



شبیه‌سازی و ارزیابی اثرات تغییرات کاربری و پوشش اراضی در درون و پیرامون مناطق حفاظت شده استان لرستان، ایران

سیده زهرا موسوی ندروند^۱، عبدالرسول سلمان ماهینی^{۲*}، پیمان کرمی^۳، سید حامد میرکریمی^۴، حمیدرضا کامیاب^۵

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۲- استاد، گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۳- دکتری، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

۴- دانشیار، گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۵- استادیار، گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	پایش و تحلیل تغییرات کاربری و پوشش زمین (LULC) در مناطق حفاظت‌شده و حریم پیرامونی آن‌ها نقش مهمی در مدیریت پایدار زیستگاه‌ها و حفظ تنوع زیستی دارد. این مطالعه تغییرات LULC را در چهار منطقه حفاظت‌شده استان لرستان (قالیکوه، اشترانکوه، سفیدکوه و شادابکوه) و همچنین بافر ۲۰ کیلومتری اطراف آن‌ها در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۵۰ بررسی می‌کند. نوآوری اصلی تحقیق، تحلیل همزمان داخل مناطق حفاظت‌شده و حوزه نفوذ پیرامونی برای تفکیک دقیق‌تر فشارهای درون‌زا و برون‌زا و شناخت بهتر اثرات انسانی است. نقشه‌های LULC با ترکیب تصاویر ماهواره‌ای Landsat و محصول جهانی GLC_FCS30 با دقت ۳۰ متر تهیه شد. پیش‌بینی تغییرات تا سال ۲۰۵۰ با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک در نرم‌افزار TerrSet انجام گرفت. برای تحلیل دقیق تغییرات در چهار منطقه حفاظت‌شده استان لرستان و بافر ۲۰ کیلومتری پیرامون آن‌ها، آزمون‌های آماری فریدمن، ویلکاکسون، آزمون نسبت‌ها و کای‌اسکوئر (مقایسه دوتایی) در محیط نرم‌افزار SPSS به کار گرفته شد. این آزمون‌ها به منظور بررسی معنی داری تغییرات LULC در داخل مناطق حفاظت‌شده و حوزه نفوذ پیرامونی اجرا شدند و سطح معنی‌داری ۵ درصد لحاظ شد. نتایج نشان داد که در داخل مناطق حفاظت‌شده، تغییرات معنی‌داری به ویژه در طبقات انسان‌ساخت و کشاورزی رخ داده است و پوشش جنگلی و منابع آبی نسبتاً پایدارتر بوده‌اند. همچنین، فشارهای انسانی در بافر پیرامونی افزایش یافته و موجب گسترش کاربری‌های انسان‌ساخت و کشاورزی شده است. این یافته‌ها ضرورت مدیریت یکپارچه فراتر از مرزهای رسمی مناطق حفاظت‌شده، استفاده از فناوری‌های نوین سنجش‌ازدور و مشارکت فعال جوامع محلی برای حفاظت پایدار منابع طبیعی را نشان می‌دهد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۲۵	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۸	
دسترسی آنلاین: ۱۴۰۴/۰۶/۲۹	
کلید واژه‌ها: مناطق حفاظت‌شده، تحلیل آماری، مدل رگرسیون لجستیک، استان لرستان، تغییرات کاربری اراضی	



Simulation and Impact Assessment of Land Use and Land Cover Changes Inside and Around Protected Areas in Lorestan Province, Iran

Seyede Zahra Mousavi Nadarvand¹, Abdolrassoul Salmanmahiny^{2✉}, Peyman.Karami³, Seyedhamed Mirkarimi⁴, Hamidreza Kamyab⁵

1. PhD Candidate, Department of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
2. Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
3. PhD, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment Sciences, Malayer University, Malayer, Iran
4. Associate Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
5. Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received:
2025/07/16

Accepted:
2025/08/09

Available online:
2025/09/20

Keywords:

Protected areas,
statistical analysis,
logistic regression
model,
Lorestan Province,
Land Use Change

Abstract

Monitoring and analyzing land use and land cover (LULC) changes in protected areas and their surrounding buffer zones play an important role in sustainable habitat management and biodiversity conservation. This study examines LULC changes in four protected areas of Lorestan Province, Iran (Ghalikouh, Oshtorankouh, Sefidkouh, and Shadabkouh), together with a 20-kilometer buffer zone, over the period 1990–2050. The key novelty of this research lies in the simultaneous analysis of both the protected areas and their adjacent zones, enabling a clearer distinction between internal and external pressures and a deeper understanding of human-induced impacts. LULC maps were generated by integrating Landsat satellite imagery with the global GLC_FCS30 product at a 30-meter resolution. Future changes up to 2050 were projected using logistic regression modeling in TerrSet software. To assess the significance of LULC changes within the protected areas and their surrounding buffers, statistical tests including Friedman, Wilcoxon, proportion tests, and Chi-square were performed in SPSS at a 5% significance level. The results indicated significant changes inside the protected areas, particularly in built-up and agricultural classes, whereas forest cover and water bodies remained relatively stable. In addition, human pressures in the surrounding buffers intensified, resulting in the expansion of built-up and agricultural land uses. These findings emphasize the necessity of integrated management beyond the official boundaries of protected areas, the use of advanced remote sensing technologies, and active participation of local communities to ensure sustainable conservation of natural resources.

مقدمه

مناطق تحت حفاظت یکی از مهم‌ترین راهکارها برای حفظ طبیعت و تنوع زیستی هستند. این مناطق علاوه بر حفاظت از سیمای سرزمین و حیات وحش، نقش‌های محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی متعددی دارند و می‌توانند به معیشت جوامع محلی، توسعه گردشگری و مقابله با تغییر اقلیم کمک کنند (Islam et al., 2020; Luiza Petroni et al., 2022). با این حال، رشد فعالیت‌های انسانی مانند شهرنشینی و توسعه زیرساخت‌ها، پایداری این مناطق را تهدید کرده و زیستگاه‌های حیات وحش را تحت فشار قرار داده است (Buzási and Jäger, 2020). در کنار استفاده‌های مناسب از این مناطق، افزایش فشار بر آن‌ها می‌تواند منجر به مشکلاتی مانند دفع غیرقانونی زباله، ورود گونه‌های مهاجم، خرابکاری و تصرف زمین شود (Luiza Petroni et al., 2022). تغییرات LULC ناشی از فعالیت‌های انسانی نظیر گسترش اراضی کشاورزی، توسعه شهری و چرای مفرط، با کاهش پوشش گیاهی، تخریب خاک و زوال تدریجی ساختار و عملکرد اکوسیستم‌ها همراه است (Imran and Din, 2021). تغییرات کاربری و پوشش زمین (LULC) که محصول برهم‌کنش پیچیده میان عوامل طبیعی، اقتصادی و اجتماعی است، طی دهه‌های اخیر منجر به دگرگونی‌های چشمگیر در ساختار و کارکرد اکوسیستم‌های مختلف در مقیاس جهانی شده است. درک دقیق الگوها و روندهای تغییر در LULC نقش بنیادی در مدیریت مؤثر منابع سرزمینی و مقابله با پیامدهای ناشی از این تغییرات دارد (Ait et al., 2024; El Haj et al., 2023; Yang et al., 2024).

پیشرفت‌های حاصل در حوزه سنجش‌ازدور، به‌ویژه افزایش دسترسی به تصاویر ماهواره‌ای با وضوح مکانی و زمانی بالا و توسعه روش‌های پیشرفته پردازش داده‌ها، ابزارهای کارآمدی برای پایش و تحلیل دقیق تغییرات LULC در اختیار پژوهشگران قرار داده است. نقشه‌های به‌روز و دقیق LULC نقش کلیدی در شناسایی الگوهای فضایی و بررسی ارتباط میان فرآیندهای طبیعی، اجتماعی و اقتصادی ایفا می‌کنند و زمینه را برای مدیریت مؤثرتر منابع و محیط‌زیست فراهم می‌سازند (Chaudhuri et al., 2017; and Mishra, 2016; Rwanga and Ndambuki, 2017). همچنین، پایش و تحلیل روند تغییرات LULC می‌تواند ابزار مؤثری برای برنامه‌ریزی و مدیریت مناطق تحت حفاظت باشد (Parvar and Salmanmahiny, 2025). در این راستا، در سال‌های اخیر، پیش‌بینی تغییرات LULC به یکی از ابزارهای کلیدی در مدیریت سرزمین و حفاظت از بوم‌سازگان‌ها تبدیل شده است که می‌تواند در کاهش تهدیدات محیط زیستی و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی نقش مؤثری ایفا کند (Sobhani et al., 2021). مدل‌های مختلفی برای این منظور توسعه یافته‌اند که از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به مدل LCM (Bairwa et al., 2021)، مدل‌های مختلفی برای این منظور توسعه یافته‌اند که از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به مدل LCM (Bairwa et al., 2021)، مدل زنجیره مارکوف-اتوماتای سلولی (Mosleh, 2025)، CLUE-S (Lamichhane and Shakya, 2021)، GEOMOD (Pontius et al., 2001) و DINAMICA (Pokhrel and Shakya, 2021) اشاره کرد. هر یک از این مدل‌ها با بهره‌گیری از روش‌های متنوع مانند رگرسیون لجستیک، شبکه عصبی مصنوعی، وزن شواهد و احتمالات تجربی، توانایی شبیه‌سازی و پیش‌بینی تغییرات فضایی-زمانی LULC را دارند. در این میان، مدل رگرسیون لجستیک با تحلیل تغییرات گذشته و بررسی روندهای زمانی، امکان پیش‌بینی دقیق تغییرات آتی به ویژه توسعه شهری را فراهم می‌آورد (Salem et al., 2021).

