مستخرج از پایان نامه

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و پنجم، شماره هفت، مهر ماه ۱۴۰۲ (۱۲۴-۱۰۹)

پیش‌بینی تغییرات عرضه خدمات اکوسیستمی مرتبط با تنوع زیستی تحت تاثیر تغییرات کاربری اراضی در حوزه آبخیز شفارود استان گیلان

ستاره مهرخو [۱]

مهدی رمضانی [*۲]

dr.mramezani@yahoo.com

پروین فرشچی [۳]

مصطفی پناهی [٤]

مسعود منوری [۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۲۴ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۷**

چکیده

زمینه و هدف: تغییرات شدید کاربری اراضی طی دهه‌های اخیر توان اکوسیستم‌ها در عرضه خدمات را به شدت تحت تاثیر قرار داده است. به همین جهت آگاهی از روند این تغییرات و تاثیر آن بر خدمات اکوسیستمی برای مدیریت پایدار سرزمین ضروری است. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر خدمات اکوسیستمی مرتبط با تنوع زیستی حوزه آبخیز شفارود انجام گرفته است.

روش بررسی: پژوهش حاضر شامل سه مرحله ۱) استخراج نقشه کاربری اراضی گذشته و حال با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و با بکارگیری نرم‌افزار ENVI 5.3 و ArcGIS 10.3 ۲) پیش‌بینی و استخراج نقشه کاربری اراضی آینده با استفاده از ابزار Scenario Genarator نرم‌افزار InVEST و در نهایت ۳) ارزیابی کمی و مدلسازی تنوع زیستی با استفاده از مدل Habitat Quality نرم‌افزار InVEST می‌باشد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که کیفیت زیستگاه در طول زمان، تحت تاثیر تغییرات کاربری اراضی به شدت کاهش یافته و تخریب زیستگاه به شدت افزایش پیدا کرده است به طوری که متوسط کیفیت زیستگاه برای کل محدوده مورد مطالعه برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۲۰ و ۲۰۴۰ به ترتیب برابر با ۰/۸۸، ۰/۶۴ و ۰/۴۱ است. همچنین متوسط تخریب زیستگاه برای کل حوزه آبخیز شفارود در سال ۲۰۰۰ برابر با ۰/۰۰۲۱، در سال ۲۰۲۰ برابر با ۰/۰۰۴۲ و برای سال ۲۰۴۰ برابر با ۰/۰۰۶۱ است.

۱- دانشجوی دکتری، علوم محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۳- استادیار گروه علوم محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۴- دانشیار گروه اقتصاد محیط زیست و انرژی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست ، دانشگاه آزاداسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

بحث و نتیجه‌گیری: طبق نتایج به دست آمده می‌توان استدلال کرد که افزایش فعالیت‌های توسعه‌ای انسانی با هدف تملک اراضی طبیعی و بهره‌کشی از آن، خسارات جبران‌ناپذیری را بر پیکره اراضی طبیعی و زیستگاه‌های گیاهی و حیوانی جانوری وارد آورده است و ادامه چنین روندی خطر نابودی کامل این منابع منحصر به فرد را به دنبال خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: لندست، InVEST، ضریب کاپا، کیفیت زیستگاه، تخریب زیستگاه.

J. Env. Sci. Tech., Vol 25, No. 7, October, 2023

Predicting Changes in the Supply of Ecosystem Services Related the Shafarood to Biodiversity Due to Land Use Changes in Watershed of Guilan Province

Setareh Mehrkhou [1]
Mahdi Ramezani [2*]
dr.mramezani@yahoo.com
Parvin Farshchi [3]
Mostafa Panahi[4]
Masoud Monavari[2]

Admission Date: February 26, 2022 Date Received: December 15, 2021

Abstract

Background and Objective: Severe land use change in recent decades has affected the ability of ecosystems to provide services, so it is necessary to be aware of the trend of these changes and their impact on ecosystem services for sustainable land management. The aim of this study is to evaluate the impact of land use change on biodiversity services in the Shafarood watershed in Gilan province.

Material and Methodology: The present study consists of three steps: 1) Extraction of past and present land use maps using Landsat satellite images using ENVI 5.3 and ArcGIS 10.3 software 2) Prediction and extraction of future land use maps using Scenario Generator tool of InVEST software and finally 3) Quantitative evaluation and modeling and mapping of ecosystem services related to biodiversity using the Habitat Quality model of InVEST software.

Findings: The results showed that habitat quality has decreased sharply over time under the influence of land use changes, and habitat degradation has increased sharply so that the average habitat quality for the entire study area for 2000, 2020, and 2040 are equal to 0.88, 0.64, and 0.41respectively. Also, the average habitat destruction for the whole Shafarood watershed in 2000 is equal to 0.0021, in 2020 equal to 0.0042, and for 2040 equal to 0.0061.

Discussion and Conclusion: According to the obtained results, it can be argued that the increase of human development activities with the aim of acquiring and exploiting natural lands has caused irreparable damage to the structure of natural lands and plant and animal habitats and the continuation of such a process will lead to the risk of complete destruction of these unique resources.

Keywords: Landsat, InVEST, kappa coefficient, habitat degradation.

۱ PhD Candidate in Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.
2- Associate Professor in Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran. * *(Corresponding Author)*
3- Assistant Professor in Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.
4- Associate Professor in Graduate School of the Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.

مقدمه

اکوسیستم‌ها سطحی از سلسله مراتب اکولوژیکی هستند که فرایندهای کلیدی مانند چرخه‌های آب، کربن، عناصر غذایی و تولید اولیه در آنها شکل گرفته و قابل اندازه‌گیری می‌باشند. هر اکوسیستم دارای ساختار و عملکرد مربوط به خود است. ساختار اکوسیستم مربوط به مجموع گونه‌ها، ترکیب، جمعیت، ساختار جامعه و روابط درونی آنها و فرم آب، هوا و خاک و زیستگاه گیاهان و جانوران می‌باشد. اما، عملکرد اکوسیستم مربوط به ویژگی‌های سیستم یا فرایندهایی است که بین یک یا چند اکوسیستم روی می‌دهد (۱). فرایندهای اکوسیستم، همکنشی‌های پیچیده‌ای میان اجزاء زیستی و غیرزیستی از طریق مجموعه‌ای از فعل و انفعالات فیزیکی، شیمیایی و زیستی هستند که ساختار اکوسیستم را به عملکرد و در نهایت خدمات تبدیل می‌کنند (۲). این خدمات اصطلاحاً، خدمات اکوسیستمی نامیده می‌شوند، واژه‌ای که اولین بار توسط Ehrlich (۳) استفاده شد. MEA(۴)، خدمات اکوسیستمی را منافعی می‌داند که افراد از اکوسیستم به دست می‌آورند. طی سالیان اخیر مفهوم کالاها و خدمات اکوسیستمی یک جاذبه مداوم و رو به رشدی را برای دانشمندان محیط زیستی، مدیران و تصمیم‌گیران به وجود آورده است (۵). احیاء و مراقبت از خدمات اکوسیستمی یکی از اولویت‌های شناسایی شده در توسعه روستایی در پیشنهاد جدید اتحادیه اروپا به عنوان سیاست مشترک کشاورزی کشورهای عضو است.

