"مقاله پژوهشی"

پیش‌بینی اثرات تغییر کاربری اراضی بر کیفیت زیستگاه حوزه سد نرماب در استان گلستان

علیرضا دانشی[۱]، علی نجفی‌نژاد[۲]، مصطفی پناهی[۳] و اردوان زرندیان[۴]

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، (نویسنده مسوول: najafinejad@gau.ac.ir)
۳- دانشیار گروه اقتصاد محیطزیست و انرژی، دانشگاه آزاداسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران
۴- استادیار گروه ارزیابی و مخاطرات محیطزیست، پژوهشکده محیطزیست و توسعه پایدار سازمان حفاظت محیطزیست

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۳۰
صفحه: ۱۲۰ تا ۱۳۱

چکیده

تغییرات گسترده در کاربری اراضی طی چند دهه گذشته، توان اکوسیستم‌ها در عرضه خدمات را با چالش اساسی مواجه ساخته است. بنابراین درک بهتر تاثیر این تغییرات بر خدمات عرضه شده توسط اکوسیستم‌ها امری ضروری است. به‌همین منظور، در تحقیق حاضر ضمن استخراج نقشه‌کاربری اراضی برای گذشته و حال، نقشه کاربری اراضی برای آینده با استفاده از ابزار Scenario Generator نرم‌افزار InVEST پیش‌بینی و استخراج شد. سپس اثرات تغییر کاربری اراضی بر ویژگی مرتبط با کیفیت زیستگاهی در حوزه سد نرماب استان گلستان با استفاده از ابزار Habitat Quality نرم‌افزار InVEST مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که در اثر تغییرات شدید کاربری اراضی و تبدیل اراضی طبیعی به‌ویژه جنگلی به اراضی کشاورزی و مسکونی، کیفیت زیستگاه‌ها از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ کاهش پیدا کرده و تخریب سرزمین نیز به‌همان میزان افزایش پیدا کرده است. همچنین پیش‌بینی شرایط برای سال ۲۰۳۶ موید این بود که در صورت ادامه روند فعلی، کاهش کیفیت زیستگاه با شدت بیشتری همراه خواهد شد و تخریب سرزمین نیز افزایش پیدا خواهد کرد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، متوسط کیفیت زیستگاه برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۸ و ۲۰۳۶ به‌ترتیب ۰/۸، ۰/۷۱ و ۰/۵۹ می‌باشد که بیانگر روند کاهشی شدید در کیفیت زیستگاه است. همچنین متوسط تخریب سرزمین برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۸ و ۲۰۳۶ نیز به‌ترتیب برابر با ۰/۰۱۶، ۰/۰۲۰ و ۰/۰۲۵ برآورد شد که نشان از افزایش تخریب‌ها با گذشت زمان دارد.

واژه‌های کلیدی: تخریب سرزمین، تصاویر ماهواره‌ای، سناریوی کاربری اراضی، InVEST

مقدمه

نگاهی گذرا به وضعیت منابع‌طبیعی جهان مبین این واقعیت است که در چند دهه اخیر در نتیجه فعالیت‌های بشر، کره زمین متحمل صدمات جبران‌ناپذیری شده است به نحوی که در حال حاضر همه جوامع به‌نوعی با معضلات محیطزیستی دست به گریبان شده‌اند (۱). در این میان، پوشش اراضی یکی از مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر بر خدمات اکوسیستمی عرضه شده توسط منابع‌طبیعی بوده و نوع کاربری اراضی هر منطقه کمیت و کیفیت عرضه خدمات اکوسیستمی وابسته را تنظیم و تعیین می‌کند، به‌گونه‌ای که الگوی نامناسب کاربری اراضی می‌تواند علاوه بر تخریب پناهگاه‌ها و زیستگاه‌های حیات‌وحش، منجر به هدر رفت شدید آب، خاک و مواد غذایی شده و در نهایت تخریب عرصه‌های طبیعی را در پی‌داشته باشد (۲). هرگونه تغییر در کاربری اراضی می‌تواند منجر به تغییر در تنوع‌زیستی و خدمات اکوسیستمی در یک منطقه شود (۳). این در حالی است که در چند دهه اخیر تغییرات کاربری اراضی در دنیا، روند رو به رشدی داشته و سبب تخریب زیستگاه‌های حیات‌وحش شده است و اثرات جبران‌ناپذیری بر کمیت و کیفیت خدمات عرضه شده توسط اکوسیستم‌های طبیعی وارد آورده است (۴). روند افزایش جمعیت، تغییرات آب و هوا، سیاست‌های ملی و فعالیت‌های کلان اقتصادی منجر به تغییرات گسترده در کاربری اراضی شده که به‌نوبه خود بر خدمات اکوسیستمی هم در مقیاس حوزه آبخیز و منطقه‌ای و هم در مقیاس‌های جهانی تأثیر گذاشته و توان اکوسیستم‌ها در عرضه خدمات را به‌شدت با چالش اساسی مواجه ساخته است (۵،۶،۷). این در حالی‌است که طی چنددهه اخیر، فعالیت‌های انسانی در قالب تغییر کاربری اراضی به‌طور قابل توجهی پوشش زمین را در مقیاس جهانی تغییر داده است، به‌طوری‌که به‌دلیل تغییرات شدید کاربری از اراضی جنگلی و مرتعی به اراضی کشاورزی، این اراضی هم اکنون ۱۱ درصد از سطح کره زمین را در برگرفته‌اند (۸). نکته حائز اهمیت این است که در ۵۰ سال گذشته، ایران بیشترین تغییر کاربری اراضی را بیش از هر زمان دیگری در تاریخ خود تجربه کرده است (۹). این تغییرات شامل جنگل‌زدایی، رشد روزافزون مناطق مسکونی و شهری، تبدیل مراتع به اراضی دیم، همراه با رشد سریع جمعیت، بر اکوسیستم و چرخه هیدرولوژیکی تأثیر منفی گذاشته است (۱۰). خشک‌شدن دریاچه‌ها و رودخانه‌ها، کاهش منابع آب زیرزمینی، فرونشست زمین، آلودگی آب، جیره‌بندی آب، مهاجرت اجباری، خسارت بخش کشاورزی، طوفان‌های ماسه‌ای و نمکی و آسیب اکوسیستم‌های طبیعی از نتایج حاصل از این تغییرات کاربری اراضی است که در دهه‌های اخیر با همراهی تغییرات اقلیمی تشدید هم شده است (۱۱).

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.5.4]

