نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال یازدهم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳

صفحات ۹۷ - ۱۱۱

سنجش تغییرات زمانی- مکانی کاربری اراضی و کیفیت زیستگاه‌های حوضه آبخیز تجن با استفاده از داده‌های سنجش از دور

محمد رحمانی؛ استادیار دانشگاه مازندران، مازندران، بابلسر، دانشکده علوم دریایی و محیطی دانشگاه مازندران

m.rahmani@umz.ac.ir

فرهان احمدی میرقائد؛ دانشگاه مازندران، مازندران، بابلسر، دانشکده علوم دریایی و محیطی دانشگاه مازندران

ساره ملاآقاجانزاده؛ دانشگاه مازندران، مازندران، بابلسر، دانشکده علوم دریایی و محیطی دانشگاه مازندران

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۲/۲۲ پذیرش نهایی:۱۴۰۳/۰۳/۳۰

چکیده

این مطالعه با هدف ارزیابی کیفیت زیستگاه‌های آبخیز تجن در شمال ایران بر مبنای تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۴۳۱-۱۳۷۱ و بررسی ارتباط آن با سنجه‌های تعداد لکه (NP)، تراکم لکه (PD)، تراکم لبه (ED)، بزرگترین لکه (LPI)، شکل لکه (LSI) و جداشدگی (SPLIT) انجام پذیرفت. تصاویر لندست ۸ و ۴ برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۷۱، ۱۴۰۱ و ۱۴۳۱ با استفاده از روش‌های حداکثر احتمال، ترکیب متقاطع و CA-Markov در نرم‌افزارهای انوی و ترست پردازش شد. کیفیت زیستگاه‌های حوضه نیز با استفاده از اینوست در سه سناریو بر مبنای نقشه‌های کاربری اراضی ارزیابی و رابطه آن با تغییرات کاربری اراضی و سنجه‌های موردنظر بر اساس رگرسیون حداقل مربعات و آزمون همبستگی اسپیرمن تحلیل شد. نتایج نشان داد در بازه زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۴۳۱، اراضی جنگلی و کشاورزی به ترتیب بیشترین تغییرات کاهشی (۸۲۴۶۰- هکتار) و افزایشی (۷۶۳۹۲ هکتار) را داشتند. زیستگاه-های بخش مرکزی حوضه از کیفیت بالاتری نسبت به پهنه‌های شمالی و جنوبی برخوردار بودند. رابطه کیفیت زیستگاه‌ها با تغییرات کاربری اراضی معنادار و معکوس (R<-0.85, P-value <0.01>-۰,۹۵)، با سنجه‌های NP، PD، ED و LSI غیرمستقیم و معنادار (R<-0.35, P-value <0.05>-۰,۴۶) و با سنجه‌های LPI و SPLIT ضعیف مشاهده گردید. این مطالعه نشان داد که کیفیت زیستگاه‌ها حوضه مطالعاتی تحت تأثیر تغییرات کاربری اراضی و ویژگی‌های لکه‌های سیمای سرزمین طی ۳۰ سال گذشته کاهش یافته و احتمالاً همین روند تا ۳۰ سال آینده نیز ادامه می‌یابد. نتایج این مطالعه می‌تواند به عنوان مبنای تصمیم‌گیری در راستای توسعه کاربری‌ها در منطقه و حفاظت محیط‌زیست آن قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: کیفیت زیستگاه، کاربری اراضی، لندست، اینوست، سنجش از دور

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.1.6.6]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.1.2]

مقدمه

کیفیت زیستگاه‌ها یکی از مهمترین ویژگی‌های اکوسیستم‌های طبیعی است که قابلیت و پتانسیل زیست‌پذیری آنها را برای توزیع و حفاظت جمعیت‌ها و گونه‌های جانوری و گیاهی مشخص می‌سازد. در واقع، کیفیت زیستگاه به توانایی یک بوم‌سازگان برای تأمین منابع و شرایط لازم برای تمامی گونه‌ها یا جمعیت‌های ویژه آن اطلاق می‌شود (Sharp et al, 2016). عوامل بسیاری در افزایش کیفیت زیستگاه‌ها نقش دارند که از جمله آنها می‌توان به وجود پوشش گیاهی مناسب، توپوگرافی، منابع آبی قابل دسترس و نوع کاربری اشاره کرد. با این وجود، حساسیت زیستگاهها و وجود انواع تهدیدات طبیعی و انسانی نیز نقش مهمی در تعیین کیفیت زیستگاه‌ها دارند (MA, 2005). توسعه بی‌رویه و تشدید فعالیت‌های انسانی منشأ انواع تهدیدات در سرزمین‌ها و اکوسیستم‌های مختلف در سراسر جهان بویژه ایران به شمار می‌روند و تحت تأثیر آنها تکه‌تکه‌شدگی زیستگاه‌ها و گسستگی ارتباطات اکولوژیک اتفاق می‌افتد که در پی آن تخریب زیستگاه‌ها و کاهش تنوع زیستی ایجاد می‌شود (Heinrichs et al., 2016; Sallustio et al., 2017). تکه‌تکه‌شدن زیستگاه‌ها فرآیند از هم‌گسیختگی، خردشدگی، جدا شدن و تبدیل یک کاربری یا یک زیستگاه خاص به لکه‌های کوچکتر تعریف می‌شود بطوریکه ارتباطات و برهکمنشی اکولوژیک بین لکه‌ها کاهش یافته و یا اینکه کاملاً از بین برود. تکه‌تکه‌شدن و خردشدگی زیستگاه‌ها ممکن است توسط عوامل طبیعی نظیر فرآیندهای زمین‌شناختی یا فعالیت‌های انسانی بویژه تبدیل و تغییرات کاربری به وجود بیاید (McGarigal et al, 2002). زیستگاه‌ها نسبت به اثرات مخرب فعالیت‌های انسانی بویژه تغییرات کاربری اراضی حساسیت ویژه ای نشان می‌دهند بطوریکه هرچه شدت فعالیت‌های انسانی بیشتر باشند، تهدیدات زیستگاه‌ها افزایش خواهد یافت که منجر به کاهش کیفیت اکوسیستم‌ها و تضعیف تنوع زیستی می‌شود. در صورتیکه میزان فعالیت‌های انسانی در یک منطقه کمتر باشد و یا اثرات آن محدود باشد، کیفیت زیستگاه‌ها مطلوبتر و سطح تنوع زیستی افزایش خواهد یافت (Borges et al, 2017; Zhang and Fang, 2021).

در طبقه‌بندی خدمات اکوسیستمی توسط ارزیابی اکوسیستم هزاره[1]، کیفیت زیستگاه‌ها به عنوان یک خدمت حمایتی و پشتیبان معرفی شده است. در این طبقه‌بندی خدمات اکوسیستمی در چهار گروه تولیدی، تنظیمی، حمایتی و فرهنگی گروه‌بندی شده‌اند. خدمات حمایتی به آن دسته از خدمات اکوسیستمی گفته می‌شوند که در افزایش کیفیت اکوسیستم‌ها نقش دارند بطوریکه فراهم‌سازی سایر خدمات اکوسیستمی نیز به شرایط آنها وابسته است (De Groot et al, 2002; MA, 2005; TEEB, 2010). مطالعات متعددی در زمینه ارزیابی خدمات اکوسیستمی بویژه کیفیت زیستگاه‌ها در سطح جهان انجام شده است. همچنین، برهکمنشی و ارتباطات متقابل خدمات اکوسیستمی مختلف و اثرات تغییرات کاربری بر شرایط و وضعیت آنها نیز مورد توجه قرار گرفته است. نعمت‌الهی و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از مدل اینوست کیفیت زیستگاه گونه‌های پلنگ، خرس قهوه‌ای و قوچ و میش اصفهان را در استان چهار محال و بختیاری ارزیابی و راهکارهایی در راستای کاهش آسیب‌پذیری مناطق حفاظت‌شده در ارتباط با اثرات بوم‌شناختی شبکه جاده‌ای ارائه دادند. وی و همکاران (Wei et al, 2022a) اثرات توسعه شهری بر کیفیت زیستگاه‌های حوضه آبخیز رودخانه زرد در چین با استفاده از مدل کیفیت زیستگاه اینوست[2] ارزیابی و تأکید کردند که توسعه شهری بر کاهش کیفیت زیستگاه‌ها و کریدورهای اکولوژیک نقش بسزایی دارد. وی و همکاران (Wei et al, 2022b) تغییرات زمانی – مکانی کیفیت

