



The effect of land use changes and hydroclimatic indices on sediment yield in the Minab

Alireza Jalalifard¹ | Ommolbanin Bazrafshan^{2*} | Navazollah Moradi² | Zohreh Pakdaman³
Marzieh Shekari³

1. Ph.D Student, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agricultural and Natural Resources Engineering, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran,

2. Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agricultural and Natural Resources Engineering, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir

3. Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

Article History

Received November 25, 2023

Revised February 01, 2024

Accepted March 10, 2024

Abstract

Investigating the trend of hydroclimatic variables in the watershed is done in order to evaluate the amount of available water, reduce the risks and adaptability to floods and produce erosion and sediment, which are very important issues in hydrology and meteorology. Based on studies, land use change increases runoff and sediment production, which is more noticeable in small watersheds. Changes in land use and climatic variables cause changes in sediment production, filling of reservoirs in dams, and challenges in the demand of residents of the region for access to fresh water. Therefore, understanding the trend of hydroclimatic indicators to evaluate the impact of climatic and hydrological changes on sediment production at the watershed scale seems very necessary. The purpose of this study is to investigate the effect of land use changes and hydroclimatic indicators on sediment production in the watershed of Esteghlal Minab Dam by using Mann-Kendall and Pettit trend analysis statistics. The results showed that there is no significant trend in rainfall in the basin, but the maximum flood discharge, volume and concentration of sediment have a significant increasing trend that occurred in the 1980s. On the other hand, the investigation of land use changes in the Minab basin during the last three decades, 1990, 2005 and 2021, showed that 11% of the area of pasture lands decreased and agricultural and residential lands increased by 220 and 280%, respectively. Therefore, despite the non-significance of the precipitation trend, due to obvious land use changes that have a controlling role on the flood peak flow and sediment production, an increase in the peak flow and sediment production is evident in the basin.

Keywords

Landuse change, Sediment yield, Minab Watershed, Trend analysis



بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی و شاخص‌های هیدرواقليمی بر تولید رسوب در حوضه آبخیز سد استقلال میناب

علیرضا جلالی‌فرد^۱ | ام‌البنین بذرافشان^{۲*} | نوازاله مرادی^۳ | ازهره پاکدامن^۳ | مرضیه شکاری^۳

۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۲. عضو گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

نویسنده مسئول: O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir

۳. عضو گروه آمار، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

تاریخ‌های مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۰

چکیده

بررسی روند متغیرهای هیدرواقليمی در آبخیز به منظور ارزیابی میزان آب در دسترس، کاهش خطرات و سازگاری با سیل و تولید فرسایش و رسوب انجام می‌شود که از موضوعات بسیار حیاتی در هیدرولوژی و هواشناسی هستند. براساس مطالعات صورت گرفته، تغییر کاربری اراضی موجب افزایش رواناب و تولید رسوب می‌شود که در آبخیزهای کوچک چشمگیرتر است. تغییرات کاربری اراضی و متغیرهای اقلیمی سبب تغییر در تولید رسوب، پر شدن مخازن سدها و چالش در تقاضای ساکنان منطقه برای دسترسی به آب شیرین می‌شود. لذا پی بردن به روند شاخص‌های هیدرواقليمی برای ارزیابی تأثیر تغییرات اقلیمی و هیدرولوژیکی بر تولید رسوب در مقیاس آبخیز بسیار ضروری به نظر می‌رسد. مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی و شاخص‌های هیدرواقليمی بر تولید رسوب در حوضه آبخیز سد استقلال میناب با استفاده از آزمون‌های آمار تحلیل روند من‌کندال و پتیت می‌پردازد. نتایج نشان داد روند بارش در سطح حوضه فاقد روند معنادار، آمادگی حداکثر سیل، حجم و غلظت رسوب دارای روند افزایشی معنادار است که در دهه ۱۳۸۰ شمسی رخ داده است. از طرفی، بررسی تغییرات کاربری اراضی در حوضه میناب طی سه دهه گذشته، سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۸۴ و ۱۴۰۰، نشان داد ۱۱ درصد از سطح اراضی مرتعی کاسته شده و اراضی کشاورزی و مسکونی به ترتیب ۲۲ و ۲۸ درصد افزایش داشته‌اند. بنابراین، به رغم معنادار نبودن روند بارش، به دلیل تغییرات کاربری اراضی مشهود که نقش کنترل‌کنندگی بردبی پیک سیلاب و تولید رسوب دارد، افزایش دبی پیک و تولید رسوب در حوضه مشهود است.

کلیدواژگان

تغییرات کاربری اراضی، بار رسوب، حوضه میناب، تحلیل روند

مقدمه

اکوسیستم‌های حوضه آبخیز خدمات متعددی از جمله چرخه هیدرولوژیکی، تأمین آب، تنظیم اقلیم و فرسایش خاک را ارائه می‌دهند [۱]. فرسایش خاک یک تهدید زیست محیطی جهانی است [۲] که به کاهش خدمات اکوسیستم منجر می‌شود [۳]. تغییر کاربری اراضی و تغییرات اقلیمی عامل اصلی هدررفت خاک در حوضه‌های آبخیز است، چرا که تغییر در پوشش زمین روی چرخه هیدرولوژی، میزان دما، تبخیر، تعرق و رطوبت دریافتی به اتمسفر تأثیر می‌گذارد و رژیم بارش را تغییر می‌دهد [۴].

کشور ایران طی دو دهه گذشته از تغییرات شدید کاربری اراضی مصون نمانده و کاهش وسعت اراضی جنگلی و مرتعی و تبدیل آن‌ها به کاربری‌های کشاورزی، تجاری و مسکونی شده است و به تبع آن، تشدید سیلاب و افزایش میزان تولید رسوب سالانه بر این امر دلالت دارد [۵]. این از دست دادن خاک در تأثیر از عوامل توپوگرافی مانند طول شیب و جهت شیب، و تغییرات اقلیمی همراه با الگوهای پوشش زمین و ویژگی‌های ذاتی خاک بیشتر ادامه می‌یابد [۶]. گزارش‌ها حاکی از آن است که فرسایش خاک در زمین‌های تحت کشت، بالاترین و در اراضی جنگلی، کمترین میزان را دارد. این امر اهمیت پوشش خاک و مدیریت زمین را نشان می‌دهد [۷].

تحقیقات مختلف در نقاط مختلف دلالت بر ارتباط تولید رسوب با کاربری اراضی و تغییرات ناشی از آن داشته است که تعادل هیدرولوژیکی یک حوضه آبخیز را مختل می‌کند [۸]. از طرفی تغییر اقلیم، خشکسالی و تناوب دوره‌های خشک و تر نیز می‌تواند روی تعادل هیدرولوژیکی حوضه و تولید فرسایش و رسوب مؤثر باشد [۴].

بررسی روندهای هیدرواقلمی در آبخیز به منظور ارزیابی میزان آب در دسترس، کاهش خطرات و سازگاری با سیل، مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب و تولید فرسایش و رسوب انجام می‌شود که از موضوعات بسیار حیاتی در هیدرولوژی و هواشناسی هستند [۹]. مطالعات بسیاری نشان داده‌اند تغییر کاربری اراضی موجب افزایش رواناب و تولید رسوب می‌شود که در آبخیزهای کوچک چشمگیرتر است [۱۰]. به نظر می‌رسد تغییرات کاربری اراضی، اقلیم و تعادل منابع آبی می‌تواند سبب تغییر در تولید رسوب، و چالش‌هایی در فعالیت‌های کشاورزی، پر شدن مخازن ذخیره آب و سدها، تولید انرژی برق آبی و تقاضای ساکنان منطقه برای دسترسی به آب شیرین ایجاد کند. لذا پی بردن به روند شاخص‌های هیدرواقلمی برای ارزیابی تأثیر تغییرات اقلیمی و هیدرولوژیکی بر تولید رسوب در مقیاس آبخیز بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

در زمینه تأثیر تغییرات اقلیم و کاربری اراضی بر مؤلفه‌های هیدرولوژیکی تحقیقات متعددی در دنیا صورت پذیرفته است که در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره خواهد شد. مارتینز موریلو و همکاران^۱ [۱۱] به مدل‌سازی اثرات تغییرات کاربری زمین روی رواناب و فرسایش خاک در جنوب کشور اسپانیا پرداختند و به این نتیجه رسیدند که افزایش کشت دیم و تبدیل پوشش گیاهی به مناطق مسکونی و راه‌های ارتباطی به طور محسوسی باعث فرسایش خاک شده است.