بنابراین، لازم است که تغییرات کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفته و تاثیر این تغییرات بر عملکرد اکوسیستم‌ها تحلیل شود تا بدین‌وسیله اثرات منفی دستکاری بشر در عرصه‌های طبیعی به‌شکل ملموس‌تری نشان داده شود. در همین راستا، برای درک بهتر اکوسیستم‌ها و خدمات عرضه شده توسط آن‌ها، بسط مدل‌ها و ابزارهایی که قادر به پردازش فرایندهای پایه فیزیکی ناشی از نظام‌های طبیعی و همچنین کنش و واکنش‌های متقابل و بازخوردهای آن‌ها با نظام‌های انسانی باشند، ضروری محسوب می‌شود (۱۲). در واقع مدل‌سازی دینامیک خدمات اکوسیستمی، به‌منظور تجزیه و تحلیل تضادهای مربوط به بهره‌برداری و در دسترس بودن خدمات اکوسیستمی به‌واسطه تغییرات کاربری زمین و با هدف بهینه‌سازی مدیریت پایدار اکوسیستم امری ضروری به‌نظر می‌رسد (۱۳). این در حالی است که ارزیابی اکوسیستم و خدمات ارائه شده توسط آن با توجه به پیچیدگی ماهیت آن دشوار بوده و نیازمند طیف گسترده‌ای از داده‌های کمی و کیفی است. در صورت نامنسجم بودن روش‌های کمی‌سازی و تهیه نقشه خدمات اکوسیستمی دستیابی به ارزش‌های دقیق مربوط به خدمات اکوسیستمی در حساب‌های ملی و نیز تصمیم‌سازی مربوط به سیاست‌گذاری‌های گسترده‌تر و همچنین مدیریت منابع طبیعی با چالش اساسی مواجه خواهد شد. از این رو ارائه یک الگوی ترسیمی از وضعیت پراکنش خدمات اکوسیستمی، در مدل‌سازی‌ها، کارکرد سودمندی در هدایت فعالیت‌های مطالعاتی در این رابطه خواهد داشت (۱۴). به‌همین منظور و برای فهم موجودی، تقاضا و جریان خدمات اکوسیستمی در مقیاس‌های متفاوت زمانی و مکانی، رویکردهایی برای مدل‌سازی و نقشه‌سازی ابداع‌شده که در کنار نرم‌افزارهای سنتی هیدرولوژیکی نظیر SWAT[1] که مدل‌سازی خدمات هیدرولوژیک اکوسیستم‌ها را انجام می‌دهد، در سالیان اخیر نرم‌افزارهایی تخصصی مثل نرم‌افزار ARIES[2] برای تحلیل جریان خدمات اکوسیستمی از عرضه و تقاضا و نرم‌افزار SolVES[3] برای کمی‌سازی و نقشه‌سازی ارزش‌های اجتماعی خدمات اکوسیستمی بارز از قبیل زیبائی‌شناختی، تنوع زیستی و تفرج توسعه داده شده‌اند (۱۵). اما برای درک بیشتر ارزش مولفه‌های مختلف طبیعت و خدمات تولیدی آن در تصمیم‌گیری‌های توسعه‌ای، اخیراً در قالب پروژه‌ای تحت‌عنوان سرمایه طبیعی (NatCap)[4] مدل‌هایی در قالب مجموعه نرم‌افزاری InVEST[5]، برای کمی‌سازی و ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستمی با دقت و جزئیات بالا توسعه داده شده‌اند. InVEST، نسلی از نرم‌افزارهای تخصصی خدمات اکوسیستم است که نسبت به نرم‌افزارهای مذکور در زمینه ارزیابی خدمات اکوسیستمی دارای مزایایی است. از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد (۱۹،۱۸،۱۷): ۱- این نرم‌افزار حاوی تعداد زیادی از مدل‌ها است که هرکدام وظیفه برآورد و کمی نمودن خدمت خاصی از اکوسیستم را برعهده دارند و همه مدل‌ها در مجموعه‌ای واحد قرار گرفته‌اند. بنابراین با استفاده از این نرم‌افزار می‌توان هر نوع خدمت اکوسیستمی را به‌طور مجزا ارزیابی و نقشه‌سازی کرد. ۲- خروجی‌های مدل به‌صورت داده‌هایی است که از نظر فضایی و مکانی واضح است ۳- خروجی‌هایی تولید می‌کنند که با استفاده از آن‌ها می‌توان هر دو نوع ارزیابی کیفی و کمی را انجام داد. ۴- برخی از مدل‌ها توانایی ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستمی را به‌طور مستقیم دارند. ۵- در این رویکرد، مدل‌سازی خدمات نهایی و تجسم مکانی خدمات اکوسیستمی مورد تأکید است. ۶- برخی از مدل‌های آن از داده‌های آنلاین در دسترس برای برخی از خدمات اکوسیستمی استفاده می‌کنند. ۷- اکثر ورودی‌های مورد نیاز آن در نرم‌افزار GIS تهیه و وارد مدل می‌شوند. ۸- سناریو محور بوده و توانایی ایجاد سناریوهایی برای نشان دادن شرایط آینده را دارد. ۹- خروجی‌های این نرم‌افزار به‌راحتی در نرم‌افزار GIS قابل تجزیه و تحلیل هستند. مجموعه نرم‌افزاری InVEST در سال ۲۰۰۵ در آمریکا با همکاری دانشگاه‌های استنفورد و مینه‌سوتا، پروژه سرمایه طبیعی و با همکاری دو سازمان غیردولتی صندوق جهانی طبیعت (WWF)[6] و حفاظت از طبیعت[7] در طی بیش از یک دهه تلاش میان‌رشته‌ای، طراحی شد (۲۰). این ابزار در سالیان اخیر به‌منظور کمی‌سازی و نقشه‌سازی خدمات اکوسیستمی مختلف در سرتاسر دنیا مورد توجه و استفاده قرار گرفته و نتایج رضایت‌بخشی به‌دنبال داشته است:

نلسون و همکاران (۲۱)، به‌منظور پیش‌بینی خدمات اکوسیستمی و وضعیت حفاظت تنوع زیستی در آمریکا؛ بارانو و همکاران (۲۲)، برای ارزیابی کمی و مکانی کیفیت زیستگاه، ذخیره‌سازی و ترسیب کربن، عملکرد سالانه آب، کنترل فرسایش و تصفیه آب تحت دو سناریوی مختلف در سوماترا؛ دای و همکاران (۲۳)، برای ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی بر تنوع مکانی- زمانی کیفیت زیستگاه بین سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۰ در شمال شرقی چین؛ سوتنام و همکاران، (۲۴)، برای تهیه نقشه خدمات اکوسیستمی تحت سناریوهای مختلف پوشش اراضی در تانزانیا؛ گلدستین و همکاران (۲۵)، با هدف ارزیابی کمی خدمات اکوسیستمی و بررسی سناریوهای مربوط به تغییرات کاربری اراضی در هاوایی؛ برتا آنسیی و همکاران (۲۶)، برای شناسایی تناسب زیستگاه، تحلیل تغییرات در کیفیت زیستگاه و بررسی عوامل موثر بر کیفیت زیستگاه در جنوب غربی اتیوپی؛ ژو و همکاران (۲۷)، به‌منظور ارزیابی تاثیر تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ در حوضه‌ای در چین؛ مارتینز-هارمس و همکاران (۲۸)، با هدف کمی‌سازی، نقشه‌سازی و ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستمی؛ بای و همکاران (۲۹)، به‌منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم و تغییر کاربری اراضی بر خدمات اکوسیستمی در کنتوکی آمریکا همگی از مجموعه مدل‌های نرم‌افزار InVEST استفاده کردند. اما در ایران پژوهش‌های مرتبط با ارزیابی خدمات اکوسیستمی با استفاده از نرم‌افزار InVEST به چند مطالعه محدود خلاصه می‌شود: اسدالهی و همکاران (۸)، برای مدل‌سازی خدمت اکوسیستمی نگهداشت خاک در بخش شرقی حوضه آبخیز گرگانرود، پناهی و همکاران (۱۴)، جهت مدل‌سازی خدمات اکوسیستمی مرتبط با جنگل‌های هیرکانی شمال ایران و در چهار پایلوت منتخب، زرندیان و همکاران (۳۰)، برای مدل‌سازی خدمات اکوسیستمی در منطقه سرولات

1- Soil and Water Assessment Tool 2- Artificial Intelligence for Ecosystem Services 3- Social Value for Ecosystem Services 4- Natural Capital Project 5- Integrated Tool to Value Ecosystem Services and their Trade-offs 6- World Wide Fund for Nature 7- The Nature Conservancy

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.5.4]

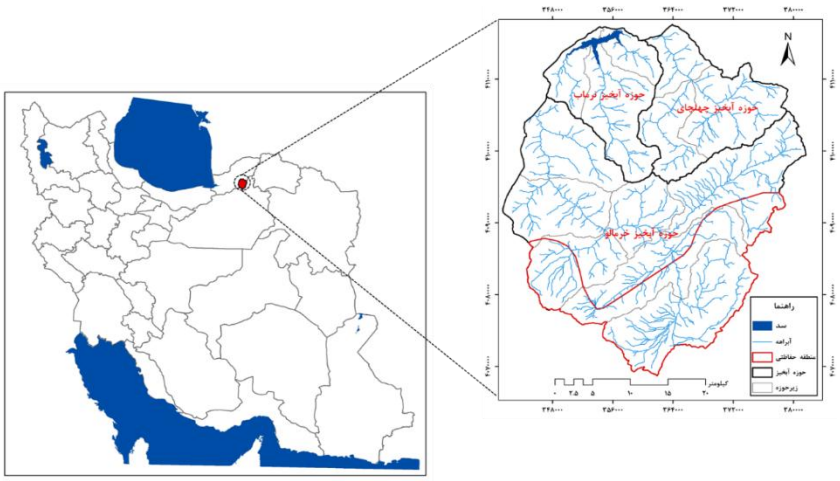
و جواهردشت ایران و فدائی و همکاران (۳۱)، به‌منظور مدل‌سازی اثرات تغییرات پوشش و کاربری سیمای سرزمین بر خدمات اکوسیستمی مرتبط با ترسیب کربن در منطقه حفاظت‌شده جهان‌نما استان گلستان از بسته نرم‌افزاری InVEST استفاده کردند.

