



Analysis of Land Cover Changes in the Corridor of Larestan-Evaz using Spatial Analysis Techniques by RS and GIS

Fateme Taghavifard¹ | Mojtaba Arasteh^{2*} | Hassan Izady³

1. Department of Urban Planning, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran. E-mail: fateme.taghavifard@gmail.com

2. Corresponding Author, Department of Urban Planning, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran. E-mail: m.arasteh@shirazu.ac.ir

3. Department of Urban Planning, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran. E-mail: izady@shirazu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:

Received: October 07, 2025

Revised: December 28, 2025

Accepted: December 28, 2025

Published online: 05 March 2026

Keywords:

Land cover change,
RS,
GIS,
Logistic regression,
Larestan-Evaz Corridor.

ABSTRACT

This research aimed to analyze land cover and land use changes in the Lar-Evaz communication axis during the period from 2004 to 2024 and to investigate the factors affecting these changes. To achieve the research objectives, Landsat 7 and 8 satellite images (ETM+ and OLI sensors) were used. Land cover and land use classification was performed using the maximum likelihood method for the years 2004, 2014, and 2024 in ENVI 5.6 software. The kappa coefficient was evaluated to examine the accuracy of the maps as 94%, 97%, and 96%, respectively. Subsequently, the changes that occurred were examined using the post-classification comparison method. In the next step, to examine the factors affecting the occurrence of changes, the logistic regression model was used in the TerrSet software, and the parameters under study were examined as independent variables, including altitude, land slope, proximity to roads, proximity to residential centers, and proximity to water sources (water wells). The results indicated that barren lands decreased by 46.9% over a 20-year period, from 276.0005 km² in 2004 to 249.89 km² in 2024. The largest changes were related to built-up areas, which increased from 7656.35 km² in 2004 to 4785.60 km² in 2024, a 69.1% growth. The vegetation cover of the region has also increased by about 47.3%, from 2879.40 km² in 2004 to 6851.41 km² in 2024. In examining the factors affecting the occurrence of changes using the logistic regression model, it was found that proximity to water sources (wells), slope, and proximity to the road had the greatest impact on causing changes in the Lar-Evaz region. The evaluation of the logistic regression model with ROC and Pseudo-R² indices of 0.939 and 0.426, respectively, indicated the high capability of the model in describing changes and determining areas susceptible to change.

Cite this article: Taghavifard, F.; Arasteh, M. & Izady, H. (2025-2026). Analysis of Land Cover Changes in the Corridor of Larestan-Evaz using Spatial Analysis Techniques by RS and GIS. *Town and Country Planning*.17 (2), 209-228. <http://doi.org/10.22059/jtcp.2025.403740.670528>



© Authors retain the copyright and full publishing rights.
DOI: <http://doi.org/10.22059/jtcp.2025.403740.670528>

Publisher: University of Tehran Press.



تحلیل تغییرات پوشش زمین در محور لارستان- اوز با استفاده از تکنیک‌های تحلیل فضایی RS و GIS

فاطمه تقوی فرد^۱ | مجتبی آراسته^{۲*} | حسن ایزدی^۳

۱. گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: fateme.taghavifard@gmail.com
 ۲. نویسنده مسئول، گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: m.arasteh@shirazu.ac.ir
 ۳. گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: izady@shirazu.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

پژوهشی، مروری

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۱۴

کلیدواژه:

پوشش زمین،
رگرسیون لجستیک،
محور لارستان- اوز،
RS،
Gis.