پایش تغییرات LULC در مناطق تحت حفاظت در مطالعات متعددی مورد توجه قرار گرفته است (Ghosh et al., 2021; Moghadam and Helbich, 2013; Munthali et al., 2020; Sobhani et al., 2021; Zhou et al., 2020). در این راستا، Sobhani و همکاران (۲۰۲۱)، با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و مدل‌سازی پیش‌بینی، روند تغییرات در دو منطقه تحت حفاظت استان تهران را بررسی و نشان دادند که این تغییرات می‌توانند فراتر از استانداردهای مدیریتی، به تخریب زیستگاه‌ها منجر شوند (Sobhani et al., 2021). Ramachandra و همکاران (۲۰۱۸) کاهش پوشش جنگل در Western Ghats هند و تأثیر آن بر بازایش گونه‌ها و منابع آب را بررسی کرده و بر لزوم مدیریت مؤثر تأکید کردند (Ramachandra et al., 2018). Lin و همکاران (۲۰۲۴) با پیش‌بینی تغییرات LULC در حوضه دریاچه فوکسیان، اثربخشی چارچوب پیشنهادی خود را در ارزیابی سناریوهای مختلف نشان دادند (Lin et al., 2024). همچنین، Wolf و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعات خود در مناطق

جاجرود و کاوده، افزایش ریسک اکولوژیکی ناشی از کاهش مراتع و گسترش اراضی ساخته شده را گزارش کردند. با وجود این، بیشتر مطالعات بر تغییرات درون مناطق حفاظت شده تمرکز دارند و تأثیر پویایی‌های پیرامونی کمتر بررسی شده است. این مطالعه با رویکردی یکپارچه، تغییرات LULC در داخل و اطراف مناطق حفاظت شده استان لرستان را تحلیل کرده و با شناسایی عوامل مؤثر و ارزیابی تأثیر آن‌ها بر زیستگاه‌های طبیعی، به ارائه راهکارهای مدیریتی مؤثر برای حفظ و بهبود این مناطق می‌پردازد. پایش همزمان و مجزای تغییرات در داخل و خارج از مناطق تحت حفاظت می‌تواند تصویر جامع‌تری از فشارهای انسانی و روند تخریب یا بهبود زیستگاه‌ها ارائه دهد.

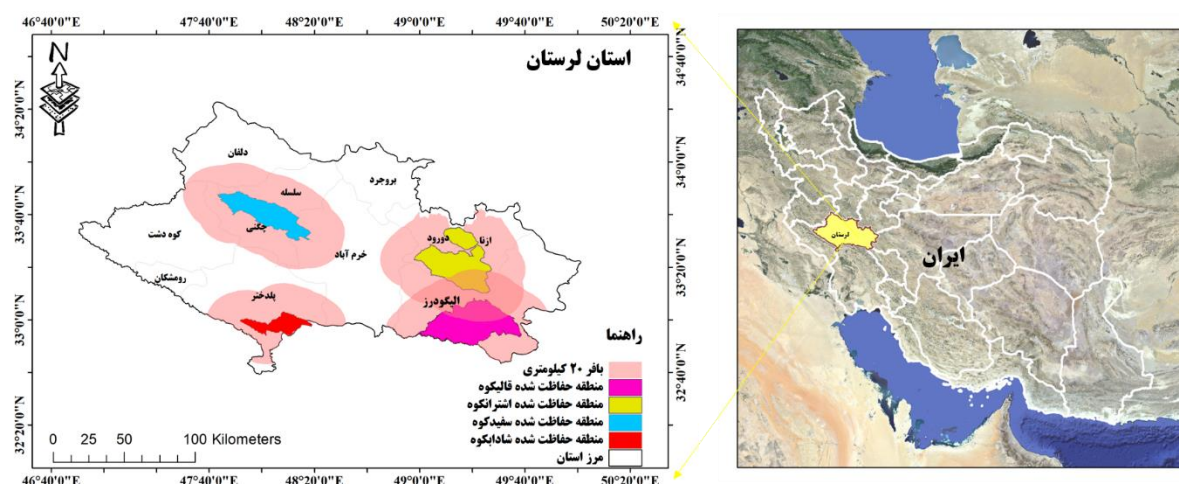
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان لرستان با مساحت 28/046 کیلومتر مربع در غرب ایران و در بین رشته‌کوه‌های زاگرس واقع شده و حدود ۱/۸ درصد از وسعت کشور را در بر می‌گیرد. این استان بین مختصات ۴۶ درجه و ۵۰ درجه تا ۵۰ درجه و ۰۵ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۳ دقیقه عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). میانگین ارتفاع آن بیش از ۲۲۰۰ متر از سطح دریاست، به طوری که پست‌ترین نقطه با ۲۳۹ متر در دشت‌ها و بلندترین نقطه، قله اشترانکوه با ارتفاع ۴۰۸۰ متر قرار دارد.

در این مطالعه، تغییرات LULC در چهار منطقه حفاظت شده مهم استان لرستان شامل قالیکوه، اشترانکوه، سفیدکوه و شادابکوه و همچنین بافر ۲۰ کیلومتری اطراف آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از این تحلیل، ارزیابی جامع پویایی‌های درون منطقه‌ای و اثرات متقابل آن با تحولات سرزمینی در نواحی پیرامونی است؛ رویکردی که کمتر در مطالعات مشابه مورد توجه قرار گرفته و می‌تواند شناخت دقیق‌تری از فشارهای بوم‌شناختی بر مناطق حفاظت شده ارائه دهد.

لرستان با تنوع اقلیمی از شمال سردسیر تا جنوب گرمسیر، تنوع زیستی بالایی دارد و به‌عنوان نمونه‌ای کوچک از اقلیم متنوع ایران شناخته می‌شود. این استان با دارا بودن جنگل‌های بلوط، بنه و ارس و گونه‌های جانوری نظیر پلنگ، خرس قهوه‌ای، کبک دری، سمندر لرستانی و ماهی کور غار، یکی از قطب‌های تنوع زیستی زاگرس است. وجود چهار منطقه حفاظت شده، دو پناهگاه حیات وحش، هشت منطقه شکار ممنوع و یک اثر طبیعی ملی که ۱۶/۵ درصد مساحت استان را در بر می‌گیرد، گویای اهمیت حفاظتی آن است. با وجود اقدامات حفاظتی اخیر، تغییرات کاربری و پوشش زمین هنوز به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی کیفیت این مناطق در نظر گرفته نشده، در حالی که هم‌زیستی جانداران با سایر کاربری‌ها چالشی جدی در مدیریت سرزمین محسوب می‌شود (Karami and Tavakoli, 2022).



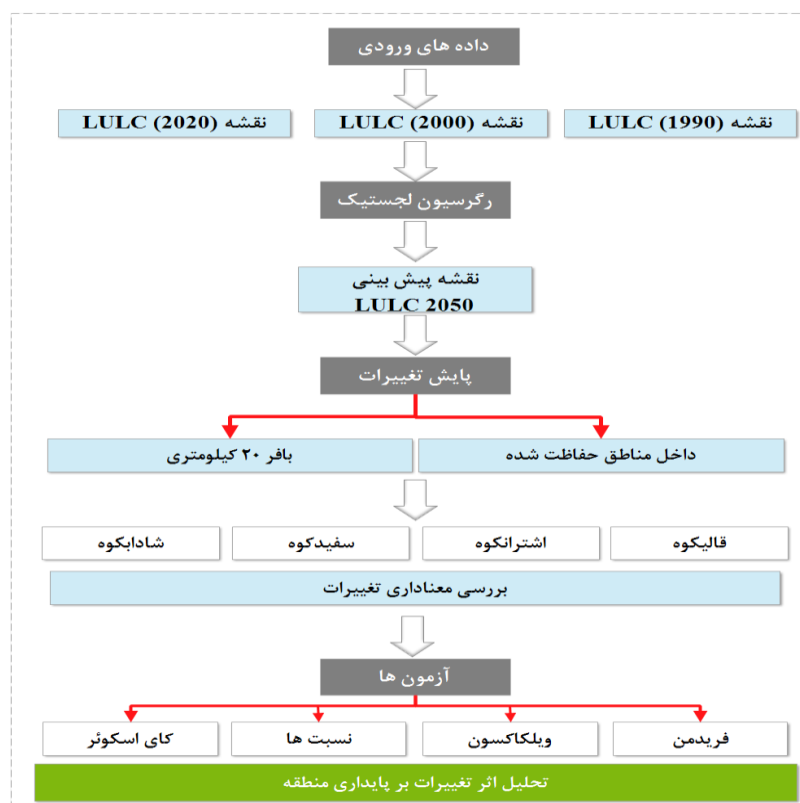
شکل (۱) منطقه مورد مطالعه منبع: نگارندگان

روش کار

در این پژوهش، برای تهیه و تحلیل نقشه‌های LULC از دو منبع داده مکمل استفاده شد: تصاویر ماهواره‌ای لندست و محصول جهانی GLC_FCS30. تصاویر لندست با وضوح مکانی ۳۰ متر، چرخه تکرار ۱۶ روزه و پوشش زمانی بلندمدت، منبعی مناسب برای مطالعات تغییرات LULC هستند. تصاویر بدون ابر مربوط به سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ از پایگاه USGS استخراج شد. همچنین، از محصول جهانی GLC_FCS30 با دقت ۳۰ متر که توسط آکادمی علوم چین تهیه شده و یکی از معتبرترین نقشه‌های جهانی LULC محسوب می‌شود (Xiao Zhang *et al.*, 2021; Xiao Zhang *et al.*, 2020; Xiao Zhang *et al.*, 2024)، بهره گرفته شد. این رویکرد ترکیبی، به‌منظور کاهش خطای طبقه‌بندی و ارتقای کیفیت تحلیل‌های LULC به‌کار گرفته می‌شود.

گام‌های اصلی این مطالعه به‌صورت زیر است:

- استخراج نقشه‌های LULC برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و محصول GLC_FCS30 به‌منظور تحلیل تغییرات تاریخی.
 - پیش‌بینی تغییرات آینده LULC برای سال ۲۰۵۰ با بهره‌گیری از مدل رگرسیون لجستیک در نرم‌افزار TerrSet.
 - استخراج لایه مناطق حفاظت‌شده شامل قالیکوه، اشترانکوه، سفیدکوه و شادابکوه جهت تمرکز بر محدوده‌های هدف مطالعه و ایجاد بافر ۲۰ کیلومتری پیرامون هر منطقه برای بررسی هم‌زمان تغییرات در داخل و اطراف مناطق حفاظت‌شده.
 - تحلیل آماری تغییرات LULC در نرم‌افزار SPSS به‌منظور بررسی معناداری تغییرات در نوع و میزان تغییرات در هر منطقه و بافر پیرامونی آن.
- نمودار جریان‌یابی این فرآیند در شکل ۲ خلاصه شده است.