بررسی منابع بیانگر این واقعیت است که مجموعه نرم‌افزاری InVEST علیرغم اقبال روزافزون آن در سرتاسر دنیا، در ایران کمتر مورد استفاده قرار گرفته است. این در حالی است که تأثیر تغییر کاربری اراضی بر روی خدمات اکوسیستم همچنان یک مسئله چالش برانگیز است که به‌عنوان یک مؤلفه مهم در برابر توسعه استراتژی‌های سازگار با پایداری در نظر گرفته می‌شود اما در مقایسه با سایر مناطق جهان، در ایران ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی به‌ویژه جنگل‌زدایی بر خدمات اکوسیستمی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از دیدگاه خدمات اکوسیستمی پیش‌بینی تغییرات بالقوه در تدارک این خدمات از سوی طبیعت، تحت سناریوهای محتمل آتی که بر اساس اجماع ذینفعان مختلف تعریف شده باشد، می‌تواند به‌عنوان یک روش متناسب در ارزیابی آثار آن‌ها و بازنگری در تصمیم، قبل از اجرای آن و با توجه کافی به پیامدهای احتمالی اتلاف چنین خدماتی به‌شمار آورده شود. بنابراین لازم است تا ضمن ارزیابی روند و مقدار تغییرات کاربری عرصه‌های طبیعی به‌ویژه جنگل‌ها، تاثیر این تغییرات بر خدمات اکوسیستمی مثل کیفیت زیستگاه‌ها ارزیابی گردد تا از این طریق بتوان مبانی نظری خوبی را برای مدیریت منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای این منابع ارزشمند فراهم کرد. برای این‌منظور، تحقیق حاضر درصدد است تا ضمن مدل‌سازی اثرات تغییر کاربری اراضی بر خدمات اکوسیستمی مرتبط با کیفیت زیستگاه در حوزه سد نرماب استان گلستان، اثرات این تغییرات را برای آینده نیز پیش‌بینی کند.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در پژوهش حاضر حوزه سد نرماب می‌باشد که در عرض جغرافیایی بین ۳۶ درجه و ۷۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۹ دقیقه و طول جغرافیایی بین ۵۵ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۵۵ دقیقه و ۶۷ دقیقه با مساحتی بالغ بر ۱۲۹ هزار هکتار در استان گلستان قرار گرفته است. حوزه سد نرماب شامل سه حوزه آبخیز نرماب، به مساحت ۱۹/۸ هزار هکتار، حوزه آبخیز چهل‌چای به مساحت ۲۳/۵ هزار هکتار و حوزه آبخیز خرمارود (خرمالو) به مساحت ۸۵/۸ هزار هکتار می‌باشد. در شمالی‌ترین بخش منطقه مورد مطالعه، سد نرماب در مراحل پایانی ساخت خود قرار دارد که با ارتفاع ۶۰ متر، طول تاج ۸۰۷ متر و حج مخزنی ۱۱۵ میلیون مترمکعب قادر به تنظیم ۱۷۸ میلیون مترمکعب می‌باشد و بزرگترین سد مخزنی استان گلستان محسوب می‌شود (۳۲). این سد در حوزه آبخیز نرماب قرار داشته و از طریق بندانحرافی آب‌های حوزه آبخیز چهل‌چای و از طریق سد انحرافی آب‌های حوزه آبخیز خرمالو را جمع‌آوری می‌نماید و قرار است برای تامین آب آبیاری اراضی پایین دست و آب شرب منطقه مورد استفاده قرار گیرد. همچنین در قسمت جنوبی منطقه مورد مطالعه منطقه حفاظت شده خوش ییلاق به مساحت تقریبی ۳۵ هزار هکتار قرار دارد که از طرف سازمان محیطزیست ایران جزو پناهگاه‌های حیات‌وحش شناسایی شده است. حوزه سد نرماب بین ۱۵۰ تا ۲۸۷۵ متر بالاتر از سطح دریا واقع شده است و کاربری اصلی در منطقه مورد مطالعه جنگل و مرتع است. از نظر کشاورزی، عمده محصولاتی که در این منطقه کشت می‌شود گندم، پنبه و سیب‌زمینی است. متغیر می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه آن ۵۵۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه سد نرماب
Figure 1. Location of the Narmab Dam Watershed

1- Enhanced Thematic Mapper Plus
2- Operational Land Imager

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.5.4]

روش انجام پژوهش

استخراج نقشه کاربری اراضی گذشته و حال

به‌منظور استخراج نقشه‌های کاربری اراضی در زمان گذشته و حال از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شد. برای این‌منظور تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ (ETM^+)[1] در ماه ژوئن ۲۰۰۰ و از لندست ۸ (OLI)[2] در ژوئن ۲۰۱۸ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر مورد استفاده قرار گرفت. استخراج نقشه کاربری اراضی در گذشته بدین‌منظور است تا با ارزیابی شرایط گذشته تا الان، نقشه کاربری اراضی آینده با فرض وجود همان روند موجود پیش‌بینی گردد. برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای و استخراج کاربری اراضی از نرم‌افزار سنجش از دور ENVI 5.3 و ArcGIS 10.3 استفاده می‌شود. قبل از تجزیه و تحلیل اطلاعات ماهواره‌ای لازم است تصحیحاتی از جمله تصحیح هندسی بر روی تصویر خام صورت گیرد. تصحیحات هندسی به‌دلیل نیاز به نقاط کنترل دقیق از محدوده، توسط اخذکننده تصویر انجام نمی‌شود و قبل از به‌کارگیری تصاویر بایستی این تصحیحات روی تصاویر اعمال شود. با توجه به اینکه تصاویر دارای سیستم مختصات تصویری هستند، تا زمانی‌که تصویر تصحیح هندسی نشده و مختصات زمینی به پیکسل‌های آن نسبت داده نشده باشد تصویر قابل استفاده جهت کاربردهای تولید نقشه و همپوشانی با نقشه‌های دیگر نیست. منظور از تصحیح هندسی، جبران انحراف‌هاست به‌نحوی که شکل تصحیح شده قابلیت انطباق با نقشه را داشته باشد (۳۳). علاوه بر تصحیح هندسی، تصحیحات دیگری مانند تصحیح اتمسفری هم روی تصاویر انجام گرفت و تصاویر آماده پردازش شدند (۳۴). اصلاحات هندسی تصاویر پس از به‌کارگیری روش ناپارامتری چند جمله‌ای و حذف نقاط نامناسب، با تعداد ۳۵ نقطه کنترل زمینی و میزان خطای ریشه مربعات ۰/۲۸ پیکسل صورت گرفت. برای نمونه‌گیری ارزش مجدد پیکسل‌ها از روش نزدیک‌ترین همسایه استفاده گردید. هم‌چنین برای حذف اثرات سوء جو و جهت مقایسه هرچه بهتر روش‌ها، تصحیح اتمسفری روی تصویر مورد نظر انجام گرفت. در این تحقیق به‌دلیل عدم دسترسی به داده‌های مربوط به زمان برداشت تصویر توسط سنجنده لندست، از روش کاهش تیرگی برای تصحیح اتمسفری استفاده شد. از آنجاکه هدف اصلی از پردازش تصاویر ماهواره‌ای، تهیه نقشه‌های موضوعی و کارآمد می‌باشد، انتخاب الگوریتم مناسب طبقه‌بندی نقش زیادی در این امر ایفا می‌کند. الگوریتم حداکثر احتمال[1] در اکثر تحقیقات و مطالعات به‌عنوان رایج‌ترین و یکی از دقیق‌ترین روش‌ها شناخته شده است (۳۵،۳۶). در این الگوریتم، کلاسی به پیکسل نسبت داده می‌شود که بزرگترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس را دارا باشد. در روش حداکثر احتمال در مرحله اول بر اساس نمونه‌های آموزشی طبقات، میانگین واریانس و کوواریانس برای باندهای مورد استفاده در طبقه بندی محاسبه می‌شود، در مرحله دوم میزان احتمال تعلق پیسکل‌ها به هر یک از طبقه‌ها محاسبه می‌شود و براساس بالاترین میزان احتمال، عمل طبقه‌بندی و اختصاص پیسکل‌ها به طبقات مختلف صورت می‌گیرد. در این روش بعد از ارزیابی احتمالات در هرکلاس، پیکسل‌ها به کلاس‌هایی که بیشترین شباهت را دارند اختصاص می‌یابند و اگر مقادیر احتمال پایین‌تر از حد آستانه معرفی شده باشند به عنوان پیکسل طبقه بندی نشده معرفی می‌شوند (۳۷). طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای نیازمند نمونه‌های آموزشی برای هر کلاس می‌باشد به‌همین منظور این نمونه‌ها با استفاده از GPS[2] از طریق مطالعات میدانی و نرم‌افزار Google Earth جمع‌آوری شد. به‌منظور مقایسه تصاویر طبقه‌بندی شده و تعیین روش دقیق‌تر از ضریب کاپا[3] و دقت کل[4] استفاده خواهد شد (۳۸،۳۹،۴۰). ضریب کاپا به‌عنوان معیاری در بیان صحت نقشه‌ها، برای هر ماتریس به‌کمک عناصر قطری و حاشیه‌ای محاسبه شده و نشان‌دهنده آن است که طبقه‌بندی چقدر با داده‌های واقعی توافق دارد. صحت کلی نیز نسبت پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده بر تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی‌شده را نشان می‌دهد. بهترین طبقه‌بندی زمانی است که صحت کلی و ضریب کاپا هر دو بالا باشند.