این پژوهش با هدف تحلیل تغییرات کاربری و پوشش زمین در محور ارتباطی لار- اوز طی دوره زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۴ و بررسی عوامل مؤثر بر این تغییرات انجام شده است. برای دستیابی به اهداف پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ و ۸ (سنجنده‌های ETM+ و OLI) استفاده شد و طبقه‌بندی کاربری و پوشش زمین به روش حداکثر احتمال برای سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۴ در نرم‌افزار ENVI 5.6 انجام گرفت. ضریب کاپا برای بررسی صحت نقشه‌ها به ترتیب برابر با ۹۴ درصد، ۹۷ درصد و ۹۶ درصد ارزیابی و سپس تغییرات رخ داده با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی بررسی شد. در گام بعد برای بررسی عوامل مؤثر بر بروز تغییرات از مدل رگرسیون لجستیک در نرم‌افزار TerrSet استفاده شد و پارامترهای مورد بررسی با عنوان متغیرهای مستقل شامل: ارتفاع، شیب زمین، نزدیکی به جاده، نزدیکی به مراکز سکونتگاهی و نزدیکی به منابع آب (چاه‌های آب) در این مدل بررسی شد. نتایج نشان داد زمین‌های بایر طی بازه زمانی ۲۰ ساله کاهش ۹/۴۶ درصدی داشته و از ۲۷۶/۰۰۰۵ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۴ به ۲۴۹/۸۹ کیلومتر مربع در سال ۲۰۲۴ رسیده است. بیشترین تغییرات مربوط به مناطق ساخته‌شده بوده است؛ طوری که از ۳۵/۷۶۵۶ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۴ به ۶۰/۴۷۸۵ کیلومتر مربع در سال ۲۰۲۴ رسیده و رشد ۶۹/۱ درصدی داشته است. پوشش گیاهی منطقه نیز حدود ۳/۴۷ درصد افزایش یافته و از ۴۰/۲۸۷۹ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۴ به ۴۱/۶۸۵۱ کیلومتر مربع در سال ۲۰۲۴ رسیده است. در بررسی عوامل مؤثر بر بروز تغییرات با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک، مشخص شد که نزدیکی به منابع آب (چاه‌ها)، شیب و نزدیکی به جاده بیشترین تأثیرات را در ایجاد تغییرات در منطقه لار- اوز داشته است و ارزیابی مدل رگرسیون لجستیک با شاخص‌های ROC و Pseudo-R² به ترتیب با مقادیر ۰/۹۳۹ و ۰/۴۲۶ بیانگر قابلیت بالای مدل در توصیف تغییرات و تعیین مناطق مستعد تغییر بود.

استناد: تقوی فرد، فاطمه؛ آراسته، مجتبی و ایزدی، حسن (۱۴۰۴). تحلیل تغییرات پوشش زمین در محور لارستان- اوز با استفاده از تکنیک‌های تحلیل فضایی RS و GIS. *آمایش سرزمین*، ۱۷ (۲)، ۲۲۸-۲۰۹. <http://doi.org/10.22059/jtcp.2025.403740.670528>

© نویسندگان. ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
DOI: <http://doi.org/10.22059/jtcp.2025.403740.670528>



مقدمه و بیان مسئله

توسعه مداوم تمدن انسانی و بهبود الگوی زندگی نتیجه استفاده سریع از منابع طبیعی است که سطح زمین را در سراسر جهان تغییر داده است. بخش بزرگی از منابع طبیعی سطح زمین (بیش از ۸۰ درصد) به دلیل فعالیت‌های انسانی تخریب و مناطق با تراکم جمعیت بالا با تخریب شدید مواجه شده‌اند (Seyam et al., 2023). انفجارهای جمعیتی اخیر و افزایش نرخ شهرنشینی نگرانی‌هایی را برای بررسی جنبه‌های مختلف محیط‌های طبیعی و ساخته‌شده برانگیخته است (Fashae et al., 2022).