پارویسین و همکاران^۲ [۱۲] در مدل‌سازی اثرات تغییرات آب و هوا و کاربری اراضی در فرسایش و پایداری خاک در حوضه مدیترانه (لانگدوک^۳، فرانسه) به این نتیجه رسیدند که شدت فرسایش خاک به تغییرات کاربری اراضی بیشتر از تغییرات اقلیمی است.

1. Martinez-Murillo et al

2. Paroissien et al

3. Languedoc

سانتوس و همکاران^۱ [۱۳] به بررسی تغییرات کاربری اراضی و نقش آن در فرسایش خاک در کشور برزیل پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد سطح زمین‌های کشاورزی و مراتع کاهش یافته و میزان فرسایش در این مناطق ۱۰ برابر افزایش یافته است.

عظیمی سردری و همکاران [۴] در پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم و تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش و رسوب در حوضه میناب نشان دادند میزان رسوب در آینده تا ۵ تن در هکتار در سال افزایش خواهد داشت. تغییرات اقلیم در آینده سبب افزایش دما و کاهش بارش خواهد شد.

سینگ و همکاران [۱۴] به بررسی تغییرات کاربری اراضی روی تالاب‌ها در ایالت پنجاب کشور هندوستان پرداختند. نتایج پژوهش یادشده نشان داد طی بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ تأثیرات منفی عوامل انسانی همچون کشت بی‌رویه و عدم اختصاص حبابه مورد نیاز تالاب سبب کاهش وسعت پهنه آبی و نیز فرسایش خاک شده است.

سراجی و همکاران [۱۵] به تخمین فرسایش خاک در جنوب عراق با استفاده از مدل RUSLE پرداختند. نتایج پژوهش یادشده نشان داد میزان فرسایش خاک منطقه بین صفر تا ۱۸۹ تن در هکتار در سال متغیر است. همچنین از نظر توزیع فضایی میزان هدررفت خاک در قسمت‌های شمالی و شمال شرقی (کوه‌ها و تپه‌ها) زیرحوضه‌هایی که شیب آن تندتر است میزان فرسایش بیشتری نسبت به ناحیه دشتی در بخش‌های جنوبی و جنوب شرقی دارد که نشان می‌دهد شیب علاوه بر فرسایش بارندگی، تأثیر غالب بر سرعت فرسایش خاک دارد.

حوضه آبخیز رودخانه میناب در جنوب ایران قطب کشاورزی در شرق استان هرمزگان محسوب می‌شود. سد استقلال میناب در خروجی آن قرار گرفته و آب مورد نیاز در بخش کشاورزی، شرب و صنعت در شهرستان بندرعباس و قسمت‌هایی از شهرستان میناب را تأمین می‌کند. این سد در سال ۱۳۶۲ مورد بهره‌برداری قرار گرفت و در حال حاضر بیش از یک سوم حجم آن (۱۰۵ میلیون مترمکعب) از رسوب پر شده است [۱۶].

مطالعات گذشته نشان می‌دهد وسعت زمین‌های کشاورزی و مسکونی در این منطقه در حال افزایش است که این تغییرات کاسته شدن از وسعت مراتع را در بر دارد و اقلیم این آبخیز دستخوش تغییراتی شده است [۱۷ و ۱۸]. بررسی تغییرات ایجادشده در متغیرهای هیدرواقليمی آبخیز برای پی بردن به اثرات توأم فعالیت‌های انسان ساخت و تغییر اقلیم جهانی و اینکه تغییرات یادشده چگونه روی از دست رفتن خاک و تولید رسوب در حال حاضر و آینده می‌تواند تأثیر بگذارد، اهمیت بسیاری دارد. مرور مطالعات گذشته نشان می‌دهد عموم تمایل محققان در بررسی روند گذشته تغییر اقلیم بر متغیرهای هیدرواقليمی بیشتر با تأکید بر متغیرهای اقلیمی و جریان رودخانه است و کمتر تحقیقی به بررسی تغییرات حجم و غلظت رسوب در ارتباط با روند متغیرهای هیدرواقليمی و کاربری اراضی پرداخته است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر، بررسی تغییرات کاربری اراضی طی سه دهه گذشته و به موازات آن، بررسی تغییرات متغیرهای حدی هیدرواقليمی در آبخیز میناب در جنوب ایران است.

مواد و روش

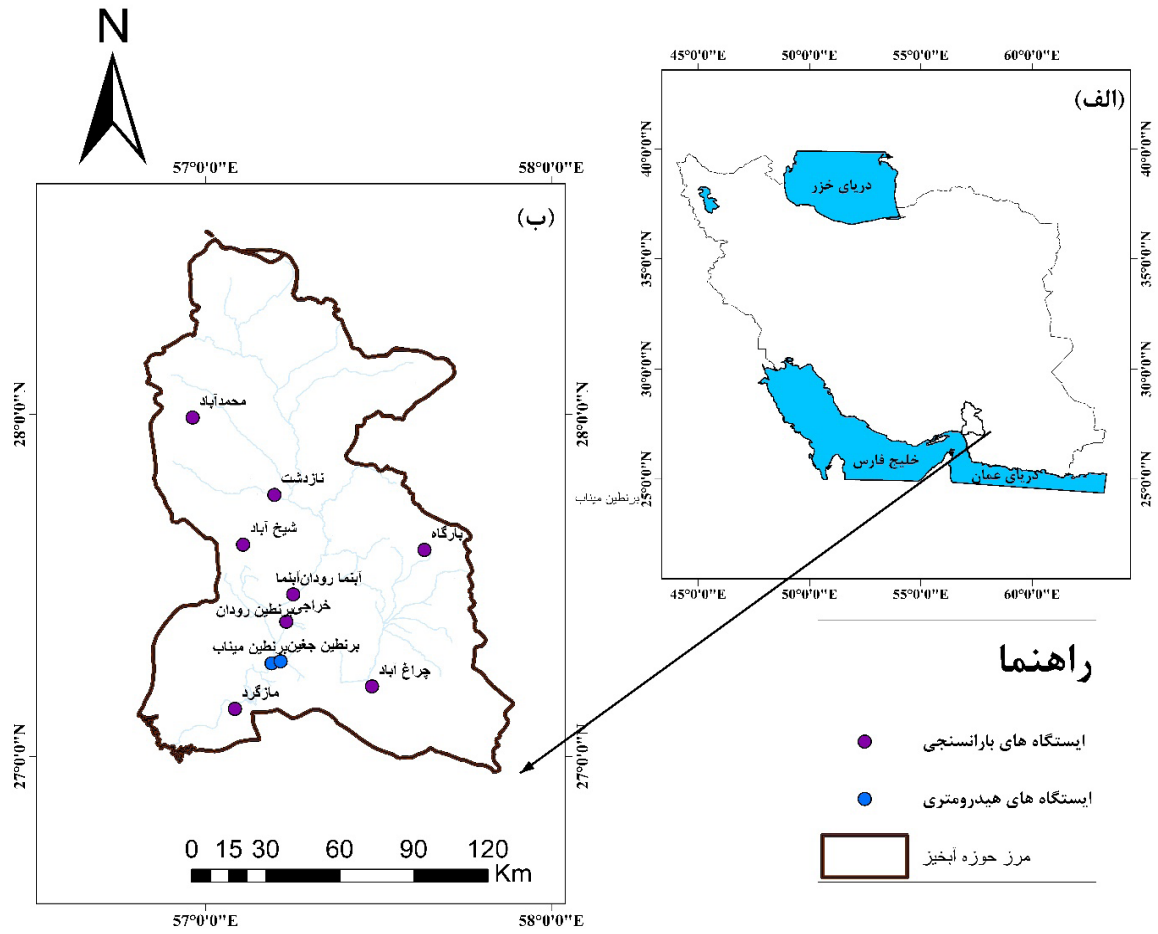
منطقه بررسی شده و داده‌ها

حوضه آبخیز رودخانه میناب تقریباً وسعتی به اندازه ۹۹۲۰ کیلومتر مربع دارد که در بالادست سد استقلال میناب در جنوب ایران قرار دارد (شکل ۱). فعالیت‌های کشاورزی در این منطقه رونق خوبی دارد. در این حوضه وسعت زمین‌های کشاورزی از سال ۱۳۷۰ تاکنون از ۱۲ درصد افزایش داشته است که افزایش چشمگیر فعالیت‌های کشاورزی