شکل (۲) نمودار جریان‌یابی روش کار

تهیه نقشه LULC

در این مطالعه برای تهیه نقشه‌های LULC از داده‌های لندست و محصول GLC_FCS30 بهره گرفته شد. این محصول یک نقشه جهانی با دقت مکانی ۳۰ متر است که توسط مرکز علوم فضایی و سنجش‌ازدور چین (Chinese Academy of Sciences) تولید شده است (X Zhang *et al.*, 2021; Xiao Zhang *et al.*, 2020; Xiao Zhang *et al.*, 2024). به‌منظور دقت‌بخشی به طبقه‌بندی و تعیین پوشش‌های غالب، بازدیدهای میدانی نیز در فصول بهار و تابستان ۲۰۲۳ از سطح استان و حاشیه مناطق حفاظت‌شده انجام شد. در این بازدیدها، مهم‌ترین طبقات کاربری اراضی با در نظر گرفتن تنوع سیمای سرزمین منطقه و قابلیت تفکیک در تصاویر ماهواره‌ای، شناسایی و انتخاب شدند. موقعیت مکانی این نمونه‌ها با استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ثبت شد. در مجموع، شش نوع LULC در منطقه مورد مطالعه شناسایی که در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

جدول (۱) طبقات LULC و شرح آن‌ها

ردیف	طبقه کاربری	توضیحات
۱	ترکیبی	شامل جنگل (جنگل‌های تنک)، مرتع و کشاورزی (پراکنده)
۲	کشاورزی	شامل کشاورزی و باغات
۳	جنگل	جنگل و مناطق درخت‌کاری شده و پوشش گیاهی انبوه
۴	آب	شامل پهنه‌های آبی و روخانه‌ها و دریاچه‌ها
۵	مناطق انسان ساخت	مناطق مسکونی شهری، روستایی و سایر مناطق انسان ساخت
۶	اراضی بایر	زمین‌های فاقد پوشش گیاهی، زمین‌های متروکه و بدون استفاده

پیش‌بینی تغییرات آینده LULC

برای پیش‌بینی LULC تا سال ۲۰۵۰ در منطقه مورد مطالعه، از مدل رگرسیون لجستیک (Logistic Regression - LR) در محیط نرم‌افزار TerrSet استفاده شد. این مدل یکی از روش‌های آماری پرکاربرد در مطالعات تغییرات LULC است که با بهره‌گیری از روابط بین تغییرات مشاهده‌شده در گذشته و عوامل محیطی و انسانی مؤثر، احتمال وقوع تغییرات آینده را برآورد می‌کند.

در این مطالعه، ابتدا نقشه‌های LULC سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰، به‌عنوان ورودی مدل استفاده شدند. این نقشه‌ها روند و الگوی تغییرات LULC را طی یک بازه زمانی مشخص نمایش می‌دهند و به‌عنوان داده‌های پایه برای مدل‌سازی تغییرات آینده مورد استفاده قرار گرفتند. سپس برای شناسایی عوامل مؤثر بر تغییرات LULC، مجموعه‌ای از لایه‌های مستقل شامل فاصله از جاده‌ها، فاصله از مراکز شهری، فاصله از منابع آبی، ارتفاع، شیب و فاصله از جنگل و کشاورزی وارد مدل شدند.

اعتبارسنجی یکی از مهم‌ترین فرآیندها در مدل‌سازی کمی پیش‌بینی کننده است. اعتبارسنجی مدل با استفاده از تحلیل ROC^۱ انجام شد تا رابطه بین تغییرات پیش‌بینی‌شده و واقعی (۲۰۲۰) بررسی شود. در این روش، منحنی ROC برای هر کلاس کاربری رسم و مساحت زیر منحنی^۲ (AUC) محاسبه شد. مقادیر AUC نزدیک به ۱ نشان‌دهنده عملکرد بهتر مدل هستند؛ به‌طوری‌که مقادیر بین ۰/۷ تا ۰/۸ قابل قبول، ۰/۸ تا ۰/۹ عالی، و بالاتر از ۰/۹ بسیار عالی در نظر گرفته می‌شوند (Parvar and Salmanmahiny, 2025).

پس از اطمینان از دقت مناسب مدل، پیش‌بینی نهایی برای سال ۲۰۵۰ انجام گرفت. در این مرحله، بر اساس نقشه‌های LULC، لایه‌های محیطی و خروجی‌های مدل، نقشه پیش‌بینی‌شده تغییرات LULC تولید و به‌عنوان خروجی نهایی استخراج شد.

^۱-Receiver Operating Characteristic (ROC)

^۲-Area Under the Curve (AUC)

تحلیل آماری تغییرات LULC در مناطق حفاظت‌شده

برای تحلیل دقیق وضعیت مناطق حساس، چهار منطقه حفاظت‌شده قالیکوه، اشترانکوه، سفیدکوه و شادابکوه به همراه بافر ۲۰ کیلومتری اطراف آن‌ها انتخاب شدند. انتخاب بافر ۲۰ کیلومتری بر اساس ترکیبی از دلایل اکولوژیکی، مدیریتی و علمی انجام شد. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که فعالیت‌های انسانی مانند تغییر کاربری اراضی، شکار، آلودگی و تغییرات هیدرولوژیکی می‌توانند تا فاصله ۱۰ تا ۳۰ کیلومتری بر مناطق حفاظت‌شده اثرگذار باشند. این فاصله امکان بررسی اثرات لبه‌ای، کریدورهای مهاجرتی گونه‌ها، تغییرات کاربری و اثرات تجمعی را فراهم کرده و از ورود به محدوده‌های با فعالیت انسانی شدید جلوگیری می‌کند (Schauman *et al.*, 2024). در نتیجه تعیین بافر ۲۰ کیلومتری می‌تواند یک راهکار منطقی برای کاهش این اثرات باشد. انتخاب این اندازه بستگی به شرایط محلی (نوع اکوسیستم، گونه‌های هدف و نوع تهدیدات) دارد و در برخی موارد ممکن است نیاز به بافرهای بزرگ‌تر یا کوچک‌تر باشد.

به منظور ارزیابی معناداری آماری تغییرات LULC در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۵۰، مجموعه‌ای از آزمون‌های آماری متناسب با نوع داده‌ها در نرم‌افزار SPSS اجرا شد و سطح معناداری ۵ درصد ($\alpha = 0/05$) مبنای تحلیل‌ها قرار گرفت. انتخاب آزمون‌ها بر اساس ویژگی داده‌ها (مقیاس اسمی، وابسته یا مستقل بودن مشاهدات، نرمال یا ناپارامتریک بودن داده‌ها) صورت گرفت. روش‌های آماری مورد استفاده در این بخش به شرح زیر است:

الف) آزمون ناپارامتریک فریدمن^۱: برای بررسی معنی داری تغییرات کلی کاربری اراضی طی چهار دوره زمانی، از آزمون فریدمن استفاده شد. این آزمون مناسب داده‌های وابسته و غیر نرمال است و به مقایسه میانگین رتبه‌های طبقات کاربری در سال‌های مختلف می‌پردازد. این آزمون برای ارزیابی کلی تغییرات در مساحت طبقات مختلف LULC طی دوره‌های زمانی مذکور اجرا شد.

ب) آزمون ناپارامتریک ویلکاکسون^۲ برای مقایسه دوتایی تغییرات بین شش بازه زمانی (۱۹۹۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۲۰۲۰، ۲۰۲۰-۲۰۵۰، ۱۹۹۰-۲۰۲۰، ۲۰۲۰-۲۰۵۰ و ۲۰۵۰-۲۰۲۰) استفاده شد. این آزمون با هدف تحلیل تفاوت‌های جفت‌به‌جفت بین سال‌های مختلف اجرا گردید.

ج) آزمون نسبت‌ها^۳: برای سنجش معناداری درصد تغییرات هر طبقه LULC در مقاطع مختلف انجام شد و همچنین روند کلی تغییرات در بازه‌های زمانی بررسی شد. در این آزمون، سهم درصدی هر طبقه از مساحت منطقه برای سال‌های مختلف مقایسه گردید تا مشخص شود آیا تغییرات در توزیع فضایی طبقات کاربری، از نظر آماری معنادار بوده‌اند یا خیر.

د) آزمون کای‌اسکوئر مقایسه‌های دوتایی^۴: برای مقایسه آماری طبقات LULC به صورت جفتی بین دوره‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌های تحقیق

نقشه‌های LULC و پیش‌بینی تغییرات آینده

در گام نخست، نقشه‌های LULC برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ در ۶ طبقه کاربری تهیه شد. پس از ارزیابی صحت نقشه پیش‌بینی شده ۲۰۲۰ و نقشه واقعی، تغییرات تا سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی شد. جدول (۲) دقت نقشه پیش‌بینی شده دوره زمانی اول برای برآورد توافق با نقشه مرجع (۲۰۲۰) را نشان می‌دهد.