[1] . Millennium Ecosystem Services
[2] . Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.1.6.6]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.1.2]

زیستگاه‌های حوضه دریاچه ابینار در چین را با مدل اینوست و بر اساس سناریوهای توسعه و حفاظت اکولوژیک مورد ارزیابی قرار دادند. لی و همکاران (Lei et al, 2022) تغییرات زمانی – مکانی کیفیت زیستگاه‌ها در جزیره هاینان چین را بر مبنای تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۲۰ با استفاده از مدل‌های CA-Markov و اینوست انجام دادند. آنها دریافتند که کیفیت زیستگاه‌ها در درون پارک‌های ملی جزیره هاینان چین در مقایسه با دیگر پهنه‌های منطقه مطالعاتی در بازه زمانی مورد نظر مطلوب و پایدار است که اهمیت پارک‌های ملی را برای حفاظت محیط‌زیست نشان می‌دهد. میرقائد و سوری (Mirghaed and Souri, 2022) کیفیت زیستگاه‌های حوضه آبخیز رودخانه شور در استان خوزستان بر مبنای مدل کیفیت زیستگاه در اینوست مدل‌سازی کردند و نتایج آن نشان داد که زیستگاه‌های شمالی و شرقی حوضه به دلیل داشتن پوشش گیاهی مناسب و تنوع توپوگرافی نسبت به دیگر پهنه‌ها از کیفیت بالاتری برخوردارند. نتایج مطالعه تأیید کرد که جنگل‌ها نقش بسیار مهمی در افزایش کیفیت زیستگاه‌های طبیعی دارند. در حالیکه، افزایش ساخت و سازها و فعالیت‌های انسانی منجر به کاهش کیفیت زیستگاه‌های طبیعی می‌شود. وو و همکاران (Wu et al, 2021) تغییرات مکانی-زمانی کیفیت زیستگاه را با استفاده از مدل اینوست در منطقه خلیج بزرگ گوانگدونگ- هنگ کنگ- ماکائو نیز مورد مطالعه قرار دادند. آنها اذعان داشتند که اکوسیستم‌های جنگلی منطقه مطالعاتی دارای بالاترین ارزش کیفیت زیستگاه هستند و با افزایش ارتفاع کیفیت زیستگاه‌های منطقه موردنظر افزایش می‌یابد.

تبدیل و تغییرات کاربری اراضی در دهه‌های اخیر یک از مهمترین معضلات محیط‌زیستی در ایران بوده که تحت تأثیر آنها کیفیت زیستگاه‌های طبیعی در مناطق مختلف کشور کاهش یافته است. به همین دلیل، شناسایی و ارزیابی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت زیستگاه‌های مختلف در ایران اهمیت حیاتی دارد، چرا که بر اساس نتایج آن می‌توان اقدامات مناسب در راستای اثرات و پیامدهای منفی محیط‌زیستی به منظور حفاظت از زیستگاه‌ها انجام داد. در این مطالعه، ارزیابی اثرات کاربری اراضی در یک بازه زمانی ۶۰ ساله بر کیفیت زیستگاه‌های حوضه آبخیز تجن به عنوان یکی از حوضه‌های مهم در شمال کشور با توجه به اهداف زیر مدنظر قرار گرفت: ۱) ارزیابی تغییرات زمانی – مکانی کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۴۳۱ در منطقه مطالعاتی، ۲) مدل‌سازی کیفیت زیستگاه‌های منطقه مطالعاتی با استفاده از مدل کیفیت زیستگاه اینوست و پیش‌بینی تغییرات آن بر مبنای تغییرات کاربری اراضی در افق زمانی ۱۴۳۱ و ۳) ارزیابی ارتباط بین کیفیت زیستگاه‌ها با تغییرات کاربری اراضی و سنجه‌های سیمای سرزمین.

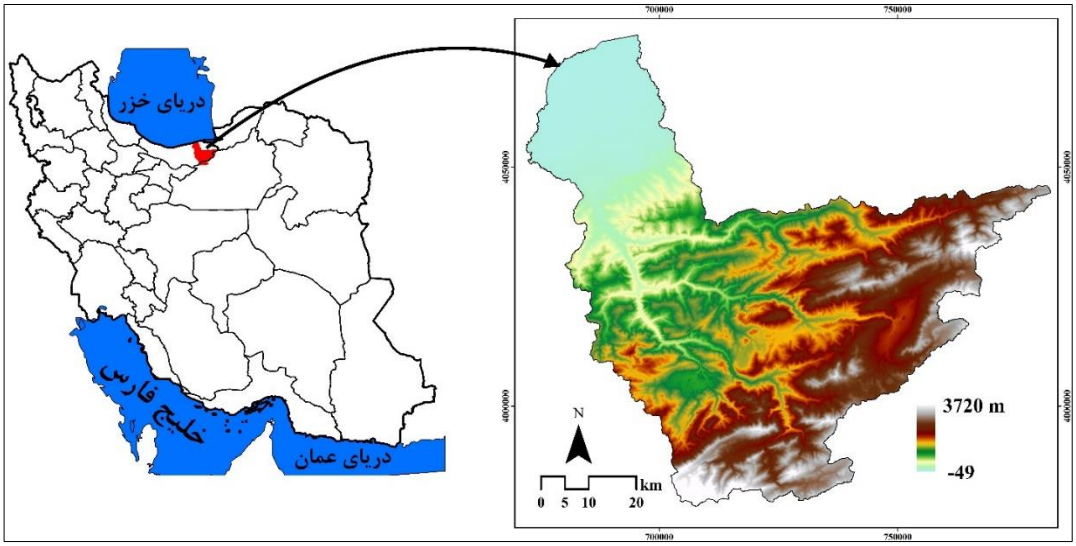
مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

حوضه آبخیز رودخانه تجن با مساحتی حدود ۴۷۲ هزار هکتار به عنوان یکی از مهمترین حوضه‌های آبخیز شمال کشور، در استان مازندران واقع شده است (شکل ۱). میانگین ارتفاعی حوضه از سطح دریا حدود ۱۱۷۹ متر و میانگین دمای سالیانه آن ۲۵ درجه سانتیگراد می‌باشد. از نظر ژئومرفولوژی، حوضه دارای دو رخنمون غالب کوهستانی و دشتی است. بیش از ۶۰ درصد منطقه از مناطق کوهستانی، حدود ۲۵ درصد آن از اراضی جلگه‌ای و دشت‌های ساحلی و کمتر از ۵ درصد از تراس‌های رودخانه‌ای، اراضی کوهپایه‌ای و تپه ماهوری تشکیل شده است. جنگل‌ها و مراتع عمده مساحت منطقه بخصوص بخش‌های کوهستانی را در برگرفته‌اند در حالیکه بخش‌های هموار در شمال منطقه شامل کشاورزی و ساخته شده‌ها هستند. رودخانه‌های موجود در منطقه از ارتفاعات جنوبی منطقه سرچشمه می‌گیرند و پس از عبور از

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.1.6.6]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.1.2]

مناطق کوهستانی و دشت‌های ساحلی منطقه به دریای خزر منتهی می‌شوند. شهر ساری مهمترین مرکز جمعیتی حوضه است که جمعیتی بالغ بر ۵۰۰ هزار نفر را در خود جای داده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز تجن

تهیه داده‌ها

در این مطالعه تصاویر لندست‌های ۸ و ۴ (مجموعه داده ۲ لندست) برای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفتند. قابل ذکر است که ناسا[3] تصاویر لندست را در ۲ مجموعه داده[4] ارائه داده است و با توجه به نوع تصحیحات، هر مجموعه نیز در ۲ سطح پردازشی آماده‌سازی شده‌اند. تصاویر با سطح پردازشی ۱ بصورت ارزش رقومی[5] عرضه می شوند و برای استفاده نیاز به تصحیحات رادیومتری و اتمسفری دارند در حالیکه تصاویر با سطح پردازشی ۲ از نظر تصحیحات هندسی، رادیومتریک و اتمسفری پردازش شده‌اند و به صورت بازتاب سطحی[6] ارائه می‌شوند (USGS, 2020). تصاویر چند طیفی سنجنده‌های OLI[7] و TM[8] به شماره گذر ۱۶۵ و ردیف ۳۵ از سایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده امریکا[9] (www.earthexplorer.usgs.gov) دانلود و مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین برای تکمیل اطلاعات از تصاویر سامانه گوگل ارث و پایگاه‌های اطلاعاتی موجود نیز استفاده شد.