به ویژه باغ‌ها و صیفی‌جات در منطقه رانشان می‌دهد. حوضه آبخیز رودخانه میناب دارای اقلیم. تعرق پتانسیل ۲۴۰۰ میلی‌متر است [۸]. بیشتر بارش‌ها (حدود ۸۰ درصد) از اوایل آذر تا اواخر اسفندماه اتفاق رخ می‌دهد. جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های مورد بررسی در منطقه رانشان می‌دهد.

بخش اعظم حوضه از ارتفاعات و تپه ماهورها و مناطق پرشیب تشکیل شده است. وسعت دشت‌ها تنها حدود یک سوم کل حوضه یعنی ۳۵۰۶ کیلومتر مربع است. دشت‌های حوضه به صورت ناپیوسته و پراکنده است و توسط برخی عوارض توپوگرافی از یکدیگر جدا می‌شوند. همچنین دوسوم از سطح کل حوضه را اراضی کوهستانی تشکیل می‌دهند. اراضی کوهستانی بیشتر در بخش‌های شمالی، شمال شرقی و غربی و شرق و بخش‌هایی از جنوب حوضه قرار دارد. به طور کلی، حوضه آبخیز سد استقلال میناب از نظر شکل کلی حالت کشیده داشته و رودخانه‌های آن در صورت بارش رگباری دارای رژیم سیلابی هستند. آمارهای موجود نشان می‌دهد این بارندگی‌ها از شدت زیادی برخوردار بوده و موجب جریان‌های زیاد سطحی می‌شود. قابلیت اراضی حوضه سد استقلال میناب و کاربری‌های بالفعل آن نیز به چهار بخش زراعت و کشاورزی، دامداری و دامپروری، پوشش جنگلی و مرتعی، صنعت و معدن تقسیم می‌شوند [۴].

از دیدگاه زمین‌شناسی بین مناطق زمین‌شناسی زاگرس، مکران و سندج. سیرجان قرار گرفته و محدوده آن به وسیله گسل‌های مهم و شناخته شده‌ای مشخص می‌شوند. حدود ۶۰ درصد از محدوده مطالعاتی را کوه‌ها و تپه‌ها تشکیل می‌دهند که اصولاً فاقد خاک بوده و یا دارای خاک‌های بسیار کم عمق و با مساحت ناچیز هستند. از ۴۰ درصد بقیه، حدود ۵ درصد، یعنی خاک‌هایی که در محدوده‌های فلات‌ها، واریزه‌ها و آبرفت‌های بادبزی شکل، اراضی مخلوط و متفرقه قرار دارند، بیشتر با محدودیت سنگریزه و قلوه سنگ در طبقات سطحی و زیرین و سبکی بافت خاک مواجه هستند [۱۸].



شکل ۱. حوضه میناب و ایستگاه های مورد بررسی

جدول ۱. خصوصیات ایستگاه‌های مورد بررسی در پژوهش حاضر

نام متغیر	نام ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه، دقیقه، ثانیه)	عرض جغرافیایی (درجه، دقیقه، ثانیه)	طول دوره آماري	متوسط سالانه	
باران سنجی/باران (mm)	آبمارودان	۱۳-۱۵-۵۷	۲۳-۲۸-۲۷	-۱۳۷۷ ۱۳۹۹	۱۹۴	
	بارگاه	۵۹-۳۷-۵۷	۱۲-۳۶-۲۷	-۱۳۶۱ ۱۳۹۴	۲۰۰	
	چراغ آباد	۵۳-۲۸-۵۷	۱۵-۱۲-۲۷	-۱۳۷۴ ۱۳۹۹	۱۸۱	
	خراجی	۰۱-۱۴-۵۷	۳۶-۲۳-۲۷	-۱۳۵۸ ۱۳۹۹	۲۳۲	
	شیخ آباد	۳۱-۰۶-۵۷	۰۷-۳۷-۲۷	-۱۳۴۵ ۱۳۹۹	۱۹۱	
	مازگرد	۰۶-۰۵-۵۷	۱۸-۰۸-۲۷	-۱۳۷۹ ۱۳۹۹	۱۷۴	
	محمدآباد	۴۶-۵۷-۵۶	۲۵-۵۹-۲۷	-۱۳۶۵ ۱۳۸۱	۲۶۰	
	نازدشت	۵۷-۱۱-۵۷	۵۱-۴۵-۲۷	۱۳۹۹-۱۳۸۰	۱۷۰	
	هیدرومتری/دبی لحظه‌ای (s/m ^۳)	برنطین میناب	۲۹-۱۱-۵۷	۱۸-۱۶-۲۷	-۱۳۷۳ ۱۳۹۶	۱۳۰۸
		برنطین جغین	۰۲-۱۳-۵۷	۳۹-۱۶-۲۷	-۱۳۶۱ ۱۳۹۷	۳۲۷
آبنا		۱۳-۱۵-۵۷	۲۳-۲۸-۲۷	-۱۳۶۱ ۱۳۹۷	۱۰۰۳	
رسوب سنجی/حجم رسوب (تن در سال)	برنطین میناب	۲۹-۱۱-۵۷	۱۸-۱۶-۲۷	-۱۳۶۹ ۱۳۹۹	۱۰۸	
	برنطین جغین	۰۲-۱۳-۵۷	۳۹-۱۶-۲۷	۱۳۹۹-۱۳۸۱	۵۹/۴	
	برنطین رودان	۱۳-۱۵-۵۷	۲۳-۲۸-۲۷	-۱۳۷۴ ۱۳۹۹	۴۷/۱	

۱۳/۸	-۱۳۶۹ ۱۳۹۷	۱۸-۱۶-۲۷	۲۹-۱۱-۵۷	برنطین میناب	رسوب سنجی / غلظت رسوب (گرم بر لیتر)
۳۴/۴	-۱۳۶۹ ۱۳۹۷	۳۹-۱۶-۲۷	۰۲-۱۳-۵۷	برنطین جغین	
۴۴/۴۱	-۱۳۶۹ ۱۳۹۷	۲۳-۲۸-۲۷	۱۳-۱۵-۵۷	برنطین رودان	

روش پژوهش

تصاویر مورد استفاده برای استخراج کلاس های کاربری اراضی، تصاویر ماهواره ای سری لندست سه دوره زمانی ۱۳۶۸، ۱۳۸۳، ۱۳۹۹ به ترتیب از سنجنده های ETM، TM+ و OLI، از سایت رسمی سازمان زمین شناسی آمریکا تهیه شده است. با در نظر گرفتن کاربری های موجود در منطقه، اهداف تحقیق و توانایی های کم و بیش شناخته شده تصاویر مورد استفاده در استخراج اطلاعات مورد استفاده و مورد نیاز به ویژه تهیه نقشه کاربری اراضی، ۵ کاربری اراضی کشاورزی، سنگی، مرتع، شهری و آب مد نظر قرار گرفت. برای روش طبقه بندی از الگوریتم بیشترین شباهت در محیط نرم افزار ENVI ۴٫۸ استفاده شد. برای ارزیابی دقت تصاویر طبقه بندی شده از ماتریس خطا و ضریب کاپا استفاده شد [۱۹]. مقدار کاپا دقت طبقه بندی را در مقایسه با حالتی که یک تصویر کاملاً به صورت تصادفی طبقه بندی شود، به دست می دهد (رابطه ۱).

$$K = \frac{N \sum_{i=1} \sum_{j=1} x_{ij} - \sum_{i=1} (x_i + x + j)}{N^2 - \sum_{i=1} (x_i + x + j)}$$

ضریب کاپا (K) معیاری برای ارزیابی توافق بین پیش بینی مدل و واقعیت است، این ضریب با استفاده از رابطه قابل محاسبه است: که در آن: N تعداد کل پیکسل ها در ماتریس خطا، X_{ij} مجموع قطر اصلی ماتریس خطا، X_i مجموع ردیف i ، $X+j$ مجموع ستون متناظر j ، ماتریس خطا است [۱۹].

