخانه می‌باشد کاهش پیدا کرده و یا در فصول گرم سال خشک شده و همین عامل باعث کاهش میزان جریان رودخانه و بی‌نظم شدن آن و حتی خشک شدن رودخانه در فصول گرم سال شود.

۴- نتیجه‌گیری

رودخانه‌ی دره‌رود در بخش‌هایی که بستر و دشت کرانه‌ها عریض می‌شود، با دخالت کشاورزان منطقه جهت افزایش زمین‌های زیر کشت، ساخت‌وساز پل و دیوارهای سنگی و سیمانی در مسیر رودخانه، برداشت بی‌رویه آب رودخانه، احداث طولیله‌های دام و طیور در حریم رودخانه و حفر چاهک‌های مکعبی جهت برداشت آب‌های زیرزمینی مواجه می‌باشد. براساس پیمایش انجام یافته در برخی از بازه‌ها افزایش ارتفاع پادگانه‌ها و تثبیت دیواره‌های کانال با مصالح سنگی و چوبی به‌منظور حفظ زمین‌های کشاورزی از سیلاب، دست‌کاری عمق و عرض کانال به‌منظور عبور دام و تجهیزات کشاورزی و هم‌چنین انحراف دادن بازه‌ای از مسیر رودخانه توسط کشاورزان، مانع گسترش طبیعی مئاندرهای منطقه‌ی مورد مطالعه شده است. رودخانه‌ی دره‌رود نیز از نقطه تلاقی رودخانه‌های قره‌سو و بالیخلی‌چای تا مصب خود در اصلاندوز این پتانسیل را دارد که در صورت وقوع سیلاب‌هایی شدید باعث قطع‌شدگی مسیر رودخانه شده و خسارات زیادی را به وجود آورد که البته اکثر این خسارت‌ها می‌تواند جنبه کشاورزی و دامپروری داشته باشد. هم‌چنین با توجه به تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و نتایج حاصل از این پژوهش، نشان می‌دهد در منطقه‌ی مورد بررسی مئاندرهای بسیار توسعه‌یافته وجود دارند

که در صورت بروز جریان‌هایی که بیش از ظرفیت مجرای رودخانه باشند، اراضی کشاورزی و خانه‌باغ‌های زیادی در معرض خطر قرار خواهند گرفت. با توجه به پژوهش‌های (رونالد و همکاران، ۲۰۱۳: ۶۱۳-۶۰۷) معتقدند که از نظر تغییر رژیم‌های جریان و رسوب رودخانه‌ها، سدها اغلب به‌عنوان غالب‌ترین شکل تأثیر انسان بر سیستم‌های رودخانه‌ای در نظر گرفته می‌شوند. سدها می‌توانند جریان آب و رسوبات را کاهش دهند که منجر به تغییرات کانالی مانند تجمع بالادست و تخریب پایین دست می‌شود لذا باید اشاره شود که احداث سد یامچی در بالادست رودخانه بالیخلی چای و سد ستارخان بر روی رودخانه‌ی قره‌سو بر بیلان رسوب رودخانه تأثیر گذاشته و با کاهش رسوبات در پایین دست، زمینه‌ی توسعه فرسایش و گسترش مئاندرها را فراهم نموده است. اما با توجه به پیمایش انجام یافته از رودخانه‌ی دره‌رود، دست کاری انسان در عرض و عمق رودخانه را نمی‌توان نادیده گرفت و تأثیرات انسانی بالوفور محرز می‌باشد. باید توجه داشت که در فصل تابستان با توجه به کاهش میزان رواناب به حداقل‌ترین حد خود و با در نظر گرفتن افزایش میزان نفوذپذیری آب در زیرحوضه‌های مشیران و هوراند و سمبور و از طرفی افزایش نیاز آبی باغات و مزارع باعث می‌شود که رواناب حوضه دچار نوسانات جریانی مهمی شده و حتی باعث خشک شدن رودخانه در ماه‌های تیر و مرداد و شهریور شود و با توجه به نظر (رونالد و همکاران، ۲۰۱۳: ۶۱۳-۶۰۷) آسیب مهمی به اکوسیستم حوضه از لحاظ گیاهی و جانوری شود. با کاهش میزان جریان رودخانه در طی فصول گرم سال باعث می‌شود که باغداران از سواحل رودخانه استفاده کرده و با تصرف سواحل رودخانه از عرض بستر رودخانه کاسته شود که این نیز در مواقع بحرانی می‌تواند باعث خسارت‌های مهم انسانی و مالی شود و علاوه بر آن عامل مهمی در افزایش میزان رسوب رودخانه شود که در مطالعات (صمدزاده و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۷۸-۱۵۳) اثبات شده است و باعث کاهش در بهره‌وری از سد عمارت می‌شود.