^۱ -Friedman Test

^۲ -Wilcoxon Signed-Rank Test

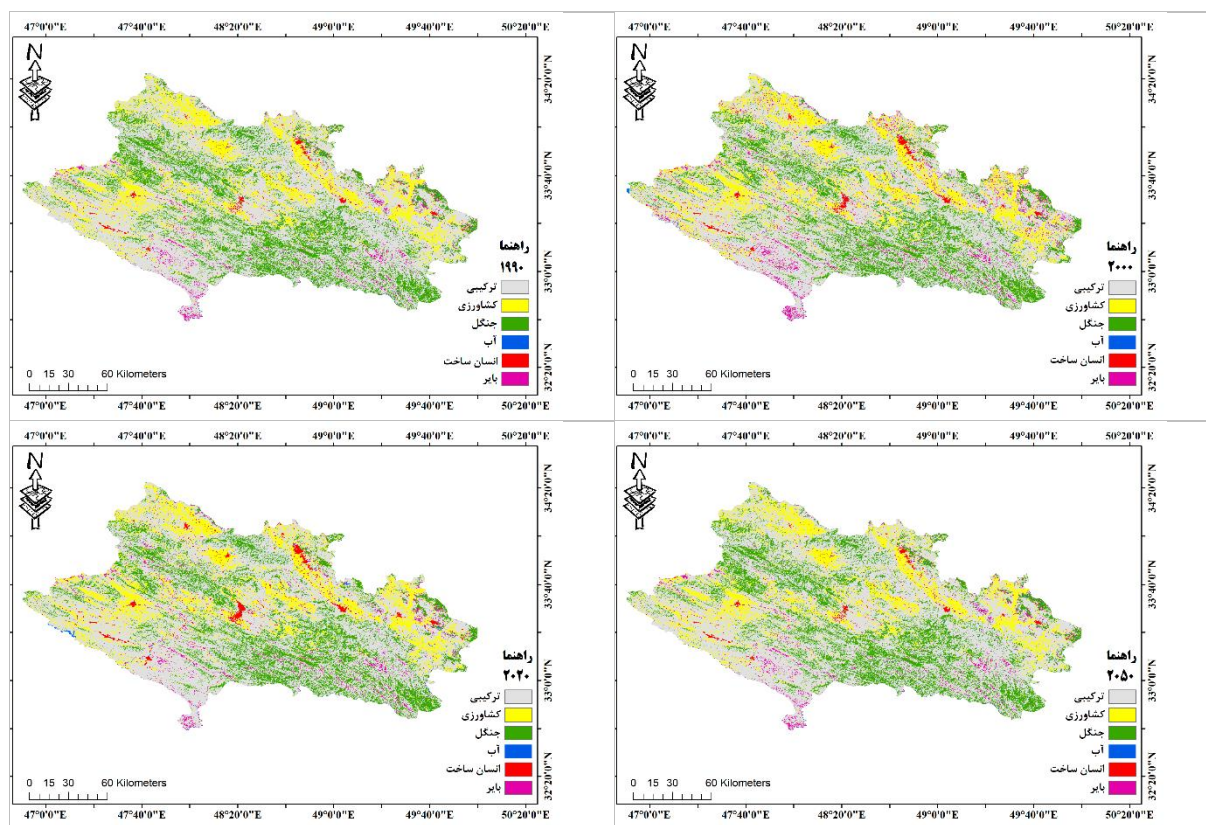
^۳ -Proportion Test

^۴ -Pairwise Chi-square Test

جدول (۲) ارزیابی صحت مدل

AUC	کاربری
۰/۹۵	ترکیبی
۰/۷۷	کشاورزی
۰/۸۵	جنگل
۰/۹۵	آب
۰/۹۳	مناطق انسان ساخت
۰/۹۷	اراضی بایر
۰/۹۰	AUC

بر اساس مقادیر AUC که همگی بالاتر از ۰/۷ هستند و میانگین AUC برابر با ۰/۹ به دست آمده، می‌توان نتیجه گرفت که دقت نقشه پیش‌بینی‌شده در سطح قابل قبولی قرار دارد. شکل ۳ نمای کلی از نقشه‌های LULC در سال‌های مختلف و پیش‌بینی سال ۲۰۵۰ را نمایش می‌دهد.



شکل (۳) نقشه‌های LULC سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۰۰-۲۰۲۰ و پیش‌بینی ۲۰۵۰

مساحت کل استان ۲۸۲۸۹۸۷ هکتار است. در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، روند تغییرات LULC در منطقه مورد مطالعه نشان‌دهنده الگوی مشخصی از گسترش اراضی کشاورزی و مناطق انسان‌ساخت همراه با کاهش تدریجی وسعت جنگل‌ها و کاربری‌های ترکیبی بوده است. مساحت اراضی کشاورزی طی این دوره از حدود ۳۹۳ هزار هکتار به بیش از ۴۳۰ هزار هکتار افزایش یافته و هم‌زمان، مناطق انسان‌ساخت از حدود ۲۴ هزار هکتار به بیش از ۴۵ هزار هکتار رسیده است که بیانگر توسعه سریع شهرنشینی و افزایش فشار بر اراضی طبیعی است. در مقابل، وسعت جنگل‌ها کاهش جزئی داشته و از حدود ۵۴۴ هزار

هکتار در سال ۱۹۹۰ به ۵۲۲ هزار هکتار در سال ۲۰۲۰ رسیده است. کاربری‌های ترکیبی نیز طی این سه دهه با روند کاهشی همراه بوده‌اند و از حدود ۱.۸ میلیون هکتار به ۱.۷۶ میلیون هکتار کاهش یافته‌اند (جدول (۳)).

جدول (۳) مساحت و درصد کاربری‌ها

LULC	واحد	۱۹۹۰	۲۰۰۰	۲۰۲۰	۲۰۵۰
ترکیبی	درصد	۶۳/۸	۶۲/۱	۶۲/۵	۶۰/۸
	مساحت (Ha)	۱۸۰۶۱۱۸/۸۳	۱۷۵۷۶۹۱/۶	۱۷۶۷۱۳۰/۸	۱۷۲۰۷۰۳/۵
کشاورزی	درصد (%)	۱۳/۹	۱۴/۹	۱۵/۲	۱۶
	مساحت (Ha)	۳۹۳۵۹۸/۵	۴۲۰۳۴۳/۰۲	۴۳۰۲۵۹/۶	۴۵۳۷۳۵/۶
جنگل	درصد (%)	۱۹/۲	۱۸/۲	۱۸/۵	۱۸/۱
	مساحت (Ha)	۵۴۴۱۴۴/۴	۵۱۳۵۶۵/۶	۵۲۲۰۵۳/۰۲	۵۱۳۱۹۱/۴
آب	درصد (%)	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۲
	مساحت (Ha)	۴۳۵۷/۹	۳۷۰۲/۳	۵۲۲۰۵۳/۰۱	۴۹۰۷/۴
مناطق انسان‌ساخت	درصد (%)	۰/۹	۱/۳	۱/۶	۲/۹
	مساحت (Ha)	۲۴۴۰۳/۹	۳۵۴۹۶/۶	۴۵۵۸۴/۰۱	۸۱۱۸۷/۲
بایر	درصد (%)	۲	۳/۵	۲/۱	۲
	مساحت (Ha)	۵۵۳۶۳/۹	۹۸۱۸۸/۲	۵۸۵۳۱/۳	۵۵۳۶۲/۵

پیش‌بینی‌ها تا سال ۲۰۵۰ حاکی از تداوم این روند است، به‌گونه‌ای که انتظار می‌رود اراضی کشاورزی و مناطق انسان‌ساخت همچنان افزایش یابند و در مقابل، وسعت جنگل‌ها و کاربری‌های ترکیبی کاهش بیشتری را تجربه کنند. بر اساس نتایج مدل، مساحت اراضی کشاورزی تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۴۵۳ هزار هکتار خواهد رسید و مناطق انسان‌ساخت نیز با رشد قابل توجه به بیش از ۸۱ هزار هکتار افزایش خواهند یافت. در مقابل، جنگل‌ها با کاهش جزئی به حدود ۵۱۳ هزار هکتار و کاربری‌های ترکیبی به حدود ۱.۷۲ میلیون هکتار محدود خواهند شد. این پیش‌بینی‌ها زنگ خطری برای تخریب منابع طبیعی، افزایش تغییر کاربری به نفع توسعه انسانی و لزوم اتخاذ سیاست‌های مدیریتی برای حفاظت از اراضی طبیعی و جنگلی در آینده محسوب می‌شود.

تحلیل‌های آماری در داخل و خارج مناطق حفاظت‌شده

برای بررسی جامع‌تر تأثیرات تغییرات LULC، محدوده داخلی هر یک از ۴ منطقه حفاظت‌شده و نیز حریم ۲۰ کیلومتری پیرامون آن‌ها از طریق آزمون‌های مختلف ارزیابی شدند تا از طریق بررسی معنی داری تغییرات نوع و میزان تغییرات در این مناطق به دقت بررسی شود.

تحلیل‌های آماری در بافر مناطق تحت حفاظت

آزمون ناپارامتریک فریدمن: به منظور ارزیابی معناداری تغییرات LULC در محدوده ۲۰ کیلومتری اطراف مناطق حفاظت‌شده، از آزمون ناپارامتریک فریدمن برای چهار دوره زمانی استفاده شد (جدول (۴)).

جدول (۴) میانگین رتبه‌های LULC با استفاده از آزمون فریدمن در بافر ۲۰ کیلومتری

سال	میانگین رتبه			
	شادابکوه	اشترانکوه	سفید کوه	قالیکوه
۱۹۹۰	۲/۳۸	۲/۹۰	۲/۰۷	۲/۹۴
۲۰۰۰	۱/۱۷	۲	۱/۹۷	۲/۹۸
۲۰۲۰	۳/۶۹	۳	۳/۱۳	۲/۶۳

۲/۷۶	۲/۱۰	۲/۸۳	۱/۴۳	۲۰۵۰
۳۸۲۶۶۹/۶۹۹	۱۲۰۵۷/۰۱۱	۱۳۲۶۰/۸۳۴	۲۴۶۸۵۲/۹۲۹	Chi-Square
۱۹۴۱۵۴	۲۴۶۲۴	۲۲۶۶۵	۲۵۶۳۵۵	تعداد نمونه‌ها (N)
Df: 3 درجه آزادی P value: 0/000				

نتایج آزمون در تمامی مناطق مورد مطالعه (قالیکوه، سفیدکوه، اشترانکوه و شادابکوه) معنادار گزارش شد (P value. = 0/000). به‌طور کلی، الگوی نتایج بیانگر آن است که بیشترین تغییرات در اکثر مناطق متعلق به سال ۲۰۲۰ بوده است و سال ۲۰۰۰ معمولاً کمترین تغییر را ثبت کرده است. این روند حاکی از افزایش تدریجی تغییرات LULC در دهه‌های اخیر و تداوم آن تا سال ۲۰۵۰ است.

آزمون ناپارامتریک ویلکاکسون: نتایج این آزمون در تمامی مناطق چهارگانه (قالیکوه، سفیدکوه، اشترانکوه و شادابکوه) نشان داد که کلیه مقایسه‌های زمانی شامل ۱۹۹۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۱۹۹۰، ۲۰۲۰-۱۹۹۰، ۲۰۵۰-۱۹۹۰، ۲۰۲۰-۲۰۰۰، ۲۰۵۰-۲۰۰۰ و ۲۰۲۰-۲۰۵۰ معنادار است (P value. = 0/000). به‌طور کلی، نتایج آزمون ویلکاکسون تأیید می‌کند که تحولات LULC در محدوده بافر ۲۰ کیلومتری مناطق تحت حفاظت، در تمام دوره‌های زمانی بررسی شده قابل توجه بوده و روندپویای تغییرات را نشان می‌دهد که لزوم توجه به مدیریت بهینه این مناطق را دوچندان می‌سازد.

آزمون نسبت‌ها: به منظور تحلیل دقیق درصد تغییرات LULC در دوره‌های زمانی مختلف، آزمون نسبت‌ها برای هر طبقه کاربری انجام گرفت (جدول (۵)).

