Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Ecology of Iranian Forests, Vol. 11, Issue 2, 2023 p: 88- 98

OPEN ACCESS

Research Paper

Investigating Land Cover Changes using Landscape Metrics (Case Study: Baneh Forests)

Mahtab Pir Bavaghar[1] and Mohammad Mahmoodi[2]

1- Associate Professor, Department of Forestry & the Center for Research & Development of Northern Zagros Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran,
(Corresponding author: m.bavaghar@uok.ac.ir)
2- M.Sc. Student of Forestry, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

Received: 4 March, 2023 Accepted: 19 June, 2023

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-03]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.2.0]

[DOI: 10.61186/ifej.11.22.81]

Extended Abstract

Background: Using landscape metrics allows researchers to quantify spatial patterns of environmental elements and analyze changes in their extent across various scales. This quantitative approach is essential for understanding how landscapes evolve over time, which is crucial for sustainable management and planning practices. The significance of this topic cannot be overstated, as effective landscape management can help mitigate the adverse effects of human activities on natural ecosystems. Therefore, the primary objective of this study is to employ remote sensing techniques to evaluate the efficiency of landscape metrics in analyzing changes in forest areas and land cover within parts of the Northern Zagros forest region. The Northern Zagros region is characterized by its rich biodiversity and ecological significance, making it a vital area for conservation efforts. However, this region has also faced increasing pressures from urbanization, agricultural expansion, and other anthropogenic activities. By employing landscape metrics, this study aims to provide a comprehensive assessment of how these pressures have affected forest cover and land use patterns over time. Understanding these dynamics will facilitate better decision-making in land-use planning and contribute to the preservation of this important ecological zone.

Methods: To analyze land cover changes over time, land cover maps for the years 1998, 2009, and 2020 were created through a combination of supervised classification of satellite imagery, visual interpretation of Google Earth images, and field surveys. The process began with the acquisition of high-resolution satellite images, which were then classified using supervised methods to ensure accuracy. The visual interpretation of Google Earth images complemented this analysis, allowing for ground-truthing and validation of the classified data. The ArcGIS Patch Analyst extension and FRAGSTAT software were utilized to monitor and evaluate various landscape metrics. Nine landscape metrics were selected for this study, including four metrics at the class level: the number of patches (NP), patch density (PD), percentage of each class (PLAND), and area of each class (CA). Additionally, five metrics were calculated at the landscape level: the number of patches (NP), Mean Patch Size (MPS), Shannon Diversity Index (SHDI), Largest Patch Index (LPI), and Continuity (contag). These metrics provide a comprehensive view of landscape structure, diversity, and fragmentation, enabling a detailed analysis of changes over the specified time periods. The data were analyzed to identify trends in land cover changes, focusing on the dynamics of forest areas relative to residential and agricultural land uses. By examining these metrics over time, the study aimed to uncover patterns that indicate the extent of landscape fragmentation and the overall health of the ecosystem in the Northern Zagros region.

Results: The results of the analysis revealed significant changes in land cover over the study period. At the class level, measurements of area and percentage for each land cover type

Copyright ©2023 Pir Bavaghar and Mahmoodi Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

indicated a marked decline in forest area, juxtaposed with an increase in residential and agricultural coverage. Specifically, forest cover decreased from 78.82% in 1998 to 77.36% in 2020, reflecting an annual reduction of approximately 0.066% over the 22-year span. This decline in forest cover highlights the urgent need for effective conservation strategies in the region. During the same period, the data showed an increase in the number of residential patches, rising from 13 to 17, and agricultural patches surged from 19 to 42. In contrast, the number of forest patches decreased from 21 to 18, indicating a trend toward fragmentation of forested areas. The patch density metric further illustrated these trends, showing an increase across all land cover types except for forests, which experienced a decline. Moreover, the survey results indicated an increase in both the number of patches and the Shannon Diversity Index, suggesting greater landscape complexity and diversity. However, there was a concurrent decrease in the Continuity Index, Mean Patch Size, and Largest Patch Size metrics, pointing to increased fragmentation and reduced connectivity among forest patches. These findings underscore the impact of human activities on the landscape, leading to a more fragmented and less cohesive ecological structure.

Conclusion: The findings of this study clearly illustrate the expansion of residential and agricultural areas at the expense of forest cover, indicating a concerning trend in the Northern Zagros region. The reduction of forest areas signifies a loss of ecological integrity, primarily driven by the proliferation of man-made land uses. As urbanization and agriculture continue to encroach upon natural habitats, the fragmentation of landscapes poses significant challenges for biodiversity conservation and ecosystem health. This study emphasizes the importance of utilizing landscape metrics as a tool for monitoring environmental changes and guiding sustainable land-use practices. Future research should focus on developing strategies to mitigate these impacts, promote the restoration of forest ecosystems, and ensure that development efforts are balanced with environmental conservation. By prioritizing sustainable management practices, it is possible to preserve the ecological integrity of the Northern Zagros region while accommodating necessary human activities.

Keywords: Armardeh Forests, Ecosystem, Landsat Satellite, Zagros

How to Cite This Article: Pir Bavaghar, M., & Mahmoodi, M. (2023). Investigating Land Cover Changes using Landscape Metrics (Case Study: Baneh Forests). *Ecol Iran For*, 11(2), 88-98. https://doi.org/10.61186/ifej.11.22.81

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-03]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.2.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.81]

مقاله پژوهشی

بررسی تغییرات پوشش زمین با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین (مطالعه موردی: جنگل‌های بانه)

مهتاب پیرباوقار[۱] و محمد محمودی[۲]

۱- دانشیار، گروه جنگلداری و مرکز پژوهش و توسعه جنگلداری زاگرس شمالی دکتر هدایت غضنفری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران، (نویسنده مسوول: m.bavaghar@uok.ac.ir)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۲۹

صفحه: ۸۸ تا ۹۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین، مطالعه و کمّی‌سازی الگوهای مکانی عناصر تشکیل‌دهنده محیط زیست و تغییرات گستره آنها در مقیاس‌های مختلف امکان‌پذیر است. نتیجه این بررسی می‌تواند به درک مناسبی از چگونگی تغییرات سیمای سرزمین که لازمه مدیریت و برنامه‌ریزی پایدار است، منجر شود. با توجه به اهمیت موضوع، هدف از این پژوهش استفاده از سنجش از دور و بررسی کارایی سنجه‌های سیمای سرزمین در تحلیل تغییرات مناطق جنگلی و پوشش زمین در بخشی از مناطق جنگلی زاگرس شمالی است.