پس از اجرای مرحله های متوالی روی تصاویر حاصل از طبقه بندی که دارای فرمت رستری هستند نوبت به تبدیل این تصاویر به فرمت وکتوری می رسد. با این تبدیل هر یک از کلاس های کاربری و پوشش اراضی به پلیگون هایی می شوند که در محیط Arc Map از لحاظ گرافیکی و در نهایت در پایگاه داده قابلیت ویرایش پیدا می کنند.

روش تحلیل روند من. کندال و آزمون پتیت

مراحل محاسبه روش تحلیل من. کندال شامل محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S به صورت رابطه ۲، محاسبه واریانس توسط رابطه ۳ و محاسبه آماره Z با استفاده از رابطه ۴ است.

$$\text{sign}(x_i - x_j) = \begin{cases} \text{if } (x_i - x_j) < 0 & -1 \\ \text{if } (x_i - x_j) = 0 & 0 \\ \text{if } (x_i - x_j) > 0 & +1 \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (3)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

که در این رابطه، Sign: تابع علامت؛ X متغیر، Var: واریانس و Z آماره آزمون است. معناداری آزمون با مقدار Z بررسی می شود و در فاصله اطمینان ۹۵ درصد، چنانچه مقدار $Z > 1/96$ باشد، روند افزایشی و چنانچه کمتر از $1/96$ باشد، روند کاهشی را نشان می دهد.

آزمون پتیت (۱۹۷۹) نیز برای بررسی سال جهش یا تغییرات در سری زمانی مورد استفاده قرار می گیرد. اگر دنباله ای از متغیرهای تصادفی هیدروکلیما توییک X_i را در نظر بگیرید، که $i=1, \dots, \tau$ باشد. زمانی آزمون پتیت تغییر در نقطه τ را معنادار می داند که X_t برای $(i=1, \dots, \tau)$ دارای تابع توزیع $F_1(x)$ و برای $(t=\tau+1, \tau+2, \tau+3, \dots, T)$ دارای تابع توزیع $F_2(x)$ بوده و $F_1(x) \neq F_2(x)$ باشد. این آزمون دو فرض $H_0: \tau = T$ برای نبود تغییر و $H_1: \tau \neq T$ برای وجود روند را مقابل هم و آماره K_T را برای تست دو نمونه (X_1, \dots, X_t) و (X_{t+1}, \dots, X_T) از یک جامعه در نظر می گیرد:

$$K_T = \text{Max} |U_{t,T}|, 1 \leq t < T \quad (5)$$

که در آن

$$(6)$$

$$U_{t,T} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^T \text{sgn}(X_i - X_j)$$

احتمال اهمیت تقریبی با تعیین می شود و به صورت رابطه ۸ محاسبه می شود.

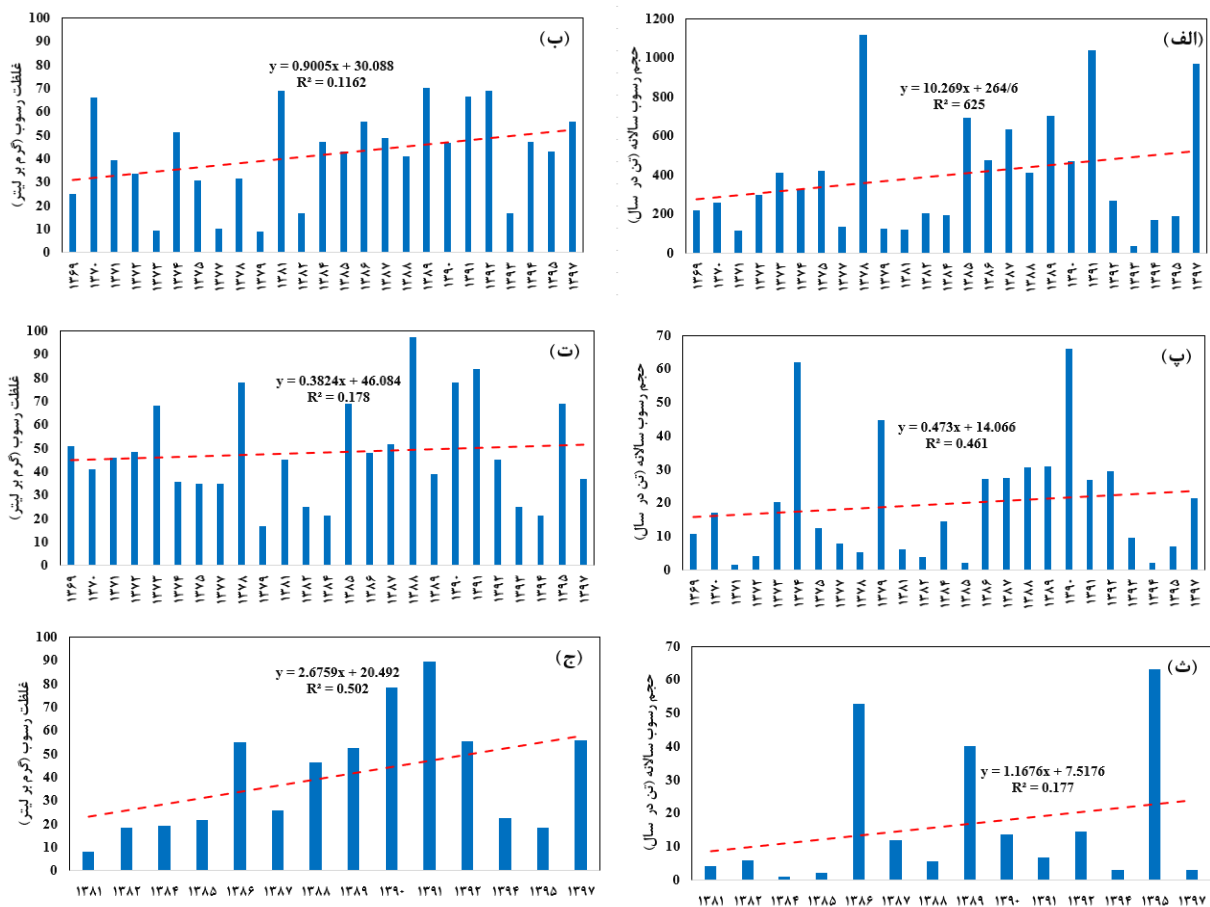
$$P_{OA} = 2 \exp \left\{ \frac{-6(K^+)^2}{(T^3 + T^2)} \right\}; T \rightarrow \infty \quad (7)$$

به طوری که احتمالی از تشخیص نقطه تغییر است. اگر ارزش عددی کمتر از ۰/۰۵ باشد مشخص کننده تغییر قابل توجه در سری زمانی با توجه به سطح معناداری ۵ درصد است [۲۰].