جدول (۵) آزمون نسبت‌ها و روند کلی تغییرات در بافر ۲۰ کیلومتری اطراف مناطق تحت حفاظت (درصد)

قالیکوه					
کاربری	سال ۱۹۹۰	سال ۲۰۰۰	سال ۲۰۲۰	سال ۲۰۵۰	P value
ترکیبی	۶۴/۹۱	۶۱/۶۹	۶۱/۳۳	۶۰/۴۴	**
کشاورزی	۳/۸۵	۵/۰۳	۵/۱۷	۶/۱۲	**
جنگل	۲۸/۱۲	۲۹/۸۱	۳۰	۲۹/۷۲	**
آب	۰/۳۸	۰/۱۷	۰/۲۴	۰/۲۳	**
انسان‌ساخت	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۴۶	**
بایر	۲/۶۵	۳/۱۹	۳/۰۷	۳	**
P value 1990	-	**	**	**	
P value 2000	-	-	**	**	
P value 2020	-	-	-	**	
اشترانکوه					
ترکیبی	۶۲/۴۲	۵۸/۰۵	۵۸/۲۷	۵۶/۴۴	**
کشاورزی	۱۶/۷۴	۱۸/۴۶	۱۹/۰۹	۲۰/۰۴	**
جنگل	۱۷/۲۲	۱۸/۳۲	۱۸/۴۸	۱۸/۱۵	**
آب	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۲۴	۰/۲۲	**
انسان‌ساخت	۰/۶۹	۰/۹۷	۱/۳۴	۲/۷۶	**
بایر	۲/۷۷	۴/۰۶	۲/۵۴	۲/۳۵	**
P value 1990	-	**	**	**	
P value 2000	-	-	**	**	
P value 2020	-	-	-	**	

سفیدکوه				
ترکیبی	۶۰/۲۵	۶۰/۴۸	۵۹/۴	۵۷/۲۴
کشاورزی	۱۵/۷۵	۱۸/۲۳	۱۸/۴۴	۱۹/۰۵
جنگل	۲۱/۹۲	۱۷/۳۴	۱۷/۷۶	۱۷/۴۵
آب	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۴
انسان‌ساخت	۱/۳۵	۲	۲/۸۳	۴/۷۸
بایر	۰/۶۷	۱/۸۹	۱/۴۹	۱/۴۱
<i>P value</i> 1990	—	**	**	**
<i>P value</i> 2000	—	—	**	**
<i>P value</i> 2020	—	—	—	**
شادابکوه				
ترکیبی	۷۶/۸۵	۷۴/۵۵	۷۸/۲۹	۷۷/۳۴
کشاورزی	۱/۹۴	۱/۶۴	۱/۶۸	۲/۲
جنگل	۱۵/۲۸	۱۴/۸۵	۱۴/۹۸	۱۴/۸۶
آب	۰/۲	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۵
انسان‌ساخت	۰/۲۳	۰/۳۳	۰/۴۷	۱/۲۷
بایر	۵/۴۷	۸/۴۶	۴/۳۹	۴/۱۶
<i>P value</i> 1990	—	**	**	**
<i>P value</i> 2000	—	—	**	**
<i>P value</i> 2020	—	—	—	**

تغییرات در بافر ۲۰ کیلومتری در بازه ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، تغییرات معناداری در ساختار LULC در هر چهار منطقه را نشان داد ($P \text{ value} < 0/001$). در قالیکوه، سهم اراضی انسان‌ساخت از ۰/۰۶ به ۰/۱۶ و کشاورزی از ۳/۸۵ به ۵/۱۷ افزایش یافت، در حالی که اراضی ترکیبی از ۶۴/۹۱ به ۶۱/۳۳ کاهش نشان داد. در اشترانکوه، مناطق انسان‌ساخت از ۰/۶۹ به ۰/۳۴ و کشاورزی از ۱۶/۷۴ به ۱۹/۰۹ افزایش یافتند، در حالی که اراضی ترکیبی کاهش یافت (از ۶۲/۴۲ به ۵۸/۲۷). در سفیدکوه، رشد انسان‌ساخت از ۱/۳۵ به ۲/۸۳ و کاهش جنگل از ۲۱/۹۲ به ۱۷/۷۶ مشاهده شد. در شادابکوه، زمین‌های انسان‌ساخت از ۰/۲۳ به ۰/۴۷ و اراضی کشاورزی از ۱/۹۴ به ۱/۶۸ افزایش نشان دادند، در حالی که اراضی بایر از ۵/۴۷ به ۴/۳۹ کاهش یافتند. بر اساس پیش‌بینی سال ۲۰۵۰، روندهای گذشته ادامه خواهد یافت: در اشترانکوه، سهم مناطق انسان‌ساخت به ۲/۷۶ و کشاورزی به ۲/۰۴ خواهد رسید، در حالی که اراضی ترکیبی به ۵۶/۴۴ کاهش می‌یابد. در قالیکوه نیز، زمین‌های انسان‌ساخت تا ۰/۴۶ افزایش می‌یابد و سهم اراضی ترکیبی به ۶۰/۴۴ کاهش خواهد یافت.

آزمون کای اسکوئر: برای تحلیل دقیق تغییرات طبقات مختلف کاربری اراضی در بازه‌های زمانی متفاوت، آزمون کای اسکوئر به صورت مقایسه‌های دوتایی بین سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۲۰ و ۲۰۵۰ در هر یک از مناطق چهارگانه اجرا شد (جدول ۸) (ضمیمه). نتایج آزمون کای اسکوئر نشان داد که در تمامی مناطق و برای بیشتر طبقات کاربری، تغییرات از نظر آماری معنادار بوده‌اند، به ویژه در مقایسه‌های بلندمدت (۱۹۹۰-۲۰۵۰) این وضعیت دیده می‌شود:

طبقه انسان‌ساخت در تمام مقاطع زمانی و در همه مناطق چهارگانه به طور معناداری افزایش یافته است. طبقه کشاورزی نیز تغییرات معنادار نشان داده‌اند که نشان از افزایش تدریجی این کاربری دارد. جنگل‌ها در بیشتر مقاطع تغییر معناداری داشته‌اند، به ویژه در بازه‌های بلندمدت؛ اما در برخی بازه‌های کوتاه‌تر، مانند ۲۰۲۰-۲۰۰۰ در قالیکوه ($P \text{ value} = 0/۲۱۹$) یا اشترانکوه ($P \text{ value} = 0/۹۸$)، تفاوت معناداری مشاهده نشد، که احتمالاً نشان‌دهنده‌ی ثبات نسبی یا موقتی در کوتاه‌مدت است.

برای طبقه آب، برخلاف آزمون‌های داخلی، در برخی مناطق مانند اشترانکوه و سفیدکوه در مقایسه ۱۹۹۰-۲۰۰۰ تغییر معناداری نداشته‌اند (اشترانکوه: $P \text{ value} = ۰/۵۳۵$ ؛ سفیدکوه: $P \text{ value} = ۰/۲۴۸$)، اما در بازه‌های بلندمدت، معناداری تغییرات کاملاً مشهود است.

طبقه ترکیبی در بیشتر مناطق تغییر معنادار داشته است، اما در شادابکوه، مقایسه ۱۹۹۰-۲۰۵۰ معنادار نبوده ($P = ۰/۸۳$) (value)، که می‌تواند نشانه‌ی نوعی پایداری یا اشباع فضایی این طبقه در بلندمدت باشد. طبقه بایر در تمام مقایسه‌ها و در تمام مناطق، تغییرات معناداری نشان دادند، که می‌تواند حاکی از نوسان شدید این طبقه در واکنش به فشارهای انسانی و تغییرات اقلیمی باشد.

تحلیل‌های آماری در داخل مناطق حفاظت‌شده

آزمون فریدمن: نتایج حاصل از آزمون فریدمن در داخل چهار منطقه حفاظت‌شده‌ی قالیکوه، سفیدکوه، اشترانکوه و شادابکوه طی چهار مقطع زمانی نشان‌دهنده تفاوت معنادار میانگین رتبه‌های مربوط به LULC است ($P \text{ value} < 0/001$) (جدول (۶)).

جدول (۶) میانگین رتبه‌های LULC با استفاده از آزمون فریدمن در داخل مناطق

میانگین رتبه				سال
شادابکوه	اشترانکوه	سفیدکوه	قالیکوه	
۱/۷۷	۳/۲۷	۲/۲۲	۳/۰۲	۱۹۹۰
۲/۲۳	۲/۱۶	۲/۶۹	۲/۷۷	۲۰۰۰
۲/۹۶	۳/۱۰	۳/۰۰	۲/۶۰	۲۰۲۰
۲/۰۴	۱/۴۸	۲/۰۹	۱/۶۱	۲۰۵۰
۲۷۸۱۴/۹۴۳	۱۳۲۳۴۸/۲۹۸	۲۲۳۱۱/۸۴۶	۷۶۷۰۸/۶۸۰	Chi-Square
۳۰۶۶۷	۱۰۵۳۱۱	۶۹۶۴۰	۱۱۱۹۹۲	تعداد نمونه‌ها (N)
				$P \text{ value: } 0/000$ Df: 3 درجه آزادی

نتایج آزمون فریدمن نشان داد که در هر چهار منطقه‌ی حفاظت‌شده تفاوت معناداری بین میانگین رتبه‌های LULC در چهار دوره زمانی وجود دارد ($P \text{ value} = 0/000$).

آزمون ویلکاکسون: نتایج حاصل از آزمون ویلکاکسون برای مقایسه‌های دوتایی در داخل مناطق حفاظت‌شده قالیکوه، سفیدکوه، اشترانکوه و شادابکوه بین سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۰۰، ۱۹۹۰-۲۰۲۰، ۲۰۲۰-۲۰۵۰، ۱۹۹۰-۲۰۵۰، ۲۰۲۰-۲۰۵۰ و ۲۰۵۰-۲۰۲۰ نشان‌دهنده وجود تفاوت‌های آماری معنادار بین تمامی زوج سال‌های مورد بررسی است ($P \text{ value} = 0/000$). در تمام مقایسه‌ها میان سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۲۰ و ۲۰۵۰، تغییرات معناداری در الگوهای LULC ثبت شده است. این نتایج حاکی از آن است که طی سه دهه گذشته، تحولات قابل‌توجهی در ترکیب و ساختار LULC در داخل مناطق حفاظت‌شده رخ داده و روند تغییرات تا سال ۲۰۵۰ نیز ادامه‌دار خواهد بود. از آنجا که مناطق حفاظت‌شده معمولاً باید ثبات و پایداری محیط زیستی داشته باشند، معناداری بالای تفاوت‌ها به ویژه هنگام تغییر پوشش طبیعی به نیمه طبیعی و غیر طبیعی می‌تواند نشانه‌ای از فشار فزاینده انسانی، کم‌اثر بودن اقدامات حفاظتی، یا ناکارآمدی در اجرای سیاست‌های مدیریت سرزمین در سطح محلی باشد.