مواد و روش‌ها: نقشه پوشش زمین مربوط به سال‌های مختلف (۱۳۷۷، ۱۳۸۸، ۱۳۹۹) از طریق طبقه‌بندی نظارت شده به‌روش بیشینه شباهت تصاویر ماهواره‌ای و تفسیر چشمی تصاویر گوگل ارث و بازدید میدانی تهیه شد. به‌منظور پایش و بررسی سنجه‌های سیمای سرزمین از افزونه تحلیل مسیر (Patch Analyst) نرم‌افزار ARCGIS و نرم‌افزار FRAGSTAT استفاده شد. نه سنجه سیمای سرزمین شامل چهار سنجه تعداد لکه‌ها (NP)، تراکم لکه‌ها (PD)، درصد هر کلاس (PLAND) و مساحت هر کلاس (CA) در سطح کلاس و پنج سنجه در سطح سیمای سرزمین شامل تعداد لکه (NP)، میانگین اندازه لکه (MPS)، شاخص تنوع شانون (H`)، شاخص بزرگ‌ترین لکه (LPI) و شاخص پیوستگی (Contag) مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج بررسی سنجه مساحت کلاس و درصد پوشش سیمای سرزمین در بازه سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۸۸-۱۳۹۹ در سطح کلاس، نشان دهنده کاهش مساحت جنگل و افزایش درصد پوشش مسکونی و کشاورزی طی دوره بوده است؛ به‌طوری‌که در سال ۱۳۷۷ پوشش جنگلی ۷۸/۸۲ درصد منطقه را تشکیل می‌داده که در سال ۱۳۹۹ این مقدار به ۷۷/۳۶ درصد کاهش یافته است (مساحت جنگل‌ها در طول ۲۲ سال، سالانه ۰/۰۶۶ درصد کاهش یافته است). در طول دوره شاهد افزایش تعداد لکه‌های مسکونی (از ۱۳ به ۱۷) و کشاورزی (از ۱۹ به ۴۲) و کاهش تعداد لکه‌های جنگلی (از ۲۱ به ۱۸) نیز بوده‌ایم. مقایسه سنجه تراکم لکه‌ها نیز نشان‌دهنده افزایش این سنجه در همه پوشش‌ها به‌جز پوشش جنگلی است. نتایج بررسی در سطح سیمای سرزمین هم نشان‌دهنده افزایش تعداد لکه و شاخص تنوع شانون و کاهش شاخص پیوستگی، میانگین اندازه لکه و شاخص بزرگترین لکه است.

نتیجه‌گیری: نتایج این بررسی نشان‌دهنده گسترش مناطق مسکونی و کاربری‌های کشاورزی و کاهش مناطق جنگلی می‌باشد که بیانگر تخریب یکپارچگی سیمای سرزمین به‌دلیل افزایش تعداد و مساحت کلاس‌های انسان ساخت (مسکونی و کشاورزی) است. با توجه به نتایج، پیشنهاد می‌شود با توجه ویژه و نظارت و مدیریت صحیح، از تکه‌تکه شدن و تخریب بیشتر این مناطق جلوگیری شود و طرح‌هایی برای بازسازی مناطق تخریب‌شده تدوین گردد.

واژه‌های کلیدی: بوم‌سازگان، جنگل‌های آرمرده، زاگرس، ماهواره لندست

مقدمه

تغییرات پوشش سرزمین ناشی از عدم توجه به حفظ منابع طبیعی، اثرات مخربی بر بوم‌سازگان‌های طبیعی سیمای سرزمین دارد. تغییرات پوشش سرزمین به‌عنوان محرک اصلی در تغییرات بوم‌سازگان و اقلیم جهانی معرفی شده است (Sayers et al., 2018). از این‌رو پیش‌بینی و ارزیابی تغییرات پوشش زمین و شناسایی مناطق حساس به‌منظور طرح‌ریزی مدیریت صحیح و بهینه ضروری است (Amini & Sayahnia, 2022; Birkinshaw et al., 2016; Titeux et al., 2016). شمار زیادی از فعالیت‌های انسانی به‌دلیل عدم توجه به مسائل و محدودیت‌های محیط زیستی بر سیمای سرزمین، تأثیرگذار است و آثار مخرب زیست محیطی شدیدی بر بوم‌سازگان‌های طبیعی دارد. سیمای سرزمین، چیدمانی است از ترکیب بوم‌سازگان‌های محلی در یک منطقه که در فرم مشابهی تکرار شده‌اند (Apan et al., 2002; Yigit & Benliay, 2022).

امروزه افزایش تراکم جمعیت انسانی باعث افزایش و گسترش تغییرات محیطی نسبت به گذشته شده است. به‌دلیل عدم استفاده بهینه و منطقی از سرزمین، تبدیل و تغییر در کشور روند افزایشی داشته است که تخریب اراضی جنگلی، بیابان‌زدایی و افزایش شهرنشینی از نمونه‌های بارز این تغییرات می‌باشد (Hadian et al., 2016). شناخت و اطلاع از انواع پوشش/کاربری سطح زمین، به‌عنوان اطلاعات پایه برای انواع برنامه‌ریزی‌ها برای بوم‌سازگان‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Dey & Mishra, 2017). در نظر گرفتن روش تغییرات پوشش/کاربری زمین در مقیاس‌های مختلف، ویژگی بارز بوم‌شناسی سیمای سرزمین است و منبعی از اطلاعات را فراهم می‌کند که از آن می‌توان سیاست استفاده از زمین را ترسیم کرد (Yigit & Benliay, 2022). بوم‌شناسی سیمای سرزمین بر بازخوردهای چند مقیاسی بین الگوهای مکانی و فرایندهای بوم‌شناسی متمرکز است (Turner, 2005). ویژگی‌های مهم بوم‌شناسی سیمای سرزمین (Landscape ecology) شامل ساختار (شکل، اندازه، نوع قطعه زمین و ارتباط بین لکه‌ها)، عملکرد (پویایی زیستگاه‌ها و جانداران، غذا و آب و هوا) و پویایی یا تغییر (اختلالات و تعارضات، تغییرات اقلیمی و تکه تکه شدن زیستگاه‌ها) است که منشأ آنها طبیعی و یا در برخی از موارد ناشی از فعالیت‌های انسانی است (Teece, 1930).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-03]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.2.0]

[DOI: 10.61186/ifej.11.22.81]