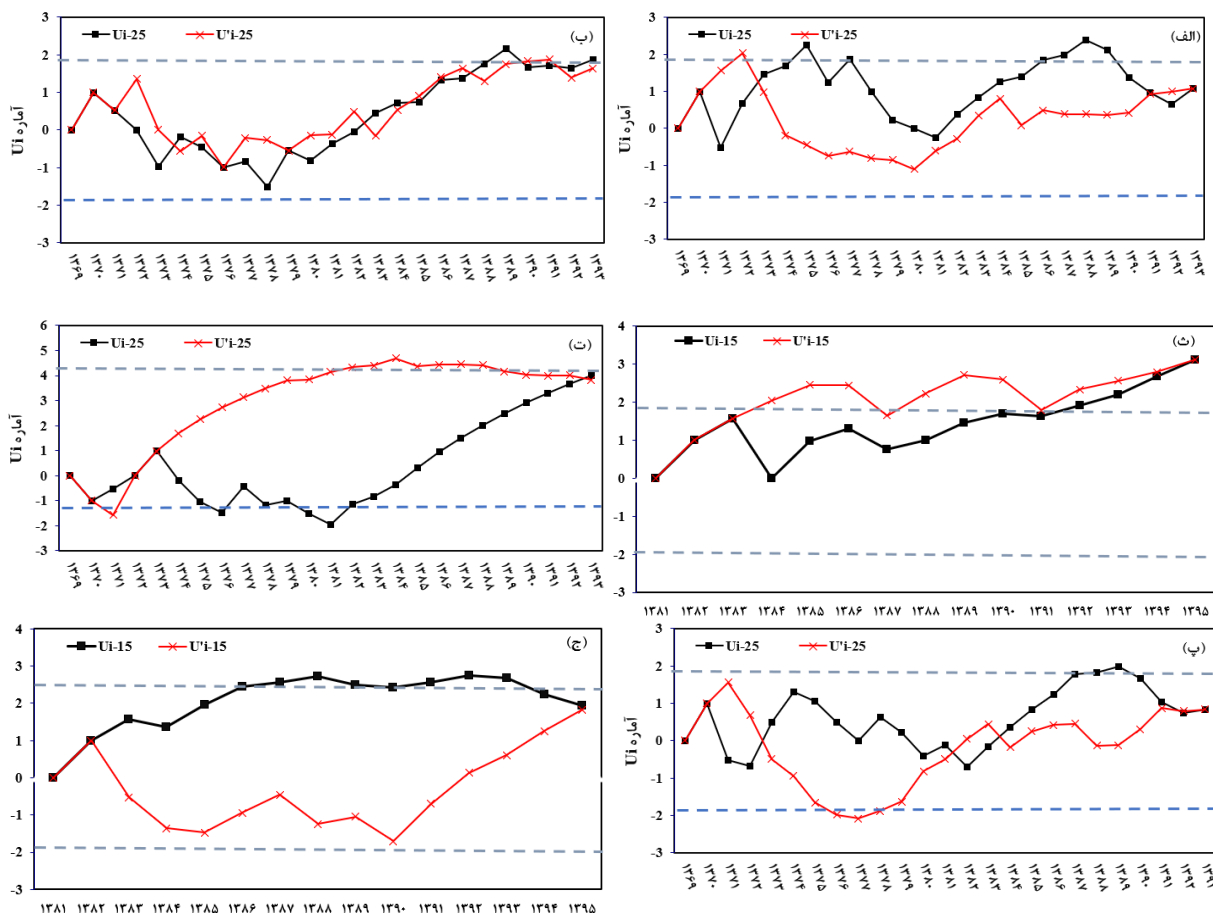
نتایج و بحث

تغییرات حجم و غلظت رسوب سالانه طی دوره آماری مورد بررسی در سه ایستگاه دارای آمار در شکل ۲ ارائه شده است.

در ایستگاه برنطین میناب (قبل از سد استقلال میناب) حجم متوسط سالانه رسوب معادل ۱۰۸ تن در سال و غلظت رسوب ۱۳/۸ گرم بر لیتر است که طی دوره آماری ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۷ دارای شیب افزایشی (شکل ۲ الف و ب) به طوری که متوسط حجم رسوب سالانه به ازای هر سال ۱۰ تن و غلظت رسوب نیز ۰/۹ گرم بر لیتر افزایش یافته است. شکل ۳ آزمون گرافیکی من- کندال را نشان می‌دهد. براساس طبق روش شناسی آزمون گرافیکی من- کندال زمانی که دو منحنی U و U' همدیگر را در محدوده اطمینان ۹۵ درصد و حدود بحرانی ۱/۹۶ قطع کنند، نشانه زمان آغاز تغییر ناگهانی، جهش یا شکست است. براساس شکل ۳ (الف و ب)، در ایستگاه برنطین میناب دو منحنی U و U' در حجم رسوب و غلظت رسوب به ترتیب در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۸۹ در محدوده اطمینان مورد نظر یکدیگر را قطع کرده‌اند. لذا جهش یا وجود عاملی مخل در تغییر حجم و غلظت رسوب حتمی است. در ایستگاه برنطین رودان در خروجی آبخیز رودان با حجم رسوب سالانه ۴۷ تن و غلظت رسوب ۴۴/۴۱ گرم بر لیتر، حجم و غلظت رسوب نیز دارای روند افزایشی است (شکل ۲ پ و ت) به طوری که طی دوره آماری ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۷، حجمی معادل ۰/۴۷ تن در سال و غلظتی برابر ۳۸ گرم بر لیتر افزایش یافته است که این تغییرات برای حجم رسوب در سال ۱۳۸۰ و برای غلظت رسوب در سال ۱۳۹۱ مشهود است (شکل ۳ پ و ت). در ایستگاه برنطین جغین در خروجی حوضه جغین نیز روند افزایشی دو متغیر مورد بررسی مشهود است (شکل ۲ ث و ج) به طوری که حجم رسوب از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۷، ۱/۱۶۷ تن در سال رو به افزایش بوده و نقطه جهش سال ۱۳۹۱ (شکل ۳ ث) بوده است. غلظت رسوب نیز در این ایستگاه سالانه ۲/۶۷ گرم بر لیتر در حال افزایش بوده و نقطه تغییر سال ۱۳۹۵ (شکل ۳ ج) نشان داده شده است.



شکل ۲. تغییرات غلظت (الف) و حجم رسوب (ب) در ایستگاه برنطین میناب، (پ و ت) در ایستگاه برنطین رودان و (ث و ج) در ایستگاه جغین



شکل ۳. روند تغییرات غلظت (الف) و حجم رسوب (ب) در ایستگاه برنظین میناب، (پ و ت) در ایستگاه برنظین رودان و (ث و ج) در ایستگاه جغین با استفاده از آزمون گرافیکی کندال

تحلیل روند متغیرهای هیدرواقليمی و رسوب سنجی

روند متغیرهای هیدرواقليمی و رسوب سنجی با استفاده از آزمون من-کندال برآورد شد و سال تغییر در سطح اعتماد ۹۵ درصد مشخص شد. براساس نتایج، باران سالانه در اغلب ایستگاه‌ها فاقد روند معنادار است، در همه ایستگاه‌ها (به جز یکی) باران دارای روند افزایشی فاقد سطح معناداری است. تنها در ایستگاه مازگرد، در دورترین نقطه در بالادست حوضه میناب دارای روند افزایشی معنادار است. براساس نتایج به دست آمده از آماره پتیت، عموم تغییرات در دهه ۱۳۸۰ رخ داده است که جهش‌های رخ داده نیز از نظر آماری فاقد سطح معناداری هستند. لذا براساس نتایج به دست آمده، طی دوره آماری مورد بررسی باران در حوضه میناب تغییر چندانی را تجربه نکرده است.