آزمون نسبت‌ها: نتایج حاصل از آزمون نسبت‌ها در داخل مناطق چهارگانه حفاظت‌شده (قالیکوه، اشترانکوه، سفیدکوه، و شادابکوه) نشان می‌دهد که تغییرات کاربری اراضی طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۵۰ از نظر آماری در تمامی طبقات معنادار بوده‌اند ($P < 0/001$). به‌عبارت دیگر، در تمام مقایسه‌های زمانی دوتایی، تفاوت معناداری در درصد مساحت کاربری‌ها نسبت به سال پایه وجود داشته که نشان‌دهنده تغییر ساختار و الگوی فضایی درون این مناطق است (جدول (۷)).

جدول (۷) آزمون نسبت‌ها و روند کلی تغييرات در داخل مناطق تحت حفاظت

قالیکوه					
P value	سال ۲۰۵۰	سال ۲۰۲۰	سال ۲۰۰۰	سال ۱۹۹۰	کاربری
. **	۶۳/۱۷	۶۳/۴۱	۶۳/۵۵	۶۷/۱۶	ترکیبی
. **	۰/۸۷	۰/۶۹	۰/۶۸	۰/۶۶	کشاورزی
. **	۳۰/۳	۳۰/۳۹	۳۰/۲	۲۷/۱۸	جنگل
. **	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۲	آب
. **	۰/۳۲	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۴	انسان‌ساخت
. **	۵/۲۶	۵/۳۶	۵/۴۵	۴/۷۳	باير
. **	. **	. **	. **	—	P value 1990
. **	. **	. **	—	—	P value 2000
. **	. **	—	—	—	P value 2020
اشترانکوه					
. **	۶۹/۶۷	۷۰/۷۶	۷۰/۶۱	۷۲/۵۳	ترکیبی
. / . . . **	۱۱/۵۳	۱۱/۵۰	۱۱/۲۹	۱۱/۰۱	کشاورزی
. **	۱۴/۳۳	۱۴/۴۷	۱۴/۳۶	۱۲/۵۴	جنگل
. **	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۲۶	آب
. **	۲/۶۴	۱/۴۰	۱/۰۷	۰/۹۰	انسان‌ساخت
. **	۱/۷۳	۱/۷۷	۲/۵۵	۲/۷۳	باير
. **	. **	. **	. **	—	P value 1990
. **	. **	. **	—	—	P value 2000
. **	. **	—	—	—	P value 2020
سفیدکوه					
. **	۵۷/۲۴	۵۹/۴۰	۶۰/۴۸	۶۰/۲۵	ترکیبی
. **	۱۹/۰۵	۱۸/۴۴	۱۸/۲۳	۱۵/۷۵	کشاورزی
. **	۱۷/۴۵	۱۷/۷۶	۱۷/۳۴	۲۱/۹۲	جنگل
. **	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۳	آب
. **	۴/۷۸	۲/۸۳	۲	۱/۳۵	انسان‌ساخت
. **	۱/۴۱	۱/۴۹	۱/۸۹	۰/۶۷	باير
. **	. **	. **	. **	—	P value 1990
. **	. **	. **	—	—	P value 2000
. **	. **	—	—	—	P value 2020
شادابکوه					
. **	۷۹/۹۵	۸۰/۷۶	۸۱/۰۹	۷۳/۹	ترکیبی
. **	۲/۵۶	۱/۷۳	۱/۶۷	۳/۵۲	کشاورزی
. **	۱۶/۳۰	۱۶/۵۱	۱۵/۹۵	۲۱/۸۹	جنگل
. **	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۹	آب
. **	۰/۳۸	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۱	انسان‌ساخت
. **	۰/۷۷	۰/۹۱	۱/۲۲	۰/۵۶	باير
. **	. **	. **	. **	—	P value 1990
. **	. **	. **	—	—	P value 2000
. **	. **	—	—	—	P value 2020

آزمون نسبت ها نشان داد در داخل مناطق تحت حفاظت در بازه‌ی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، تغییرات در ترکیب کاربری اراضی در هر چهار منطقه از نظر آماری معنادار بودند ($P \text{ value} < 0/001$). در قالیکوه، اراضی انسان‌ساخت از ۰/۰۴ به ۰/۰۶ و کشاورزی از ۰/۶۶ به ۰/۶۹ افزایش یافت، در حالی که اراضی ترکیبی کاهش جزئی از ۶۷/۱۶٪ به ۶۳/۴۱٪ نشان دادند. در اشترانکوه، مناطق انسان‌ساخت از ۱۹٪ به ۱/۴۰٪ و جنگل‌ها از ۱۲/۵۲٪ به ۱۴/۴۷٪ افزایش داشتند، در حالی که اراضی ترکیبی کاهش اندکی داشتند (۷۲/۵۳٪ به ۷۰/۷۶٪). در سفیدکوه، افزایش انسان‌ساخت از ۱/۳۵٪ به ۲/۸۳٪ و کاهش جنگل از ۲۱/۹۲٪ به ۱۷/۷۶٪ قابل توجه بود. در شادابکوه، سهم اراضی انسان‌ساخت هر چند کوچک، رشد نسبتاً قابل توجهی از ۰/۰۱٪ به ۰/۰۵٪ داشته و اراضی ترکیبی از ۷۳/۹۰٪ به ۸۰/۷۶٪ افزایش یافته‌اند، اما در مقابل سهم جنگل به شدت کاهش یافته (۲۱/۸۹٪ به ۱۶/۵۱٪).

بر اساس پیش‌بینی سال ۲۰۵۰، روند تغییرات تا آن سال ادامه خواهد یافت. به طور خاص، در قالیکوه سهم اراضی انسان‌ساخت به ۰/۳۲٪ می‌رسد و در اشترانکوه به ۲/۶۴٪ افزایش می‌یابد، که نسبت به سال ۱۹۹۰ افزایش چند برابری را نشان می‌دهد. همچنین در شادابکوه این مقدار از ۰/۰۱٪ به ۰/۳۸٪ خواهد رسید. در کنار این افزایش، اراضی ترکیبی و جنگلی در برخی مناطق مانند سفیدکوه و شادابکوه کاهش خواهند یافت (مثلاً اراضی جنگلی در سفیدکوه از ۲۱/۹۲٪ در ۱۹۹۰ به ۱۷/۵٪ در ۲۰۵۰).

آزمون کای اسکوئر: نتایج حاصل از آزمون کای اسکوئر برای مقایسه دوتایی تغییرات LULC در داخل مناطق حفاظت‌شده، گویای تفاوت‌های معنادار در برخی طبقات و بازه‌های زمانی بوده است (جدول (۹) ضمیمه). نتایج آزمون نشان داد که طبقه انسان‌ساخت در تمامی مقایسه‌های زمانی و در هر چهار منطقه به طور معناداری افزایش یافته است. این تغییرات حتی در بازه‌های کوتاه‌مدت مانند ۲۰۰۰-۲۰۲۰ نیز معنادار بوده‌اند. این روند بیانگر گسترش مستمر فعالیت‌های انسانی در درون مناطق حفاظت‌شده است. در مقابل، طبقات جنگل و آب، در بسیاری از مقایسه‌های میان‌مدت (مثل ۲۰۰۰-۲۰۲۰ یا ۲۰۲۰-۲۰۵۰) تغییر معناداری نشان ندادند (مثلاً جنگل در سفیدکوه: $P \text{ value} = 0/198$ ، آب در قالیکوه: $P \text{ value} = 0/733$). با این حال، در مقایسه‌های بلندمدت‌تر مانند ۱۹۹۰-۲۰۵۰، تغییرات در این طبقات به طور معنادار ثبت شده‌اند، که نشان‌دهنده کاهش تدریجی پوشش طبیعی است. طبقات کشاورزی و بایر نتایج متفاوتی داشتند. برای مثال، در قالیکوه، کشاورزی در بازه ۲۰۲۰-۲۰۵۰ تغییر معناداری داشته، اما در بازه ۱۹۹۰-۲۰۰۰ نه ($P \text{ value} = 0/570$). همچنین در سفیدکوه، اراضی بایر در بازه ۲۰۰۰-۲۰۵۰ تغییر معنادار داشته‌اند اما در بازه ۲۰۲۰-۲۰۵۰ نه ($P \text{ value} = 0/166$). این اختلافات نشان‌دهنده تفاوت در فشارهای انسانی، اقلیم و سیاست‌های مدیریتی منطقه‌ای است. همچنین، طبقه ترکیبی در بیشتر مقایسه‌ها در سه منطقه قالیکوه، اشترانکوه، سفیدکوه و اشترانکوه تغییر معنادار داشته‌اند اما در برخی مقاطع زمانی، این تغییر معنادار نبوده ($P \text{ value} > 0/05$)، که ممکن است نشانه‌ای از ثبات نسبی در این طبقه در سال‌های آینده باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور، پیش‌بینی و تحلیل‌های آماری، تغییرات LULC در چهار منطقه حفاظت‌شده استان لرستان شامل قالیکوه، اشترانکوه، سفیدکوه و شادابکوه در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۵۰ بررسی شد. نوآوری اصلی تحقیق، تمرکز هم‌زمان بر داخل مناطق حفاظت‌شده و بافر ۲۰ کیلومتری پیرامون آن‌هاست؛ رویکردی که در مطالعات پیشین کمتر مورد توجه قرار گرفته است. تحلیل منطقه پیرامونی، نه تنها درک دقیق‌تری از فشارهای محیطی بر مناطق حفاظت‌شده فراهم می‌کند، بلکه امکان تمایز میان تغییرات درون‌زا و برون‌زا در ساختارهای بوم‌شناختی را میسر می‌سازد. این روش می‌تواند الگویی کارآمد برای ارزیابی عملکرد حفاظتی و بررسی میزان نفوذ اثرات انسانی باشد.