تغییر کاربری و پوشش زمین (LULCC^۱) یکی از عوامل اصلی ایجاد تغییرات جهانی است که در دهه‌های اخیر اهمیت قابل توجهی یافته است (Acheampong et al., 2018). این تغییرات هم تابع پدیده‌های طبیعی و هم فعالیت‌های انسانی است (Ellis & Ramankutty, 2008; Sarma et al., 2008). پس از جنگ جهانی دوم، به دلیل صنعتی شدن گسترده و الگوی گسترش پراکندگی شهری در سراسر جهان، نیاز به تحلیل کاربری زمین به وسیله سنجش‌ازدور بیش از پیش احساس شد (Mosammam et al., 2017) که این مسئله در کشورهای در حال توسعه از حساسیت بیشتری برخوردار است. رشد سریع و کنترل‌نشده جمعیت، پویایی توسعه اجتماعی-اقتصادی، و نیاز به صنعتی شدن پیوسته الگوی کاربری و پوشش زمین را تغییر داده است (Naikoo et al., 2020). فعالیت‌های انسانی یکی از نیروی‌های محرکه اصلی تغییرات کاربری و پوشش زمین ملی و محلی است. بهره‌برداری انسان از محیط زیست مانند گسترش شهری و فعالیت‌های کشاورزی موجب بروز اختلالات خاصی در محیط محلی می‌شود. در آغاز قرن ۲۱ رشد سریع شهرنشینی به عنوان عامل اصلی تخریب پوشش گیاهی مطرح شده است؛ درحالی‌که در گذشته بیشترین تغییرات کاربری و پوشش زمین ناشی از فعالیت‌های کشاورزی بوده است (Gondo et al., 2023).

امروزه یکی از چالش‌های اساسی که جامعه با آن روبه‌رو است چگونگی حفاظت از اکوسیستم‌ها در برابر تخریب است (Juliev et al., 2019). با رشد شهرنشینی در سراسر جهان، بیش از نیمی از جمعیت جهان در مناطق شهری سکونت دارند و پیش‌بینی می‌شود این روند در دهه‌های آینده ادامه یابد. تغییر کاربری و پوشش زمین با رشد شهری یک مسئله جهانی با پیامدهای اجتماعی-اقتصادی و زیست‌محیطی مهم است. مثلاً، تغییر کاربری و پوشش زمین منجر به مشکلات زیست‌محیطی متعددی از جمله تخریب کیفیت آب، آلودگی هوا، از دست رفتن تنوع زیستی، آثار جزیره گرمایی شهری، نابرابری‌های اجتماعی-اقتصادی، پراکندگی اجتماعی و هزینه‌های زیرساختی می‌شود (Maimaitijiang et al., 2015). تغییرات کاربری و پوشش زمین نقش مهمی در پایداری مکانی-زمانی محیط زیست ایفا می‌کند؛ زیرا با شرایط آب‌وهوای محلی و منطقه‌ای و جهانی، چرخه کربن، پایداری تنوع زیستی، آب تمیز، کشاورزی و امنیت غذایی ارتباط دارد. بنابراین، اگر قرار است شرایط استانداردهای زندگی به طور پایدار بهبود یابد، درک فرایند تغییرات محیطی و مشکلاتی که باید حل شوند حیاتی است. این امر مؤسسات دولتی و سازمان‌های خصوصی را قادر می‌سازد تا بدانند چه اتفاقی در حال رخ دادن است و برنامه‌های جامعی برای مداخله آینده خود تدوین کنند و طراحی سیاست‌ها و تصمیمات مؤثر برای مدیریت زمین انجام دهند. از این رو، اطلاعات به‌موقع در مورد تغییرات کاربری و پوشش زمین و پویایی آن به منظور درک بهتر روابط و تعاملات میان پدیده‌های انسانی و طبیعی برای مدیریت هر چه بهتر منابع طبیعی بسیار مهم است. این امر مستلزم توجه جهانی به ارزیابی مداوم تغییرات کاربری زمین است (Abebe et al., 2022). شیوه‌های سنتی نظارت بر تغییرات کاربری و پوشش زمین از نظر زمانی و اقتصادی به‌صرفه نیستند (Liaqat et al., 2021). خوشبختانه روش‌های مکانی همچون سنجش‌ازدور (RS^۲) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS^۳) از دیرباز به عنوان ابزاری قدرتمند و مقرون‌به‌صرفه در تحلیل تغییرات کاربری و پوشش زمین به اثبات رسیده است. از تصاویر تاریخی و سری زمانی سنجش‌ازدور برای استخراج اطلاعات با استفاده از تکنیک‌های مختلف تحلیل تصاویر استفاده می‌شود (Tarawally et al., 2019).