روند تغییرات دبی حداکثر سیل در سه ایستگاه هیدرومتری برنظین جغین، برنظین میناب و آبنا در حوضه میناب مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج، روند دبی حداکثر سیل در هر سه ایستگاه دارای رفتار افزایشی است، به طوری که در دو ایستگاه هیدرومتری برنظین میناب و آبنا از نظر آماری در سطح معناداری ۹۵ درصد دارای روند افزایشی است. ایستگاه آبنا محل تلاقی جریان‌های سیلابی است که از بالادست و شرق حوضه به آن می‌رسد و ایستگاه برنظین میناب نیز آخرین نقطه قبل از رسیدن سیل به سد استقلال است که تمامی سیلاب‌های منتهی به خروجی حوضه، در آنجا اندازه‌گیری می‌شود. درخور یادآوری است که ایستگاه‌های رسوب سنجی نیز در همین نقاط واقع شده‌اند. لذا رفتار کلی سیل در این دو ایستگاه به خوبی مبین تغییرات دبی سیلابی حداکثر در حوضه است که طی دوره مورد بررسی دارای روند افزایشی است. سال تغییر در هر سه ایستگاه براساس آزمون پتیت در دهه ۱۳۸۰ شمسی رخ داده است.

روند حجم و غلظت رسوب بررسی شده در سه ایستگاه رسوب سنجی در حوضه میناب نشان می دهد در تمام ایستگاه ها دو متغیر مورد بررسی دارای روند افزایشی معنادار در سطح اعتماد ۹۵ درصد است که زمان جهش یا تغییر در روند حاصله با استفاده از روش پتیت، فزایش دبی بیک سیلابی همزمان در انتهای دهه ۱۳۸۰ شمسی و ابتدای دهه ۱۳۹۰ و در حوضه جغین در ابتدای دهه ۱۳۹۰ رخ داده است.

جدول ۲. تحلیل روند و جهش ایستگاه های مورد بررسی در پژوهش حاضر

سال تغییر	آماره پتیت	آماره من- کندال	نام ایستگاه	نام متغیر
۱۳۸۱	۴۴	۰/۹۹	آبنما رودان	باران سالانه
۱۳۸۱	۲۵	۰/۵۶	بارگاه	
۱۳۷۶	۳۲	۰/۲۳	چراغ آباد	
۱۳۸۳	۲۲	۱/۱	خراجی	
۱۳۸۲	۵۲	۱/۲۵	شیخ آباد	
۱۳۸۰	۱۲	*۱/۹۹	مازگرد	
۱۳۸۳	۶۵	۱/۱	محمدآباد	
۱۳۸۱	۱۴	۱/۵	نازدشت	
۱۳۸۹	۴۳	**۲/۰۳	برنطین میناب	دبی حداکثر سیل
۱۳۸۶	۲۴	۱/۹۱	برنطین جغین	
۱۳۸۶	*۶۹	**۱/۹۹	آبنما	
۱۳۹۱	*۲۳۳۵	**۲/۳۵	برنطین میناب	حجم رسوب سالانه
۱۳۹۱	*۱۰۸۵	*۱/۹۸	برنطین جغین	
۱۳۸۰	*۲۵۴۶	**۲/۵۲	برنطین رودان	
۱۳۸۹	*۱۹۶۴	*۱/۹۹	برنطین میناب	
۱۳۹۵	*۱۱۲۴	**۲/۱	برنطین جغین	غلظت رسوب
۱۳۹۱	*۲۰۶۴	**۲/۳۲	برنطین رودان	

* و ** معناداری در سطح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد

تغییرات کاربری اراضی

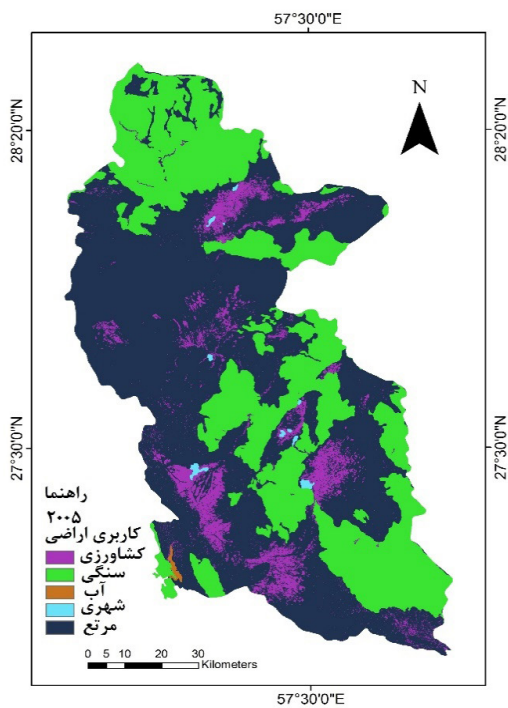
انواع طبقات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست در سه دوره ۱۹۹۰ (۱۳۶۹)، ۲۰۰۵ (۱۳۸۴)، ۲۰۲۱ (۱۴۰۰) تهیه شد (شکل ۴). نقشه‌های استخراج شده با استفاده از ضریب کاپا مورد ارزیابی قرار گرفتند و نتایج ارزیابی در جدول ۴ ارائه شد. براساس نتایج، طی سه دوره مورد بررسی وسعت اراضی کشاورزی از ۵/۴۵ درصد به ۱۲/۱۴ درصد افزایش، وسعت اراضی مسکونی و شهری از ۰/۱۷ درصد به ۰/۴۹ درصد و وسعت اراضی مرتعی از ۶۰/۳۰ درصد به ۵۳/۲۹ درصد کاهش یافته است. افزایش چشمگیر اراضی کشاورزی طی سه دهه گذشته در این حوضه چشمگیر است. این اراضی عموماً به دو دسته باغ‌ها و صیفی جات تعلق دارد. تغییرات کاربری اراضی در حوضه میناب به خصوص در سه زیر حوضه جغین، رودان و سد میناب در پایین دست حوضه میناب به ویژه در سال ۱۴۰۰ نسبت به سال ۱۳۸۴ چشمگیر است. به طوری که اراضی کشاورزی از ۷۷۲ هکتار به ۱۲۴۲ هکتار (۶۰ درصد) افزایش یافته است، این در حالی است که از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۴ تنها ۳۰ درصد افزایش یافته است.

جدول ۳. ارزیابی دقت طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای در برآورد طبقات کاربری اراضی در سه دوره مورد بررسی در حوضه میناب

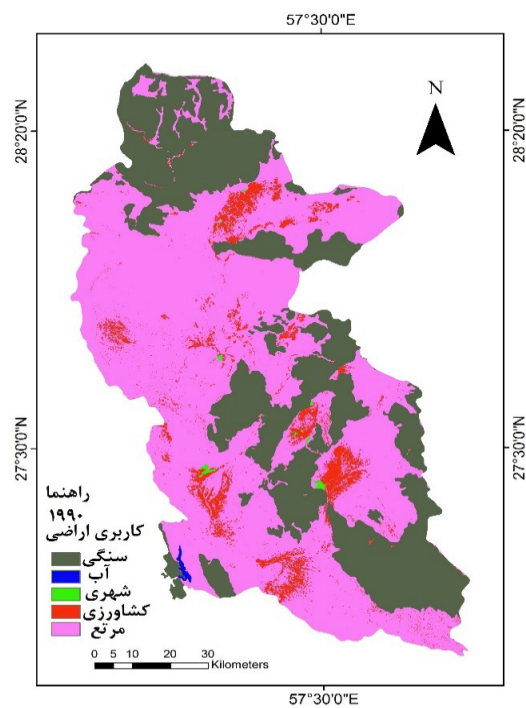
سال	آماره کاپا
۱۹۹۰ (۱۳۶۹)	۸۶
۲۰۰۵ (۱۳۸۴)	۷۴
۲۰۲۱ (۱۴۰۰)	۸۹