سنجه‌های سیمای سرزمین به‌عنوان ابزارهای کمّی برای اندازه‌گیری و بیان وجوه مختلف الگوی مکانی سیمای سرزمین در یک لحظه از زمان به‌کار می‌روند (Amini & Sayahnia, 2022; Narumalani et al., 2004; Yigit & Benliay, 2022) و به‌دلیل تنوع و گوناگونی وسیع، در برنامه‌ریزی‌های مرتبط با مطالعه، ترکیب و پیکربندی سیمای سرزمین استفاده می‌شوند (Steffen et al., 2015). علاوه برآن این سنجه‌ها توانایی جمع‌آوری اطلاعات در مورد ساختار و تغییرات اجزای مختلف تشکیل دهنده سیمای سرزمین در مدت زمان کوتاهی را دارند (Fonstad et al., 2013). این سنجه‌ها، ویژگی‌های شکلی، هندسی و پراکنش اجزای ساختاری سرزمین را بیان کرده و آن‌را به‌صورت کمّی قابل مقایسه می‌سازند (Arekhi, 2015). سنجه‌های سیمای سرزمین در سه سطح بوم‌شناسی سیمای سرزمین، سطح لکه (Patch) و سطح طبقات کاربری یا کلاس (Class) قابل اندازه‌گیری هستند (Nasiri & Darvishsefat, 2019) که در مطالعات مربوط به تغییرات پوشش زمین از سنجه‌هایی در سطح کلاس و سطح بوم‌شناسی سیمای سرزمین استفاده می‌شود. ارزیابی خصوصیات مکانی و ساختاری لکه‌های تشکیل دهنده سیمای سرزمین در تشریح مدل‌سازی تغییرات، امروزه از موضوعات مهم به‌شمار می‌رود (Kamal et al., 2015; Karami & Feghhi, 2012). از دیدگاه انسانی هرچه میزان لکه لکه شدن بیشتر باشد نشان دهنده تراکم جمعیتی بیشتر، میزان دسترسی بیشتر به گستره مشخص شده و در نتیجه میزان آلودگی بیشتر منطقه می‌باشد (Richardson, 2008). در این راستا استفاده از فن‌آوری سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌تواند به کمّی‌سازی تغییرات پوشش زمین با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین بپردازد. مطالعات زیادی در این خصوص در مناطق مختلف انجام شده است. براتی و همکاران (Barati et al., 2017) میزان یکپارچگی مناطق حفاظت شده پارک ملی و پناهگاه حیات‌وحش کلاه قاضی را با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد در کل منطقه، لکه‌های مرتع خوب یکپارچه‌تر شده، ولی تعارضات موجود در منطقه مانند کاربری‌های معدن، کشاورزی و شهری موجب دورتر شدن این لکه‌ها از یکدیگر شده است. کاستیلو و همکاران (del Castillo et al., 2015) تغییرات پوشش جنگلی در پارک طبیعی کایو اسپانیا را با استفاده از فناوری سنجش از دور، سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجه‌های سیمای زمین بررسی کردند. اطلاعات به‌دست آمده از بررسی سنجه‌های سیمای سرزمین نشان دهنده افزایش تکه تکه شدن و در نتیجه افزایش تنوع فضایی در سطح سیمای سرزمین می‌باشد. گوش و همکاران (Ghosh et al., 2012) با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین به بررسی تغییرات پوشش جنگل منطقه دهرادوم هیمالیا پرداختند. محاسبه شاخص‌های مکانی سیمای سرزمین در دو سطح کلاس و سیمای سرزمین صورت گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که در بازه زمانی مشخص شده (۲۰۰۶-۲۰۰۱) جنگل‌های متراکم و جنگل‌های تنک به‌ترتیب بیشترین کاهش و افزایش مساحت را داشته‌اند و هم‌چنین مساحت زمین‌های کشاورزی با افزایش تراکم جمعیت و شهرک‌سازی تقریبا ۴۲ درصد کاهش پیدا کرده است. ناصری و درویش صفت (Nasiri & Darvishsefat, 2019) در مطالعه‌ای به آشکارسازی و تحلیل تغییرات کاربری اراضی منطقه ارسباران با استفاده از بوم‌شناسی سیمای سرزمین در سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۳ پرداختند. نتایج بررسی سنجه مساحت کل و آشکارسازی تغییرات سطح نشان داد که تغییرات در دوره دوم (۱۳۹۱-۱۳۸۳) شدیدتر از دوره اول (۱۳۸۱-۱۳۶۹) بوده است. علاوه برآن با در نظر گرفتن تنوع مکانی کاربری‌ها و پراکندگی آنها در سطح سیمای سرزمین امکان افزایش تخریب و تغییر کاربری در آینده وجود دارد. منصوری و همکاران (Mansouri et al., 2022) به‌منظور ارزیابی تخریب سیمای سرزمین منطقه جنگلی دادآباد شهرستان خرم‌آباد به بررسی سنجه‌های سیمای سرزمین در منطقه پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین تغییر کاربری، مربوط به مناطق جنگلی بود و براساس سنجه تعداد لکه، تعداد لکه‌های کشاورزی حدود یک و نیم برابر شده است. زاهدی کلاکی و همکاران (Zahedikelaki et al., 2022) با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین به بررسی روند تغییرات پوشش اراضی شهر بهشهر در رابطه با افزایش ضریب تاب‌آوری محیطزیستی پرداختند. نتایج تحلیل سنجه‌های سیمای سرزمین در این پژوهش نشان داد که سیمای سرزمین در طی زمان به‌سمت تکه‌تکه شدن و کاهش پیوستگی پیش‌رفته است. امینی و سیاح‌نیا (Amini & Sayahnia, 2022)، روند تغییرات کاربری اراضی شهرستان نظرآباد را با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده کاهش یکپارچگی در کلاسه اراضی کشت‌شده و توسعه و گسترش اراضی انسان‌ساخت در این اراضی بود. از طرف دیگر در اراضی بایر، افزایش یکپارچگی مشاهده شد. با توجه به مطالب یاد شده مشاهده می‌شود که نتایج بررسی سنجه‌های سیمای سرزمین در مناطق مختلف و بر اساس سنجه‌های متفاوت، تفاوت‌هایی دارد. بنابراین تحلیل تغییرات پوشش زمین با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین و وضعیت تخریب سیمای طبیعی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی ضروری است.

جنگل‌های زاگرس شمالی به‌دلیل دخالت‌های بی‌رویه انسانی و وابستگی بالای مردم به این جنگل‌ها همواره در معرض تهدید بوده‌اند. در بسیاری از مناطق این جنگل‌ها، کوخ‌های پراکنده (روستاهایی با یک تا ۳ خانوار) در داخل جنگل وجود دارد که شرایط ویژه‌ای را برای این جنگل‌ها به‌وجود آورده است. بهره‌برداری سنتی (گلازنی و تعلیف دام، برداشت چوب سوخت و زراعت در زیراشکوب جنگل) در این جنگل‌ها بسیار رایج هست. با توجه به روند شدید افزایش جمعیت و مشکلات اقتصادی در دهه‌های اخیر، افزایش فشار بر این جنگل‌ها بیشتر بوده و خطر تخریب جنگل‌ها افزایش یافته است (Mahmoudi et al., 2020).

سنجه‌های سیمای سرزمین یکی از ابزارهای کلاسیک بوم‌شناسی سیمای سرزمین برای اندازه‌گیری، تجزیه و تحلیل و تفسیر الگوهای مکانی است (Teece, 1930). با توجه به پژوهش‌های انجام شده می‌توان دریافت که در زمینه ارزیابی تغییرات کاربری در ارتباط با سیمای سرزمین در مناطق زاگرس

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-03]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.2.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.81]

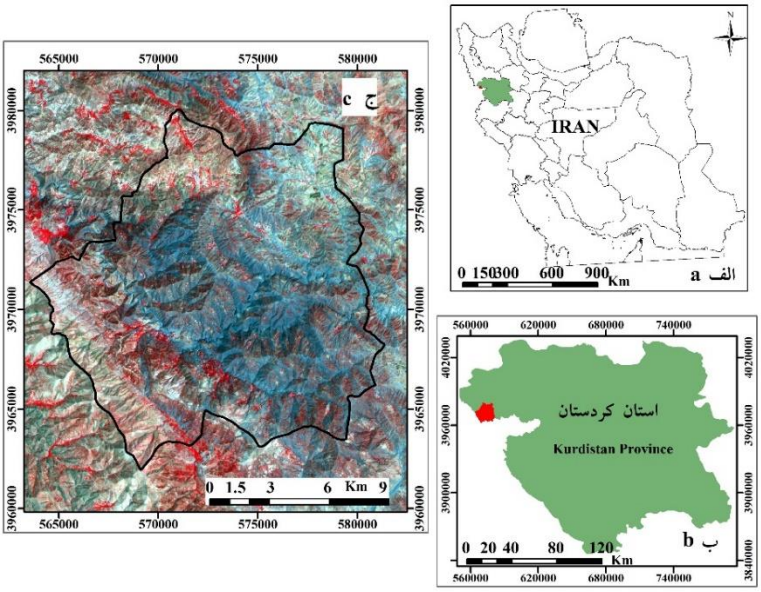
شمالی مطالعه‌ای انجام نشده است. بنابراین در این پژوهش از سنجه‌های سیمای سرزمین به‌منظور کمّی‌کردن ساختار سیمای سرزمین و بررسی تغییرات پوشش در بخشی از جنگل‌های زاگرس استفاده شد.