پیش‌بینی و استخراج نقشه کاربری اراضی آینده

برای پیش‌بینی نقشه کاربری اراضی ۱۸ سال آینده (سال ۲۰۳۶) از ابزار سناریوساز مجموعه نرم‌افزاری InVEST تحت عنوان Scenario Generator استفاده شد. این ابزار 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. 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 (۱۶). داده‌های مورد نیاز این مدل شامل ۱) نقشه کاربری اراضی پایه ۲) لایه محدودیت (مثل مناطق حفاظت شده) ۳) مقادیر تغییرات در هر کاربری ۴)جدول انتقال کاربری اراضی ۵) فاکتورهای استعداد زمین ۶) ماتریس اولویت ۷) لایه ابطال تغییرات ۸) وزن فاکتورها و غیره هستند (۱۶).

نقشه کاربری اراضی ۲۰۱۸ به‌عنوان نقشه پایه مورد استفاده قرار گرفت. محدوده منطقه حفاظت‌شده خوش ییلاق هم به‌عنوان یک لایه محدود کننده برای جلوگیری از تبدیل اراضی استفده شد. به‌منظور پیش‌بینی میزان تغییرات در آینده، از اطلاعات مربوط به تغییرات کاربری‌ها در محدوده سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ استفاده شد. جدول فاکتورهای استعداد زمین نیز با مقادیری بین صفر و یک ایجاد شده که صفر نشان‌دهنده نامناسب بودن آن کاربری برای تغییر و ۱ نشان‌دهنده حداکثر تناسب یک کاربری برای تغییر و تبدیل به یک یا چند کاربری دیگر می‌باشد. جدول انتقال کاربری اراضی و ماتریس اولویت با استفاده از نظرات کارشناسان و ذینفعان تکمیل شد. جدول انتقال کاربری اراضی شامل احتمال انتقال کاربری اراضی در مقیاس صفر تا ۱۰ است، جایی که صفر هیچ تغییری را نشان نمی‌دهد و ۱۰ احتمال تغییر کامل را برای کاربری خاص مشخص می‌کند. ماتریس اولویت کاربری‌های اراضی نیز با تجزیه و تحلیل چند معیاره (MCA)[6] و از طریق مقایسه دو به دویی و بر اساس فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP)[7] ایجاد شد (۴۱). برای

1- Maximum Likelihood
2- Global Position System
3- Kappa Coefficient
4- Overall Accuracy
5- Land suitability
6- Multi-Criteria Analysis
7- Analytical Hierarchy Process

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.5.4]

این‌منظور پرسشنامه‌ای که شامل سوالات مربوط به جدول انتقال کاربری اراضی و ماتریس اولویت بود تهیه شد و برای ۳۰ نفر از کارشناسان ادارات آب منطقه‌ای، حفاظت محیط زیست، منابع طبیعی و آبخیزداری و تعدادی از دانشجویان دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ارسال شد. این پرسشنامه توسط ۱۷ نفر (۵۷ درصد) تکمیل و به پژوهشگر بازگردانده شد و ضمن تحلیل در ابزار Scenario Generator مورد استفاده قرار گرفت.

استخراج نقشه کیفیت و تخریب زیستگاه

ابزار کیفیت زیستگاه[1] نرم‌افزار InVEST یک مدل فیلتراسیون وسیع مقیاس[2] می‌باشد. رویکرد آن زیستگاه مبنا است و برای مناطقی که با فقر داده‌ای در مورد حضور/ غیاب گونه‌ها مواجه‌اند بسیار مناسب است. این ابزار داده‌های کاربری اراضی را با اطلاعات مربوط به انواع تهدیدات تنوع‌زیستی ترکیب می‌نماید تا نقشه کیفیت زیستگاه را تولید کند. مهمترین قابلیت این مدل آن است که حساسیت انواع زیستگاه را نسبت به تهدیدات مختلف مورد شناسایی قرار می‌دهد به شکلی که کاربر می‌تواند اثر نسبی یک تهدید معین را در میان سایر تهدیدات برآورد نماید. بنابراین، تهدیدات با آثار بیشتر بر تنوع‌زیستی، می‌توانند مورد شناسایی قرار گیرند (۱۳). ابزار برای اهدافی از جمله: الف) مشخص کردن همپوشانی فرصت‌های مربوط به تنوع زیستی و پایدارسازی خدمات محیط‌زیستی و حیاتی‌بودن 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 چشم‌انداز و ه) تعیین کمیاب‌ترین زیستگاه‌ها نسبت به شرایط پایه به‌کار می‌رود. ورودی‌های مورد نیاز ابزار کیفیت زیستگاه شامل موارد ذیل می‌باشد: ۱) نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز مورد مطالعه شامل نقشه‌های کاربری اراضی گذشته، حال و آینده. ۲) نقشه منابع تهدید شامل فایل رستری از توزیع و شدت برای هر یک از تهدیدات می‌باشد. بر این اساس، همه کاربری‌های انسانی در محدوده مورد مطالعه با اختصاص ارزش عددی ۱ به‌عنوان منبع تهدید در نظر گرفته شدند و برای سایر پوشش‌های طبیعی ارزش صفر منظور شد که به مفهوم فقدان تهدید می‌باشد. همچنین با توجه به تفاوت در توان هر تهدید برای تخریب زیستگاه، یک فایل اکسلی حاوی وزن هر تهدید در بازه عددی صفر تا ۱ تهیه و وارد نرم‌افزار شد که اعداد نزدیک به صفر بیانگر شدت کم تخریب و اعداد نزدیک ۱ به‌معنی شدت بیشتر برای تخریب می‌باشند. ۳) تعیین انواع زیستگاه‌ها و حساسیت آن‌ها به هر تهدید شامل یک جدول اکسلی از انواع لندکاورها است که نشان‌دهنده زیستگاه بودن یا نبودن یک کلاس کاربری است. بر این اساس تمام کاربری‌های طبیعی شامل جنگل، مرتع و رودخانه به‌عنوان زیستگاه و همه کاربری‌های انسان‌ساخت مثل اراضی آبی، دیم، مناطق مسکونی و جاده‌ها به‌عنوان غیرزیستگاه معرفی شد. سپس حساسیت زیستگاه نسبت به هر تهدید مشخص شد. اثر تهدیدات بر روی زیستگاه‌ها در شبکه رستری به‌واسه چهار عامل اثر نسبی هر تهدید، فاصله بین زیستگاه و منبع تهدید، سطح قانونی، نهادی، اجتماعی و فیزیکی حفاظت در برابر تهدید و حساسیت نسبی هر نوع زیستگاه به هر تهدید تعیین می‌شوند. بر این اساس فاصله انتشار تهدیدات تا زیستگاه‌ها، با الهام گرفتن از راهنمای نرم‌افزار و ادبیات موضوعی از ۱۲ کیلومتر برای کاربری‌های زراعی تا ۲۰ کیلومتر برای کاربری‌های مسکونی و جاده‌ای در نظر گرفته شد (۱۳). همچنین محدوده منطقه حفاظت‌شده خوش ییلاق نیز به‌عنوان سطح حفاظت قانونی در برابر منابع تهدید تعیین شد. برای این‌منظور محدوده مورد نظر با یک ارزش طیفی بین صفر تا ۱ باید مشخص شود که صفر بیانگر بسته بودن محدوده و عدم دسترسی منابع تهدید به آن می‌باشد در حالی که مقدار ۱ نشان‌دهنده دسترسی کامل منابع تهدید به محدوده منطقه حفاظت شده است. با فرض اینکه سازمان محیط‌زیست به‌طور کامل از محدوده مورد نظر حفاظت می‌کند ارزش عددی صفر برای فایل ورودی مورد اختصاص داده شد. در نهایت داده‌های حساسیت هر زیستگاه به منابع تهدید نیز آماده‌سازی و وارد نرم‌افزار شد. برای این‌منظور با بررسی کامل روند تغییرات کاربری‌ها از گذشته تاکنون و بررسی اینکه کدام کاربری دارای بیشترین تاثیر از کدام منبع تهدید بوده است، حساسیت هر زیستگاه به هر تهدید با اختصاص عددی بین صفر تا ۱ مشخص گردید.