در این میان خدمات اکوسیستمی تحت تأثیر عوامل بسیاری قرار دارند. یافته‌های محققان نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از خدمات اکوسیستم (۶۰٪) در حال تخریب هستند و اکوسیستم‌های خشکی، آسیب‌پذیرترین محیط در حفظ خدمات اکوسیستم هستند (۶). روندهای جمعیتی، تغییرات آب و هوایی، سیاست‌های ملی و فعالیت‌های کلان اقتصادی منجر به دگرگونی‌های گسترده در کاربری اراضی می‌شوند که به نوبه خود بر خدمات اکوسیستمی هم در مقیاس حوزه آبخیز و منطقه‌ای و هم مقیاس‌های جهانی تأثیر می‌گذارد (۷، ۸، ۹). در واقع تغییر کاربری اراضی یکی از عوامل بسیار مهم و تاثیرگذار بر خدمات اکوسیستمی است که در چند دهه اخیر روند رو به رشدی داشته است و سبب تخریب زیستگاه‌های حیات وحش شده است. لذا اثرات جبران‌ناپذیری بر کمیت و کیفیت خدمات عرضه شده توسط اکوسیستم‌های طبیعی وارد آورده است (۱۰). تغییر کاربری اراضی مقوله‌ای است که از ابتدای حیات بشر در این کره خاکی در جهت تامین نیازها و رفاه بشر وجود داشته و همچنان ادامه دارد. توالی این تغییرات از دوره سکنی گزینی جوامع انسانی تا دوره انسان حکمفرما بر سرزمین قابل مشاهده است. این در حالی است که با افزایش دانش بشر از ارتباط میان انسان و محیط زیست، میزان درک آنها از اهمیت اکوسیستم‌ها در حفظ و بهبود رفاه انسانی نیز افزایش یافته است ولی جاه‌طلبی انسان‌ها از یک طرف و افزایش بی‌رویه جمعیت و نیاز به تامین غذای آنها از طرف دیگر، طی چند دهه اخیر بشر را به سمت تخریب زیستگاه‌های طبیعی و پناهگاه‌های حیات وحش سوق داده است (۱۱).

امروزه، تغییر و تبدیل کاربری اراضی بکر که زیستگاه‌های حیات وحش به شمار می‌روند (مثل جنگل‌ها و مراتع) به کاربری‌های انسانی (مانند کشاورزی و مسکونی) به یکی از نگرانی‌های قابل توجه در سرتاسر دنیا تبدیل شده است. فعالیت‌های انسانی در قالب تغییر کاربری اراضی به طور قابل توجهی پوشش زمین را در مقیاس جهانی تغییر داده است. به‌طوریکه هم اکنون اراضی کشاورزی ۱۱ درصد از سطح کره زمین را در بر گرفته است (۱۲). بنابراین، تغییر کاربری اراضی توان اکوسیستم‌ها در عرضه خدمات را به شدت تحت تاثیر قرار داده است. با توجه به آثار ناسازگار ناشی از تغییرات کاربری اراضی، آگاهی و شناخت روند تغییرپذیری، در ارزیابی آثار محیط زیستی ناشی از توسعه به منظور طرح‌ریزی و مدیریت پایدار سرزمین ضروری است (۱۳). به همین جهت لازم است تا ضمن بررسی روند و مقدار تغییرات اراضی طبیعی، تاثیر این تغییرات بر خدمات اکوسیستمی عرضه شده ارزیابی گردد تا با گوشزد کردن آن به تصمیم‌سازان و مدیران محلی و کشوری، زمینه جلوگیری از ادامه این روند و حفاظت و احیای این منابع فراهم گردد. در واقع بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر خدمات اکوسیستمی می‌تواند مبانی نظری مطلوبی را برای مدیریت منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای این

منابع ارزشمند فراهم کند. بر همین اساس پژوهش‌های در داخل و یا خارج از کشور اثرات تغییرات کاربری اراضی را بر خدمات اکوسیستمی مختلف ارزیابی کرده‌اند: Wang و همکاران (۱۴)، تغییرات چند خدمت اکوسیستمی را نسبت به تغییرات کاربری اراضی طی دوره زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۲ در دشت سانجیانگ چین مورد ارزیابی قرار دادند. خدمات اکوسیستمی که برای این منطقه مورد ارزیابی قرار گرفت شامل خدمات نظارتی (عملکرد آب و ذخایر کربن اکوسیستم)، خدمات پشتیبانی (زیستگاه‌های مناسب پرندگان) و خدمات عرضه‌ای (تولید مواد غذایی) بود. نتایج نشان داد که با وجود افزایش قابل توجهی در عملکرد آب و تولید مواد غذایی، ذخیره کربن اکوسیستم ۱۴ درصد و زیستگاه‌های مناسب برای پرندگان ۲۳ درصد کاهش داشته‌اند که عمدتا به دلیل تبدیل کاربری اراضی می‌باشد. Gao و همکاران (۱۵)، به بررسی چگونگی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر خدمات اکوسیستم مرتبط با آب (شامل عملکرد آب، تصفیه آب و حفظ خاک) در حوضه رودخانه گویشویی پکن بین سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۱ پرداختند. تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که افزایش در اراضی جنگلی باعث افزایش عملکرد آب و حفاظت از خاک شده است در حالی که جنگل زدایی و شهرسازی موجب تخریب خدمات اکوسیستمی مرتبط با آب شده است. Lang و همکاران (۱۶)، با بکارگیری مجموعه نرم‌افزاری InVEST تاثیر تغییر کاربری اراضی را بر عملکرد آب در مناطق کوهستانی کارست چین در دوره های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ و ۲۰۱۰ تا۲۰۲۰ ارزیابی کردند. در این پژوهش سه سناریو مختلف کاربری اراضی شامل رشد طبیعی، توسعه اقتصادی و حفاظت از محیط زیست برای سال ۲۰۳۰ با استفاده از مدل CLUE توسعه داده شد. نتایج نشان داد که تحت تاثیر تغییر کاربری اراضی بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰، عملکرد کل آب در منطقه کوهستانی کارست با نوسانات منفی و کاهشی همراه است. با این حال، مجموع عملکرد آب در سال ۲۰۳۰ تحت سناریوی توسعه اقتصادی، افزایشی ۱/۲۵ درصدی نسبت به بازده واقعی آب در سال ۲۰۱۰ نشان داد. در حالی که توسعه اقتصادی در مناطق کوهستانی کارست در آینده تأثیر اندکی در عملکرد آب داشت. Bai و همکاران (۱۷)، اثرات تغییر اقلیم و تغییر کاربری اراضی را بر خدمات اکوسیستمی در کنتوکی آمریکا با استفاده از مدل InVEST مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که در مقیاس ایالتی، تغییر اقلیم تأثیر بیشتری نسبت به کاربری اراضی بر خدمت اکوسیستمی مرتبط با آب دارد، اما تغییر کاربری اراضی تأثیر بیشتری بر خدمات مرتبط با حفظ خاک، صادرات نیتروژن و صادرات فسفر دارد. زرندیان و همکارن (۱۸)، با کاربست دو مدل فضایی سناریوساز و تنوع زیستی، از مجموعه مدل‌های یکپارچه ارزشیابی اقتصادی خدمات اکوسیستمی InVEST و تلفیق نتایج اجرای آن‌ها، با در نظر گرفتن الگوی فعلی توزیع فضایی انواع پوشش/کاربری زمین، آثار تغییرات آنها بر کیفیت زیستگاه به‌عنوان یک شاخص برای تنوع‌زیستی، در سرزمین جنگلی سرولات و جواهردشت را مورد پیش بینی قرار دادند. نتایج نشان داد که تغییرات در خارج از منطقه حفاظت شده، به‌عنوان منابع جدید تهدیدات و محرکه‌های بیرونی تغییر، بر کیفیت زیستگاه در درون منطقه اثر سوء خواهد داشت. سرباز و همکاران (۱۹)، اثرات تغییر کاربری اراضی بر عرضه خدمات زیستگاه در منطقه حفاظت شده ارسنجان در خراسان رضوی را برای بازه زمانی ۳۰ ساله مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که کیفیت زیستگاه طی ۳۰ سال گذشته حدود ۱۲۰۰۰ هکتار کاهش یافته است. به عبارت دیگر اراضی تحت پوشش زیستگاه‌های با کیفیت از ۳۶/۹۸ به ۲۵/۹۵ درصد کاهش یافته است که لزوم حفاظت هرچه بیشتر از زیستگاه‌های این منطقه را نشان می‌دهد. ایشان مهمترین عوامل تاثیرگذار بر خدمات زیستگاهی و در نتیجه حیات وحش این منطقه را عواملی از قبیل تخریب زیستگاه، شکار غیرمجاز، چرای احشام، آغل‌ها، حضور سگ‌های گله و خشکسالی‌های اخیر می‌دانند. معرب و همکاران (۲۰)، تاثیر تغییرات کاربری اراضی ۲۰ سال اخیر را بر خدمات اکوسیستمی مرتبط با آب در حوضه لواسانات مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که میزان تولید آب در حوضه لواسانات در حال افزایش می‌باشد. این افزایش به این دلیل است که کاربری‌های انسان ساخت در حال افزایش است. لذا مقدار آب در دسترس به