تغییر کاربری و پوشش زمین در ایران به یکی از چالش‌های مهم زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی کشور تبدیل شده است. این پدیده که در دهه‌های اخیر شدت یافته است تأثیرات گسترده‌ای بر منابع طبیعی، امنیت غذایی و توسعه پایدار دارد.

1. land use & land cover change
2. remote sensing
3. geographic information system

توجه به اینکه بخش قابل توجهی از ایران در اقلیم گرم و خشک قرار دارد، حساسیت و آسیب‌پذیری سرزمین نسبت به این تغییرات دوجندان است و لزوم برنامه‌ریزی دقیق و مبتنی بر دانش اهمیتی ویژه می‌یابد. منطقه لارستان نیز از این روند مستثنا نیست و در سال‌های اخیر به دلایل متعددی همچون رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی، افزایش نیاز به مسکن، تغییر در شرایط اقتصادی-اجتماعی، تغییرات اقلیمی و آب‌وهوایی، افزایش هزینه‌های کشاورزی و همچنین تمایل ساکنان منطقه به باغ‌شهری سبب شده است که کاربری و پوشش زمین منطقه به‌ویژه در دو دهه اخیر تغییرات زیادی را تجربه کند. عمده تغییرات کاربری و پوشش زمین پدیدآمده در منطقه شامل تغییر زمین‌های بایر به ساخته‌شده (شهرک‌های مسکونی و صنعتی) یا تغییر زمین‌های کشاورزی و بایر پیرامون شهرهای لار، گراش و اوز به باغ‌شهری است که تا ۲۰ سال قبل وجود نداشت. این تغییرات نه تنها منجر به تخریب منابع طبیعی و زیست‌بوم منطقه می‌شوند، بلکه پایداری اکولوژیکی و امنیت زیستی منطقه لار- اوز را نیز با تهدیداتی جدی مواجه می‌کند. بنابراین، شناخت دقیق از میزان و نوع این تغییرات گامی حیاتی برای مدیریت هوشمندانه منابع، برنامه‌ریزی کاربری زمین و حفاظت از محیط زیست منطقه به شمار می‌رود. بر این اساس هدف از پژوهش حاضر شناسایی روند تغییرات کاربری و پوشش زمین در محور ارتباطی شهرهای لار- اوز و حوزه پیرامونی آن‌ها و بررسی عوامل مؤثر بر وقوع این تغییرات است. با تکیه بر این آگاهی، می‌توان اقدامات اصلاحی و تدابیر مدیریتی مناسبی را با هدف دستیابی به توسعه‌ای متوازن و پایدار برای منطقه اتخاذ کرد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

کاربری و پوشش زمین دو اصطلاح مجزا هستند که اغلب به جای یک‌دیگر استفاده می‌شوند (Dimiyati et al., 1996). پوشش زمین به خصوصیات فیزیکی سطح زمین گفته می‌شود که در توزیع پوشش گیاهی، آب، خاک و دیگر ویژگی‌های فیزیکی زمین، از جمله مواردی که فقط در اثر فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌شوند، مانند سکونتگاه‌ها، به تصویر کشیده می‌شود؛ درحالی‌که کاربری زمین به نحوه استفاده انسان‌ها از زمین و زیستگاهشان اطلاق می‌شود که معمولاً بر نقش کارکردی زمین برای فعالیت‌های اقتصادی تأکید می‌کند. الگوی کاربری و پوشش زمین یک منطقه برآیند عوامل طبیعی و اجتماعی-اقتصادی و بهره‌برداری انسان از آن‌ها در زمان و مکان است. اطلاعات درباره کاربری و پوشش زمین و امکانات استفاده بهینه از آن‌ها برای انتخاب، برنامه‌ریزی و اجرای طرح‌های کاربری زمین به منظور پاسخگویی به تقاضاهای فزاینده بشر و رفاه او ضروری است. این اطلاعات همچنین به نظارت بر پویایی کاربری زمین که ناشی از تغییر تقاضای افزایش جمعیت است کمک می‌کند. کاربری بر پوشش زمین و تغییر در پوشش زمین بر کاربری زمین تأثیر می‌گذارد. تغییر در پوشش زمین به واسطه کاربری زمین لزوماً به معنای تخریب زمین نیست؛ با این حال، بسیاری از الگوهای تغییر کاربری به دلیل عوامل مختلفی منجر به تغییرات پوشش زمین شده که این موضوع می‌تواند بر تنوع زیستی، آب و انتشار گازهای گلخانه‌ای تأثیر بگذارد (Rawat & Kumar, 2015).