نتایج و بحث

تغییرات کاربری اراضی

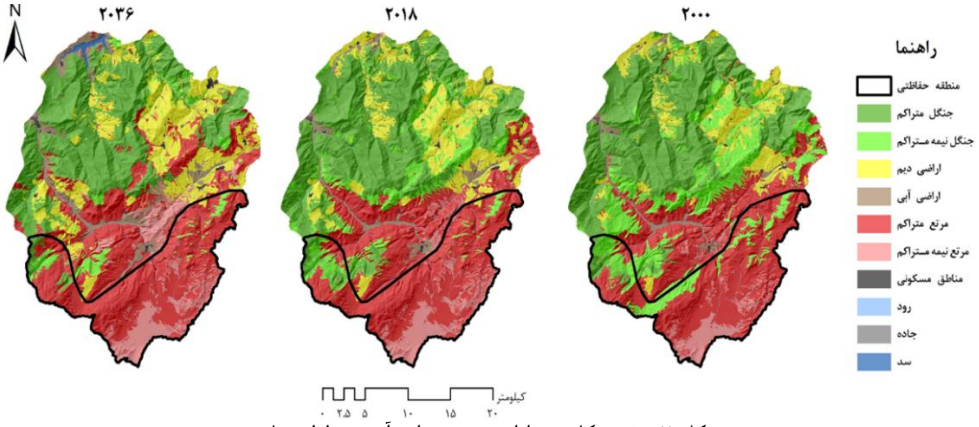
نقشه کاربری اراضی سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال استخراج شد. نتایج نشان داد که ۹ کلاس مختلف کاربری اراضی قابل تفکیک در منطقه مورد مطالعه شامل جنگل‌های متراکم و نیمه‌متراکم، مراتع متراکم و نیمه‌متراکم، اراضی دیم و آبی، مناطق مسکونی، رودخانه‌ها و جاده‌ها می‌باشد (شکل ۲). ارزیابی دقت طبقه‌بندی‌های انجام شده نشان داد که دقت کلی برای طبقه‌بندی سال ۲۰۰۰، ۹۳/۶ درصد و برای سال ۲۰۱۸، ۹۰/۱ درصد است. همچنین ضریب کاپا برای طبقه‌بندی‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ به‌ترتیب ۰/۸۹ و ۰/۸۵ به‌دست آمد که بیانگر دقت بالای طبقه‌بندی‌های انجام شده است. در ادامه به‌کمک ابزار سناریوساز نرم‌افزار InVEST ضمن ایجاد نقشه سال ۲۰۳۶، تغییرات و اندازه کاربری‌ها نیز تا سال ۲۰۳۶ مشخص شدند. طبق نتایج به‌دست آمده، برای سال ۲۰۳۶ علاوه بر ۹ کاربری مذکور برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸، کاربری دهم تحت عنوان محدوده سد که نشان‌دهنده مخزن سد نرماب می‌باشد به نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۳۶ اضافه شده است (شکل ۲). نکته مهم دیگر ثابت بودن محدوده منطقه حفاظت شده است که بدون تغییر باقی‌مانده است. کاربری اراضی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ در محدوده حفاظت شده خوش ییلاق تغییرات ناچیزی را نشان می‌دهد ولی با تشدید حفاظت‌ها برای سال ۲۰۳۶ انتظار می‌رود محدوده این منطقه بدون هیچ تغییری حفظ شود.

1- Habitat Quality

2- Coarse Filter

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.5.4]



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی و تغییرات آن در طول زمان
Figure 2. Land use map and its changes over time

همانگونه که جدول ۱ نشان می‌دهد از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸، سهم قابل توجهی از جنگل‌های متراکم و نیمه‌متراکم تخریب و به اراضی کشاورزی دیم و آبی تبدیل شده‌اند. این تخریب در جنگل‌های نیمه‌متراکم شدیدتر بوده و بیش از ۷ درصد از این اراضی در طول ۱۸ سال اخیر تخریب و به کاربری‌های عمدتاً کشاورزی تبدیل شده‌اند. دلیل این امر را می‌توان سهولت قطع درختان جنگلی تنک به‌علت تراکم پایین درختان دانست که تبدیل این‌گونه مناطق را به اراضی کشاورزی راحت‌تر و سریع‌تر می‌نماید. اراضی کشاورزی دیم و آبی نیز طی سال‌های اخیر روند افزایشی داشته‌اند که این روند برای اراضی آبی با ۴/۵۶ درصد بیشتر است. همچنین کاربری‌های مرتعی نیز در طول مدت مذکور دارای روندی افزایشی بوده که عمدتاً برگرفته از اراضی تخریب شده جنگلی است. کاربری مناطقی مسکونی نیز به‌مقدار بسیار جزئی افزایش نشان می‌دهد. دلیل جزئی بودن این افزایش را می‌توان روستایی بودن مناطق سکونتگاهی محدوده مورد مطالعه دانست زیرا سطح مناطق مسکونی روستایی معمولاً به‌کندی و به‌ندرت افزایش پیدا می‌کند و به‌علت مساحت کم بسیاری از این روستاها، افزایش سطوح جزئی در این مناطق در تصاویر ماهواره‌ای محسوس نمی‌باشد. این درحالی است که ابزار سناریوساز InVEST پیش‌بینی می‌کند که تخریب زمین‌های جنگلی متراکم و نیمه‌متراکم با همان روند قبلی تا سال ۲۰۳۶ ادامه داشته باشد. همچنین تغییرات مساحت اراضی کشاورزی نیز از روند افزایشی برخوردار بوده است. اما طبق پیش‌بینی مدل سرعت افزایش اراضی آبی نسبت به دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ کندتر شده و تا سال ۲۰۳۶، ۲/۲ درصد به مساحت اراضی آبی اضافه خواهد شد. این در حالی است که عکس این وضعیت برای اراضی دیم متصور شده و روند افزایشی کاربری مذکور بیشتر از دوره قبل (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸) بوده است. دلیل این امر را می‌توان محدودیت منابع آب، بحران‌های آبی پیش‌بینی‌شده برای آینده و برخی محدودیت‌های توپوگرافیکی مثل محدودیت ارتفاع و شیب برای توسعه اراضی آبی دانست. در عوض اراضی دیم محدودیت‌های بسیار کمتری نسبت به اراضی آبی برای توسعه بیشتر دارد که با پیشرفت‌های روزافزون در عرصه ماشین‌آلات کشاورزی، این محدودیت‌ها روز به روز کمتر نیز می‌شوند. همچنین روند افزایشی مراتع و اراضی مسکونی برای این دوره (۲۰۳۶) نیز تقریباً مشابه دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ می‌باشد. نکته مهم دیگر، اضافه‌شدن سد نرماب در شمالی‌ترین قسمت محدوده مطالعاتی در نقشه سال ۲۰۳۶ است که طبق پیش‌بینی‌های صورت گرفته قرار است ظرف چند سال آینده مورد بهره‌برداری قرار گرفته و آبگیری شود. همچنین دلیل کاهش جزئی مساحت کاربری رود نیز واقع شدن بخشی از این کاربری در محدوده مخزن این سد می‌باشد. لازم به یادآوری است که محدوده داخلی منطقه حفاظت شده خوش ییلاق برای دوره ۲۰۱۸ تا ۲۰۳۶ بدون هیچ تغییری پیش‌بینی شده است.

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-01]

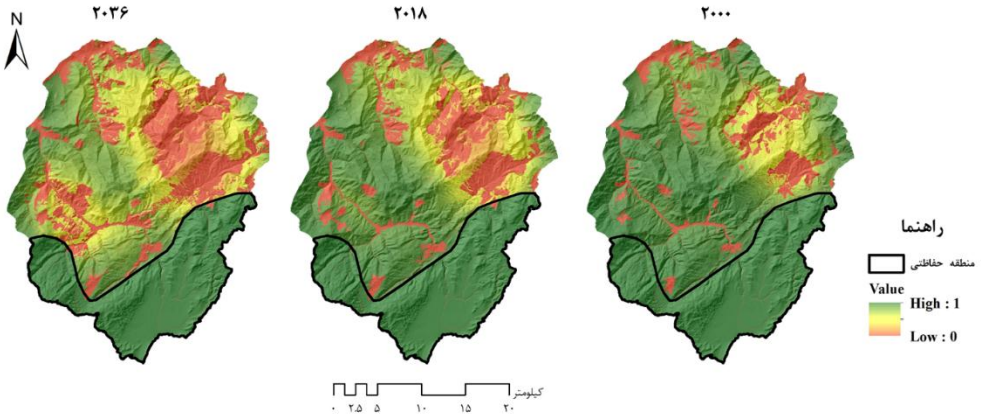
[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.5.4]

جدول ۱- مساحت و درصد تغییرات کاربری‌های راضی در طول زمان
Table 1. Estimated areas and percentage changes of main land use types over time