هدف از این پژوهش استفاده از سنجش از دور و بررسی کارایی سنجه‌های سیمای سرزمین در تحلیل تغییرات مناطق جنگلی و پوشش زمین در بخشی از مناطق جنگلی زاگرس شمالی در شهرستان بانه در دو دوره زمانی ده‌ساله است. در این پژوهش مجموعه‌ای از پرکاربردترین سنجه‌های سیمای برای بررسی روند تغییرات آنها در جنگل‌های آرمرده بانه انتخاب شدند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در غرب استان کردستان و در محدوده شهرستان بانه واقع شده است. این منطقه با مساحت ۱۹۹۶۴ هکتار در محدوده ارتفاع ۱۲۲۰ تا ۲۲۰۰ متر از سطح دریا و در محدوده جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه و ۱۶ ثانیه تا ۴۵ درجه و ۵۴ دقیقه و ۳ ثانیه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه و ۵۷ ثانیه تا ۳۵ درجه و ۵۷ دقیقه و ۴۴ ثانیه عرض شمالی قرار گرفته است. جنگل‌های بلوط، پوشش طبیعی منطقه را تشکیل می‌دهند. پوشش مرتعی تنها به‌صورت لکه‌های بسیار کوچک وجود دارد که آن‌هم ناشی از تخریب جنگل است. جنگل‌های منطقه مورد مطالعه ترکیبی از سه گونه اصلی بلوط‌های غرب (برودار، وی‌ول و مازودار) (۹۴ درصد) و گونه‌های همراه (۶ درصد) هستند. بیش از ۸۰ درصد پایه‌ها شاخه‌زاد و بقیه دانه‌زاد هستند (Ghazanfari, 2005). از نظر شرایط آب و هوایی، منطقه دارای اقلیم سرد و نیمه‌مرطوب با میانگین بارندگی سالانه ۷۶۰ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت ۱۴۰ سانتی‌گراد است (Ghazanfari, 2005).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ایران (الف)، استان کردستان (ب) و تصویر ماهواره‌ای منطقه (ج)
Figure 1. The Geographic Location of the study area in Iran (a), Kurdistan Province (b), and the satellite Imagery of the study area (c)

تهیه نقشه پوشش زمین

در پژوهش حاضر از تصاویر سنجنده +ETM ماهواره لندست ۷، سنجنده TM ماهواره لندست ۵ و سنجنده OLI لندست۸ به‌ترتیب برای تهیه نقشه‌های پوشش سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۹ استفاده شد.

انتخاب مناسب بازه زمانی داده‌های مورد استفاده برای پردازش در آشکارسازی تغییرات به اندازه انتخاب سنجنده‌ها، طبقات تغییر و الگوریتم‌های آشکارسازی تغییرات دارای اهمیت است. در این مطالعه از تصاویر چندین زمان مختلف شامل ماه‌های اردیبهشت و خرداد و مرداد ماه در هر سال به‌منظور طبقه‌بندی بهتر تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه پوشش زمین استفاده شد. تصاویر مربوط به زمان‌های مختلف به‌دلیل وضعیت پوشش مختلف اراضی کشاورزی، امکان بیشتری برای تفکیک درست اراضی کشاورزی و باغات و جنگل‌ها را فراهم می‌سازند.

تصاویر ماهواره‌ای به‌لحاظ تصحیحات هندسی و رادیومتری مورد بررسی قرار گرفتند. به‌دلیل اینکه تصاویر دریافتی در سطح L1T دارای تصحیحات هندسی دقیقی می‌باشند (del Castillo et al., 2015)، تصحیح هندسی انجام نشد. در این پژوهش به‌منظور انجام تصحیح اتمسفری از روش Flaash در محیط نرم‌افزار ENVI 5.3 استفاده شد (Yuan & Niu, 2008).

برای تهیه نقشه پوشش، ابتدا طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی بیشترین شباهت (Likelihood Maximum) انجام شد. سپس برای دست‌یافتن به یک نقشه دقیق، نقشه پوشش زمین حاصل از طبقه‌بندی

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-03]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.2.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.81]

مربوط به سه دوره، بر اساس نقشه واقعیت میدانی صددرصد موجود در سال ۱۳۸۷ (Moradi et al., 2009) و تصاویر گوگل ارث منطقه، مورد ویرایش قرار گرفتند.

محاسبه سنجه‌های سیمای سرزمین

در این مطالعه از نرم‌افزارهای FRAGSTAT و افزونه‌های Patch Analayst و PatchGrid نرم‌افزار ArcGIS به‌عنوان ابزارهای محاسبه سنجه‌های سیمای سرزمین استفاده شد. در نرم‌افزار FRAGSTAT و افزونه PatchGrid داده‌ها باید دارای ساختار رستری باشند، در صورتی‌که امکان تحلیل داده‌های برداری از طریق افزونه Patch Analyst نرم‌افزار ARCGIS فراهم است که دقت کار را بالا می‌برد. در این نرم‌افزارها، سنجه‌های سیمای سرزمین هم در سطح کلاس و هم در سطح سیمای سرزمین قابل محاسبه است. از نه سنجه سیمای سرزمین مورد بررسی در این پژوهش، چهار سنجه تعداد لکه‌ها (NP)، تراکم لکه‌ها (PD)، درصد هر کلاس (PLAND) و مساحت هر کلاس (CA) در سطح کلاس و پنج سنجه در سطح سیمای سرزمین شامل تعداد لکه (NP)، میانگین اندازه لکه (MPS)، شاخص تنوع شانون (SHDI)، شاخص بزرگ‌ترین لکه (LPI) و شاخص پیوستگی (Contag) بررسی شدند و در نهایت نتایج بر اساس تحلیل‌های افزونه PatchAnalyst که به‌دلیل استفاده از داده‌های با ساختار برداری، دارای دقت بالاتری است، ارائه شد.

جدول ۱- سنجه‌های بوم‌شناسی استفاده شده در این پژوهش

Table 1. The ecological metrics used in this study

نام سنجه Name of Metrics	حروف اختصاری (Abbreviation)	فرمول محاسباتی (Calculation Formula)	واحد (Unit)	محدوده تغییرات (Variation range)	منبع (Reference)
تعداد لکه‌ها number of patches	NP	ni	ندارد -	≥ 1	(McGarigal & Marks, 1995)
تراکم لکه‌ها patch Density	PD	$\frac{ni}{A}(10000)(100)$	تعداد در ۱۰۰هکتار (Number per 100 ha)	≥ 0	(McGarigal & Marks, 1995)
بزرگترین لکه Largest patch Index	LPI	$\frac{j = {}_1^n max(aij)}{A}(100)$	درصد (٪)	0-100	(McGarigal & Marks, 1995)
درصد مساحت Percentage of lands	pland	$\frac{\sum_{j=1}^{n} aij}{A}(100)$	درصد (٪)	0-100	(McGarigal & Marks, 1995)
پیوستگی Contagion	contag	$1 + \frac{\sum_{k=1}^{m} e_{ik}}{2Ln}(100)$	درصد (٪)	0-100	(McGarigal & Marks, 1995)
مساحت کلاسه Class Area	CA	$\sum_{i=1}^{n} aij\left(\frac{1}{10000}\right)$	هکتار (Hactare)	0-100	(McGarigal & Marks, 1995)
شاخص تنوع شانون Shannons Diversity Index	H`	$-\sum_{i=1}^{m}(pi \ln pi)$	ندارد –	≥ 0	(McGarigal & Marks, 1995)
میانگین اندازه لکه Mean Patch size	MPS	$\frac{\sum_{j=1}^{n} aij}{ni}\left(\frac{1}{10000}\right)$	هکتار (Hactare)	≥ 0	(McGarigal & Marks, 1995)

ni: تعداد کل لکه‌های هر کلاس i، A: کل گستره سیمای سرزمین (m^2)، aij: مساحت لکه ij ، m: تعداد انواع لکه‌ها، P_i: نسبتی از سیمای سرزمین اشغال شده توسط لکه i

ni: total number of patches in each class; A: total landscape area (m^2); aij: area of patch ij; m: number of patch types; P_i: proportion of the landscape occupied by patch type i