جدول ۴. مساحت و درصد مساحت کلاس‌های طبقه بندی شده در سه دوره زمانی مورد بررسی

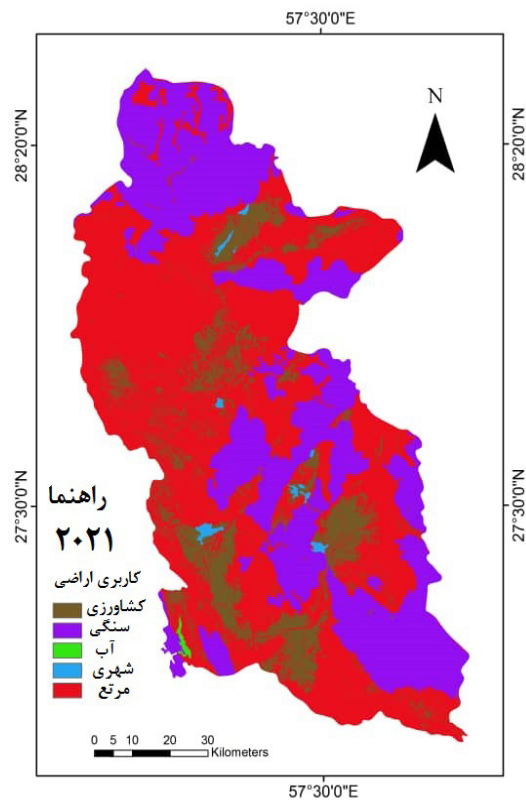
کلاس	۱۹۹۰ (۱۳۶۹)		۲۰۰۵ (۱۳۸۴)		۲۰۲۱ (۱۴۰۰)	
	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
اراضی سنگی و لخت	۳۴۷۵/۲۷۹	۳۴	۳۴۷۵/۲۷۹	۳۴	۳۴۷۵/۲۷۹	۳۴
وسعت دریاچه	۱۲/۵۰۴	۱۲	۱۲/۵۱۴	۱۲	۱۲/۵۱۵	۱۲
اراضی کشاورزی	۵۵۸/۰۳۴	۵/۴۵	۷۷۴/۵۱۲	۷/۵۷	۱۲۴۲/۳۷۴	۱۲/۱۴
اراضی شهری و مسکونی	۱۷/۰۷۳	۰/۱۷	۳۱/۷۵۹	۰/۳۱	۴۹/۷۰۸	۰/۴۹
اراضی مرتعی	۶۱۷۰/۳۶۴	۶۰/۳۰	۵۹۳۹/۲۱۲	۵۸/۰۴	۵۴۵۳/۳۷۵	۵۳/۲۹
مجموع	۱۰۲۳۳	۱۰۰	۱۰۲۳۳	۱۰۰	۱۰۲۳۳	۱۰۰



ج



الف



ب

شکل ۴. طبقات کاربری اراضی در سال ۱۹۹۰ (الف)، ۲۰۰۵ (ب) و ۲۰۲۱ (پ) در منطقه مورد بررسی

بحث و نتیجه گیری

تغییر کاربری اراضی موجب افزایش رواناب و تولید رسوب می شود و در پی آن، تغییرات کاربری اراضی به همراه متغیرهای اقلیمی سبب تغییر در تولید رسوب، پر شدن مخازن سدها و چالش در تقاضای ساکنان منطقه برای دسترسی به آب شیرین شود. هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر تغییر کاربری اراضی و تغییر اقلیم بر حجم و غلظت رسوب در آبخیز میناب است.

لذا با این هدف، روند متغیرهای هیدرواقلمی با استفاده از آزمون من-کندال برآورد شد و سال تغییر با استفاده از آزمون پتیت در سطح اعتماد ۹۵ درصد مشخص شد. براساس نتایج، باران سالانه در اغلب ایستگاه ها فاقد روند معنادار است، در بیشتر ایستگاه ها باران دارای روند افزایشی فاقد سطح معناداری است. لذا براساس نتایج به دست آمده، طی دوره آماری (دوره تاریخی) مورد بررسی باران در حوضه میناب تغییر چندانی را تجربه نکرده است. نتایج پژوهش های عباس زاده و همکاران [۸]، بهاری میمندی و همکاران [۱۸]، بینا و همکاران [۲۱] و عظیمی سردری و همکاران [۲۲] نیز مبین همین مطلب است که تغییرات اقلیم در دوره تاریخی در حوضه میناب مشاهده نشده است.

روند تغییرات دبی حداکثر سیل در سه ایستگاه هیدرومتری نشان داد طی دوره مورد بررسی دارای روند افزایشی است. مرادی و همکاران [۲۳] در بررسی دلایل کاهش جریان متوسط سالانه رودخانه میناب گزارش دادند از مهم ترین دلایل آن افزایش شدت بارش در زمان تداوم ۱۵ دقیقه ای است که سبب افزایش دبی پیک سیل شده است. لذا وقایع سیلابی افزایش و دبی پایه کاهش یافته است.

روند تغییرات حجم و غلظت رسوب سالانه طی دوره آماری مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج، روند افزایش حجم و غلظت رسوب در حوضه میناب مشهود است که در اواخر دهه ۱۳۸۰ و اوایل دهه ۱۳۹۰ نمود بیشتری دارد. این نتایج در سه زیرحوضه رودان، سد استقلال میناب و جغین مشابه به دست آمد. نتایج پژوهش های عظیمی سردری و همکاران [۲۲] و میرزاده کوهشاهی [۲۴] در برآورد رسوب و پیش بینی فرسایش و رسوب نیز افزایش حجم رسوب را در دهه های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ در حوضه میناب تأیید می کند.

با هدف بررسی اثرات تغییر کاربری بر تولید رسوب، نتایج نشان داد در حوضه میناب، اراضی کشاورزی و مسکونی به ترتیب ۲۲۰ و ۲۸۰ درصد افزایش و اراضی مرتعی ۱۱ درصد کاهش داشته است. تغییرات گسترده کاربری اراضی در حوضه میناب توسط عظیمی سردری و همکاران [۲۲] و اسکندری دامنه و همکاران [۲۵]، عباس زاده و همکاران [۸] گزارش شده است.

براساس آزمون روند من-کندال و آزمون نقطه تغییر پتیت، تغییر در دبی پیک سیلاب، حجم و غلظت رسوب عموماً در دهه های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ گزارش شده است. عموم تغییرات کاربری اراضی از مرتع به کشاورزی در این حوضه نیز از سال ۱۳۸۰ به بعد آغاز شده و تا سال ۱۴۰۰ نیز به اوج رسیده است. همان طور که پیش تر گفته شد، سه زیرحوضه جغین، رودان و سد استقلال میناب در پایین دست حوضه میناب دارای بیشترین اراضی زراعی هستند که دستخوش تغییرات شده اند. ایستگاه های اندازه گیری سیلاب و رسوب در نیز در خروجی همین سه زیرحوضه واقع شده اند. لذا براساس نتایج به دست آمده، تغییرات موجودیت رسوب به شدت تحت تأثیر تغییرات کاربری اراضی کشاورزی است، به طوری که افزایش اراضی کشاورزی سبب افزایش حجم و غلظت رسوب شده است. نتایج پژوهش صادقی و همکاران [۲۶] در بررسی اثرات تغییرات کاربری بر رسوب نمود آبخیز اشنویه نیز تأییدکننده همین نتایج است.