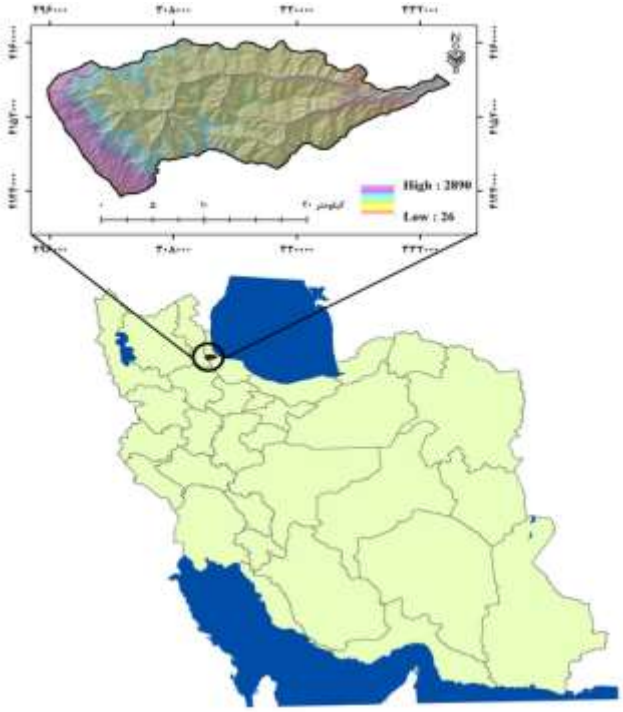
صـــورت رواناب افزایش و امنیت بوم شـــناختی محدوده مورد مطالعه کاهش یافته اســـت. دانشـــی و همکاران (۲۱)، اثرات تغییرات کاربری اراضی بر خدمات اکوسیستمی مرتبط با تنوع زیستی را در حوزه سد نرماب استان گلستان مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش نشان داد که در اثر تغییرات شدید کاربری اراضی و تبدیل اراضی طبیعی به ویژه کاربری جنگلی به اراضی کشاورزی و مسکونی، کیفیت زیستگاه‌ها از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ کاهش یافته و تخریب سـرزمین نیز به همان میزان افزایش پیدا کرده است. همچنین پیش‌بینی شرایط برای سال ۲۰۳۶ مؤید این بود که در صورت ادامه روند فعلی، کاهش کیفیت زیستگاه با شـــدت بیشـــتری همراه خواهد شـــد و تخریب ســـرزمین نیز افزایش خواهد یافت.

مرور ادبیات پژوهش بیانگر این است که علیرغم توجه روز افزون به ارزیابی‌های محیط زیست طی چند دهه گذشته، ارزیابی کالاها و خدمات اکوسیستمی یک حوزه مطالعاتی نسبتا جدید در دنیا و ایران است. ارزیابی خدمات اکوسیستمی به دلیل پیوند دادن حوزه محیط طبیعی با حوزه رفاه اقتصادی اجتماعی، به دنبال تدوین یک چارچوب اکولوژیکی – اقتصادی اجتماعی می‌باشد. از این رو در ایران یک کار کاملا جدید و نوآورانه محسوب می‌گردد. به جرأت می‌توان گفت که سابقه پژوهش در زمینه ارزیابی خدمات اکوسیستمی در ایران به ندرت به یک دهه می‌رسد. این در حالی است که با وجود تحقیقاتی چند در این زمینه، عمده آنها به بررسی شرایط حال حاضر عرضه خدمات اکوسیستمی پرداخته‌اند یا تغییرات را از گذشته تاکنون مورد بررسی قرار داده‌اند و به ندرت برای شرایط آینده تغییرات عرضه خدمات اکوسیستمی را پیش‌بینی نموده اند. بنابراین پژوهش حاضر در صدد است تا علاوه بر ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی از گذشته تاکنون بر خدمات اکوسیستمی، وضعیت عرضه این خدمات را برای شرایط کاربری آینده نیز پیش‌بینی نماید.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز شفارود با وسعتی معادل ۳۴۳ کیلومترمربع در غرب استان گیلان بین شهرستان‌های رضوانشهر و پره‌سر قرار دارد. این حوزه بین طول‌های جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی با حداکثر ارتفاع ۲۸۹۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. گستره حوزه آبخیز شفارود در تقسیم‌بندی حوزه‌های داخلی در حوزه ساحل دریای خزر و در زیرحوزه آبخیز تالش قرار دارد. رودخانه شفارود جنوبی‌ترین و دومین رودخانه پرآب زیرحوزه آبخیز تالش محسوب می‌گردد. بخش اعظم حوزه، کوهستانی و پوشیده از جنگل می‌باشد. بستر رودخانه شفارود تا حوالی ساختگاه سد در میان ارتفاعات قرار دارد و پس از آن به صورت جلگه‌ای می‌باشد (۲۲). شکل (۱) موقعیت کشوری و استانی حوزه آبخیز شفارود را نشان می‌دهد. پوشش جنگلی منطقه مورد مطالعه از ۱۰۰ متری شروع شده و تا ارتفاع ۲۷۰۰ متری ادامه دارد. حوزه آبخیز شفارود بخشی از جنگل‌های هیرکانی می‌باشد که از نظر تنوع زیستی منحصر به فرد بوده و زیست‌بوم ده‌ها گونه پرنده، پستاندار و گیاهان بومی درختی و بوته‌ای است. مهمترین گونه‌های جنگلی آن افرا، بلوط، ممرز، آزاد و راش هستند که برخی از گونه‌ها مثل راش در سطح دنیا بی‌نظیر و منحصر به فرد است. مرال، خرس قهوه‌ای، پلنگ، گراز، گربه جنگلی، گرگ، کل و بز، روباه معمولی، شغال، و انواع پرندگان نظیر کبوتر جنگلی، جی جاغ، انواع سنگ چشم، انواع سارگپه و عقاب جنگلی از گونه‌های منحصربه‌فردی هستند که در محدوده مورد مطالعه زندگی می‌کنند.



شکل ۱- موقعیت کشوری و استانی حوزه آبخیز شفارود

Figure 1. National and provincial location of Shafarood watershed

روش انجام پژوهش

برای دستیابی به اهداف چندگانه در نظر گرفته شده در پژوهش حاضر که پیش تر مورد اشاره قرار گرفتند، چارچوبی مشخص برای استخراج نقشه کاربری اراضی، ارزیابی تغییرات کاربری اراضی، پیش‌بینی کاربری اراضی آینده و ارزیابی کمی و نقشه‌سازی خدمات اکوسیستمی مرتبط با تنوع زیستی به اجرا در خواهد آمد. بر همین اساس پژوهش حاضر شامل سه مرحله ۱) استخراج نقشه کاربری اراضی گذشته و حال ۲) پیش‌بینی و استخراج نقشه کاربری اراضی آینده و ۳) ارزیابی کمی و مدلسازی و نقشه سازی خدمات اکوسیستمی مرتبط با تنوع زیستی می-باشد که در ذیل توضیح داده می‌شود:

۱) استخراج نقشه کاربری اراضی گذشته و حال: به منظور استخراج نقشه‌های کاربری اراضی در زمان گذشته و حال از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شد. استخراج نقشه کاربری اراضی در گذشته بدین منظور است تا با ارزیابی شرایط گذشته تا کنون، نقشه کاربری اراضی آینده با فرض وجود همان روند موجود پیش‌بینی گردد (۲۱). برای این منظور تصاویر لندست مورد نیاز به تاریخ ماه ششم سال ۲۰۰۰ (ETM^+) و ۲۰۲۰ (OLI) از سایت زمین شناسی آمریکا دریافت شد. پس از دریافت، برش و انجام تصحیحات اتمسفری و هندسی تصاویر، کار استخراج نقشه‌های کاربری انجام گرفت. به منظور پردازش تصاویر ماهواره‌ای و استخراج کاربری اراضی از نرم‌افزار سنجش از دور ENVI 5.3 و ArcGIS 10.3 استفاده شد. برای انجام طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از نقاط تعلیمی جمع‌آوری شده با استفاده از GPS[۲] از طریق مطالعات میدانی و نرم‌افزار Google Earth استفاده گردید و تصاویر ماهواره‌ای موجود با بکارگیری الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی شدند. الگوریتم حداکثر احتمال[۱] در اکثر تحقیقات و مطالعات به‌عنوان رایج‌ترین و یکی از دقیق‌ترین روش‌ها شناخته شده است. در این الگوریتم، کلاسی به پیکسل نسبت داده می‌شود که بزرگترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس را دارا باشد. سپس به منظور تعیین دقت

1- Maximum Likelihood

طبقه‌بندی‌های انجام شده از ضریب کاپا[1] و دقت کل[2] استفاده شد. ضریب کاپا به‌عنوان معیاری در بیان صحت نقشه‌ها، برای هر ماتریس به کمک عناصر قطری و حاشیه‌ای محاسبه شده و نشان‌دهنده آن است که طبقه‌بندی تا چه میزان با داده‌های واقعی توافق دارد. صحت کلی نیز نسبت پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده بر تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی‌شده را نشان می‌دهد (۲۳).

۲) پیش‌بینی و استخراج نقشه کاربری اراضی آینده: سناریوها ابزارهایی هستند که رویدادها و وضعیت های آینده را به تصویر می‌کشند. آنها بینشی را نسبت به آینده ارائه می‌دهند و به شکل‌گیری یک دید کلی در مورد رویدادهای نامشخص آینده کمک می‌کنند. برای اینکه سناریوها تأثیرات مطلوب و قابل اجرا داشته باشند، باید قابل قبول باشند تا به مخاطب اجازه دهند تا احتمال وقوع چنین رویدادی را لمس کند. در غیر این صورت، آنها قابل پذیرش نیستند. برای این منظور در پژوهش حاضر به منظور تولید سناریوی کاربری اراضی آینده (سال ۲۰۴۰)، از ابزار سناریوساز مجموعه نرم‌افزاری InVEST تحت عنوان Scenario Generator استفاده شد. در حالی که مدل‌سازی تغییر کاربری زمین بسیار مهم است، اما فرایندی پیچیده است و نیازمند ترکیب عوامل اجتماعی، سیاسی و اقتصادی مختلفی است است که باعث تغییر کاربری/پوشش زمین می‌شوند. با این حال، ترکیب چنین عواملی به دلیل مشکلات روش شناختی و فقدان داده‌های صریح فضایی با مشکل مواجه می شود (۲۴). به دلیل این پیچیدگی، برخی از متغیرهای جایگزین که اندازه‌گیری آنها آسان‌تر است (مثلاً فاصله تا جاده‌ها)، به جای متغیرهای اصلی استفاده می‌شود. این رویکرد خطر پنهان کردن علیت را دارد، اما روش مستقیم ساده‌ای را برای درک چنین موضوع پیچیده‌ای ارائه می‌دهد.بر همین اساس ابزار Scenario Generatorنرم‌افزار InVEST[3] یک روش ساده بر مبنای تناسب اراضی[5] را فراهم می‌نماید و بر پایه این اصل کار می‌کند که تغییرات در LULC احتمالاً در جاهایی اتفاق می‌افتد که به‌طور نسبی اراضی با استعدادتری هستند (۲۱). این ابزار از ترکیبی از تحلیل‌های همپوشانی در GIS، ارزشیابی چند معیاره و کاربرد مستقیم دانش کارشناسی استفاده می‌کند تا آینده ممکن را به‌صورت نقشه در بیاورد (۲۵). داده های مورد نیاز این مدل شامل موارد ذیل می‌باشند:

۱) نقشه کاربری اراضی پایه: برای این منظور نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۲۰ به عنوان نقشه کاربری اراضی پایه وارد نرم‌افزار شد. **۲) جدول کاربری اراضی انتقالی:** محتوی احتمالات انتقال (تغییر) در مقیاس (۰ تا ۱۰) که صفر به مفهوم عدم احتمال و ۱۰ به معنی بالاترین احتمال تغییر است. این جدول به شکل یک فایل اکسلی وارد مدل می‌شود و در آن علاوه بر احتمال تغییر برای هر کاربری باید درصد احتمال تغییر نیز وارد گردد. برای این منظور از میزان تغییرات بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ به منظور پیش‌بینی درصد تغییر هر کاربری در سال ۲۰۴۰ استفاده شد.

۳) جدول فاکتورهای استعداد زمین: برخی از فاکتورهای فیزیکی و محیط زیستی مانند شیب، ارتفاع و ... وجود دارند که روی استعداد کاربری برای تغییر اثر گذارند. کاربر ارتباط این فاکتورها را با استعداد کاربری‌ها برای تغییر تعریف کند. اثر این فاکتورها بر کاربری‌ها متفاوت است بنابراین کاربر می‌تواند برای هر نوع کاربری یکسری از فاکتورها را تعریف کند. ادغام این فاکتورها در تعیین اینکه کدام کاربری مستعدتر است مستلزم ارزشیابی چند معیاره است. برای این منظور لایه‌های رستری جاده و ارتفاع به عنوان فاکتورهای موثر بر تغییر سایر کاربری‌ها به کشاورزی و مناطق مسکونی تعریف می‌کند و وارد نرم‌افزار شدند.

۴) ماتریس اولویت: وزن فاکتورها با استفاده از رویکرد تحلیل چند معیاره و با استفاده از یک فرایند مقایسه دو دویی تحت فرایند تحلیل سلسله مراتبی مورد محاسبه قرار گرفته و وارد نرم‌افزار شد. این رویکرد استفاده می شود تا انواع کاربری‌ها را برای تبدیل رتبه‌بندی نماید و برای فاکتورها در ارتباط با هر کاربری وزن‌دهی کند.

1- Kappa Coefficient
2- Overall Accuracy
3- Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs

۳) ارزیابی کمی و مدلسازی و نقشه سازی خدمات اکوسیستمی مرتبط با آب و تنوع زیستی: در پژوهش حاضر برای انجام ارزیابی کمی تنوع زیستی از مدل Habitat Quality مجموعه نرم‌افزاری InVEST استفاده شد. ابزار تنوع زیستی نرم‌افزار InVEST یک مدل فیلتراسیون وسیع مقیاس[1] می‌باشد. رویکرد آن زیستگاه مبناست و برای جاهایی که با فقر داده در مورد حضور/غیاب گونه‌ها مواجهیم بسیار مناسب است. این ابزار برای اهدافی از جمله:

الف) مشخص کردن همپوشانی فرصت‌های مربوط به تنوع زیستی و پایدارسازی خدمات محیط‌زیستی وحیاتی بودن آن‌ها در ارتباط با رفاه اقتصادی

ب) تعیین حساسیت نوع زیستگاه‌ها نسبت به تهدیدهای گوناگون

ج) برآورد اثر نسبی یک تهدید در میان سایر تهدیدها

د) مقایسه الگویی از پوشش‌های زمینی طبیعی در شرایط جاری و بالقوه آتی با الگوی مورد نظر در شرایط پایه در منظره و

ه) تعیین کمیاب‌ترین زیستگاه‌ها نسبت به شرایط پایه بکار می‌رود (۲۵).