نتایج و بحث

نقشه پوشش سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۹:

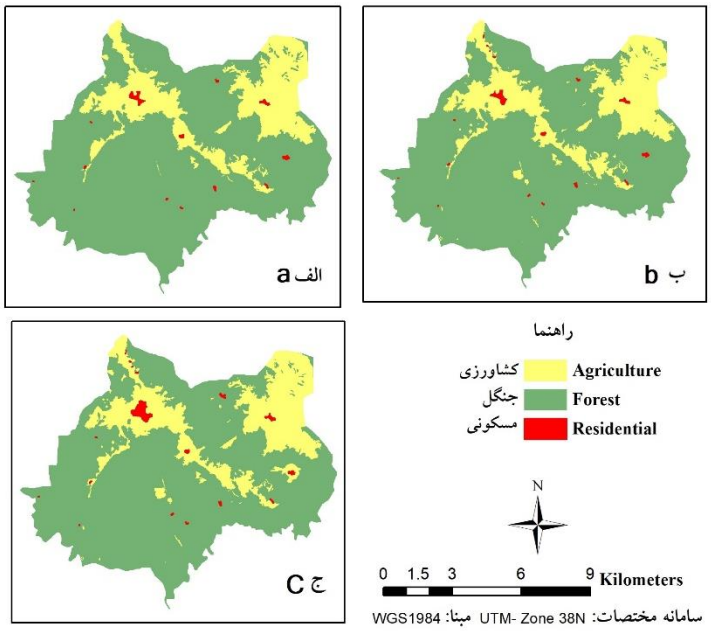
شکل ۲ نقشه‌های پوشش زمین را به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۹ نشان می‌دهند. ارزیابی صحت بر اساس ۴۰ نقطه از نقشه صددرصد واقعیت میدانی سال ۱۳۸۷ (Moradi et al., 2009) و تصاویر گوگل ارث و بازدید میدانی انجام شد (جدول ۲).

نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های سه دوره با صحت کلی ۹۰ تا ۹۸ درصد و ضریب کاپای ۰/۸۶ تا ۰/۹۷ نشان از صحت بالای نقشه‌های پوشش زمین تهیه شده دارد.

بررسی سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس

نتایج محاسبه سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس برای پوشش اراضی سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۹ در جدول ۳ ارائه شده است.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-03]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.2.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.81]



شکل ۲- نقشه پوشش اراضی سال ۱۳۷۷ (الف)، ۱۳۸۸ (ب)، ۱۳۹۹ (ج)
Figure 2. Land cover maps of 1998 (a), 2009 (b), 2020 (c)

جدول ۲- ارزیابی صحت نقشه‌های پوشش زمین در دوره‌های مورد بررسی
Table 2. The results of the land cover map accuracy assessment in the investigated times

سال (Year)	صحت کلی (%) (Overall accuracy **(%)**)	ضریب کاپا (Kappa coefficient)
۱۳۷۷ (1998)	90	0.86
۱۳۸۸ (2009)	94	0.91
۱۳۹۹ (2020)	98	0.97

جدول ۳- محاسبه سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس برای پوشش اراضی در دوره‌های زمانی موررد بررسی
Table 3. The results of the calculation of Landscape metices at class level in the investigated times

سنجه (Metric)	نوع پوشش (Land cover type)	۱۳۷۷ (1998)	۱۳۸۸ (2009)	۱۳۹۹ (2020)
تراکم لکه (PD)- تعداد در ۱۰۰ هکتار Patch Density (number per 100 hectares)	مسکونی Residential	0.14	0.18	0.18
	کشاورزی Agriculture	0.21	0.41	0.46
	جنگل Forest	0.23	0.24	0.20
تعداد لکه (NP) Number of patches	مسکونی Residential	13	17	17
	کشاورزی Agriculture	19	38	42
	جنگل Forest	21	22	18
درصد پوشش سیمای سرزمین (PLAND) Percentage of lands	مسکونی Residential	0.37	0.40	0.70
	کشاورزی Agriculture	20.81	21.41	21.94
	جنگل Forest	78.82	78.19	77.36
مساحت کلاس به هکتار (CA) Class Area (Hecatre)	مسکونی Residential	33.45	36.94	64.16
	کشاورزی Agriculture	1910.16	1964.70	2013.64
	جنگل Forest	7223.84	7175.81	7099.66

تجزیه و تحلیل سنجه مساحت کلاس (CA)

در بازه سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۸، مساحت پوشش جنگل حدود ۵۸ هکتار و در بازه سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۹، ۷۶/۱۵ هکتار کاهش یافته است. در هر دو دوره مورد بررسی مساحت کشاورزی و مناطق مسکونی افزایش یافته است. نتایج نشان‌دهنده روند تخریب شدیدتر جنگل در دوره دوم بوده است. در دوره اول میزان تبدیل جنگل به کشاورزی بیشتر از دوره دوم بوده است. در دوره دوم توسعه مناطق مسکونی و تبدیل جنگل به مناطق مسکونی بیشتر رخ داده است (جدول ۴). نتایج بررسی تغییرات پوشش زمین در این پژوهش همسو با نتایج

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-03]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.2.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.81]

مطالعاتی بی همتا طوسی و همکاران (Bihamta Toosi et al., 2014) و محمودی و همکاران (Mahmoudi et al., 2020) نشان‌دهنده کاهش وسعت اراضی دارای پوشش جنگلی در منطقه و افزایش اراضی زراعی و مسکونی است.

کاهش وسعت پوشش جنگلی و افزایش اراضی‌زراعی و کاربری مسکونی بیان‌گر تخریب پوشش طبیعی منطقه می‌باشد که عوامل انسان ساخت در بروز این تخریب‌ها تاثیر قابل ملاحظه‌ای داشته است. این روند رو به کاهش می‌تواند زنگ خطری برای توجه بیش‌تر به این منطقه باشد. از آنجا که اراضی زراعی، جزء پوشش نیمه طبیعی محسوب می‌شود که توسط انسان ایجاد شده و گسترش یافته است، افزایش گستره آن نشان دهنده تخریب منطقه و تغییر بستر منطقه به وسیله انسان است. از طرفی موقعیت اراضی جنگلی منطقه مورد مطالعه چنان است که احتمال تخریب و نفوذ انسان در سال‌های آینده در آن زیاد خواهد بود.