نتایج این تحقیق نشان داد علی‌رغم عدم روند افزایشی معنادار در مقدار بارش، روند دبی حداکثر سیل و حجم و غلظت رسوب افزایشی معنادار است. طی سال‌های مورد بررسی تغییرات کاربری اراضی نیز چشمگیر بوده است، به طوری که از سال ۱۳۶۹ تا ۱۴۰۰، ۱۱ درصد از سطح اراضی مرتعی کاسته شده و اراضی کشاورزی و مسکونی به ترتیب ۲۰ و ۲۸ درصد افزایش داشته‌اند. نکته قابل توجه در افزایش اراضی کشاورزی نیز تغییر از باغداری (مرکبات و نخیلات) به سمت محصولات صیفی است که این محصولات فصلی بوده و بخش اعظم سال خاک لخت است. لذا کاهش پوشش گیاهی، سبب افزایش دبی پیک سیل و حجم و غلظت رسوب می‌شود. براساس اطلاعات موجود در حوضه سد میناب طی سال ۱۳۸۰ تاکنون بیش از ۲۷ واقعه سیل رخ داده که دبی حدود ۱۳۰۸ مترمکعب بر ثانیه داشته است. لذا در جمع‌بندی می‌توان بیان کرد که نتایج به دست آمده دلالت بر تأثیر تغییرات کاربری اراضی و تأثیر کنترل‌کنندگی آن روی تولید رسوب داشته است. همچنین، از آنجاکه نتایج پژوهش حاضر دلالت بر عدم معناداری روند بارش و تأثیرگذاری کم آن بر تولید رسوب دارد، لذا کارشناسان را بر آن می‌دارد که در سیاست‌های مدیریت حوضه آبخیز میناب در تولید رسوب و حفظ منابع آب و خاک توجه کافی داشته باشند. سیاست‌های صحیح مدیریتی مبتنی بر نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر و تحقیقات مشابه می‌تواند در کاهش تولید رسوب به سد استقلال مفید باشد. در نهایت پیشنهاد می‌شود که در ادامه این تحقیق اثرات تغییر اقلیم و کاربری اراضی در آینده نیز بر میزان تولید رسوب و غلظت رسوب در حوضه یادشده مورد بررسی قرار گیرد، چراکه تغییرات پوشش گیاهی و تغییرات اقلیم از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تولید رسوب هستند.

منابع

- [1] Guo Y, Peng C, Zhu Q, Wang M, Wang H, Peng S, He H. Modelling the impacts of climate and land use changes on soil water erosion: Model applications, limitations and future challenges. *Journal of environmental management*. 2019; 15(250):109403.
- [2] Sun W, Shao Q, Liu J. Soil erosion and its response to the changes of precipitation and vegetation cover on the Loess Plateau. *Journal of Geographical Sciences*. 2013; 23: 1091-106.
- [3] Bezabih M, Duncan AJ, Adie A, Mekonnen K, Khan NA, Thorne P. The role of irrigated fodder production to supplement the diet of fattening sheep by smallholders in southern Ethiopia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2016;19(3):263-75.
- [4] Azimi Sardari MR, Bazrafshan O, Panagopoulos T, Sardooi ER. Modeling the impact of climate change and land use change scenarios on soil erosion at the Minab Dam Watershed. *Sustainability*. 2019;11(12):3353.
- [5] Abebe ZD, Sewnet MA. Adoption of soil conservation practices in North Achefer district, Northwest Ethiopia. *Chinese Journal of Population Resources and Environment*. 2014;12(3):261-8.
- [6] Gelagay HS, Minale AS. Soil loss estimation using GIS and Remote sensing techniques: A case of Koga watershed, Northwestern Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*. 2016;4(2): 126-36.
- [7] Tadesse L, Suryabhadgavan KV, Sridhar G, Legesse G. Land use and land cover changes and Soil erosion in Yezat Watershed, North Western Ethiopia. *International soil and water conservation research*. 2017;5(2):85-94.
- [8] Abbaszadeh M, Bazrafshan O, Mahdavi R, Sardooi ER, Jamshidi S. Modeling future hydrological characteristics based on land use/land cover and climate changes using the SWAT model. *Water Resources Management*. 2023;37(10):4177-94.(in Persian)
- [9] Wilson D, Hisdal H, Lawrence D. Has streamflow changed in the Nordic countries?—Recent trends and comparisons to hydrological projections. *Journal of Hydrology*. 2010;394(3-4):334-46.
- [10] Hayhoe SJ, Neill C, Porder S, McHorney R, Lefebvre P, Coe MT, Elsenbeer H, Krusche AV. Conversion to soy on the Amazonian agricultural frontier increases streamflow without affecting stormflow dynamics. *Global Change Biology*. 2011;17(5):1821-33.
- [11] Martínez-Murillo JF, López-Vicente M, Poesen J, Ruiz-Sinoga JD. Modelling the effects of land use changes on runoff and soil erosion in two Mediterranean catchments with active gullies (South of Spain). *Landform Analysis*. 2011;17:99-104.
- [12] Paroissien JB, Darboux F, Couturier A, Devillers B, Mouillot F, Raclot D, Le Bissonnais Y. A method for modeling the effects of climate and land use changes on erosion and sustainability of soil in a Mediterranean watershed (Languedoc, France). *Journal of Environmental Management*. 2015;150:57-68.
- [13] Santos JC, Andrade EM, Medeiros PH, Guerreiro MJ, Palácio HA. Land use impact on soil erosion at different scales in the Brazilian semi-arid I. *Revista Ciência Agronômica*. 2017 Apr;48:251-60.
- [14] Singh S, Bhardwaj A, Verma VK. Remote sensing and GIS based analysis of temporal land use/land cover and water quality changes in Harike wetland ecosystem, Punjab, India. *Journal of environmental Management*. 2020; 262:110355.
- [15] Serbaji MM, Bouaziz M, Weslati O. Soil Water erosion modeling in Tunisia using RUSLE and GIS integrated approaches and Geospatial Data. *Land*. 2023;12(3):548.
- [16] Arabkhedri M. Estimation of bed load to suspended load ratio in Dez and Minab rivers. *Watershed Engineering and Management*. 2015;6(4):390-9.
- [17] Barkhordari J, KHOSROUSHAHI M. Investigation of effects of land cover and climate change on river flow (Case study: Minab watershed) 2008 : 191-199. [\(In Persian\)](#)
- [18] Bahari Meimandi J, Bazrafshan O, Esmaelpour Y, Shekari M, Zamani H. Study the Effect of Natural and Anthropogenic Factors on The Ground Water Falling in The Minab Plain. *Desert Management*. 2023;11(1):1-8. [\(In Persian\)](#)
- [19] van Vliet J, Bregt AK, Hagen-Zanker A. Revisiting Kappa to account for change in the accuracy assessment of land-use change models. *Ecological modelling*. 2011;222(8):1367-75.

- [20] Khosravi A, Azari M. Spatio-temporal trend and change detection of temperature and precipitation of Kashafroud basin. *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*. 2022; 22(66):289-306. (In Persian)
- [21] Bina F, Bazrafshan O, Holisaz A. Uncertainty analysis of global climate models in predicting monthly average temperature using Latin Hypercub Sampling (case study: Minab Dam basin). *Journal of Climate Research*. 2021; 1400(47):69-84. (in Persian)
- [22] Azimi Sardari MR, Bazrafshan O, Panaopolus T, Sardoe R. Land use change modeling using artificial neural network and Markov Chain (case study: Minab Esteqlal Dam Watershed). *Journal of Natural Environment*. 2020; 73(1):103-14.
- [23] Moradi M, Bazrafshan O, Bahreman A, Esmaelpour Y. Assessment of the relations between the trends of climatic factors and river flow in southern coastal watersheds, Iran. *Watershed Management Research Journal*. 2018; 31(2):79-92. (In Persian)
- [24] Mirzadeh Kooohshahi F, Akbarian M, Khoorani A. Assessing Climate Change Impact on Soil Erosion in Minab Watershed, Iran. *Environmental Erosion Research Journal*. 2023; 13(2):63-81. (In Persian)
- [25] Eskandari Damaneh H, Zehtabian G, Khosravi H, Azarnivand H, Barati A. Simulation of future spatial and temporal changes in land uses and cover in arid areas (Case study: Minab plain). *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 2021; 28(3):520-36. (In Persian)
- [26] Sadeghi SH, Mostafazadeh R, Sadoddin A. Response of sedimentgraphs and sediment rating loops to land use type and spatial pattern. *Watershed Engineering and Management*. 2015; 7(1):15-26.