ورودی‌های مورد نیاز این مدل شامل موارد ذیل است:

۱- **نقشه کاربری اراضی پایه، جاری و آینده:** برای این منظور نقشه کاربری اراضی ۲۰۰۰ به عنوان نقشه پایه، ۲۰۲۰ به عنوان نقشه جاری و ۲۰۴۰ به عنوان نقشه آینده آماده‌سازی و وارد مدل شدند.

۲- **داده‌های تهدید:** شامل تهدیدهای انسانی موجود در منطقه می‌باشد. این داده شامل اهمیت نسبی یا وزن هر تهدید بر کیفیت زیستگاه نسبت به سایر تهدیدها با دامنه وزنی از صفر تا یک است. فاصله اثر هر تهدید نیز در جدول وارد می‌شود که عبارت است از حداکثر فاصله‌ای که هر تهدید، کیفیت زیستگاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (بر حسب کیلومتر). از آنجایی که، کلیه کاربری‌های انسانی، منجر به تکه‌تکه شدن و شکل‌گیری آثار حاشیه‌ای بر لکه‌های زیستگاه از طریق تسهیل در ورود آلاینده‌ها، گونه‌های مهاجم و مانند آن می‌شوند، انواع طبقات کاربری انسان ساخت شامل جاده، مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی به عنوان منبع حاوی تهدید درنظر گرفته شدند. بر این اساس نقشه رستری هر یک از این منابع به طور جداگانه استخراج و وارد مدل شدند. همچنین اثر نسبی هر تهدید، فاصله بین زیستگاه و منبع تهدید و در نهایت حساسیت هر یک از انواع زیستگاه‌ها نسبت به هر یک از عوامل بالقوه تهدید با تکیه بر منابع موجود و نظرات کارشناسی تعیین و در قالب فایل اکسل وارد مدل شدند (۲۶).

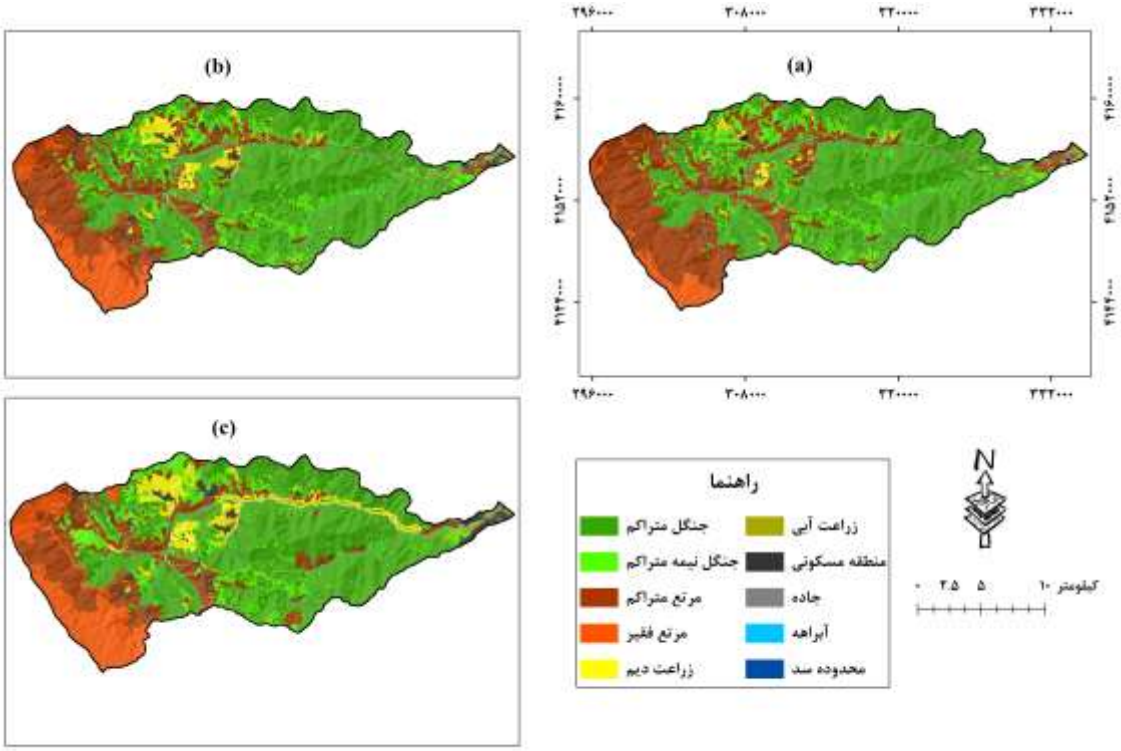
۳- **تعیین زیستگاه‌ها:** در این بخش نقش انواع طبقات کاربری و پوشش سرزمین در دو قالب زیستگاه (مقدار عددی ۱) و غیرزیستگاه (مقدار عددی ۰) دسته بندی شدند. بر این اساس همه انواع پوشش طبیعی شامل جنگل‌ها و مراتع، به‌عنوان زیستگاه در نظر گرفته شد و در پیکسل‌های موجود در مدل رستری، ارزش عددی یک گرفتند. از طرفی کاربری‌های انسانی شامل: اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی، جاده‌ها و ... به‌عنوان غیرزیستگاه معرفی و دارای ارزش عددی صفر شدند.

نتایج

تغییرات کاربری اراضی: نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال تولید شد. بر این اساس در سال ۲۰۰۰ کاربری‌های جنگل متراکم و نیمه متراکم، مرتع متراکم و فقیر، زراعت دیم و آبی، مناطق مسکونی، جاده و آبراهه قابل تشخیص و طبقه‌بندی بودند. این در حالی است که برای سال ۲۰۲۰ علاوه بر کاربریهای مذکور، کاربری محدوده سد شفارود نیز اضافه شده است. ارزیابی دقت طبقه‌بندی‌های صورت گرفته نشان داد که ضریب کاپا برای سال ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ به ترتیب برابر با ۰/۸۸ و ۰/۸۳ است در حالی که

1- Coarse Filter

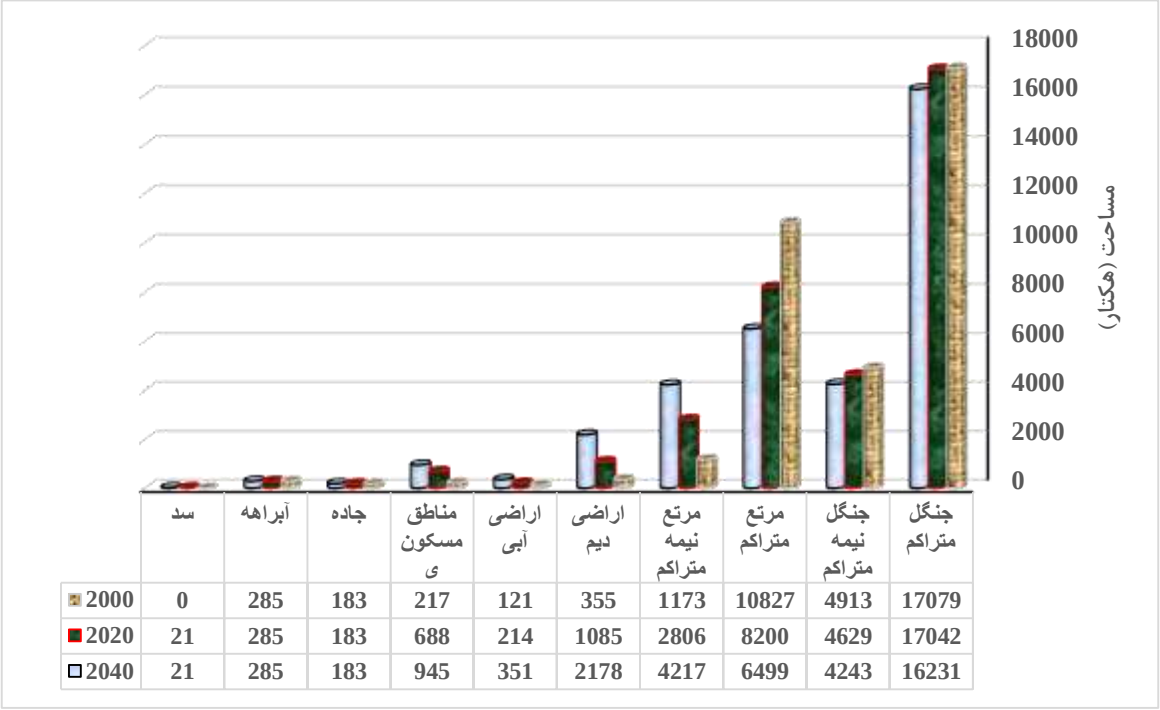
دقت کلی برای این تصاویر به ترتیب برابر با ۸۹ و ۸۵ درصد بود که بیانگر دقت بالای طبقه‌بندی برای هر دو نقشه مذکور است. در ادامه با تکیه بر همین نتایج و ارزیابی میزان تغییرات، با اجرای مدل سناریوسازی نرم‌افزار InVEST، نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۴۰ پیش بینی و تهیه شد. شکل ۲ نقشه‌های کاربری اراضی را برای سه دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۰ (a)، سال ۲۰۲۰ (b) و سال ۲۰۴۰ (c)