نوع کاربری	مساحت (هکتار)			درصد تغییر مساحت در کل محدوده	
	۲۰۰۰	۲۰۱۸	۲۰۳۶	۲۰۱۸-۲۰۰۰	۲۰۳۶-۲۰۱۸
جنگل متراکم	۴۲.۸۹۰	۴۰.۶۸۱	۳۸.۸۸۲	-۱/۷۱	-۱/۳۹
جنگل نیمه‌متراکم	۲۴.۷۹۸	۱۵.۰۸۳	۵.۱۳۳	-۷/۵۲	-۷/۷۱
اراضی آبی	۱۲.۴۳۸	۱۸.۳۲۱	۲۱.۹۱۱	۴/۵۶	۲/۷۸
اراضی دیم	۱.۸۳۱	۲.۹۲۳	۵.۸۱۸	۰/۸۵	۲/۲
مرتع متراکم	۴۰.۱۵۸	۴۱.۹۶۲	۴۳.۹۵۲	۱/۴۰	۱/۵۴
مرتع نیمه‌متراکم	۵.۰۹۶	۸.۰۲۴	۱۰.۵۸۲	۲/۲۷	۱/۹۸
مناطق مسکونی	۳۴۲	۵۵۹	۷۱۷	۰/۱۷	۰/۱۲
رود	۸۳۵	۸۳۵	۶۹۱	-	-۰/۱۱
جاده	۷۱۵	۷۱۵	۷۱۵	-	-
سد	-	-	۷۰۲	-	۰/۵۴
مجموع	۱۲۹.۱۰۳	۱۲۹.۱۰۳	۱۲۹.۱۰۳		

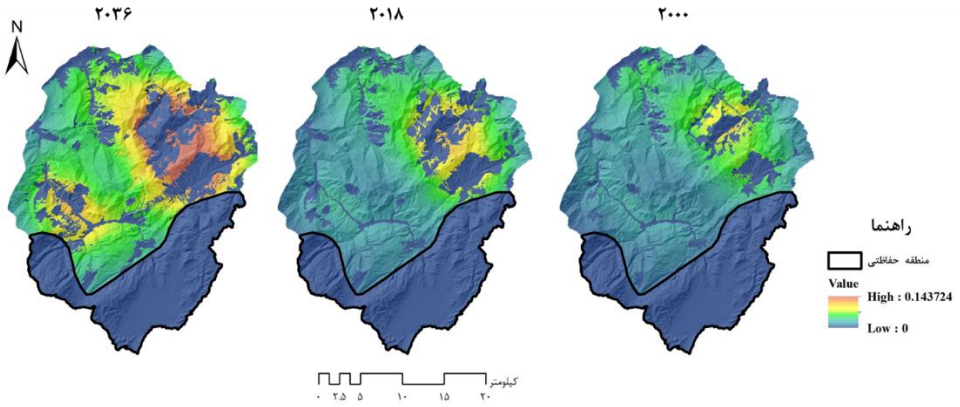
تغییرات کیفیت زیستگاه و تخریب سرزمین

با اجرای مدل Habitat Quality نرم‌افزار InVEST، نقشه‌های کیفیت زیستگاه و تخریب سرزمین برای سه دوره گذشته (۲۰۰۰)، جاری (۲۰۱۸) و آینده (۲۰۳۶) به‌دست آمد. شکل ۳ نقشه کیفیت زیستگاه را در بازه عددی صفر تا ۱ برای سه دوره اشاره شده نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، با گذشت زمان از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ کیفیت زیستگاه به تدریج کاهش پیدا کرده است که این کاهش در مناطق شمالی و شمال‌شرقی محدوده مورد مطالعه مشخص‌تر است. دلیل این امر را می‌توان توسعه بیش از حد اراضی کشاورزی در طی دوره مذکور دانست. این در حالی است که مدل برای سال ۲۰۳۶، افت شدیدتری را برای کیفیت زیستگاه پیش‌بینی می‌کند که این می‌تواند برای زیستگاه‌های گیاهی و حتی جانوری خطرناک باشد. در این دوره، کاهش شدید کیفیت زیستگاه علاوه بر مناطق شمالی و شمال شرقی، در مناطق غربی و حتی مرکزی نیز مشهود است. متوسط کیفیت زیستگاه در کل محدوده برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۸ و ۲۰۳۶ به‌ترتیب ۰/۸، ۰/۷۱ و ۰/۵۹ می‌باشد که به‌خوبی بیانگر کاهش شدید کیفیت زیستگاه با گذشت زمان است. این در حالی است که هیچ تغییری در کیفیت زیستگاه طی سه دوره مورد بررسی در محدوده منطقه حفاظت شده خوش ییلاق متصور نمی‌باشد. شکل ۴، نقشه تخریب سرزمین را برای سه دوره مورد بررسی، در بازه بین صفر تا حدود ۰/۱۵ نشان می‌دهد. بررسی نتایج نشان از افزایش شدید تخریب‌ها با گذشت زمان است به شکلی که این تخریب‌ها در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ کمتر ولی برای دوره ۲۰۱۸ تا ۲۰۳۶ شدیدتر است که آن را نیز می‌توان به توسعه شدید اراضی آبی و دیم و مناطق مسکونی ربط داد. نکته قابل ذکر این است که علیرغم اینکه حداکثر عدد تخریب برای دوره‌های مورد بررسی، عدد بالایی نمی‌باشد ولی با توجه به شکل ۳، موجب کاهش شدید در کیفیت زیستگاه می‌شود. متوسط تخریب سرزمین برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۸ و ۲۰۳۶ به‌ترتیب برابر با ۰/۰۱۶، ۰/۰۲۰ و ۰/۰۲۵ است که نشان از افزایش تخریب‌ها با گذشت زمان دارد.



شکل ۳- نقشه کیفیت زیستگاه و تغییرات ان در طول زمان
Figure 3. Habitat quality map and its changes over time

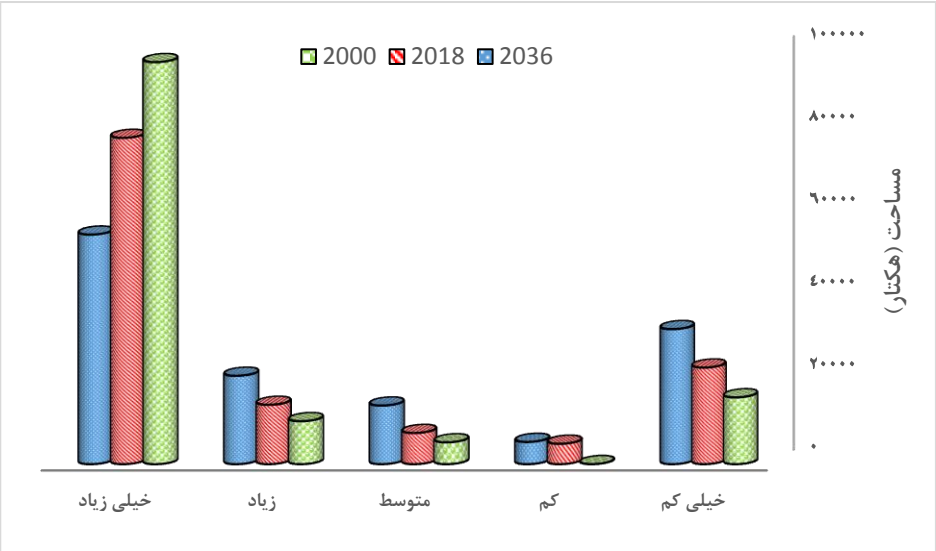
[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.5.4]



شکل ۴- نقشه تخریب سرزمین و تغییرات آن در طول زمان
Figure 4. Land degradation map and its changes over time

به‌منظور ارزیابی کمی تغییرات در طول زمان، بازه صفر تا ۱ مربوط به کیفیت زیستگاه به پنج طبقه مساوی تقسیم شد. به شکلی که بازه صفر تا ۰/۲ به‌عنوان کیفیت خیلی پایین، ۰/۲ تا ۰/۴ کیفیت پایین، ۰/۴ تا ۰/۶ کیفیت متوسط، ۰/۶ تا ۰/۸ کیفیت خوب و ۰/۸ تا ۱ کیفیت خیلی خوب زیستگاه در نظر گرفته شد. با استخراج مساحت‌های مربوطه، تغییرات مساحتی در طول زمان برای هر بازه مورد ارزیابی قرار گرفت. شکل ۳ نمودار تغییرات مساحتی بازه‌های کیفیت زیستگاه را برای سال‌های بررسی شده نشان می‌دهد. همانگونه که شکل ۳ نشان می‌دهد با وجود تخریب‌ها و تغییر کاربری‌های اراضی طبیعی، در هر سه سال مورد بررسی کلاس کیفیت خیلی بالا بیشترین مساحت را دارا می‌باشد، در حالی‌که در هر سه سال، کیفیت کم دارای کمترین مساحت می‌باشد. اما نکته حائز اهمیت روند تغییرات این کلاس‌ها می‌باشد به‌گونه‌ای که مساحت کلاس کیفی خیلی زیاد دارای روندی کاهشی ولی بقیه کلاس‌ها دارای روندی افزایشی هستند. از این‌رو با ادامه تخریب‌ها انتظار بر این است که در آینده نه چندان دور کلاس‌های با کیفیت پایین‌تر جای کلاس کیفیت خیلی زیاد را از نظر مساحتی بگیرند.