به منظور شناسایی پویایی کاربری و پوشش زمین، باید انواع تغییرات را از هم متمایز کرد. با توجه به پوشش زمین، تغییر می‌تواند به دو صورت تبدیل^۱ و اصلاح^۲ مشخص شود (Lambin et al., 2003a). تبدیل پوشش زمین به عنوان تبدیل کامل یک نوع پوشش به نوع دیگر شناخته می‌شود؛ درحالی‌که اصلاح پوشش زمین بدون تغییر کلی ساختار یا عملکرد را از یک نوع به نوع دیگر جایگزین می‌کند که می‌تواند باعث تغییرات در بهره‌وری، زیست‌توده یا فنولوژی شود (Lambin et al., 2001). به همین ترتیب، تبدیل کاربری زمین را می‌توان دگرگونی از یک نوع کاربری به کاربری دیگر دانست. تغییرات در اصلاح کاربری زمین شامل شدت استفاده و دگرگونی کیفیت و ویژگی‌های آن‌ها است (مثلاً استفاده از جنگل‌های حومه‌ای حفاظت‌شده منابع طبیعی به منظور تفریح بدون تغییر در مساحت) (Linh, 2013).

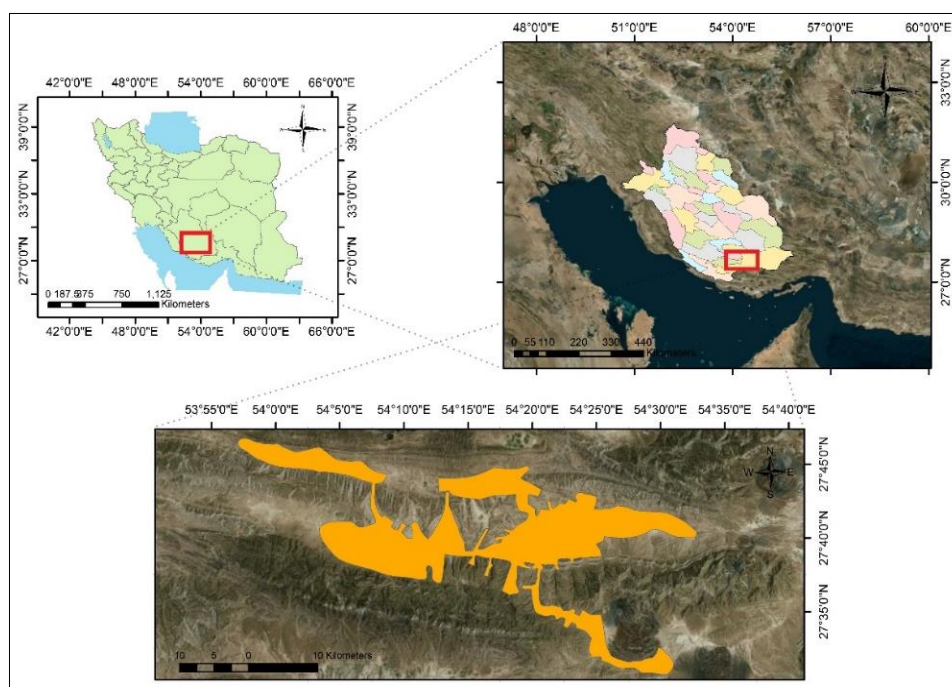
بزرگی و وسعت تغییرات کاربری و پوشش زمین در بسیاری از بخش‌های جهان تحت تأثیر عوامل اجتماعی-اقتصادی و بیوفیزیکی قرار دارند. این عوامل به طور مستقیم با عملکرد بازارهای محلی و ملی، سیاست‌های داخلی و خارجی و همچنین شرایط جمعیتی و محیطی مرتبط هستند. جنگل‌زدایی (Deng et al., 2015; Lu et al., 2013)، صنعتی شدن (Deng et