تغییرات کاربری اراضی

سنجش تغییرات کاربری اراضی در منطقه مطالعاتی برای یک بازه زمانی ۳۰ ساله (۱۳۷۱-۱۴۰۱) و پیش‌بینی آن برای افق زمانی ۱۴۳۱ در سه گام انجام گردید. در گام نخست، با تهیه تصاویر چند طیفی لندست ۸ و ۴ مرتبط با منطقه مطالعاتی، تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری در محیط ENVI 5.6 بر روی آنها انجام شد. در گام دوم، طبقه‌بندی

[3] . National Aeronautics and Space Administration (NASA)
[4] . Landsat collection 1 & 2
[5] . Digital Number
[6] . Surface Reflectance
[7] . Optical Land Imager
[8] . Thematic Mapper
[9] . United States Geological Survey (USGS)

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.1.6.6]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.1.2]

تصاویر با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده حداکثر احتمال[10] صورت پذیرفت. در این رابطه نمونه‌های آموزشی متناسب با شرایط و کاربری‌های حاکم بر منطقه بر مبنای تصاویر گوگل ارث، منابع اطلاعاتی موجود و بازدیدهای میدانی جمع‌آوری و میزان تفکیک‌پذیری آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین، صحت‌سنجی نقشه‌های تولید شده با استفاده از روش‌های بصری و ماتریس خطا انجام شد. در این رابطه، پارامترهای دقت تولیدکننده، دقت کاربر، صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه شدند. در گام سوم، تغییرات کاربری اراضی در ۳۰ سال گذشته بر مبنای ترکیب متقاطع[11] و پیش‌بینی آن برای افق زمانی ۱۴۳۱ با استفاده از روش CA-Markov در محیط نرم‌افزار TerrSet صورت پذیرفت (Eastman, 2012).

کیفیت زیستگاهها

در این پژوهش کیفیت زیستگاه‌های منطقه مطالعاتی بر اساس مدل کیفیت زیستگاه اینوست مدل‌سازی گردید. در این مدل علاوه بر ویژگی‌های کاربری و پوشش اراضی، منابع تهدیدکننده، حساسیت زیستگاه‌ها و اثر تهدیدها بر روی آنها در نظر گرفته می‌شود. در این باره چهار عامل تهدیدکننده زیستگاه‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد. اولین عامل، تأثیر نسبی تهدید است که به آن یک مقدار وزنی صفر (عدم تأثیر) تا ۱ (حداکثر اثر) اختصاص می‌یابد. عامل دوم فاصله بین زیستگاه‌ها تا منبع تهدید است که بسته به تغییرپذیری آن در فضا بصورت خطی یا نمایی تعریف می‌شود (رابطه‌های ۱ و ۲). با افزایش فاصله از منبع تهدیدکننده، اثر تهدید روی یک زیستگاه خاص کاهش می‌یابد. اقدامات حفاظتی در سطوح مختلف عامل سوم است که باعث کاهش اثرات محیط‌زیستی تهدیدات می‌شود. چهارمین عامل، حساسیت نسبی یک زیستگاه خاص نسبت به یک تهدید است.

$$i_{rxy} = 1 - \left(d_{xy}/d_{r\,max}\right) \quad (۱)$$

$$i_{rxy} = \exp\left(-(2.99/d_{r\,max})\, d_{xy}\right) \quad (۲)$$

رابطه ۱ و ۲ به ترتیب اثرگذاری خطی و نمایی یک تهدید را در فضا نشان می‌دهند. i_{rxy} اثر تهدید r در مکان y که بر یک زیستگاه در مکان x ایجاد می‌شود. d_{xy} فاصله بین مکان x و y و $d_{r\,max}$ حداکثر فاصله اثرگذاری تهدید را نشان می‌دهند. سطح کلی میزان تخریب مطابق با رابطه ۳ سنجیده می‌شود.

$$D_{xj} = \sum_{r=1}^{R} \sum_{y=1}^{Y_r} (w_r / \sum_{r=1}^{R} w_r)\, r_y i_{rxy} B_x S_{jr} \quad (۳)$$

که در آن D_{xj} سطح تخریب کلی در مکان x با کاربری j، w_r اهمیت تهدید r، r_y میزان سطح تهدید در مکان y، i_{rxy} اثر تهدید r در مکان y بر یک زیستگاه در مکان x، B_x سطح کلی دسترسی در مکان x، S_{jr} حساسیت کاربری j نسبت به تهدید r را مشخص می‌کنند. اگر ارزش S_{jr} برابر صفر باشد در نتیجه D_{xj} تابعی از تهدید r نخواهد بود. سطح تخریب-شدگی و ثابت نیم اشباع تعیین‌کننده کیفیت زیستگاه هستند. رابطه سطح تخریب با کیفیت زیستگاه معکوس است. رابطه ۴ نحوه برآورد کیفیت زیستگاه را نشان می‌دهد.

[10] . Maximum likelihood
[11] . Cross tabulation

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.1.6.6]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.1.2]

جدول ۱- منابع تهدید، ارزش زیستگاه‌ها و حساسیت نسبی کاربری‌ها

کاربری	ارزش زیستگاهی	منابع تهدید				
		کشاورزی	مناطق مسکونی	جاده اصلی	جاده فرعی	راه آهن
جنگل	۰/۹۸	۰/۸	۰/۷	۰/۷	۰/۶	۰/۵
مرتع	۰/۷	۰/۵	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۴
کشاورزی	۰/۴	۰	۰/۵	۰/۴	۰/۴	۰/۴
مناطق مسکونی	۰/۱	۰	۰	۰	۰	۰
مناطق آبی	۰/۸	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴
جاده و راه	۰	۰	۰	۰	۰	۰
حداکثر فاصله اثرگذاری تهدید (km)		۳	۳	۲	۱	۲
روند تغییرات تهدید در فضا		خطی	نمایی	خطی	خطی	خطی
وزن تهدید		۰/۷	۰/۹	۰/۸	۰/۷	۰/۸

$$Q_{xj} = H_j\left(1 - \left(D_{xj}^z / D_{xj}^z + k^z\right)\right) \quad (۴)$$

Q_{xj} بیانگر کیفیت زیستگاه در مکان x با کاربری j است. H_j ارزش مطلوبیت زیستگاهی کاربری j را نشان می‌دهد. D_{xj} سطح تخریب کلی در مکان x با کاربری j را بیان می‌کند. k بیانگر ثابت نیم اشباع است که توسط کاربر محاسبه می‌شود. z ثابتی برابر ۲/۵ است. از ضریب نیم اشباع برای کالیبراسیون مدل استفاده می‌شود. این پارامتر به طور پیش فرض ۰/۵ تنظیم شده است. برای تعیین ضریب نیم اشباع با یکبار اجرای مدل بیشترین مقدار ارزش تخریب را محاسبه و سپس نصف مقدار آن به‌عنوان ضریب نیم اشباع برای اجرای دوباره مدل در نظر گرفته می‌شود. در این مطالعه منابع تهدید و حساسیت نسبی زیستگاه‌ها مطابق با شرایط منطقه و بر اساس منابع علمی تعیین گردید که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است (Sharp et al, 2016; He et al, 2017; Mirghaed and Souri, 2021; Lei et al, 2022).

اثر تغییرات کاربری بر کیفیت زیستگاه‌ها

به منظور سنجش رابطه بین تغییرات کاربری اراضی و کیفیت زیستگاه دو رویکرد مد نظر قرار گرفت. در رویکرد اول، تغییرات کاربری اراضی و میانگین کیفیت زیستگاه‌ها در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۳۷۱ و ۱۴۳۰ – ۱۴۰۱ در هر زیرحوضه محاسبه و رابطه بین آنها بر اساس رگرسیون حداقل مربعات (OLS[۱۲]) در محیط Arc GIS 10.7 مورد سنجش قرار گرفت. قابل ذکر است که درصد تغییرات کاربری اراضی در هر زیرحوضه بر اساس رابطه ۵ محاسبه شد. همچنین، نقشه زیرحوضه‌ها بر مبنای مدل رقومی ارتفاعی منطقه و با استفاده از ابزار آرک هیدرو در محیط Arc GIS 10.7 بدست آمد. در رویکرد دوم، اثر تغییرات ویژگی‌های لکه‌های سیمای سرزمین بر کیفیت زیستگاه‌ها بر مبنای برخی از سنجه‌های سیمای سرزمین مدنظر قرار گرفت. برای این منظور، مهمترین سنجه‌های سیمای سرزمین (جدول ۲) بر مبنای نقشه کاربری اراضی منطقه برای سال ۱۴۰۱ با استفاده از نرم افزار Fragstats محاسبه و رابطه آنها با میانگین کیفیت زیستگاه‌ها با استفاده از آزمون همبستگی اسپیرمن[۱۳] ارزیابی گردید.