Figure 2. Land use map for 2000 (a), 2020 (b) and 2040 (c)

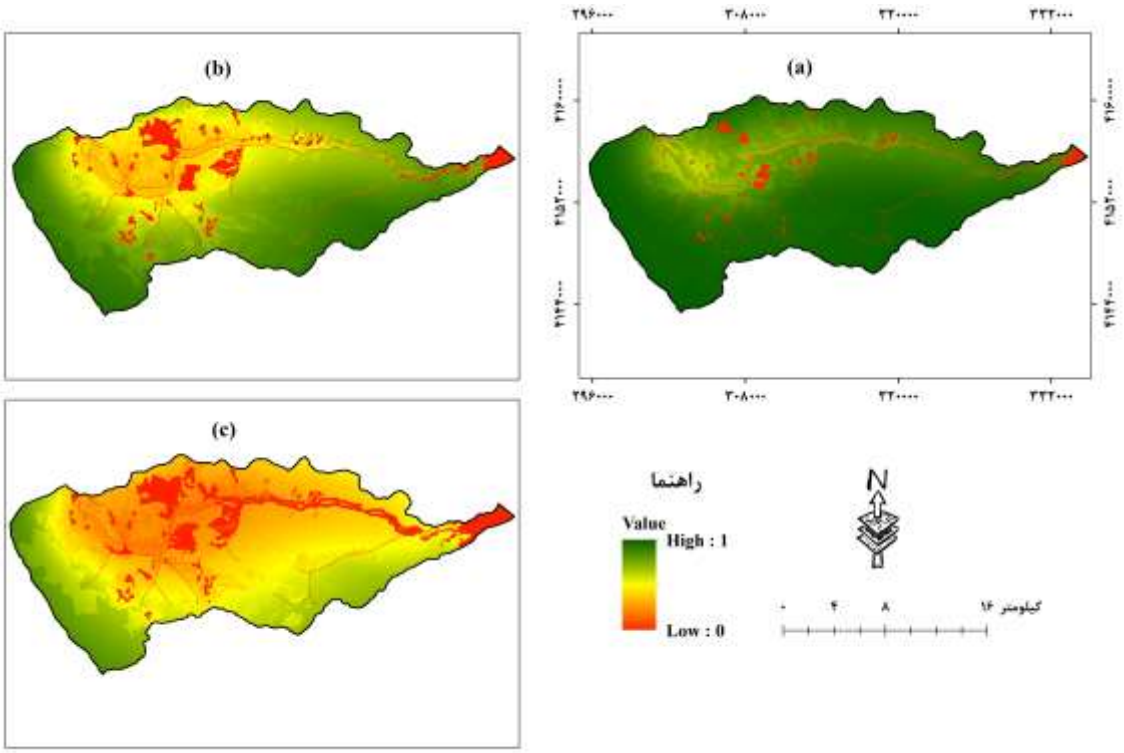
ارزیابی روند تغییرات نشان داد که کاربری جنگل‌های متراکم و نیمه متراکم دارای روندی کاهشی است و در هر دو بازه ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ و ۲۰۲۰ تا ۲۰۴۰ مساحت آنها کاهش چشمگیری داشته است. همچنین کاربری مرتع متراکم نیز دارای روند کاهشی در هر دو بازه مورد بررسی بوده است. در حالی که مساحت مراتع فقیر در هر دو بازه مورد پژوهش افزایش شدیدی داشته است. مساحت کاربری‌های اراضی آبی و دیم در هر دو بازه روندی افزایشی نشان می‌دهد که این افزایش برای اراضی دیم شدیدتر است. همچنین مساحت مناطق مسکونی نیز در طول زمان روندی افزایشی داشته و پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۴۰ مساحت مناطق مسکونی محدوده حوزه شفارود به شدت افزایش پیدا کند. شکل ۳، روند تغییرات کاربری اراضی و مساحت هر یک از آنها را نشان می‌دهد.



	سد	آبراهه	جاده	مناطق مسکونی	اراضی آبی	اراضی دیم	مرتع نیمه متراکم	مرتع متراکم	جنگل نیمه متراکم	جنگل متراکم
2000	0	285	183	217	121	355	1173	10827	4913	17079
2020	21	285	183	688	214	1085	2806	8200	4629	17042
2040	21	285	183	945	351	2178	4217	6499	4243	16231

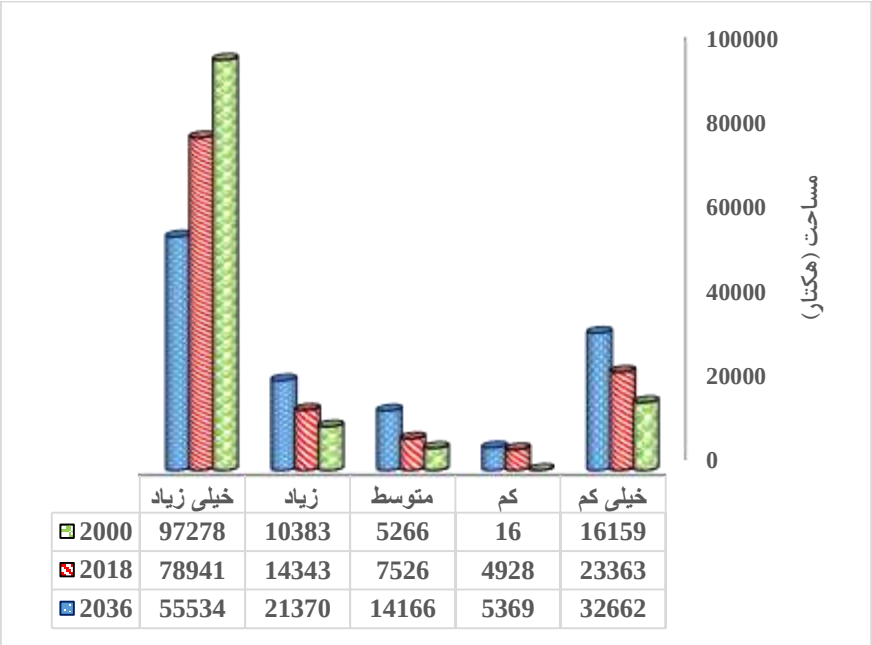
شکل ۳- روند تغییرات کاربری اراضی در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۲۰ و ۲۰۴۰ و مساحت هر یک از کاربری‌ها

Figure 3. The trend of land use changes in 2000, 2020 and 2040 and the area of each land use.