۵-منابع

- Khavarian, H., Aghaie, M., & Mostafazadeh, R. (2020). Predicting the effects of land use changes on the monthly flow using hydrological model and Remote Sensing in the Kouzetopraghi watershed, Ardabil. *Hydrogeomorphology*, 6(24):19-39. (In Persian).
- Abbaspour, K.C., Johnson C.A., & Van Genuchten M.T. (2004), Estimating uncertain flow and transport parameters using a sequential uncertainty fitting procedure. *Vadose Zone Journal*. 3(4): 1340-1352.
- Asghari Saraskenrood, S., Mohammadnejad, V., & Emami, H. (2019). Investigation of land use change using basic and object-oriented pixel methods and analysis of the effects of land use change in soil erosion Case study: Maragheh city, *Quantitative Research in Geomorphology*, 8(1): 160-178. (In Persian)
- Blavasi, A., Asghari Saraskanrood, P., Esfandiari, F., & Zeinali, B. (2020). The role of land use change on runoff characteristics and flood flow in the Doab catchment. *Echo Hydrology*, 7(2): 331-344. (In Persian)
- Pourreza Belondi, M., Basaltpour, A.A, & Zaraatkar, Z. (2017). Theory and step-by-step training for calibration and analysis of SWAT model uncertainty, Naqous Publications, pp. 182p. (In Persian)
- Feizizadeh, B., Pirnazar, M., Zand Karimi, A., & Abedi Gheshlaghi, H. (2014). Evaluation of the application of fuzzy algorithms in increasing the accuracy of land use maps extracted by object-oriented processing methods, *Geographical Information*, 24(94): 107-117. (In Persian)
- Fatehi, Z., & Shahoui, V. (2020). Application of SWAT model in simulation of monthly runoff of Urmia Lake watershed in Kurdistan province, *Environment and Water Engineering*, 6(3): 293-303. (In Persian)
- Feizizadeh, B., & Helali, H. (2010). Comparison of basic and object-oriented pixel methods and effective parameters in land use classification of West Azerbaijan province, *Natural Geography Research*, 42(71): 74-83. (In Persian)
- Hamedi, N., Ismaili, A., Faramarzi, H., (2019). Analysis of potential fire risk scenarios in Lordegan using GIS and RS, *Journal of Crisis Management*, 99(17): 17-27. (In Persian)
- Hassanzadeh, R., Asghari, P., & Esfandiari, F. (2021). Evaluation of the results of land use changes on the discharge of Darrehrood River in a three-year period using HEC-HMS model, *Quantitative Geomorphological Researches*, 10(3): 157-174. (In Persian)
- Moradi, A., Najafinejad, A., & Ownegh, M. (2018). Detection of land use change trends and its effect on discharge and suspended load simulated with SWAT model Case study of Galikesh watershed in Golestan province, *Rangeland and Watershed Management Journal*, 71(2): 489-504. (In Persian)

- Rezaei Moghadam, M. H., Rezaei Banafsheh, M., Feizizadeh, B., & Nazmfar, H. (2008). Classification of land cover based on object-oriented method and satellite imagery, Case study: West Azerbaijan Province, *Journal Watershed Management*, 89(87): 21-35. (In Persian)
- Salmani, S., Ebrahimi, H., Mohammadzadeh, K., & Valizadeh, Kh. (2017). Evaluation of different object-oriented classification methods in extracting land use from Iconus satellite images, *Geographical Information*, 28(111): 2015-215. (In Persian)
- Samadzadeh, R., Khayyam, M., & Fazeli, A. (2013) Modeling the regional estimation of suspended sediment in the catchment area of Ardabil River Valley, *Geography and Environmental Planning*, 24(51): 153-178. (In Persian)
- Alshari, E.A. & Gawali, B.W. (2021) Development of classification system for LULC using remote sensing and GIS, *Global Transitions Proceedings*, N2, PP8-17.
- Aman, A., & Randriamanantena, H.P., Podaire, A., & Froutin, R. (1992). Upscale integration of normalized difference vegetation index: The problem of spatial heterogeneity. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30, 326–338.
- Aragaw. H.M., Mishra. S.K., (2021). Runoff curve number-potential evapotranspiration-duration relationship for selected watersheds in Ethiopia. *Model. Earth Systems and Environment*. <https://doi.org/10.1007/s40808-021-01193-6>, pp 640-655.
- Beven. K.J. (2011). *Rainfall-runoff modelling: the primer*, 2th, John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, 1-449.
- Chen. Y., Niu. J., & Sun. Y., (2020). Study on streamflow response to land use change over the upper reaches of Zhanghe Reservoir in the Yangtze River basin, *Geoscience Letters*, V7, pp2-12.
- Getachew. B., Manjunatha, B.R., & Gangadhara Bhat. H. (2021). Modeling projected impacts of climate and land use/land cover changes on hydrological responses in the Lake Tana Basin, upper Blue Nile River Basin, Ethiopia, *Jurnal of Hydrology*, V595, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.125974>.
- L.Beharry. S., Gabriels. D., & Lobo. D. (2020). Use of the SWAT model for estimating reservoir volume in the Upper Navet watershed in Trinidad, *SN Applied Sciences* (2021) 3:163 | <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04201-7>.
- LeongTan. M., LinTew. Y., PanChun. K., (2021). Improvement of the ESA CCI Land cover maps for water balance analysis in tropical regions: A case study in the Muda River Basin, Malaysia, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 36: 2-14.
- Pertiwi, P.C., & Hisyam, E.S., & Yofianti, D. (2020). The effect of land use change to surface runoff discharge in the POMPONG watershed at Bangka regency, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 599, 1-7.