جدول ۴- تغییرات سطح پوشش زمین در دوره‌های زمانی مورد مطالعه

Table 4. Land cover changes in the investigated times

نوع پوشش LandCover	گستره تغییرات ۱۳۷۷-۱۳۸۸ (هکتار) (Change Area 1998-2009 (ha))	گستره تغییرات ۱۳۷۷-۱۳۸۸ (درصد) (Change Area 1998-2009 (%))	گستره تغییرات ۱۳۸۸-۱۳۹۹ (هکتار) (Change Area 2009-2020 (%))	گستره تغییرات ۱۳۸۸-۱۳۹۹ (درصد) (Change Area 2009-2020 (%))
جنگل Forest	-48.03	-0.63	-76.15	-0.83
کشاورزی Agriculture	54.54	0.60	48.94	0.53
مسکونی Residential	3.49	0.03	27.22	0.30

تجزیه و تحلیل سنجه درصد پوشش سیمای سرزمین (PLAND)

با توجه به نتایج بدست از آمده در این پژوهش در سه سال مورد بررسی (۱۳۹۹-۱۳۷۷) بیشترین درصد پوشش مربوط به پوشش جنگل و کمترین درصد پوشش مربوط به مسکونی می‌باشد (جدول ۳). بررسی این سنجه در بازه زمانی (۱۳۹۹-۱۳۷۷) بیانگر افزایش درصد پوشش مسکونی و کشاورزی و کاهش پوشش جنگل است به‌طوری که در سال ۱۳۷۷ پوشش جنگلی ۷۸/۸۲ درصد منطقه را تشکیل می‌داده که در سال ۱۳۹۹ این مقدار به ۷۷/۳۶ درصد کاهش یافته است (جدول ۳). بنابراین درصد کاهش مساحت جنگل‌ها در طول ۲۲ سال ۱/۴۶ درصد معادل میزان تخریب سالیانه ۰/۰۶۶ درصد است. سنجه درصد پوشش سیمای سرزمین نسبت درصد هر کلاس و نسبت فراوانی هر نوع لکه در سیمای سرزمین را تعیین می‌کند و یکی از انواع سنجه‌های سیمای سرزمین در بسیاری از کاربری‌های بوم‌شناسی می‌باشد که مرتبط با شاخص مساحت کلاس می‌باشد (Yigit & Benliay, 2022). کاهش این سنجه‌ها در پوشش جنگلی و افزایش در پوشش مسکونی و کشاورزی (دو عامل انسان ساخت در تخریب منابع طبیعی) در بازه‌های زمانی مورد بررسی، نشان‌دهنده تخریب جنگل در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. نتایج تحقیقات منصوری و همکاران (Mansouri et al., 2022) و نصیری و همکاران (Nasiri & Darvishsefat., 2019) در سایر مناطق جنگلی کشور نیز در اکثر موارد نشان‌دهنده کاهش گستره سطح جنگل‌ها در طول زمان بوده است. در منطقه مورد مطالعه در دوره دوم مورد بررسی (۱۳۹۹-۱۳۸۸) توسعه بخش مسکونی نسبت به دوره اول بیشتر بوده که باید توسط مدیران منابع طبیعی مدنظر قرار گیرد.

تجزیه و تحلیل سنجه تعداد لکه‌ها (NP)

نتایج به‌دست آمده از این مطالعه نشان دهنده افزایش تعداد لکه‌های مسکونی (از ۱۳ به ۱۷) و کشاورزی (از ۱۹ به ۴۲) از جمله کاربری‌های انسان‌ساخت و کاهش تعداد لکه‌های جنگلی (از ۲۱ به ۱۸) در بازه زمانی ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۹ می‌باشند. کاهش تعداد لکه‌های جنگلی نشان‌دهنده تبدیل لکه‌های کوچک جنگلی باقی‌مانده به سایر کاربری‌هاست. آرخی (Arekhi, 2015) و نصیری (Nasiri, 2019) نیز در پژوهش خود نتایج مشابهی را ارائه داده‌اند.

بررسی سنجه تعداد لکه هر کلاس در بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۸ نشان داد که تعداد لکه‌های کشاورزی دو برابر شده است (از ۱۹ لکه به ۳۸ لکه) که نشان‌دهنده عدم نظارت صحیح بر منابع طبیعی و تخریب لکه‌های جنگلی و تبدیل آن به کشاورزی است.

تجزیه و تحلیل سنجه تراکم لکه‌ها (PD)

مقایسه سنجه تراکم لکه‌ها در سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۸۸ و ۱۳۹۹ نشان داد که این سنجه در پوشش کشاورزی افزایش یافته است. در پوشش مسکونی هم افزایش تراکم لکه در سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۸ مشاهده می‌شود (جدول ۳). مارتینز و همکاران (Martins et al., 2018) بیان کرده‌اند که تراکم لکه‌های هر کلاس یکی از مهمترین سنجه‌هایی است که در بررسی تغییرات پوشش منطقه مورد مطالعه قرار می‌گیرد. این سنجه شاخصی از تکه تکه شدن زیستگاه می‌باشد و نشان‌دهنده تعداد لکه‌ها در هر ۱۰۰ هکتار است. در منطقه مورد مطالعه گسترش مناطق مسکونی و افزایش پوشش کشاورزی نشان‌دهنده تخریب یکپارچگی پوشش اراضی می‌باشد.

محاسبه سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح سیمای سرزمین

ارزیابی سنجه‌ها در سطح سیمای سرزمین هم انجام شد تا روند کلی سیمای سرزمین مورد مطالعه قرار گیرد. نتایج محاسبه سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح سیمای سرزمین برای پوشش اراضی سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۹ در جدول ۵ ارائه شده است.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-03]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.2.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.81]

جدول ۵- محاسبه سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح سیمای سرزمین در زمان‌های مورد بررسی
Table 5. Calculation of Landscape metices at landscape level in the investigated times

نام سنجه/سال Metric Name/Year	۱۳۷۷ (1998)	۱۳۸۸ (2009)	۱۳۹۹ (2020)
تعداد لکه (NP) Largest patch Index	53	77	77
میانگین اندازه لکه (MPS) Mean Patch size	173.16	119.19	119.18
بزرگترین لکه (LPI) Largest patch Index	78.78	77.35	77
تنوع شانون (H`) Shannons Diversity Index	0.53	0.54	0.56
شاخص پیوستگی (CONTAG) Contagion	70.53	69.72	68.49

تجزیه و تحلیل سنجه تعداد لکه (NP)

سنجه تعداد لکه در سطح سیمای سرزمین در بازه زمانی ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۹ نشان از افزایش تعداد لکه‌ها دارد و از ۵۳ لکه در سال ۱۳۷۷ به ۷۷ لکه در سال ۱۳۹۹ رسیده است (جدول ۵) که نشان از تکه تکه شدن زیستگاه است. این نتایج با نتایج نصیری و همکاران (Nasiri & Darvishsefat, 2019) همسو می‌باشد. ثابت ماندن تعداد کل لکه‌ها از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۹ نشان‌دهنده ثبات وضعیت پوشش زمین نیست، بلکه به‌دلیل ثابت ماندن تعداد لکه‌های مسکونی از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۹ و افزایش تعداد ۴ لکه کشاورزی و کاهش تعداد ۴ لکه جنگلی در این بازه زمانی است (جدول ۳).

تجزیه و تحلیل میانگین اندازه لکه (MPS)

نتیجه تحلیل این سنجه در سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۹، حاکی از کاهش میانگین اندازه لکه (جدول ۵) است. کاهش میانگین اندازه لکه در سطح سیمای سرزمین نشان از تکه تکه شدگی زیستگاه دارد. مارتینز و همکاران (Martins et al., 2018) نیز بیان کرده‌اند که هرچه میانگین اندازه لکه‌ها کاهش پیدا کند، سرزمین با تکه تکه شدگی بیشتری همراه است و تعداد لکه‌ها افزایش می‌یابد. هر چه تکه تکه‌شدگی زیستگاه بیشتر شود، بوم‌سازگان در معرض آسیب‌پذیری بیشتری قرار می‌گیرد.