شکل ۴- نقشه کیفیت زیستگاه و تغییرات ان در طول زمان

Figure 4. Habitat quality map and its changes over time



	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
2000	97278	10383	5266	16	16159
2018	78941	14343	7526	4928	23363
2036	55534	21370	14166	5369	32662

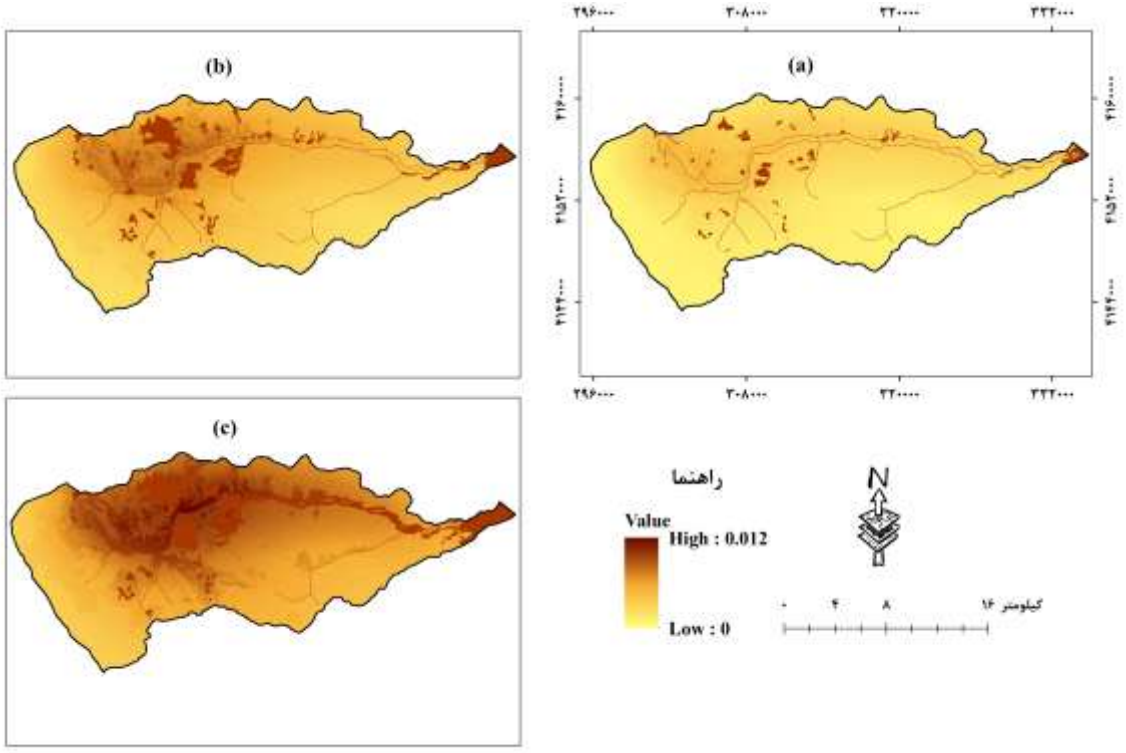
شکل۵- تغییرات کیفیت زیستگاه در طول زمان

Figure 5. Habitat quality changes over time

تغییرات کیفیت زیستگاه: با اجرای مدل تنوع زیستی دو نوع نقشه رستری متفاوت برای هر یک از سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۲۰ و ۲۰۴۰ تولید شد که یکی نشان‌دهنده نقشه کیفیت تنوع زیستی و دیگری نقشه تخریب زیستگاه‌ها هستند. شکل ۴ نقشه کیفیت زیستگاه را برای سال‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.

همانگونه که شکل ۴ نشان می‌دهد کیفیت زیستگاه از سال ۲۰۰۰ تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی و افزایش کاربری‌ها۰ به شدت کاهش یافته است و پیش بینی می‌شود این کاهش تا سال ۲۰۴۰ شدیدتر نیز شود. بر اساس نتایج به دست آمده متوسط کیفیت زیستگاه برای کل محدوده مورد مطالعه که بازه‌ای بین صفر تا یک است برای سال ۲۰۰۰ برابر با ۰/۸۸، برای سال ۲۰۲۰ برابر با ۰/۶۴ و برای سال ۲۰۴۰ برابر با ۰/۴۱ است که بیانگر کاهش شدید کیفیت در طول زمان می باشد. به منظور درک بهتر تغییرات کیفیت زیستگاه نتایج کیفیت زیستگاه در ۵ کلاس خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفتند و به منظور مقایسه بهتر، مساحت متناظر با هر کلاس استخراج شد. همانگونه که شکل ۵ نشان می‌دهد کلاس‌های خیلی کم، کم، متوسط و زیاد از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۴۰ روند افزایشی داشته است که این روند برای کلاس کم خیلی شدید است. لیکن کلاس کیفیت خیلی زیاد در این مدت به شدت افت کرده و دارای روند کاهشی شدیدی بوده است.

استخراج نقشه تخریب زیستگاه برای دوره‌های مورد بررسی نیز نشان داد میزان تخریب زیستگاه‌ها از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ افزایش یافته و متعاقب آن از ۲۰۲۰ تا ۲۰۴۰ این روند افزایشی می‌باشد. اما متوسط تخریب زیستگاه برای کل حوزه آبخیز شفارود در سال ۲۰۰۰ برابر با ۰/۰۰۲۱، در سال ۲۰۲۰ برابر با ۰/۰۰۴۲ و برای سال ۲۰۴۰ برابر با ۰/۰۰۶۱ است. شکل ۶ نقشه تخریب سرزمین و تغییرات آن در طول زمان را نشان می‌دهد.



شکل ۶- نقشه تخریب سرزمین و تغییرات آن در طول زمان

Figure 6. Land degradation map and its changes over time

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف پیش‌بینی تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت زیستگاه در حوزه آبخیز شفارود استان گیلان انجام گرفت. برای این منظور تغییرات کاربری اراضی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ مورد ارزیابی قرار گرفت و با توجه به روند تغییرات آن نقشه کاربری اراضی برای سال ۲۰۴۰ پیش‌بینی شد. ارزیابی نتایج تغییرات کاربری اراضی بیانگر این واقعیت بود که تغییرات کاربری اراضی بیشتر در قالب تخریب اراضی طبیعی مثل جنگل‌ها و مراتع با کیفیت به سمت اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی می‌باشد که می‌توان آن را نتیجه فعالیت‌های انسانی دانست که با هدف تملک اراضی طبیعی و بهره‌کشی از آن، خسارات جبران‌ناپذیری را بر پیکره منابع و اراضی طبیعی وارد آورده است. این تغییرات اثرات شدیدی بر پیکره زیستگاه‌های طبیعی وارد آورده است به شکلی که در صورت ادامه این روند خطر نابودی کامل جنگل‌های هیرکانی که زیستگاه گونه‌های مختلف گیاهی و حیوانی هستند دور از ذهن نمی‌باشد و با ادامه روندی که در سال‌های اخیر مشاهده می‌گردد، خسارات از شدت بیشتری نیز برخوردار خواهد بود. بنابراین لازم است با برنامه‌های اصولی و مدون نسبت به مدیریت و حفاظت از این زیستگاههای خدادادی اقدام شود.

به منظور بررسی اثر این تغییرات انسانی بر خدمات اکوسیستمی مرتبط با تنوع زیستی مدل کیفیت زیستگاه نرم‌افزار InVEST مورد استفاده قرار گرفت. مجموعه نرم‌افزاری InVEST به عنوان نخستین گزینه انتخابی در بررسی خدمات اکوسیستمی در دنیا مطرح می‌باشد (۲۷) و بر اساس مطالعه Ochoa و Cardona (۲۸) پراستفاده‌ترین ابزار در مدل‌سازی خدمات اکوسیستمی از سال ۲۰۰۹ محسوب می‌شود. بررسی اثر تغییرات کاربری‌های طبیعی و زیستگاه‌های گیاهی و حیوانی نشان داد که کیفیت زیستگاه از سال ۲۰۰۰ به طور نگران کننده‌ای کاهش یافته است و متناسب با آن میزان تخریب‌ها نیز روندی افزایشی داشته است. بررسی نقشه‌های خروجی نشان دهنده این واقعیت بود که در مناطقی که با توسعه فعالیت‌های انسانی مثل افزایش مناطق

مسکونی و اراضی کشاورزی همراه بوده است تخریب زیستگاه‌ها به شدت افزایش یافته و کیفیت زیستگاه‌ها کاهش پیدا کرده است. نتایج حاصل از پژوهش حاضر با نتایج سرباز و همکاران (۱۹)؛ دانشی و همکاران (۲۱)؛ و نعمت‌الهی و همکاران (۲۶) که تاثیر منفی تغییرات کاربری اراضی طبیعی را بر خدمات اکوسیستمی مرتبط با تنوع زیستی مورد ارزیابی قرار دادند در تطابق کامل است.