12 . Ordinary Least Square
13 . Spearman

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.1.6.6]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.1.2]

$$PLC_i = \frac{LC_i}{A_i} \times 100 \quad (۵)$$

که در آن، PLC_i درصد تغییرات کاربری اراضی در زیرحوضه i را نشان می‌دهد. LC_i و A_i نیز به ترتیب تغییرات کاربری و مساحت کل زیرحوضه i را بر حسب هکتار بیان می‌کنند.

جدول ۲- سنجه‌های سیمای سرزمین و توصیف آنها (McGarigal et al, 2002; Peng et al, 2016)

سنجه	توصیف
تعداد لکه (NP[۱۴])	بیانگر تعداد لکه‌ها در یک مکان مشخص است و رابطه مستقیم با خردشدگی زیستگاه‌ها دارد.
تراکم لکه (PD[۱۵])	نسبت تعداد لکه‌ها در یک مکان مشخص به نسبت کل مساحت آن را بر حسب تعداد با ازای ۱۰۰ هکتار بیان می کند. هر چه به یک نزدیکتر باشد بیانگر خردشدگی بیشتر زیستگاه‌ها است.
تراکم لبه (ED[۱۶])	نسبت طول لبه‌های لکه‌های موجود در یک سیمای سرزمین را بر حسب متر در هکتار بیان می‌کند و اثر مستقیم بر خردشدگی زیستگاه‌ها دارد.
شاخص بزرگترین لکه (LPI[۱۷])	مساحت بزرگترین لکه در یک سیمای سرزمین را بر حسب درصد نشان می‌دهد. هرچه به ۱۰۰ نزدیکتر باشد خردشدگی کمتر سیمای سرزمین را بیان می‌کند.
شاخص شکل سیمای سرزمین (LSI[۱۸])	شاخصی است استاندارد برای اندازه‌گیری کل لبه یا تراکم لبه در یک سیمای سرزمین مشخص و هر چه بزرگتر از یک باشد نشان‌دهنده پیچیدگی بیشتر مرز سیمای سرزمین است.
شاخص جداشدگی (SPLIT)	نسبت مساحت کل سیمای سرزمین را به مجموع مساحت لکه‌های موجود در آن نشان می‌دهد. هر چه مقدار آن به یک نزدیکتر باشد خردشدگی کمتر سیمای سرزمین را نشان می‌دهد.

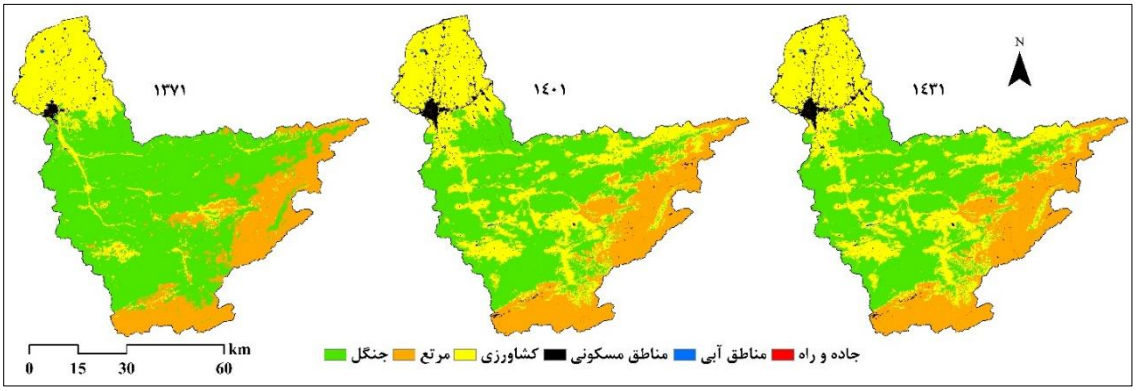
نتایج و بحث

شکل ۲ نقشه‌های کاربری اراضی حوضه آبخیز تجن برای سال‌های ۱۳۷۱ و ۱۴۰۱ را نشان می‌دهد. در طبقه‌بندی کاربری اراضی سال ۱۴۰۱، ضریب کاپا، صحت کلی، دقت تولیدکننده و دقت کاربر به ترتیب ۰/۹، ۹۳٪، ۹۴٪ و ۹۱٪ و برای سال ۱۳۷۱ به ترتیب ۰/۸۸، ۹۱٪، ۸۹٪ و ۸۷٪ برآورد شد که نشان‌دهنده اعتبار و صحت قابل پذیرش طبقه‌بندی می‌باشد (Ambarwulan et al, 2023; Sisay et al, 2023). در سال ۱۴۰۱، جنگل‌ها، مراتع، کشاورزی، مناطق مسکونی، جاده و راه و مناطق آبی به ترتیب ۱۹۵۹۱۳، ۱۰۰۵۹۹، ۱۶۵۱۱۵، ۸۶۰۰، ۱۲۵۰و ۴۸۷ هکتار از اراضی حوضه را به خود اختصاص داده‌اند. در سال ۱۳۷۱، مساحت تخصیص‌یافته به کاربری‌ها به ترتیب ۲۷۴۳۶۲، ۱۰۱۰۱۰، ۹۲۴۴۵، ۳۴۶۳، ۲۸۹ و ۳۹۳ هکتار برآورد شده است. بر این اساس، در بازه زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۴۰۱، مساحت اراضی جنگلی و مراتع به ترتیب ۷۸۴۴۹ و ۴۱۲ هکتار کاهش و مساحت کاربری‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، جاده و راه و مناطق آبی به ترتیب ۷۲۶۷۰، ۵۱۳۷، ۹۶۰ و ۹۴ هکتار افزایش یافته‌اند. برای افق زمانی ۱۴۳۱ نیز پیش‌بینی می‌شود که مقادیر مساحت‌های کاربری‌های مذکور به ترتیب به ۱۹۱۹۰۳، ۱۰۰۵۵۸، ۱۶۸۸۳۷، ۸۹۲۹، ۱۲۵۱ و ۴۸۷ هکتار تغییر یابند. بر اساس پیش‌بینی انجام شده، در ۳۰ سال آینده نیز ۴۰۱۱ هکتار از اراضی جنگلی و ۴۱ هکتار از مراتع حوضه به دیگر

14 . Number of Patch
15 . Patch Density
16 . Edge Density
17 . Largest Patch Index
18 . Landscape Shape Index

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.1.6.6]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.1.2]

کاربری‌های تبدیل خواهند شد در حالیکه مساحت اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی به ترتیب ۳۷۲۲ و ۳۲۹ هکتار افزایش می‌یابد (جدول ۳). نتایج مطالعه ثابت کرد که جنگل، مرتع و کشاورزی کاربری‌های غالب در منطقه هستند بطوریکه بیش از ۹۷ درصد از سطح منطقه را دربرگرفته‌اند. جنگل و مرتع در بخش‌های جنوبی و مرکز حوضه و کشاورزی در بخش اعظم پهنه‌های شمالی آن گسترش یافته‌اند. بعلاوه، تغییرات کاربری اراضی در منطقه در طی ۳۰ سال گذشته بسیار شدید بوده است بطوریکه بیش از ۳۰ درصد از سطح منطقه تحت تأثیر تبدیل و تغییرات کاربری بوده است. بیشترین تغییرات کاهشی در اراضی جنگلی اتفاق افتاده است در حالیکه اراضی کشاورزی بیشترین تغییرات افزایشی را داشته‌اند. همچنین، پیش‌بینی می‌شود که روند تبدیل و تغییرات کاربری در منطقه در ۳۰ سال آینده نیز با شدت کمتری ادامه خواهد داشت.