1. conversion
2. modification

استفاده از شاخص‌های ROC و Pseudo-R² به ترتیب با مقادیر ۰/۸۹۶۴ و ۰/۲۹۹۵ نشان‌دهنده دقت و توانایی بالای مدل در توصیف تغییرات و تشخیص مناطق مستعد بود.

محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه بخشی از شهرستان‌های لارستان، گراش و اوز را شامل می‌شود که در یک دشت ناودیسی باریک و طویل در جنوب استان فارس، با اقلیمی گرم و خشک استقرار یافته و در طول شرقی ۵۳ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۳۳ دقیقه از نصف‌النهار گرینویچ و ۲۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی از خط استوا قرار گرفته است (شکل ۱). محدوده شامل ۵ شهر لار، خور، لطیفی، گراش و اوز و ۳ روستای کرمستج، براک و بائن است که شهرهای لار، خور و لطیفی و ۳ روستای ذکرشده در شهرستان لارستان واقع شده‌اند و یک مجموعه شهری را شکل داده‌اند. محدوده از شمال به شهرستان‌های داراب، زرین‌دشت، جویم، از غرب و جنوب غربی به خنج و لامرد و از شرق و جنوب شرقی به بندرعباس و بندرلنگه محدود است (بر اساس گوگل مپ و گوگل ارث پرو). بر اساس نقشه مدل رقومی ارتفاع، دامنه تغییرات ارتفاعی محدوده مورد مطالعه از ۷۱۶ متر تا ۱۰۹۰ متر متغیر است و متوسط ارتفاع محدوده حدود ۹۰۰ متر بالاتر از سطح دریا است. مساحت منطقه مورد مطالعه در حدود ۳۵۲/۰۵۴ کیلومترمربع است و جمعیت آن بر اساس آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، ۱۳۷۰۶۶ نفر گزارش شده است (سالنامه آماری استان فارس، ۱۴۰۰).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش و ابزار پژوهش

جمع‌آوری داده‌ها

برای انجام دادن این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای لندست مستخرج از سامانه گوگل ارث انجین (GEE) استفاده شده است. گوگل ارث انجین یک پلتفرم رایگان مبتنی بر وب^۱ و محاسبات ابری است (Oliphant et al., 2019; Shelestov et al., 2020) که توسط شرکت گوگل و به منظور ذخیره‌سازی و تحلیل حجم عظیمی از داده‌ها راه‌اندازی شده است (Wahap & Shafri, 2020).

1. Google Earth Engine
2. <https://earthengine.google.com/>

شده است. از ویژگی‌های خوب این سامانه می‌توان به رایگان بودن آن و بی‌نیازی به سخت‌افزارهای پیشرفته و پرهزینه اشاره کرد (سلطانی و محمدنژاد، ۱۴۰۰).

به منظور گردآوری تصاویر ماهواره‌ای، با استفاده از برنامه‌نویسی جاوا اسکریپت در محیط ویرایشگر کد GEE، شیب فایل محدوده مورد مطالعه معرفی و اقدام به اخذ تصاویر سری لندست سنجنده‌های ETM+ و OLI برای سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۴ شد. تصاویر سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۱۴ از لندست ۷ سنجنده ETM+ و تصویر مربوط به سال ۲۰۲۴ از لندست ۸ سنجنده OLI با پوشش ابری کمتر از ۱۰ درصد و با قدرت تفکیک ۳۰ متر استخراج شده است (جدول ۱). در این پژوهش از داده‌های کالکشن ۲- لول ۲ لندست استفاده شده است که اطلاعات تصحیح‌شده ارائه می‌دهد. با توجه به اینکه سامانه گوگل ارث انجین تصاویر تصحیح‌شده به صورت بازتاب زمینی (SR)^۱ در اختیار کاربران قرار می‌دهد، نیازی به انجام دادن تصحیحات اتمسفری تصاویر نیست و به صورت آماده برای پردازش عرضه می‌شود (قادری و بذرافشان، ۱۴۰۲).