همچنین جدول ۲ درصد مساحت و درصد تغییرات کلاس‌های کیفیت زیستگاه را در طول زمان نشان می‌دهد. بر اساس این جدول، در هر دو دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ و ۲۰۱۸ تا ۲۰۳۶، بیشترین درصد تغییرات مربوط به کلاس کیفی خیلی زیاد می‌باشد به‌طوری که در فاصله سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸، ۱۴/۲۰ درصد از مساحت این کلاس کاهش پیدا کرده و به کلاس‌های با کیفیت پایین‌تر تبدیل شده است. در حالی‌که این کلاس در دوره ۲۰۱۸ تا ۲۰۳۶ با شدت بیشتری کاهش پیدا کرده و ۱۸/۱۳ درصد از مساحت خود را از دست داده است. این در حالی است که همه کلاس‌های کیفی خیلی‌کم، کم، زیاد و خیلی‌زیاد در هر دوره مورد بررسی افزایش داشته‌اند.



شکل ۵- تغییرات مساحتی کلاس‌های کیفیت زیستگاه در طول زمان
Figure 5. Area changes in habitat quality classes over time

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.5.4]

جدول ۲- درصد مساحت و درصد تغییرات کلاس‌های کیفیت زیستگاه در طول زمان

Table 2. Percentage of area and percentage changes of habitat quality classes over time

کلاس کیفیت	مساحت (درصد)			درصد تغییر مساحت در کل محدوده	
	۲۰۰۰	۲۰۱۸	۲۰۳۶	۲۰۱۸-۲۰۰۰	۲۰۳۶-۲۰۱۸
خیلی کم	۱۲/۵۲	۱۸/۱۰	۲۵/۳۰	۵/۵۸	۷/۲۰
کم	۰/۰۱	۳/۸۲	۴/۱۶	۳/۸۱	۰/۳۴
متوسط	۴/۰۸	۵/۸۳	۱۰/۹۷	۱/۷۵	۵/۱۴
زیاد	۸/۰۴	۱۱/۱۱	۱۶/۵۵	۳/۰۷	۵/۴۴
خیلی زیاد	۷۵/۳۵	۶۱/۱۵	۴۳/۰۲	-۱۴/۲۰	-۱۸/۱۳
	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-	-

در مجموع، نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهنده تاثیرپذیری بالای کیفیت زیستگاه از تغییرات کاربری اراضی در قالب تغییر از کاربری‌های طبیعی به کاربری‌های انسانی است. همانگونه که نتایج نشان داد با افزایش دخالت انسان در طبیعت، به‌منظور تامین رفاه و غذای جمعیت در حال افزایش، به تدریج عرصه‌های طبیعی جای خود را به کاربری‌هایی مثل اراضی دیم و آبی داده است که نتیجه آن تخریب سرزمین و کاهش شدید کیفیت زیستگاه‌های گیاهی و جانوری می‌باشد. ادامه روند فعلی می‌تواند در آینده‌ای نزدیک زمینه را برای نابودی گونه‌های گیاهی و جانوری بومی جنگل‌های هیرکانی فراهم سازد. بنابراین لازم است با مدیریتی اصولی و جامع، اقدام به حفاظت و احیای عرصه‌های طبیعی به‌ویژه مناطق جنگلی گردد تا بدین‌وسیله زمینه بهبود و ارتقای وضعیت این مناطق و همچنین حفاظت از گونه‌هایی که به‌طور بومی از این عرصه‌ها به‌عنوان زیستگاه استفاده می‌کنند، فراهم شود. نکته حائز اهمیت این است که با توجه به اینکه چهار عامل اثر نسبی هر تهدید، فاصله بین زیستگاه و منبع تهدید، سطح قانونی، نهادی، اجتماعی و فیزیکی حفاظت در برابر تهدید و حساسیت نسبی هر نوع زیستگاه به هر تهدید مهم‌ترین داده‌های ورودی موثر بر خروجی مدل می‌باشند باید در تهیه و وارد نمودن این داده‌ها دقت بالایی به‌کار گرفته شود زیرا هر گونه تغییر در این داده‌ها می‌تواند بر خروجی‌های مدل اثر گذاشته و نتایج را با خطا مواجه سازد. نتایج این پژوهش با نتایج برتا آنسیی و همکاران (۲۶)، که نشان دادند کیفیت زیستگاه‌ها در حوزه آبخیز Omo-Gibe در سومالی طی ۳۰ سال اخیر به‌دلیل تبدیل کاربری جنگلی به اراضی کشاورزی به‌شدت کاهش یافته است در تطابق کامل است. همچنین نتایج این تحقیق با نتایج زرندیان و همکاران (۱۳) و پناهی و همکاران (۱۴)، که ضمن اجرای مدل سناریوساز InVEST، پیش‌بینی کردند تغییرات کاربری اراضی با ادامه روند فعلی، منجر به کاهش شدید کیفیت زیستگاه در آینده خواهد شد مطابقت دارد. نتایج این تحقیق می‌تواند چارچوب مفیدی برای درک بهتر رابطه بین کاربری اراضی و کیفیت زیستگاه فراهم کرده و در تعیین اولویت‌های اقدامات مداخله‌ای و انتخاب رویکردهای مدیریتی مناسب از جمله حفاظت، بهره‌برداری، احیا و ... راهگشا باشد.

پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی، تاثیر تغییر کاربری اراضی بر دیگر خدمات اکوسیستمی مثل آب، رسوب، ترسیب کربن و ... مورد بررسی قرار گیرد. همچنین برای شرایط آینده بهتر است علاوه بر پیش‌بینی کاربری اراضی، با استفاده از سناریوهای اقلیمی، شرایط آب و هوایی آینده نیز پیش‌بینی شود و تاثیر توامان این تغییرات بر خدمات اکوسیستمی مورد سنجش قرار گیرد.

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.5.4]

منابع

1. Pourasghar Sangachin, F. 2010. Analytical comparison of economic tools for environmental protection and suggestions for their implementation in the country's development plans. Environment and Development Journal, 1(1): 73-90 (In Persian).
2. Wei, W., L. Chen, B. Fu, Z. Huang, D. Wu and L. Gui. 2007. The effect of land uses and rainfall regimes on runoff and soil erosion in the semi-arid loess hilly area, China. Journal of Hydrology, 335: 247-258.
3. Nouri Najafi, F., H. Veisi and R. Mirzaee Talarposhti. 2018. Changes in land use and ecosystem services at Sahand Dam using remote sensing technique. Environmental Sciences, 16(1): 207-224 (In Persian).
4. Song, W. and X. Deng. 2017. Land-use/land-cover change and ecosystem service provision in China. Science of the Total Environment, 576: 705–719.
5. Lang, Y., W. Song and Y. Zhang. 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.
6. Legesse, D., C. Vallet-Coulomb and F. Gasse. 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.
7. Wardrop, D. H., A. K. Glasmeier, J. Peterson-Smith, H. Ingram, D. Eckles and R. P. Brooks. 2011. Wetland ecosystem services and coupled socioeconomic benefits through conservation practices in the Appalachian Region. Ecological Applications, 21(1): 93-115.
8. Asadolahi, Z., A.R. Salmanmahiny. 2017. Assessing the impact of land use change on ecosystem services supply (carbon storage and sequestration). Environmental Researches, 8(15): 203-214 (In Persian).
9. Bahrami, A., I. Emadodin, M.R. Atashi and H.R. Bork. 2010. Land-use change and soil degradation: A case study, North of Iran. Agriculture and Biology Journal of North America, 1(4): 600-605.
10. Ghaffari, G., S. Keesstra, J. Ghodousi and H. Ahmadi. 2010. SWAT-simulated hydrological impact of land-use change in the Zanjanrood Basin, Northwest Iran. Hydrological Processes, 24(7): 892–903.
11. Madani, K. 2014. Water management in Iran: what is causing the looming crisis? Journal of Environmental Studies and Sciences, 4: 315–328.
12. Wagener, T., M. Sivapalan, P. Troch, B. McGlynn, C. Harman, H. Gupta, P. Kumar, P.S. Rao, N. Basu and J. Wilson. 2010. The future of hydrology: An evolving science for a changing world. Water Resources Research, 46(5): 11155-11162.
13. Zarandian, A., A.R. Yavari, H.R. Jafari and H. Amirnejad. 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).
14. Panahi, M., A. Zarandian, A. Daneshi and A. Tolouei. 2016. Assessment and mapping of selected ecosystem services in four pilot landscapes of the Hyrcanian forests. Caspian Hyrcanian Forests Project, 134 pp.
15. Sherrouse, B.C. and D.J. Semmens. 2010. Social Values for Ecosystem Services (SolVES)? Using GIS to include social values information in ecosystem services assessments U.S. Geological Survey Fact Sheet, 2: 2010-3118.
16. Sharp, R., H.T. Tallis, T. Ricketts, A.D. Guerry, S.A. Wood, R. Chaplin-Kramer, E. Nelson, D. Ennaanay, S. Wolny, N. Olwero, K. Vigerstol, D. Pennington, G. Mendoza, J. Aukema, J. Foster, J. Forrest, D. Cameron, K. Arkema, E. Lonsdorf, C. Kennedy, G. Verutes, C.K. Kim, G. Guannel, M. Papenfus, J. Toft, M. Marsik, J. Bernhardt, R. Grif- fin, K. Glowinski, N. Chaumont, A. Perelman, M. Lacayo, L. Mandle, P. Hamel and A.L. Vogl. 2018. InVEST User's Guide. The Natural Capital Project, Stanford, 307 pp.
17. Tallis, H., H. Mooney, S. Andelman, P. Balvanera, W. Cramer, D. Karp, S. Polasky, B. Reyers, T. Ricketts, S. Running and K. Thonicke. 2012. A global system for monitoring ecosystem service change. Bioscience, 62: 977-986.
18. Vigerstol, K.L. and J.E. Aukema. 2011. A comparison of tools for modeling freshwater ecosystem services. Journal of Environmental Management, 92: 2403-2409.
19. Esmail, B.A. and D. Geneletti. 2017. Design and impact assessment of watershed investments: an approach based on ecosystem services and boundary work. Environmental Impact Assessment Review, 62: 1-13.
20. Nelson, E., G. Mendoza, J. Regetz, S. Polasky, H. Tallis, D. Richard, K.M. Chan, G.C. Daily, J. Goldstein, P.M. Kareiva, E. Lonsdorf, R. Naidoo, T.H. Ricketts and MR. Shaw. 2009. Modeling ecosystems services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. Frontiers in Ecology and the Environment, 7(1): 4-11.
21. Barano, T., E. McKenzie, N. Bhagabati, M. Conte, D. Ennaanay, O. Hadian, N. Olwero, H. Tallis, S. Wolny and G. Ng. 2010. Integrating ecosystem services into spatial planning in sumatra, indonesia.