نتایج آزمون‌های آماری نشان داد که علی‌رغم وضعیت حفاظتی، تغییرات LULC درون مرزهای مناطق مورد مطالعه به طور معناداری در طول زمان رخ داده است. آزمون فریدمن تغییرات قابل توجهی در میانگین رتبه‌ها از ۱۹۹۰ تا ۲۰۵۰ نشان داد که

بیانگر پویایی شدید الگوی LULC حتی در مناطق حفاظت‌شده است. آزمون ویلکاکسون نیز این روند ناپایدار و پرنوسان را تأیید کرده و اختلافات معنی دار در تمامی مقایسه‌های دوتایی زمانی را نمایان ساخت.

در بررسی طبقات کاربری، آزمون نسبت‌ها و کای‌اسکوئر (مقایسه دوتایی) نشان داد که بیشترین تغییرات معنادار مربوط به طبقات انسان‌ساخت، کشاورزی و ترکیبی بوده است. این امر می‌تواند ناشی از نفوذ تدریجی فعالیت‌های انسانی، بهره‌برداری غیرمجاز، توسعه سکونتگاه‌های حاشیه‌ای و فشار ناشی از افزایش جمعیت باشد. در مقابل، طبقات منابع آبی و جنگلی در برخی بازه‌های زمانی تغییرات غیرمعنادار یا اندکی داشتند که احتمالاً به مدیریت حفاظتی مؤثر، پایداری طبیعی این اکوسیستم‌ها یا محدودیت تغییرات فضایی در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر بازمی‌گردد.

این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌هایی چون Sobhani و همکاران (۲۰۲۱) در دو منطقه حفاظت‌شده جاجرود و تنگه‌واشی تهران، که افزایش ساخت‌وساز و کاهش مراتع پربازده را نشان داده‌اند، همخوانی دارد (Sobhani et al., 2021). آن‌ها مجاورت جاجرود با کلانشهر تهران را عاملی مهم در شدت تغییرات LULC دانسته و هشدار داده‌اند که در صورت نبود مدیریت مؤثر، تخریب زیستگاه‌ها و از بین رفتن گونه‌ها محتمل است.

مطالعه Chiaka و همکاران (۲۰۲۲) نیز نشان داد که در ۲۲ منطقه حفاظت‌شده ساحلی استوایی آفریقا، استفاده‌های انسانی نظیر کشاورزی شایع است و تراکم جمعیت انسانی مهم‌ترین عامل تغییرات محسوب می‌شود. آنها کاهش پوشش جنگلی را در اکثر مناطق مشاهده کردند که با یافته‌های ما همسو است و بر ضرورت پایش مستمر و تقویت مدیریت حفاظتی تأکید دارد (Chiaka et al., 2024).

همچنین، Schmitz و همکاران (۲۰۲۳) در بررسی مناطق حفاظت‌شده دشت سیلابی رود پارانا، دریافتند که هرچند فشارهای انسانی در سیمای سرزمین افزایش یافته، اما مناطق حفاظت‌شده توانسته‌اند روند تغییرات را، به‌ویژه در برابر گسترش کشاورزی، کند کنند. شدت محدودیت کاربری نیز تأثیر قابل توجهی بر پایداری پوشش طبیعی داشته است (Schmitz et al., 2023).

در مجموع، یافته‌ها حاکی از آن است که مناطق حفاظت‌شده لرستان با وجود دارا بودن وضعیت حقوقی خاص، از تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم تغییرات LULC مصون نبوده‌اند. این امر زنگ خطری برای آینده این زیست‌بوم‌هاست و بر ضرورت تقویت اقدامات حفاظتی، کنترل کاربری‌های مرزی و یکپارچه‌سازی مدیریت سرزمین تأکید دارد. حفاظت مؤثر تنها در گرو محدودیت‌های رسمی نیست، بلکه نیازمند پایش مداوم، مشارکت جوامع محلی و رویکردی اکوسیستم‌محور در مدیریت است. در شعاع ۲۰ کیلومتری پیرامون مناطق حفاظت‌شده، آزمون‌های آماری مختلف تغییرات گسترده و معناداری به‌ویژه در طبقات انسان‌ساخت، کشاورزی و بابر را نشان دادند. توسعه فزاینده کاربری‌های انسان‌ساخت و کاهش یا تثبیت نسبی پوشش‌های طبیعی، نمایانگر فشارهای ناشی از رشد جمعیت، گسترش سکونتگاه‌ها و فعالیت‌های کشاورزی است. این نتایج با مطالعه Sambou و همکاران (۲۰۱۵) در منطقه حفاظت‌شده پاتاگو در سنگال مطابقت دارد؛ جایی که مناطق مرزی آسیب‌پذیرترین نقاط در برابر تغییرات کاربری هستند و فشارهای انسانی باعث تبدیل جنگل‌ها به اراضی کشاورزی شده است. آن‌ها نرخ سالانه جنگل‌زدایی را ۰/۰۹ درصد برآورد کرده و اجرای سیاست‌هایی مانند REDD+ را ضروری دانستند (Sambou et al., 2015). در اشترانکوه و قالیکوه، گسترش مستمر اراضی کشاورزی و انسان‌ساخت دیده شد، در حالی که پوشش جنگلی نوساناتی داشت یا تغییر معناداری نداشت که می‌تواند ناشی از مقررات محدودکننده در داخل منطقه و ضعف در پیرامون باشد. شادابکوه نیز با افزایش محسوس مناطق انسان‌ساخت و ناپایداری پوشش‌های ترکیبی و جنگلی، تغییر الگوی کاربری در پاسخ به فشارهای انسانی و کمبود منابع طبیعی را نشان داد.

مطالعات مشابه (Sambou et al., 2015; Sobhani et al., 2022; Sobhani et al., 2021) بر اهمیت توجه به مناطق حاشیه‌ای مناطق حفاظت‌شده تأکید دارند و نشان می‌دهند نادیده گرفتن تحولات پیرامونی می‌تواند به شکست سیاست‌های حفاظتی بینجامد.

به‌طور کلی، توسعه اراضی کشاورزی و انسان‌ساخت حتی در مقیاس محدود، می‌تواند ساختار بوم‌سازگان را به تدریج دستخوش تغییرات کند. بنابراین، توجه به حوزه نفوذ انسانی فراتر از مرزهای رسمی مناطق حفاظت‌شده اهمیت حیاتی دارد. پیشنهاد می‌شود که سیاست‌گذاران، مدیریت کاربری اراضی را به‌صورت منطقه‌ای و فراتر از مرزهای رسمی مناطق حفاظت‌شده دنبال کنند. در مجموع، یافته‌ها بر ضرورت مدیریت یکپارچه سرزمین و تقویت رویکرد حفاظتی-پیشگیرانه تأکید دارند.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله مراتب سپاس و قدردانی صمیمانه خود را از استاد راهنمای عزیز و گرانقدر، جناب آقای دکتر عبدالرسول سلمان ماهینی، به‌خاطر راهنمایی‌ها و حمایت‌های ارزشمندشان در انجام این پژوهش صمیمانه قدردانی می‌نمایم. همچنین از جناب آقای دکتر رسول قربانی که با راهنمایی‌ها و نظرات سازنده خود در بهبود کیفیت این مقاله یاری‌رسان بودند، صمیمانه تشکر می‌نمایم.

منابع

- Ait El Haj, F., Ouadif, L. and Akhssas, A. (2023). Simulating and predicting future land-use/land cover trends using CA- Markov and LCM models. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 7: 100342, doi <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100342>.
- Bairwa, B., Sharma, R., Kundu, A., Sammen, S.S., Alsheri, F., Pande, C.B., Orban, Z. and Salem, A. (2025). Predicting changes in land use and land cover using remote sensing and land change modeler. *Frontiers in Environmental Science*, 13: 1540140.
- Buzási, A. and Jäger, B.S. (2020). District-scale assessment of urban sustainability. *Sustainable Cities and Society*, 62: 102388.
- Chaudhuri, G. and Mishra, N. (2016). Spatio-temporal dynamics of land cover and land surface temperature in Ganges-Brahmaputra delta: A comparative analysis between India and Bangladesh. *Applied Geography*, 68, doi 10.1016/j.apgeog.2016.01.002.
- Chiaka, J.C., Liu, G., Li, H., Zhang, W., Wu, M., Huo, Z. and Gonella, F. (2024). Land cover changes and management effectiveness of protected areas in tropical coastal area of sub-Saharan Africa. *Environmental and Sustainability Indicators*, 22: 100340, doi <https://doi.org/10.1016/j.indic.2024.100340>.
- Eastman, J.R. (2006). IDRISI Andes guide to GIS and image processing. *Clark University, Worcester*, 328.
- Eastman, J.R. (2015). TerrSet tutorial. *Clark Labs, Clark University: Worcester, MA, United States*.
- Ghosh, S., Chatterjee, N.D. and Dinda, S. (2021). Urban ecological security assessment and forecasting using integrated DEMATEL-ANP and CA-Markov models: A case study on Kolkata Metropolitan Area, India. *Sustainable Cities and Society*, 68: 102773.
- Imran, M. and Din, N.u. (2021). Geospatially mapping carbon stock for mountainous forest classes using InVEST model and Sentinel-2 data: a case of Bagrote valley in the Karakoram range. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(9): 756, doi 10.1007/s12517-021-07023-4.
- Islam, K.N., Rahman, M.M., Jashimuddin, M., Islam, K. and Zhang, Y. (2020). Impact of co-management on tree diversity and carbon sequestration in protected areas: Experiences from Bangladesh. *Trees, Forests and People*, 2: 100033.
- Karami, P. and Tavakoli, S. (2022). Identification and analysis of areas prone to conflict with wild boar (*Sus scrofa*) in the vineyards of Malayer County, western Iran. *Ecological Modelling*, 471: 110039.
- Lamichhane, S. and Shakya, N.M. (2021). Land use land cover (LULC) change projection in Kathmandu Valley using the CLUE-S model. *Journal of Advanced College of Engineering and Management*, 6: 221-233.
- Lin, Z., Peng, S., Ma, D., Shi, S., Zhu, Z., Zhu, J., Gong, L. and Huang, B. (2024). Patterns of change, driving forces and future simulation of LULC in the Fuxian Lake Basin based on the IM-RF-Markov-PLUS framework. *Sustainable Futures*, 8: 100289, doi <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2024.100289>.
- Moghadam, H.S. and Helbich, M. (2013). Spatiotemporal urbanization processes in the megacity of Mumbai, India: A Markov chains-cellular automata urban growth model. *Applied Geography*, 40: 140-149.
- Mosleh, M.K. (2025). Integrating the CA-Markov model and geospatial techniques for spatiotemporal prediction of land use/land cover dynamics in Qus District, Egypt. *Modeling Earth Systems and Environment*, 11(5): 1-15.