جدول ۱. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده‌شده در پژوهش

| ماهواره | سنجنده | ردیف / گذر | قدرت تفکیک مکانی | تاریخ |
|---------|--------|------------|------------------|-------|
| لندست ۷ | ETM+ | ۱۶۱ / ۴۱ | ۳۰m | ۲۰۰۴ |
| لندست ۷ | ETM+ | ۱۶۱ / ۴۱ | ۳۰m | ۲۰۱۴ |
| لندست ۸ | OLI | ۱۶۱ / ۴۱ | ۳۰m | ۲۰۲۴ |

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

طبقه‌بندی کاربری زمین یکی از روش‌های کسب اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای است (Naikoo et al., 2020). در میان روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده، الگوریتم حداکثر احتمال^۲ یکی از پرکاربردترین و محبوب‌ترین روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به شمار می‌آید که در مقالات و پژوهش‌های بسیاری از این روش برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده شده است (Aljenaid et al., 2022; Salem et al., 2020; Seyam et al., 2023; Tarawally et al., 2019; Tariq et al., 2021). در روش یادشده، طبقه‌بندی بر اساس واریانس و کوواریانس انجام می‌شود و فرض بر این است که هر کلاس به صورت نرمال توزیع شده است (Rogan & Chen, 2004; Seyam et al., 2023; Tarawally et al., 2019). این روش احتمال تعلق یک پیکسل خاص در یک کلاس کاربری و پوشش خاص را محاسبه می‌کند. در حقیقت پیکسل مورد نظر به کلاسی نسبت داده می‌شود که بیشترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس وجود دارد. هر چه انحراف از پیکسل مرکزی بیشتر باشد، احتمال وجود پیکسل در آن دسته کمتر است (Tarawally et al., 2019).

در این پژوهش پس از اخذ تصاویر دقیق و تصحیح‌شده از سامانه گوگل ارث انجین، نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده کاربری و پوشش زمین در سه کلاس کاربری ساخته و پوشش گیاهی و بایر برای هر سه سری زمانی تهیه شد. با استفاده از ابزار ROI^۳ در نرم‌افزار ENVI 5.6، برای هر کلاس کاربری چندین پلیگون به عنوان نواحی تعلیمی بر روی تصاویر ایجاد و سپس با استفاده از طبقه‌بندی نظارت‌شده و الگوریتم حداکثر احتمال فرایند طبقه‌بندی انجام شد.

ارزیابی دقت

ارزیابی دقت پس از طبقه‌بندی بخش مهمی از طبقه‌بندی و تهیه نقشه کاربری و پوشش زمین است (Asare et al., 2021); (Naikoo et al., 2020; Seyam et al., 2023) که برای تحلیل دقت نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده استفاده می‌شود. ارزیابی دقت کاربری و پوشش زمین میزان عملکرد تصاویر طبقه‌بندی‌شده را در مقایسه با واقعیت (داده‌های واقعیت زمینی)^۴ اندازه‌گیری

1. surface reflectance
2. maximum likelihood
3. region of interest
4. ground truth

می‌کند (Fikadu & Olika, 2023; Kutir et al., 2022). حداقل سطح دقت در تفسیر داده‌های سنجش‌ازدور برای شناسایی کلاس‌های کاربری و پوشش زمین باید ۸۵ درصد باشد (Aljenaid et al., 2022). در این مطالعه از ماتریس درهم‌ریختگی^۱ که کارآمدترین روش ارزیابی دقت برای نقشه‌های طبقه‌بندی شده با روش حداکثر احتمال است استفاده شده است. ارزیابی دقت برای محاسبه مؤلفه‌های دقت کلی^۲ و ضریب کاپا^۳، با جمع‌آوری نمونه‌های واقعیت زمینی برای تصاویر سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۴ با استفاده از تصاویر Google Earth Pro انجام شد. کلیه محاسبات مربوط به ارزیابی دقت طبقه‌بندی در نرم‌افزار ENVI 5.6 و با استفاده از فرمان confusion matrix انجام شده است.