تجزیه و تحلیل سنجه بزرگ‌ترین لکه (LPI)

با بررسی سنجه بزرگترین لکه در سطح سیمای سرزمین در بازه زمانی (۱۳۹۹-۱۳۷۷) روند کاهشی آن مشهود است (۷۸/۰۰-۷۸/۷۷ هکتار) (جدول ۵). کاهش مساحت بزرگترین لکه نیز بر تخریب یکپارچگی پوشش زمین دلالت دارد. از آنجا که بزرگترین لکه در منطقه مورد مطالعه مربوط به پوشش جنگلی بوده و در بازه زمانی مورد مطالعه، کاهش یافته است می‌توان بیان کرد که این کاهش در اثر تخریب پوشش‌های جنگلی و تبدیل آنها به کاربری‌های مسکونی و کشاورزی می‌باشد و این موضوع خود نشان‌دهنده تخریب یکپارچگی پوشش اراضی است. با مقایسه این شاخص با شاخص تعداد لکه (افزایش تعداد لکه‌های مسکونی، کشاورزی و کاهش کم تعداد لکه پوشش جنگلی در بازه زمانی (۱۳۹۹-۱۳۷۷) که در سطح کلاس مورد بررسی قرار گرفت؛ می‌توان نتیجه گرفت که هر میزان مقدار کل تکه‌ها افزایش پیدا کند نشان از تکه تکه شدن بیشتر منطقه موردمطالعه است.

تجزیه و تحلیل سنجه پیوستگی (Contag)

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این سنجه در بازه‌های زمانی ۱۳۸۸-۱۳۷۷ و ۱۳۹۹-۱۳۸۸ میزان آن کاهش پیدا کرده است (جدول ۵). دامنه این سنجه بین ۰ و ۱۰۰ بسته به میزان پیوستگی لکه‌ها متغیر می‌باشد. در صورت افزایش میزان ناپیوستگی (تکه تکه شدن) انواع لکه‌های سیمای سرزمین این مقدار به صفر نزدیک می‌شود و درصورت کاهش ناپیوستگی و وجود یک لکه واحد در کل سیمای سرزمین این مقدار مساوی با عدد صد است. این سنجه با تراکم لکه رابطه عکس دارد؛ بنابراین کاهش آن یکی از نشانه‌های تخریب سیمای سرزمین می‌باشد (Martins et al., 2018; Ramezani & Ramezani, 2021).

تجزیه و تحلیل سنجه تنوع شانون (H`)

نتایج به‌دست آمده در بازه زمانی ۱۳۹۹-۱۳۷۷ نشان‌دهنده افزایش شاخص تنوع شانون از ۰/۴۸ تا ۰/۵۲ است (جدول ۴). این شاخص، بیانگر میزان تنوع نسبی لکه‌ها در سطح سیمای سرزمین می‌باشد. در صورتی‌که سیمای سرزمین تنها دارای یک لکه باشد (به‌عنوان مثال تنها از یک لکه کشاورزی یا جنگل یا مسکونی) در این‌صورت این تنوع معادل صفر و در صورت افزایش این لکه‌ها میزان این سنجه افزایش پیدا می‌کند (Ramezani & Ramezani, 2021). همچنین تفسیر نتایج حاصل از شاخص تنوع شانون در کاربری‌های انسان ساخت، با کاربری‌های طبیعی متفاوت است؛ یعنی ممکن است افزایش تنوع کاربری‌های انسان ساخت یک نتیجه منفی را نشان دهد که نشان‌دهنده تخریب منطقه مورد مطالعه باشد، اما همین افزایش تنوع در کاربری‌های طبیعی نشان‌دهنده بهبود روابط بوم‌سازگان‌ها باشد. افزایش میزان این سنجه در منطقه مورد مطالعه نشان‌دهنده افزایش میزان تنوع و پراکنش لکه‌ها و تخریب منطقه است. بنابراین وضعیت ساختار سرزمین منطقه در شرایط فعلی به‌صورت اختلالی و بیان‌گر روند توسعه تخریب است.

از آنجایی‌که سیمای سرزمین دارای الگوی پیچیده‌ای است، نیاز به سنجه‌های متنوعی جهت کمّی‌سازی و تحلیل این الگوها است (Fortin et al., 2003; McGarigal & Marks, 1995). در بررسی تغییرات پوشش زمین با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین؛ نتایج پژوهش‌های انجام شده همانند میرزایی و همکاران (Mirzayi et al., 2013) و نصیری و همکاران (Nasiri & Darvishsefat, 2019) بیانگر نقش اساسی و مهم سنجه‌های سیمای سرزمین در ارزیابی ساختار

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-03]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.2.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.81]

سیمای سرزمین و پوشش گیاهی منطقه و ارتباط بین الگوهای مکانی و فرایندهای بوم‌شناسی است.

در سال‌های اخیر به‌دلیل عدم استفاده منطقی از سرزمین (Makhdom, 2008)، تبدیل و تغییر در نوع استفاده از سرزمین در کشور روند رو به‌رشدی داشته است. توسعه مناطق مسکونی و گسترش زمین‌های زراعی نمونه‌هایی از این تخریب‌ها هستند. بنابراین با توجه به آثار منفی ناشی از استفاده نامناسب از سرزمین، شناخت تغییرات سیمای سرزمین در طی زمان برای ارزیابی اثرات محیط زیستی ناشی از توسعه، پیش‌بینی تغییر سیمای سرزمین، ارزیابی نتایج استراتژی‌های مختلف مدیریتی و شناسایی مناطق حساس به‌منظور طرح‌ریزی و مدیریت پایدار سرزمین ضروری است (Mirzayi et al., 2013; Narumalani et al., 2004; Nasiri & Darvishsefat, 2019).

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش ارزیابی سنجه‌های سیمای سرزمین با هدف اهمیت نقش سنجه‌های سیمای سرزمین و کمّی‌سازی آنها در بررسی تغییرات پوشش جنگل‌های آرمرده بانه استان کردستان مورد ارزیابی قرار گرفت. از آنجایی‌که درک تغییرات مکانی و زمانی الگوی سیمای‌سرزمین برای پیش‌بینی پروژه‌هایی با اهداف مختلف مانند ارزیابی و آمایش سرزمین، مدیریت منابع و حفاظت‌تنوع‌زیستی لازم است و با درنظر داشتن توانایی بالای سنجه‌ها در کمّی‌سازی سیمای سرزمین، بایستی از نتایج حاصل از این‌گونه مطالعات در برنامه‌ریزی و مدیریت در سطوح محلی، منطقه‌ای و ملی استفاده گردد.

نتایج بررسی سنجه‌ها در سطح سیمای سرزمین در منطقه مورد بررسی نشان از تکه‌تکه شدگی سیمای سرزمین و تخریب منطقه در گذر زمان است. بررسی سنجه‌ها در سطح کلاس نشان از افزایش تعداد لکه‌های کشاورزی و مسکونی و کاهش تعداد و سطح لکه‌های جنگلی در منطقه است. بنابراین برنامه‌ریزی‌های مدیریتی در این منطقه باید بر اساس اصول حفاظتی و حمایتی از عرصه‌های طبیعی و جنگلی صورت گیرد. پیشنهاد می‌شود با توجه ویژه به مناطق جنگلی تخریب‌یافته و نظارت و مدیریت صحیح، از توسعه بیشتر مناطق کشاورزی و تغییر کاربری و در نتیجه تکه تکه شدن و تخریب بیشتر مناطق جنگلی جلوگیری شود و طرح‌هایی برای بازسازی مناطق تخریب‌شده تدوین گردد.