- Muhammad, B.J.H., Ping, W., Mohabbat, M.J., Ahmad, I. and Islam, I. (2025). Modelling and prediction of land use land cover change dynamics based on the land change modeller in Kunar Province, Eastern Afghanistan. *Scottish Geographical Journal*: 1-24.
- Munthali, M., Mustak, S., Adeola, A., Botai, J., Singh, S. and Davis, N. (2020). Modelling land use and land cover dynamics of Dedza district of Malawi using hybrid Cellular Automata and Markov model. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 17: 100276.
- Parvar, Z. and Salmanmahiny, A. (2025). Assessing and predicting habitat quality under urbanization and climate pressures. *Journal for Nature Conservation*, 86: 126903, doi <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2025.126903>.
- Pokhrel, M. and Shakya, N.M. 2021. *Assessment of future land use/cover change of Kathmandu Valley using two models of land change*. Paper presented at the Proc. IOE Grad. Conf.
- Pontius Jr, R.G., Cornell, J.D. and Hall, C.A. (2001). Modeling the spatial pattern of land-use change with GEOMOD2: application and validation for Costa Rica. *Agriculture, ecosystems & environment*, 85(1-3): 191-203.
- Ramachandra, T., Bharath, S. and Gupta, N. (2018). Modelling landscape dynamics with LST in protected areas of Western Ghats, Karnataka. *Journal of environmental management*, 206: 1253-1262.
- Rwanga, S. and Ndambuki, J. (2017). Accuracy Assessment of Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS. *International Journal of Geosciences*, 08: 611-622, doi 10.4236/ijg.2017.84033.
- Salem, M., Bose, A., Bashir, B., Basak, D., Roy, S., Chowdhury, I.R., Alsalman, A. and Tsurusaki, N. 2021. Urban Expansion Simulation Based on Various Driving Factors Using a Logistic Regression Model: Delhi as a Case Study. *Sustainability*, 13(19). Retrieved from.
- Sambou, S., Lykke, A.M., Sambou, H., Guiro, I., Sambou, B. and Mbow, C. (2015). Land use-land cover change and drivers of deforestation in the Patako protected area (Center-West of Senegal). *American Journal of Environmental Protection*, 4(6): 306-317.
- Schmitz, M.H., do Couto, E.V., Xavier, E.C., Tomadon, L.d.S., Leal, R.P. and Agostinho, A.A. (2023). Assessing the role of protected areas in the land-use change dynamics of a biodiversity hotspot. *Ambio*, 52(10): 1603-1617, doi 10.1007/s13280-023-01886-5.
- Sobhani, P., Esmailzadeh, H., Barghjelveh, S., Sadeghi, S.M. and Marcu, M.V. 2022. Habitat Integrity in Protected Areas Threatened by LULC Changes and Fragmentation: A Case Study in Tehran Province, Iran. *Land*, 11(1). Retrieved from.
- Sobhani, P., Esmailzadeh, H. and Mostafavi, H. (2021). Simulation and impact assessment of future land use and land cover changes in two protected areas in Tehran, Iran. *Sustainable Cities and Society*, 75: 103296, doi <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103296>.
- Schauman, S. A., Peñuelas, J., Jobbágy, E. G. and Baldi, G. (2024). The geometry of global protected lands. *Nature Sustainability*, 7: 82-89, doi 10.1038/s41893-023-01243-.
- Yang, F., Yang, L., Fang, Q. and Yao, X. (2024). Impact of landscape pattern on habitat quality in the Yangtze River Economic Belt from 2000 to 2030. *Ecological Indicators*, 166: 112480, doi <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112480>.
- Zhang, X., Liu, L., Chen, X., Gao, Y., Xie, S. and Mi, J.)2021(GLC_FCS30: global land-cover product with fine classification system at 30 m using time-series Landsat imagery, *Earth Syst. Sci. Data*, 13, 2753–2776.
- Zhang, X., Liu, L., Wu, C., Chen, X., Gao, Y., Xie, S. and Zhang, B. (2020). Development of a global 30 m impervious surface map using multisource and multitemporal remote sensing datasets with the Google Earth Engine platform. *Earth System Science Data*, 12(3): 1625-1648.
- Zhang, X., Zhao, T., Xu, H., Wendi, L., Wang, J., Chen, X. and Liu, L. (2024). GLC_FCS30D: the first global 30 m land-cover dynamics monitoring product with a fine classification system for the period from 1985 to 2022 generated using dense-time-series Landsat imagery and the continuous change-detection method. *Earth System Science Data*, 16: 1353-1381, doi 10.5194/essd-16-1353-2024.
- Zhou, L., Dang, X., Sun, Q. and Wang, S. (2020). Multi-scenario simulation of urban land change in Shanghai by random forest and CA-Markov model. *Sustainable Cities and Society*, 55: 102045.

ضمیمه A:

جدول (۸) - آزمون کای اسکور (جدول مقایسه دوتایی) در بافر ۲۰ کیلومتری اطراف مناطق تحت حفاظت

قالیکوه						طبقه کاربری
۲۰۵۰-۲۰۲۰	۲۰۵۰-۲۰۰۰	۲۰۲۰-۲۰۰۰	۲۰۵۰-۱۹۹۰	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۲۰۰۰-۱۹۹۰	
0/000**	0/000**	0/105 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	ترکیبی
0/000**	0/000**	0/026*	0/000**	0/000**	0/000**	کشاورزی
0/070 ^{ns}	0/560 ^{ns}	0/219 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	جنگل
0/495 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	آب
0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	انسان ساخت
0/126 ^{ns}	0/000**	0/016*	0/000**	0/000**	0/000**	بایر
اشترانکوه						
0/000**	0/000**	0/208 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	ترکیبی
0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	کشاورزی
0/001**	0/83 ^{ns}	0/98 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	جنگل
0/65 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/535 ^{ns}	آب
0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	انسان ساخت
0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	بایر
سفیدکوه						
0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/172 ^{ns}	ترکیبی
0/000**	0/000**	0/30 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	کشاورزی
0/000**	0/238 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	جنگل
0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/248 ^{ns}	آب
0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	انسان ساخت
0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	بایر
شادابکوه						
0/000**	0/000**	0/000**	0/83 ^{ns}	0/000**	0/000**	ترکیبی
0/000**	0/000**	0/296 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	کشاورزی
0/313 ^{ns}	0/963 ^{ns}	0/291 ^{ns}	0/000**	0/16 ^{ns}	0/000**	جنگل
0/520 ^{ns}	0/967 ^{ns}	0/494 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	آب
0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	انسان ساخت
0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	بایر

نماد (***) نشان دهندهی معناداری آماری در سطح بالا (P value < 0/001)

نماد (*) نشان دهندهی معناداری در سطح پنج صدم (P value < 0/05)

نماد (ns) نشان دهندهی غیرمعناداری است (P value > 0/05)

جدول (۹) - آزمون کای اسکوئر (جدول مقایسه دوتایی) در داخل مناطق تحت حفاظت

قالیکوه						طبقه کاربری
۲۰۵۰-۲۰۲۰	۲۰۵۰-۲۰۰۰	۲۰۲۰-۲۰۰۰	۲۰۵۰-۱۹۹۰	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۲۰۰۰-۱۹۹۰	
0/475 ^{ns}	0/262 ^{ns}	0/683 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	ترکیبی
0/000**	0/000**	0/721 ^{ns}	0/000**	0/355 ^{ns}	0/570 ^{ns}	کشاورزی
0/718 ^{ns}	0/642 ^{ns}	0/409 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	جنگل
0/864 ^{ns}	0/733 ^{ns}	0/866 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	آب
0/000**	0/000**	0/034*	0/000**	0/016*	0/765 ^{ns}	انسان ساخت
0/264 ^{ns}	0/047*	0/383 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	بایر
اشترانکوه						طبقه کاربری
۲۰۵۰-۲۰۲۰	۲۰۵۰-۲۰۰۰	۲۰۲۰-۲۰۰۰	۲۰۵۰-۱۹۹۰	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۲۰۰۰-۱۹۹۰	
0/003**	0/10 ^{ns}	0/694 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	ترکیبی
0/817 ^{ns}	0/106 ^{ns}	0/165 ^{ns}	0/000**	0/001**	0/48 ^{ns}	کشاورزی
0/395 ^{ns}	0/845 ^{ns}	0/513 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	جنگل
0/655 ^{ns}	0/506 ^{ns}	0/827 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	آب
0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	انسان ساخت
0/459 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/10 ^{ns}	بایر
سفیدکوه						طبقه کاربری
۲۰۵۰-۲۰۲۰	۲۰۵۰-۲۰۰۰	۲۰۲۰-۲۰۰۰	۲۰۵۰-۱۹۹۰	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۲۰۰۰-۱۹۹۰	
0/043**	0/000**	0/145 ^{ns}	0/158 ^{ns}	0/000**	0/000**	ترکیبی
0/000**	0/000**	0/427 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	کشاورزی
0/571 ^{ns}	0/471 ^{ns}	0/198 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	جنگل
0/138 ^{ns}	0/547 ^{ns}	0/377 ^{ns}	0/000**	0/010*	0/000**	آب
0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	انسان ساخت
0/166 ^{ns}	0/000**	0/057 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	بایر
شادابکوه						طبقه کاربری
۲۰۵۰-۲۰۲۰	۲۰۵۰-۲۰۰۰	۲۰۲۰-۲۰۰۰	۲۰۵۰-۱۹۹۰	۲۰۲۰-۱۹۹۰	۲۰۰۰-۱۹۹۰	
0/000**	0/000**	0/000**	0/83 ^{ns}	0/000**	0/000**	ترکیبی
0/000**	0/000**	0/296 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	کشاورزی
0/313 ^{ns}	0/963 ^{ns}	0/291 ^{ns}	0/000**	0/16 ^{ns}	0/000**	جنگل
0/520 ^{ns}	0/967 ^{ns}	0/494 ^{ns}	0/000**	0/000**	0/000**	آب
0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	انسان ساخت
0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	0/000**	بایر

نماد (**): نشان دهنده‌ی معناداری آماری در سطح بالا (P value < 0/001)

نماد (*): نشان دهنده‌ی معناداری در سطح پنج صدم (P value < 0/05)

نماد (ns): نشان دهنده‌ی غیرمعناداری است (P value > 0/05)