شکل ۲- نقشه‌های کاربری اراضی منطقه مطالعاتی در سال‌های ۱۳۷۱، ۱۴۰۱ و ۱۴۳۱

ارزیابی تغییرات کاربری اراضی بر اساس سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح کل حوضه نیز نشان داد که مقادیر سنجه‌های تعداد لکه (NP)، تراکم لکه (PD)، بزرگترین لکه (LPI)، تراکم لبه (ED)، شکل سیمای سرزمین (LSI) و جداشدگی (SPLIT) در سال ۱۳۷۱، به ترتیب ۵۰۹۸، ۱/۱، ۸۰/۴، ۱۲، ۴/۸ و ۱/۸ بوده است در حالیکه مقادیر آنها به ترتیب در سال ۱۴۰۱، به ۸۳۳۶، ۱/۸، ۶۷/۱، ۲۳/۷، ۷/۷ و ۲/۳ تغییر کرده است. پیش‌بینی می‌شود که در سال ۱۴۳۱ مقادیر ذکر شده به ترتیب به ۱۴۲۹۲، ۳/۳، ۶۵/۹، ۲۷/۵، ۸/۶ و ۲/۴ تغییر یابند (جدول ۴). درصد تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین در سال‌های مختلف نیز در شکل ۳ نشان داده شده است. روند افزایشی سنجه‌های تعداد و تراکم لکه ها، تراکم لبه، شکل لکه و جداشدگی و روند کاهشی شاخص بزرگترین لکه در ۳۰ سال اخیر نشان‌دهنده افزایش خردشدگی و از هم‌گسستگی زیستگاه‌ها و اکوسیستم‌های حوضه بر اثر تبدیل اراضی جنگلی و مراتع به کشاورزی و ساخته‌شده‌ها است. مقادیر بزرگتر سنجه‌های تعداد و تراکم لکه‌ها، تراکم لبه، شکل سیمای سرزمین و جداشدگی بیانگر خردشدگی و از هم‌گسیختگی بیشتر لکه‌های سیمای سرزمین می‌باشد در حالیکه برای سنجه بزرگترین لکه عکس این حالت صادق است (Mirghaed and Souri, 2022; Mirghaed et al, 2018; McGarigal et al, 2002). از دیدگاه اکولوژیک و محیط‌زیستی، شرایطی پسرونده و مخرب در ۳۰ سال گذشته در حوضه آبخیز تجن حکمفرما بوده و در پی آن کاهش و تخریب زیستگاه‌ها اتفاق افتاده است. در صورت ادامه چنین شرایطی در ۳۰ سال آینده نیز تغییر و تبدیل کاربری در منطقه منجر به افزایش بیشتر خردشدگی سیماهای سرزمین خواهد شد. توسعه جاده و راهها علیرغم اینکه

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.1.6.6]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.1.2]

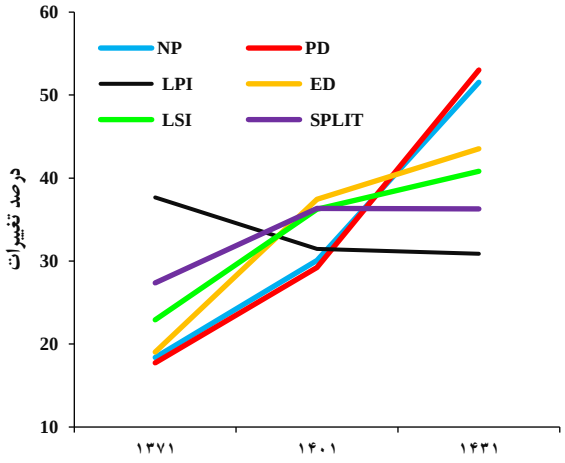
مساحت کمی از منطقه را دربرگرفته‌اند اما یکی از عوامل اساسی در افزایش از هم‌گسیختگی، قطعه‌قطعه‌شدن و تخریب زیستگاه‌ها به شمار می‌روند (معمارزاده کیانی و همکاران، ۱۴۰۱؛ Nematollahi et al, 2020).

جدول ۳- مساحت اختصاص‌یافته به هر کاربری و تغییرات آنها در بازه زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۴۳۱

کاربری	۱۳۷۱		۱۴۰۱		۱۴۳۱		۱۴۰۱-۱۳۷۱		۱۴۳۱-۱۴۰۱	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
جنگل	۲۷۴۳۶۲	۵۸/۱	۱۹۵۹۱۳	۴۱/۵	۱۹۱۹۰۳	۴۰/۷	-۷۸۴۴۹	-۱۷	-۴۰۱۱	-۰/۸
مرتع	۱۰۱۰۱۰	۲۱/۴	۱۰۰۵۹۹	۲۱/۳	۱۰۰۵۵۸	۲۱/۳	-۴۱۲	-۰/۱	-۴۱	-۰/۰۱
کشاورزی	۹۲۴۴۵	۱۹/۶	۱۶۵۱۱۵	۳۵	۱۶۸۸۳۷	۳۵/۸	۷۲۶۷۰	۱۵	۳۷۲۲	۰/۸
مناطق مسکونی	۳۴۶۳	۰/۷۳	۸۶۰۰	۱/۸	۸۹۲۹	۱/۹	۵۱۳۷	۱/۱	۳۲۹	۰/۱
مناطق آبی	۳۹۳	۰/۰۸	۴۸۷	۰/۱	۴۸۷	۰/۱	۹۴	۰/۰۲	<۱	<۱
جاده و راه	۲۸۹	۰/۰۶	۱۲۵۰	۰/۲۶	۱۲۵۱	۰/۲۶	۹۶۰	۰/۲	۱	<۱

جدول ۴- مقادیر بدست آمده برای سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح حوضه آبخیز تجن در سال‌های مختلف

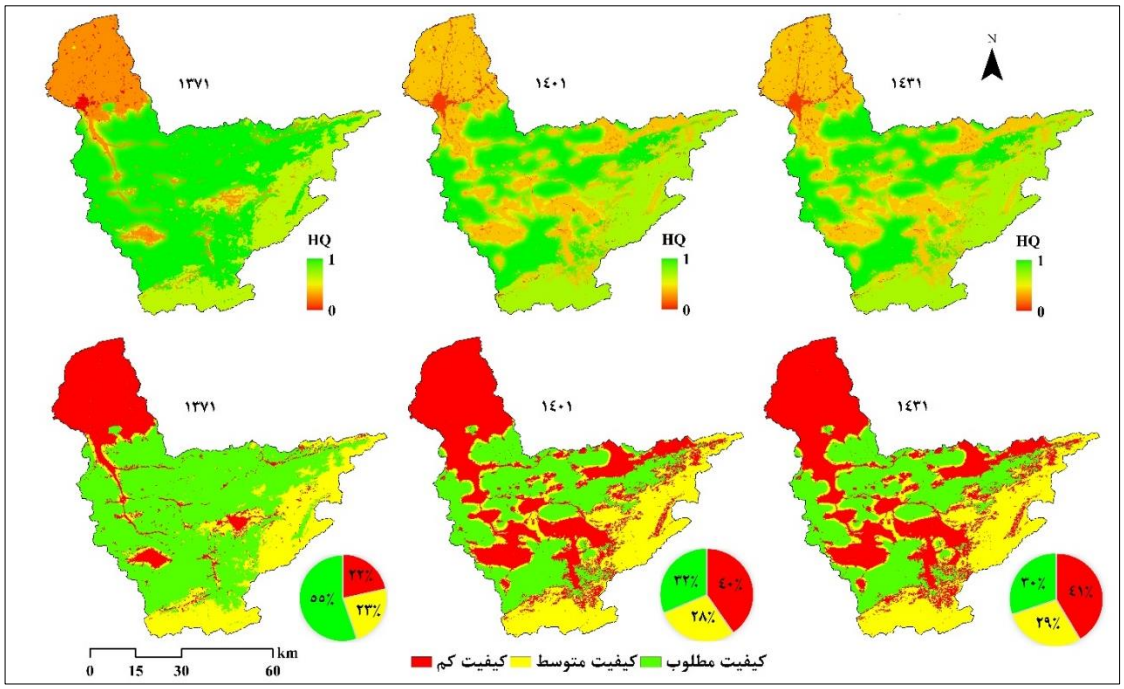
سال	تعداد لکه	تراکم لکه	شاخص بزرگترین لکه (٪)	تراکم لبه	شکل سیمای سرزمین	شاخص جدا شدگی
۱۳۷۱	۵۰۹۸	۱/۱	۸۰/۴	۱۲	۴/۸	۱/۸
۱۴۰۱	۸۳۳۶	۱/۸	۶۷/۱	۲۳/۷	۷/۷	۲/۳
۱۴۳۱	۱۴۲۹۲	۳/۳	۶۵/۹	۲۷/۵	۸/۶	۲/۴