- Ronald. E.P, Saskia. D.K, Margres. K., Tom. C., & Tomas. G., (2013). Impact of dams, dam removal and dam-related river engineering structures on sediment connectivity and channel morphology of the Fugnitz and the Kaja Rivers, *5th Symposium for Research in Protected Areas*, 607-613pp.
- Spruce, J., Bolten, J., Mohammad, I., Srinivasan, R., & Lakshmi, V. (2020). Mapping land use-land cover change in the Lower Mekong basin from 1997-2010, *Frontiers in Environmental Science*, 8, 1-13.
- Karkauskaite, P., Tagesson, T., & Fensholt, R. (2017). Evaluation of the Plant Phenology Index (PPI), NDVI and EVI for Start-of-Season Trend Analysis, of the Northern Hemisphere Boreal Zone, *Remote Sensing*, 9, 2-21.
- Khalid, H., Alkaabi, K. Ghebreyesus, D. Liaqat, M.U. & Sharif, H. (2020). Land use / land cover change along the Eastern Coast of the UAE and its impact on flooding risk, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11, 112-130.
- Kibii, J.K., & Kipkorir, E.C. (2021). Application of Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to Evaluate the Impact of Land Use and Climate Variability on the Kaptagat Catchment River Discharge. *Sustainability*, 13, 2-19.
- Min, L., Fang, H., Hannv, Z., & Ping, W. (2009). Vegetation Canopy Water Content Estimation Using GVMI and EWT Model from MODIS Data, *2009 2nd International Congress on Image and Signal Processing*, 10, 1-5.
- Pietro, C., Stéphane, F., & Jean, M.G. (2002). Designing a spectral index to estimate vegetation water content from remote sensing data: Part 2. Validation and applications, *Remote Sensing of Environment*, 82:198-207.
- Punitha, P.A., & Sutha, J. (2021). Object based classification of high resolution remote sensing image using HRSVM-CNN classifier, *European Journal of Remote Sensing*, V53, N51, pp 16-30.
- Qiaoyun, X., Wenjiang, H., Jyoti, R.D., & Dailiang, R. (2018). Vegetation Indices Combining the Red and Red-Edge Spectral Information for Leaf Area Index Retrieval, *IEEE Journal*, 44, 1-12.
- Taia.S., Erraioui. L., & Mbrengea. N.C., (2021). Assessment of soil erosion using two spatial approaches: RUSLE and SWAT Model, *E3S Web of Conferences 234*, N82, pp1-7.
- Wen Z., Dongping M., Lu Xu, H.B., & Min, W. (2018), Stratified Object-Oriented Image Classification Based on Remote Sensing Image Scene Division, *Journal of Spectroscopy*, 2018, 1-11.
- Wanessa.C., Maria. S., Antonio. A., (2020). Modeling runoff response to land-use changes using the SWAT model in the Mundaú watershed, Brazil, *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 5: 194-206.

- Warit. C., Matharit. N., Komkrit. B., Chaipant. R., Balamurugan. P., & Butsawan. B., (2021). Effects of Dam Construction in the Wang River on Sediment Regimes in the Chao Phraya River Basin, *Water*, 13, 2146, pp1-20.
- Zangyan, J., Alfredo, R.H. Jin, C., Yunhao, C., Jing, L., Guangjian, Y., & Xiaoyu, Z. (2006). Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction, *Remote Sensing of Environment*, 101, 366-378.
- Zeiaei, Kh., EsmaliOuri, A., Mostafazadeh, R., & Golshan, M. (2021). Assessing the effects of various land use change scenarios on runoff using SWAT model in the Ahl Iman watershed, *Hydrogeomorphology*, 8(27): 123-138. (In Persian)
- AhmadiSani, N., Solaimani, K., Razaghnia, L., Mostafazadeh, R. & Zandi, J. (2018). Assessing the efficiency of Arc-CN Runoff tool in runoff estimation and its comparison in 1996 and 2011 years in Haraz Watershed, Mazandaran Province. *Hydrogeomorphology*. 16: 139-158. (In Persian).