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.5.4]

22. Dai, L., S. Li, B.J. Lewis, J. Wu, D. Yu, W. Zhou, L. Zhou and S. Wu. 2019. The influence of land use change on the spatial–temporal variability of habitat quality between 1990 and 2010 in Northeast China. Journal of Forestry Research, 30(6): 2227-2236.
23. Swetnam, R., B. Fisher, B. Mbilinyi, P. Munishi, S. Willcock, T. Ricketts, S. Mwakalila, A. Balmford, N.D. Burgess, A.R. Marshall and S.L. Lewis. 2011. Mapping Socio-economic scenarios of land Cover Change: A GIS method to enable ecosystem service modelling. Journal of Environmental Management, 92: 563-74.
24. Goldsteina, J.H., G. Caldaroneb, T.K. Duarteb, D. Ennaanay, N. Hannahs, G. Mendoza, S. Polasky, S. Wolny and G.C. Daily. 2012. Integrating ecosystem-service tradeoffs into land-use decisions. Sustainability Science, 1109(19): 7565-7570.
25. Berta Aneseyee, A., T. Noszczyk, T. Soromessa and E. Elias. 2020. The InVEST Habitat Quality model associated with land use/cover changes: a qualitative case study of the winike watershed in the Omo-Gibe Basin, Southwest Ethiopia. Remote Sensing, 12: 1103.
26. Xu, L., S.S. Chen, Y. Xu, G. Li and W. Su. 2019. Impacts of land-use change on habitat quality during 1985–2015 in the Taihu Lake Basin. Sustainability, 11: 3513.
27. Martinez-Harms, M.J., B.A. Bryan, P. Balvanera, E.A. Law, J.R. Rhodes, H.P. Possingham and K.A. Wilson. 2015. Making decisions for managing ecosystem services. Biological Conservation, 184: 229-238.
28. Bai, Y., T.O. Ochuodhoa and J. Yang. 2019. Impact of land use and climate change on water-related ecosystem services in Kentucky, USA. Ecological Indicators, 102: 51-64.
29. Zarandian, A., H. Baral, N.E. Stork, M.A. Ling, A.R. Yavari, H.R. Jafari and H. Amirnejad. 2017. Land Use Policy modeling of ecosystem services informs spatial planning in lands adjacent to the Sarvelat and Javaherdasht protected area in northern Iran. Land Use Policy, 61: 487-500.
30. Fadaei, E., M.S. Mir Mehrdad and M.J. Amiri. 2020. Modeling of Ecosystem Services based on Land Cover Change and Land Use Using InVEST Software in Jahannama Conservation Area (Case: Carbon Sequestration Ecosystem Service). Town & Country Planning, 12(1): 153-173 (In Persian).
31. Bahrami BalfehTeimouri, A. and A. Bagherzadeh. 2018. Stability Control of Narmab Dam and Sensitivity Analysis of Reliability Coefficients. International Journal of Civil Engineering, 4: 2197-2209.
32. Daneshi, A., M. Vafakhah and M. Panahi. 2016. Efficiency comparison of support vector machine and maximum likelihood algorithms for monitoring land use change (A case study: Siminehroud watershed). Iranian Remote Sensing& GIS, 8(2): 73-86 (In Persian).
33. Sahle, M., O. Saito, C. Fürst and K. Yeshitela. 2019. Quantifying and mapping of water-related ecosystem services for enhancing the security of the food-water-energy nexus in tropical data–sparse catchment. Science of the Total Environment, 646: 573-586.
34. Al-Ahmadi, F.S. and A.S. Hames. 2009. Comparison of Four Classification Methods to Extract Land Use and Land Cover from Raw Satellite Images for Some Remote Arid Areas, Kingdom of Saudi Arabia. Earth Science, 20: 167-191.
35. Sun, J., J. Yang, C. Zhang, W. Yun and J. Qu. 2013. Automatic remotely sensed image classification in a grid environment based on the maximum likelihood method. Mathematical and Computer Modelling, 58: 573-581.
36. Ahmad, A. and S. Quegan. 2012. Analysis of maximum likelihood classification on multispectral data. Applied Mathematical Sciences, 6: 6425-6436.
37. Kantakumar, L.N. and P. Neelamsetti. 2015. Multi-temporal land use classification using hybrid approach. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, 18: 289-295.
38. Zhang, X., F. Zhang, Y. Qi, L. Deng, X. Wang and S. Yang. 2019. New research methods for vegetation information extraction based on visible light remote sensing images from an unmanned aerial vehicle (UAV). International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 78: 215–226.
39. Deng, Z., X. Zhu, Q. He and L. Tang. 2019. Land use/land cover classification using time series Landsat 8 images in a heavily urbanized area. Advances in Space Research, 63: 2144-2154.
40. Saaty, T.L. 1977. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. Journal of Mathematical Psychology, 15: 234-281.

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.5.4]

Projecting Land Use Change Effects on Habitat Quality of Narmab Dam Basin in Golestan Province

Alireza Daneshi[1], Ali Najafinejad[2], Mostafa Panahi[3] and Ardavan Zarandian[4]

1- PhD Candidate in Watershed Management Sciences and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences& Natural Resources
2- Associate Professor in Watershed Management Sciences and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences& Natural Resources (Corresponding author: najafinejad@gau.ac.ir)
3- Associate Professor in Graduate School of the Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University
4- Assistant Professor in Research Center for Environment and Sustainable Development
Received: November 1, 2020 Accepted: December 20, 2020

Abstract

Extensive changes in land use over the past few decades have posed a major challenge to the ability of ecosystems to provide services. Therefore, a better understanding of the impact of these changes on the ecosystem services is essential. For this purpose, in the present study, while extracting the land use map for the past and present, the land use map for the future was predicted and extracted using the Scenario Generator tool of InVEST software. Then, the effects of land use change on ecosystem services related to habitat quality in Normab Dam Basin of Golestan province were evaluated using the Habitat Quality tool of InVEST software. The results showed that due to severe changes in land use and conversion of natural lands, especially forest lands into agricultural and residential lands, the quality of habitats has decreased from 2000 to 2018 and land degradation has increased by the same amount. The forecast for 2036 also confirmed that if the current trend continues, the decline in habitat quality will be more severe and land degradation will increase. Based on the results, the average habitat quality for the years 2000, 2018, and 2036 is 0.8, 0.71, and 0.59, respectively, which indicates a sharp decline in habitat quality. Also, the average land degradation for the years 2000, 2018, and 2036 is 0.016, 0.020, and 0.025, respectively, which indicates an increase in degradation over time.

Keywords: Land Degradation, Land Use Scenario, InVEST, Satellite Images

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1399.1.1.5.4]