شکل ۳- تغییرات سنجه‌های تعداد لکه (NP)، تراکم لکه (PD)، بزرگترین لکه (LPI)، تراکم لبه (ED)، شکل سیمای سرزمین (LSI) و جداشدگی (SPLIT) در سال‌های ۱۳۷۱، ۱۴۰۱ و ۱۴۳۱

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.1.6.6]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.1.2]

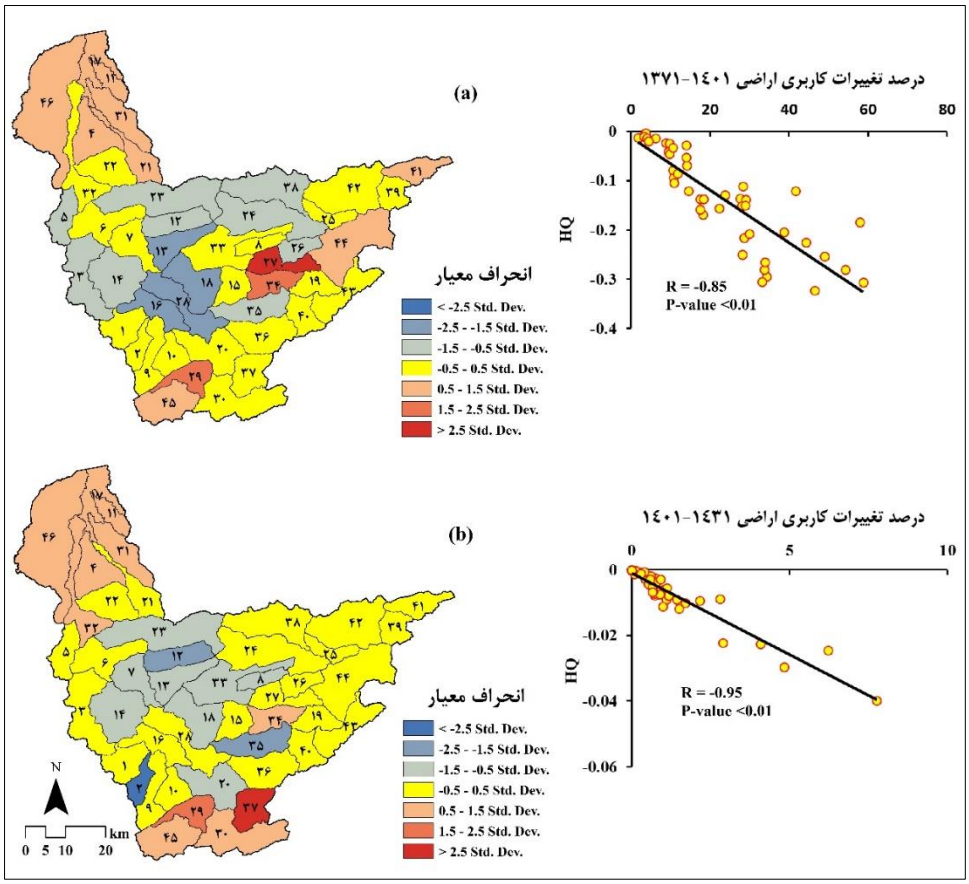
کیفیت زیستگاه‌های منطقه مطالعاتی طی سه سناریو بر مبنای نقشه‌های کاربری اراضی ۱۳۷۱، ۱۴۰۱ و ۱۴۳۱ ارزیابی گردید که نتایج آن در شکل ۴ مشخص شده است. نتایج نشان داد که زیستگاه‌ها با کیفیت بالا، متوسط و کم در سال ۱۳۷۱ به ترتیب حدود ۲۶۱۰۱۶، ۱۰۹۵۳۳ و ۱۰۱۶۳۷ هکتار از کل سطح منطقه در برگرفته‌اند در حالیکه در سال ۱۴۰۱ به ترتیب به ۱۴۸۳۰۶، ۱۳۳۴۸۶ و ۱۹۰۳۹۶ تغییر یافته‌اند. همچنین پیش‌بینی می‌شود که در سال ۱۴۳۱، مقادیر مذکور به ۱۴۲۶۱۱، ۱۳۴۱۳۴ و ۱۹۵۴۴۲ هکتار تغییر یابند. بر این اساس، در ۳۰ سال گذشته حدود ۱۱۲۷۱۰ هکتار از زیستگاه‌ها با کیفیت مطلوب در منطقه کاسته شده است و احتمالاً این روند تا سال ۱۴۳۱ نیز ادامه پیدا می‌کند. نتایج نشان داد که زیستگاه‌های بخش مرکزی حوضه کیفیت بالاتری نسبت به زیستگاه‌های شمالی و بخش‌های جنوبی منطقه دارند. وجود پوشش گیاهی مناسب در بخش‌های مرکزی باعث افزایش کیفیت زیستگاه‌های این مناطق شده است. این در حالیست که فعالیت‌های شدید کشاورزی و ساخته‌سازهای انسانی دلیل اصلی کاهش کیفیت زیستگاه‌های شمالی محسوب می‌شود. بر این اساس، پوشش گیاهی، فعالیت‌های انسانی و توسعه کشاورزی از جمله عوامل تأثیرگذار در تعیین کیفیت زیستگاه‌ها در منطقه مطالعاتی به حساب می‌آیند. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات کاربری اراضی در منطقه در بازه زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۴۰۱ منجر به تغییرکیفیت زیستگاه‌های آن شده است بطوریکه یک روند کاهشی در کیفیت زیستگاه‌ها طی ۳۰ سال اخیر مشاهده می‌شود. در این بازه زمانی حدود ۳۳ درصد از زیستگاه‌ها با کیفیت مطلوب کاسته شده است در حالیکه مساحت زیستگاه‌ها با کیفیت کم حدود ۲۰ درصد رشد داشته است. پیش‌بینی می‌شود در ۳۰ سال آینده روند کاهش کیفیت زیستگاه‌های منطقه نیز ادامه داشته باشد. تغییرات کیفیت در زیستگاه‌های واقع در بخش‌هایی از مناطق میانی حوضه به خوبی قابل مشاهده است جایی که اراضی جنگلی تخریب و به کشاورزی یا ساخته‌شده‌ها تبدیل شده‌اند. خردشدگی و تکه‌تکه‌شدگی بیشتر زیستگاه‌ها واقع در بخش‌های جنوبی و شمال حوضه نسبت به سایر پهنه‌ها نیز دلیلی مضاعف بر کاهش و تخریب زیستگاه‌ها در این مناطق است. مطالعات پیشین نیز اثر تغییر کاربری اراضی و خردشدگی سیماهای سرزمین بر کاهش کیفیت زیستگاه‌ها را تأیید کرده‌اند (Mirghaed and Souri, 2021, 2022).