پیشنهاد می‌شود با توجه به روند نگران کننده کاهش اراضی طبیعی و تخریب زیستگاه‌ها دولت برنامه مدونی جهت حفاظت از این اراضی تدوین کرده و با جدیت در صدد مدیریت تغییرات کاربری اراضی برآید. همچنین لازم است در مناطقی که تخریب سرزمین بالا است در صورت وجود توجیه فنی و اقتصادی، نسبت به جنگل‌کاری اقدام شود.

References

1. Costanza, R. Arge, R. Groot, R. Farber, S. Grasso, M. Hannon, B. Limberg, K. Naeem, S. Neill, R. V. Paruelo, J. Raskin, R. G. Sutton, P. Van Den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature 387, 253- 260.
2. De Groot, R.S.; Wilson, M.A. & Boumans, R.M. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological economics, 41(3), pp.393-408.
3. Ehrlich, P.R. & Ehrlich. A.H. 1981. Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species. Random House, New York.
4. MEA [Millennium Ecosystem Assessment]. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.
5. Khan, I., & Zhao, M. 2019. Water resource management and public preferences for water ecosystem services: A choice experiment approach for inland river basin management. Science of the Total Environment, 646, 821–831.
6. Asadolahi, Z., and Norouzi Nazar M.S. 2020. Quantifying the Soil Erosion Control Ecosystem Service Under Climate Change in Gorganroud Watershed. Environmental Researches, 11(21), 3-16. (In Persian)
7. Legesse, D., Vallet-Coulomb, C., & Gasse, F. (2003). Hydrological response of a catchment to climate and land use changes in Tropical Africa: Case study south central Ethiopia. Journal of Hydrology, 275(1–2), 67–85.
8. Wardrop, D. H., Glasmeier, A. K., Peterson-Smith, J., Ingram, H., Eckles, D., & Brooks, R. P. (2011). Wetland ecosystem services and coupled socioeconomic benefits through conservation practices in the Appalachian Region. Ecological Applications, 21(sp1), 93–115.
9. Lang, Y., Song, W., & Zhang, Y. (2017). Responses of the water-yield ecosystem service to climate and land use change in Sancha River Basin, China. Physics and Chemistry of the Earth, 101, 102–111.
10. Song, W., & Deng, X. (2017). Land-use/land-cover change and ecosystem service provision in China. Science of the Total Environment, 576, 705–719.
11. DeFries, R.S.; Foley, J.A. & Asner, G.P. 2004. Land-use choices: balancing human needs and ecosystem function. Frontiers in Ecology and the Environment, 2(5), pp.249-257.
12. Asadolahi, Z., and Salman Mahini, A. 2017. Assessing the Impact of Land Use Change on Ecosystem Services Supply (Carbon Storage and

Sequestration). Environmental Researches, 8(15): 203-214. (In Persian)

13. Amiri, M.J., Asgaripor, A., Zoghi, M. 2021. Land cover changes Assessment in Malayer using landscape metrics. Journal of Environmental Science and Technology, 22(11): 183-193. (In Persian)
14. Wang, Z., Mao, D., Li, L., Jia, M., Dong, Z., Miao, Z., Ren, C., & Song, C. (2015). Quantifying changes in multiple ecosystem services during 1992–2012 in the Sanjiang Plain of China. Science of the Total Environment, 514 (2015): 119–130.
15. Gao, J., Li, F., Gao, H., Zhou, C., & Zhang, X. (2017). The impact of land-use changes on water-related ecosystem services: a study of the Guishui River Basin, Beijing, China. Journal of Cleaner Production, 163 (2017): 148-155.
16. Lang, Y., Song, W., & Deng, X. (2018). Projected land use changes impact on water yields in the karst mountain areas of China. Physics and Chemistry of the Earth, 104, 66-75.
17. Bai, Y., Ochuodhoa, T.O., Yang, J. 2019. Impact of land use and climate change on water-related ecosystem services in Kentucky, USA. Ecological Indicators, 102: 51-64.
18. Zarandian, A., Yavari, A.R., Jafari, H.R., Amirnejad, H. 2016. Modeling of Land Cover Change Impacts on Habitat Quality of a Forested Landscape in the Sarvelat and Javaherdasht. Environmental Researches, 6(12): 183-194. (In Persian)
19. Sarbaz, M., Morovati, M., Tazeh, M. Investigation of the Effect of Land Change / Land Cover on the Supply of Habitat Services (Case Study: Ors Sistan Protected Area). Environmental Researches, 10 (20): 235-246. (In Persian)
20. Moarrab, Y., Salehi, E., Amiri, M.J., Hoveidi, H. Analyzing ecological security of land use changes in Lavasanat Basin using ecosystem services (water production). Scientific Research Quarterly of Geographical Data, 30 (118): 59-75. (In Persian)
21. Daneshi, A., Najafinejad, A., Panahi, M., Zarandian, A. 2020. Projecting Land Use Change Effects on Habitat Quality of Narmab Dam Basin in Golestan Province. Degradation and Rehabilitation of Natural Land, 1(1): 120-131. (In Persian)
22. Rostamtabar, M., Feiznia, S., Shoaii, Z. 2016. Mineralogy Investigation of Sediments of Riverbed in Shafarood Watershed, Gilan Province for Determining the Rate of Erosion and Sedimentation. Journal of Range and Watershed Management, 69(1): 79-92. (In Persian)
23. Rasouli A.A. 2008. Basics of applied remote sensing with emphasis on satellite image processing. Tabriz University Press, 777 p. (In Persian)
24. Veldkamp, A. & Lambin, E.F. 5002. Predicting land-use change. Agriculture, ecosystems & environment, 82(2), 2-9.
25. Sharp, R., Tallis, H.T., Ricketts, T., Guerry, A.D., Wood, S.A., Chaplin-Kramer, R., Nelson, E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K., Pennington, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D., Arkema, K., Lonsdorf, E., Kennedy, C., Verutes, G., Kim,

C.K., Guannel, G., Papenfus, M., Toft, J., Marsik, M., Bernhardt, J., Grif- fin, R., Glowinski, K., Chaumont, N., Perelman, A., Lacayo, M., Mandle, L., Hamel, P. and Vogl, A.L. 2018. InVEST User's Guide. The Natural Capital Project, Stanford.

26. Nematollahi, Sh., Fakheran, S., Jafari, A., Reisi, T., Pourmanafi, S. 2020. Landscape Planning for Conservation, based on the InVEST Model of Habitat Quality and Ecological Impact Assessment of Road Network in Chaharmahal & Bakhtiari Province. Iranian Journal of Applied Ecology, 8(4): 67-81. (In Persian)
27. Zabihi, M., Moradi, H.R., Khaledi Darvishan, A., Gholamalifard, M. 2021. Application of InVEST Ecosystem Services Model to Prioritize Subwatersheds of Talar in term of Soil Erosion, Sediment Retention and Yield. Environment and water Engineering, 7(2): 293-303. (In Persian)
28. Ochoa, V. and Urbina-Cardona, N. 2017. Tools for spatially modeling ecosystem services: publication trends, conceptual reflections and future challenges. Ecosystem Services, 26: 155-169.