References

Amini, M. & Sayahnia, R. (2022). Investigation of Nazarabad County Ecological Security Based on the Trend of Land Use Changes Using Landscape Metrics. *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, *14*(1), 107–123 (In Persian). https://doi.org/10.52547/gisj.14.1.107

Apan, A. A., Raine, S. R. & Paterson, M. S. (2002). Mapping and analysis of changes in the riparian landscape structure of the Lockyer Valley catchment, Queensland, Australia. *Landscape and Urban Planning*, *59*(1), 43–57. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0169-2046(01)00246-8

Arekhi, S. (2015). Application of landscape metrics in assessing land use changes' trend by using remote sensing and GIS case study: Dehloran desert area. *Geography and Development*, *13*(40), 59–68 (In Persian).

Barati, B., Jahani, A., Zebardast, L. & Rayegani, B. (2017). Integration assessment of the protected areas using landscape ecological approach (Case Study: Kolah Ghazy National Park and Wildlife Refuge). *Town and Country Planning*, *9*(1), 153–168 (In Persian).

Bihamta Toosi, N., Safianian, A. & Fakheran, S. (2014). Analysis of land cover changes in the central part of Isfahan (Iran) using landscape metrics. *Iranian Journal of Applied Ecology*, *2*(6), 77–88 (In Persian).

Birkinshaw, J., Zimmermann, A. & Raisch, S. (2016). How Do Firms Adapt to Discontinuous Change? Bridging the Dynamic Capabilities and Ambidexterity Perspectives. *California Management Review*, *58*(4), 36–58. https://doi.org/10.1525/cmr.2016.58.4.36

del Castillo, E. M., García-Martin, A., Aladrén, L. A. L. & de Luis, M. (2015). Evaluation of forest cover change using remote sensing techniques and landscape metrics in Moncayo Natural Park (Spain). *Applied Geography*, *62*, 247–255.

Dey, P. & Mishra, A. (2017). Separating the impacts of climate change and human activities on streamflow: A review of methodologies and critical assumptions. *Journal of Hydrology*, *548*, 278–290. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.03.014

Fonstad, M. A., Dietrich, J. T., Courville, B. C., Jensen, J. L. & Carbonneau, P. E. (2013). Topographic structure from motion: a new development in photogrammetric measurement. *Earth Surface Processes and Landforms*, *38*(4), 421–430.

Fortin, M., Boots, B., Csillag, F. & Remmel, T. K. (2003). On the role of spatial stochastic models in understanding landscape indices in ecology. *Oikos*, *102*(1), 203–212.

Ghazanfari, H. (2005). *Multipurpose forest management plan, emphasis on organizing and management of pollarding in Armardeh, west of Iran* (In Persian).

Ghosh, A., Munshi, M., Areendran, G. & Joshi, P. K. (2012). Pattern space analysis of landscape metrics for detecting changes in forests of Himalayan foothills. *Asian Journal of Geoinformatics*, *12*(1), 1–12.

Hadian, F., Jafari, R. & Bashari, H. (2016). Monitoring land use and land cover changes in Semirom region based on spatial development and population variation using satellite data. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, *22*(4), 730–744 (In Persian).

Kamal, M., Phinn, S. & Johansen, K. (2015). Object-based approach for multi-scale mangrove composition mapping using multi-resolution image datasets. *Remote Sensing*, *7*(4), 4753–4783.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-03]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.2.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.81]

Karami, A. & Feghhi, J. (2012). Investigation of Quantitative metrics to protect the landscape in land use by sustainable pattern (Case study: Kohgiluyeh and Boyer Ahmad). *Journal of Environmental Studies*, *37*(60), 79–88 (In Persian).

Mahmoudi, H., Pir Bavaghar, M. & Fatehi, P. (2020). Deforestation Risk Zoning Using Analytical Hierarchy Process. *Geography and Environmental Sustainability*, *10*(3), 91–106 (In Persian).

Makhdom, M. (2008). Landscape ecology against environmental research. *Journal of Environmental Application and Science*, *3*(3), 147–160 (In Persian).

Mansouri, M., Badehian, Z., Ghobadi, M. & Maleknia, R. (2022). Application of Landscape Ecology Measures in Analysis and Quantification of Land Cover in Forest Ecosystems (Study Area: Dadabad Sub-Basin, Khorramabad City). *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, *9*(18), 151–172 (In Persian).

Martins, R. N., Abrahão, S. A., Ribeiro, D. P., Colares, A. P. F. & Zanella, M. A. (2018). Spatio-temporal analysis of landscape patterns in the Catole watershed, Northern Minas Gerais. *Revista Árvore*, *42*, e420407.

McGarigal, K. & Marks, B. J. (1995). Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. *Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station*, 1–122.

Mirzayi, M., Riyahi Bakhtiyari, A., Salman Mahini, A. & Gholamalifard, M. (2013). Investigating the land cover changes in Mazandaran Province using landscape ecology's metrics between 1984-2010. *Iranian Journal of Applied Ecology*, *2*(4), 37–55 (In Persian).

Moradi, R., Ghahramani, L., Pir Bavaghar, M. & Fatehi, P. (2009). Investigating the capability of satellite images in the mapping of forest maps in Northern Zagros (case study: Baneh forests),. *The Third Regional Conference on Agricultural and Natural Resources Research Findings*, 10 (In Persian).

Narumalani, S., Mishra, D. R. & Rothwell, R. G. (2004). Change detection and landscape metrics for inferring anthropogenic processes in the greater EFMO area. *Remote Sensing of Environment*, *91*(3), 478–489. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.04.008

Nasiri, V. & Darvishsefat, A. A. (2019). Change Detection and Analysis of Land Use Land Cover Changes Using Ecological Landscape Metrics (Case study: Arasbaran region, 1990-2014). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, *25*(4), 1–18 (In Persian) https:// doi.org/ 10.22069/ jwfst. 2019. 14944.1744

Ramezani, H. & Ramezani, F. (2021). Status and trend analysis in landscape pattern through field-based sampling data. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, *19*(3), 469–481.

Richardson, S. D. (2008). Environmental mass spectrometry: emerging contaminants and current issues. *Analytical Chemistry*, *80*(12), 4373–4402.

Sayers, P., Penning-Rowsell, E. C. & Horritt, M. (2018). Flood vulnerability, risk, and social disadvantage: current and future patterns in the UK. *Regional Environmental Change*, *18*(2), 339–352. https://doi.org/10.1007/s10113-017-1252-z

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O. & Ludwig, C. (2015). The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration. *The Anthropocene Review*, *2*(1), 81–98.

Teece, D. J. (1930). Business models and Dynamic Capabilities Long Range Planning Volume 51, Issue 1, February 2018. *Institute for Business Innovation, F402 Haas School of Business*, 91930–94720.

Titeux, N., Henle, K., Mihoub, J. B., Regos, A., Geijzendorffer, I. R., Cramer, W., Verburg, P. H. & Brotons, L. (2016). Biodiversity scenarios neglect future land-use changes. *Global Change Biology*, *22*(7), 2505–2515. https://doi.org/10.1111/gcb.13272

Turner, M. G. (2005). Landscape Ecology: What Is the State of the Science? *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36(1), 319–344. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys. 36.102003. 152614

Yigit, S. & Benliay, A. (2022). Assessment of Landscape Changes in Hatay-Samandag Region By Using Landscape Metrics. *Fresenius Environmental Bulletin*, *31*(1), 583–592.

Yuan, J. & Niu, Z. (2008). Evaluation of atmospheric correction using FLAASH. *2008 International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications*, 1–6.

Zahedikelaki, E., Motevalli, S., Mahmoudzadeh, H. & Ganbaz Ghobadi, G. (2022). Explanation of urban ecology structure in order to improvement environmental resilience using the analysis of landscape metrics (Case study of Behshahr city). *Geography and Planning*, *25*(78), 197–218 (In Persian).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-03]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.2.0]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.81]