شکل ۴- کیفیت زیستگاه‌های منطقه مطالعاتی برای سال‌های ۱۳۷۱، ۱۴۰۱ و ۱۴۳۱

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.1.6.6]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.1.2]

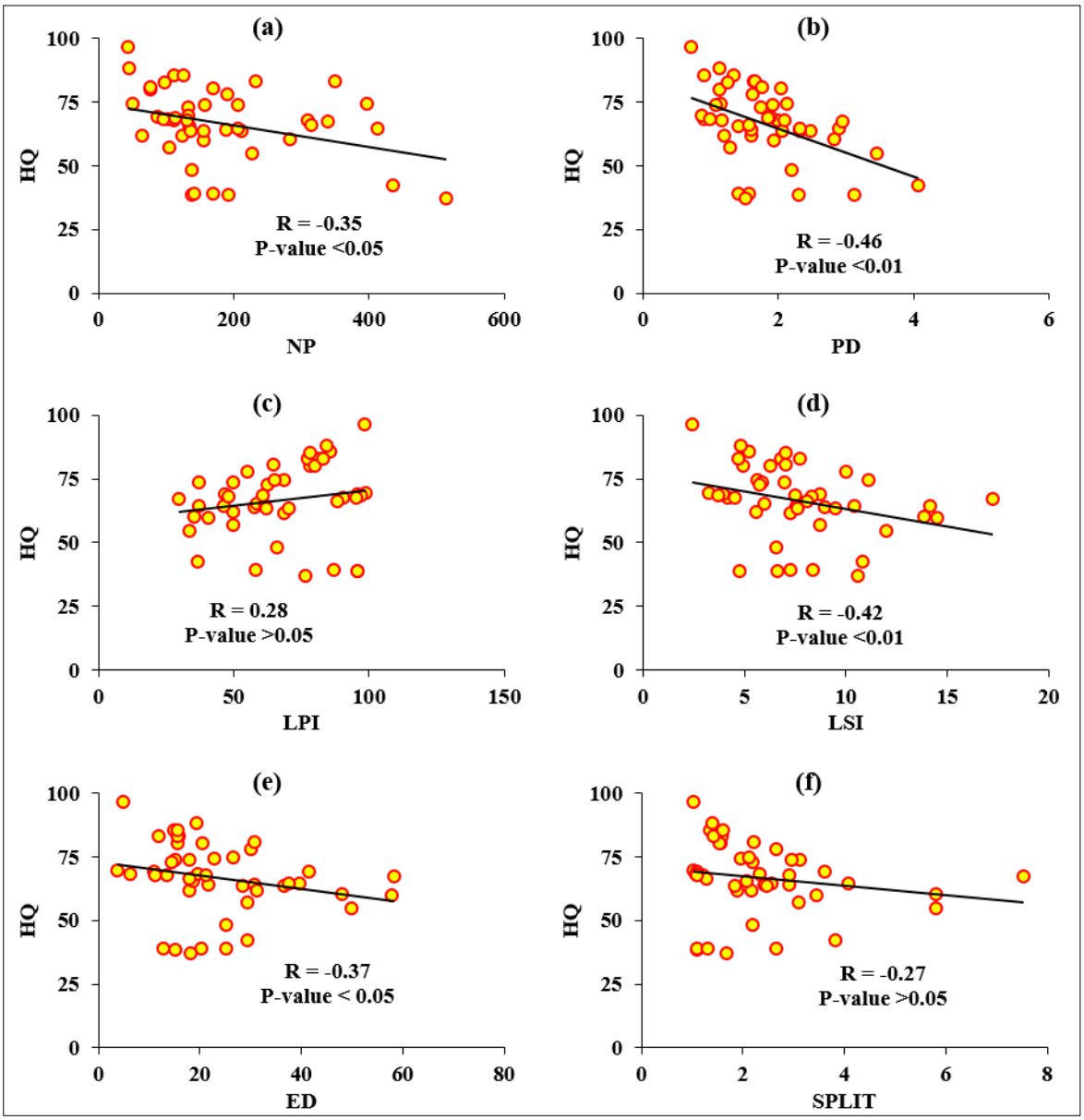
در این مطالعه، رابطه کیفیت زیستگاه‌ها با تغییرات کاربری اراضی در سطح زیرحوضه‌ها در دو بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۳۷۱ و ۱۴۰۱-۱۴۳۱ با استفاده از روش رگرسیون حداقل مربعات (OLS) در محیط Arc GIS 10.7 ارزیابی گردید که نتایج آن در شکل ۵ نشان داده شده است. معلوم گردید که یک رابطه معنادار و معکوس بین کیفیت زیستگاه‌ها و تغییرات کاربری اراضی وجود دارد بطوریکه ضریب همبستگی (R) بین آنها برای دو بازه زمانی به ترتیب ۰/۸۵- و ۰/۹۵- (P-value <0.01) برآورد گردید. ارزیابی ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و کیفیت زیستگاه‌ها بر اساس روش OLS تأیید کرد که یک رابطه معنادار و معکوس بین آنها وجود دارد و تأییدکننده این موضوع است که تغییرات الگوی چیدمان کاربری‌ها و تبدیل آنها می‌تواند در راستای تغییر کیفیت زیستگاه‌های حوضه یک عامل تهدیدکننده باشد. در پژوهشی کیفیت زیستگاه‌های حوضه آبخیز زیارت در استان گلستان مورد ارزیابی قرار گرفت و مشخص گردید که مناطق شمالی حوضه زیارت نسبت به بخش های جنوبی از کیفیت کمتری برخوردار است و تأکید شد که کیفیت زیستگاه‌های منطقه موردنظر می‌تواند تحت تأثیر تغییر الگوی سیمای سرزمین قرار بگیرد (Mirghaed and Souri, 2021). همچنین، در تحقیقی اثر توسعه شهری بر کاهش کیفیت زیستگاه‌های حوضه آبخیز رودخانه زرد در چین مورد تأیید قرار گرفت (Wu et al, 2021).



شکل ۵- نتایج ارزیابی رابطه بین تغییرات کیفیت زیستگاه‌ها (HQ) و تغییرات کاربری اراضی بر اساس رگرسیون حداقل مربعات در دو بازه زمانی (a) ۱۳۷۱ تا ۱۴۰۱ و (b) ۱۴۰۱ تا ۱۴۳۱

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.1.6.6]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.1.2]

ارتباط بین کیفیت زیستگاه‌ها و سنجه‌های سیمای سرزمین شامل تعداد لکه (NP)، تراکم لکه (PD)، تراکم لبه (ED)، شکل لکه (LSI)، شاخص بزرگترین لکه (LPI) و شاخص جدا شدگی (SPLIT) در سطح زیرحوضه‌ها بر اساس آزمون همبستگی اسپیرمن در محیط SPSS مورد سنجش قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که بین کیفیت زیستگاه‌ها با سنجه‌های NP، PD، ED و LSI رابطه‌ای غیرمستقیم و معنادار (-0.46<R<-0.35, P-value <0.05) وجود دارد در حالیکه همبستگی ضعیف بین کیفیت زیستگاه‌ها با سنجه‌های SPLIT و LPI مشاهده گردید (شکل ۶).



شکل ۶- نتایج ارزیابی رابطه بین کیفیت زیستگاه‌ها (HQ) با سنجه‌های تعداد لکه (NP)، تراکم لکه (PD)، بزرگترین لکه (LPI)، تراکم لبه (ED)، شکل سیمای سرزمین (LSI) و جداشدگی (SPLIT) بر اساس آزمون همبستگی اسپیرمن

نتایج پژوهش نشان داد که کیفیت زیستگاه‌های حوضه تحت تأثیر افزایش مقادیر سنجه‌های تعداد و تراکم لکه ها، تراکم لبه و شکل لکه‌ها کاهش می‌یابد بدلیل اینکه افزایش تعداد، تراکم، لبه‌ها و شکل لکه‌های کاربری‌ها منجر به کاهش

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.1.6.6]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.1.2]

ارتباطات و یکپارچگی اکولوژیک، افزایش خردشدگی زیستگاه‌ها و کاهش اتصال و پیوستگی سیماهای سرزمین می‌شود و در نتیجه آن کیفیت زیستگاه‌ها کاهش می‌یابد (Peng et al, 2016; Zhang and Fang, 2021). مطالعات پیشین نیز تأیید کردند که کیفیت زیستگاه‌ها همبستگی معنادار و مستقیم با سنجه‌های بزرگترین لکه و پیوستگی دارد در حالی که رابطه آن با سنجه‌های تنوع شانون و تراکم لکه معنادار و معکوس است. علاوه بر این، افزایش کیفیت زیستگاه‌ها در اثر افزایش مساحت و پیوستگی لکه‌ها افزایش و کاهش آن تحت تأثیر افزایش تراکم و تعداد لکه‌ها مورد تأکید قرار گرفته است (Mirghaed and Souri, 2021). در پژوهشی دیگر نیز به اثر سنجه های سیمای سرزمین از جمله تعداد، مساحت و شکل لکه ها بر کاهش کیفیت زیستگاههای حوضه آبخیز رودخانه زرد در چین اشاره شده است (Duan and Yu, 2022).

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که شدت تغییرات کاربری اراضی در پهنه‌های حوضه آبخیز تجن در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۳۷۱ قابل توجه بوده است بطوریکه حدود یک سوم از سطح منطقه بخصوص اراضی جنگلی و حاشیه رودخانه‌های آن دستخوش تبدیل و تغییرات کاربری شده‌اند. بعلاوه، در صورت ادامه روند حاکم بر محیط‌زیست منطقه، پیش‌بینی می‌شود تغییرات کاربری اراضی برای افق زمانی ۱۴۳۱ نیز افزایشی خواهد شود. نتایج نشان داد که زیستگاه‌های با کیفیت مطلوب در پهنه‌های مرکزی حوضه و زیستگاه‌های با کیفیت کمتر در حاشیه‌های جنوبی و شمال حوضه واقع شده‌اند. مشخص گردید که یک رابطه معنادار و معکوس بین تغییرات کاربری اراضی و کیفیت زیستگاه‌ها وجود دارد که ثابت می‌کند تغییرات و تبدیل کاربری‌ها یک عامل تهدیدکننده برای کیفیت زیستگاه‌های منطقه است. مشخص گردید با افزایش مقادیر سنجه‌های تعداد و تراکم لکه‌ها، تراکم لبه و شکل لکه‌ها، کیفیت زیستگاه‌های حوضه کاهش می‌یابد. بر این اساس، تغییرات کاربری اراضی و ویژگی لکه‌های سیمای سرزمین می‌توانند به عنوان عواملی مهم و اثرگذار در تغییر کیفیت زیستگاه‌های حوضه باشند. نتایج این مطالعه تأکید کرد که روند توسعه کاربری‌ها در منطقه به منظور حفاظت زیستگاه‌ها و اکوسیستم‌های آن باید بطور مناسب مدیریت و کنترل شود.

تشکر و قدردانی

این پژوهش مستخرج از طرح پژوهشی به شماره ۳۳/۷۴۸۵۹ است که با استفاده از اعتبار ویژه پژوهشی دانشگاه مازندران اجرا گردید.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.1.6.6]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.1.2]

منابع

نعمت‌الهی، شکوفه؛ سیما فاخران، فلیکس کیناست، سعید پورمنافی و علی جعفری. ۱۳۹۹. ارزیابی اثر شبکه جاده‌ها بر کاهش کیفیت زیستگاه‌های حیات وحش در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از شاخصVicinity Impact. *مجله مدیریت بیابان*، **۸**(۱۶): ۵۶-۳۷.

معمارزاده کیانی، امیر؛ احمد نوحه‌گر و محمدجواد امیری. ۱۴۰۱. تحلیل مکانی رهاسازی اراضی کشاورزی در منطقهٔ حفاظت شدهٔ کویر با رویکرد مدیریت اکوسیستم و پیش بینی آن در سال های آینده. *مجله خشکبوم*، **۱۲**(۱): ۱-۱۹.

Ambarwulan, W.; F. Yulianto, W. Widiatmaka, A. Rahadiati, S.D. Tarigan, I. Firmansyah, M.A.S. Hasibuan. 2023. Modelling land use/land cover projection using different scenarios in the Cisadane Watershed, Indonesia: Implication on deforestation and food security. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, **26**(2), 273-283.

Borges, F.; M. Glemnitz, A. Schultz, and U. Stachow. 2017. Assessing the habitat suitability of agricultural landscapes for characteristic breeding bird guilds using landscape metrics. *Environmental monitoring and assessment*, **189**(4): 166.

De Groot, R.S.; M.A. Wilson, and R.M. Boumans. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics*, **41**(3): 393-408.

Duan, H.; and X. Yu. 2022. Linking landscape characteristics to shore bird habitat quality changes in a key stopover site along the East Asian–Australasian Flyway migratory route. *Ecological Indicators*, **144**: 109490.

Eastman, J.R. 2012. *IDRISI Selva manual*. Clark University, Worcester.

Han, Y.; W. Kang, J. Thorne, and Y. Song. 2019. Modeling the effects of landscape patterns of current forests on the habitat quality of historical remnants in a highly urbanized area. *Urban Forestry and Urban Greening*, **41**: 354-363.

He, J.; J. Huang, and C. Li. 2017. The evaluation for the impact of land use change on habitat quality: A joint contribution of cellular automata scenario simulation and habitat quality assessment model. *Ecological Modelling*, **366**: 58-67.

Heinrichs, J.A.; D.J. Bender, and N.H. Schumaker. 2016. Habitat degradation and loss as key drivers of regional population extinction. *Ecological Modelling*, **335**: 64–73.

Lei, J., Y. Chen, L. Li, Z. Chen, X. Chen, T. Wu, and Y. Li. 2022. Spatiotemporal change of habitat quality in Hainan Island of China based on changes in land use. *Ecological Indicators*, **145**: 109707.

MA. 2005. *Ecosystems and human well-being: synthesis. A report of the millennium ecosystem assessment*. Island Press, Washington, D.C., USA.

McGarigal, K., S.A. Cushman, M.C. Neel, and E. Ene. 2002. *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps*. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst, available at the following web site: http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html.

Mirghaed, F.A.; and B. Souri. 2021. Relationships between habitat quality and ecological properties across Ziarat Basin in northern Iran. *Environment, Development and Sustainability*, **23**:16192–16207.

Mirghaed, F.A.; and B. Souri. 2022. Effect of landscape fragmentation on soil quality and ecosystem services in land use and landform types. *Environmental Earth Sciences*, **81**(12): 330.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.1.6.6]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.1.2]

Mirghaed, F.A.; B. Souri, M. Mohammadzadeh, A. Salmanmahiny, and S. H. Mirkarimi. 2018. Evaluation of the relationship between soil erosion and landscape metrics across Gorgan Watershed in northern Iran. *Environmental monitoring and assessment*, **190**: 1-14.

Nematollahi, S.; S. Fakheran, F. Kienast, and A. Jafari. 2020. Application of InVEST habitat quality module in spatially vulnerability assessment of natural habitats (case study: Chaharmahal and Bakhtiari province, Iran). *Environmental Monitoring and Assessment*, **192**(8): 1-17.

Peng, Y.; K. Mi, F. Qing, and D. Xue. 2016. Identification of the main factors determining landscape metrics in semi-arid agro-pastoral ecotone. *Journal of Arid Environments*, **124**: 249-256.

Sallustio, L.; A. De Toni, A. Strollo, M. Di Febbraro, E. Gissi, L. Casella, D. Geneletti, M. Munafo, M. Vizzarri, and M. Marchetti. 2017. Assessing habitat quality in relation to the spatial distribution of protected areas in Italy. *Journal of Environmental Management*, **201**: 129–137.

Sharp, R.; H.T. Tallis, T. Ricketts, A.D. Guerry, S.A. Wood, R. Chaplin-Kramer, and J. Douglass. 2016. *InVEST user's guide*. The natural capital project.

Sisay, G.; B. Gessesse, C. Fürst, M. Kassie, B. Kebede. 2023. Modeling of land use/land cover dynamics using artificial neural network and cellular automata Markov chain algorithms in Goang watershed, Ethiopia. Heliyon, **9**(9).

TEEB. 2010. *Main streaming the economics of nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity)*. Earthscan.

USGS. 2020. United States geological survey website. https://earthexplorer.usgs.gov.

Wei, L.; L. Zhou, D. Sun, B. Yuan, and F. Hu. 2022a. Evaluating the impact of urban expansion on the habitat quality and constructing ecological security patterns: A case study of Jiziwan in the Yellow River Basin, China. *Ecological Indicators*, **145**: 109544.

Wei, Q.; M. Abudureheman, A. Halike, K. Yao, L. Yao, H. Tang, and B. Tuheti. 2022b. Temporal and spatial variation analysis of habitat quality on the PLUS-InVEST model for Ebinur Lake Basin, China. *Ecological Indicators*, **145**: 109632.

Wu, L.; C. Sun, and F. Fan. 2021. Estimating the Characteristic Spatiotemporal Variation in Habitat Quality Using the InVEST Model—A Case Study from Guangdong–Hong Kong–Macao Greater Bay Area. *Remote Sensing*, **13**(5): 1008.

Zhang, C.; and S. Fang. 2021. Identifying and Zoning Key Areas of Ecological Restoration for Territory in Resource-Based Cities: A Case Study of Huangshi City, China. *Sustainability*, **13**(7): 3931.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.1.6.6]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.1.2]