آشکارسازی تغییرات

آشکارسازی تغییرات^۴ پس از طبقه‌بندی فرایندی است که برای توصیف تغییرات کاربری و پوشش زمین در یک منطقه و طی دوره‌ای معین استفاده می‌شود و تفاوت بین دو تصویر از یک محدوده یکسان را در آغاز و پایان دوره زمانی معین مشخص می‌کند. در این مطالعه از رویکرد مقایسه پس از طبقه‌بندی^۵ برای مقایسه نتایج طبقه‌بندی اراضی به صورت پیکسل‌به‌پیکسل استفاده شد. با این روش، یک ماتریس آشکارسازی تغییر حاصل می‌شود که برای استخراج نواحی تغییر یافته و میزان و جهت تغییر در هر نوع کاربری و پوشش زمین استفاده می‌شود (Acheampong et al., 2018). این روش رایج‌ترین و کارآمدترین روشی است که تغییرات بین طبقات را شناسایی می‌کند (Asare et al., 2021; Liaqat et al., 2021; Seyam et al., 2023).

پس از تهیه نقشه کاربری و پوشش زمین برای سه دوره زمانی ۲۰۰۴، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۴ که با استفاده از طبقه‌بندی نظارت‌شده و الگوریتم حداکثر احتمال حاصل شدند و بررسی صحت آن‌ها انجام گرفت، برای شناسایی تغییرات پوشش زمین طی دوره‌های زمانی معین ابتدا مساحت و درصد مساحت کاربری و پوشش زمین در سال‌های مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Arc 10.7 GIS محاسبه شد و سپس عملیات آشکارسازی تغییرات برای این نقشه‌ها در دوره‌های زمانی ۱۰ ساله ۲۰۰۴-۲۰۱۴ و ۲۰۱۴-۲۰۲۴ با استفاده از ماژول crosstab در نرم‌افزار TerrSet که اطلاعات کاملی درباره تغییر انواع کلاس‌ها به یک‌دیگر فراهم می‌کند صورت گرفت.

مدل رگرسیون لجستیک

رگرسیون لجستیک یک روش آماری است که برای مدل‌سازی رابطه بین مجموعه متغیرهای مستقل و متغیر وابسته باینری (دوگانه) استفاده می‌شود. برخلاف رگرسیون دوگانه خطی که برای متغیرهای پیوسته به کار می‌رود و از متغیری برای پیش‌بینی متغیر دیگر استفاده می‌شود (مثلاً پیش‌بینی دما از ارتفاع)، در رگرسیون چندگانه و لجستیک ارتباط بین چند متغیر مستقل با یک متغیر وابسته سنجیده می‌شود. رگرسیون لجستیک نوع خاصی از رگرسیون‌های چندگانه است که در آن متغیر وابسته گسسته است (مثل کاربری و پوشش زمین). در رگرسیون لجستیک متغیر وابسته باید به صورت باینری باشد و می‌تواند فقط دو مقدار ۰ و ۱ را بگیرد که ارزش ۱ بیانگر وقوع یک رویداد و ارزش ۰ بیانگر عدم وقوع رویداد است (Hosmer et al., 2013). رگرسیون لجستیک از تابع لوجیت^۶ برای مدل‌سازی رابطه بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته استفاده می‌کند. تابع لوجیت به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود:

$$\text{Logit}(p) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) \quad (1)$$

که در آن:

p : احتمال وقوع رویداد (مثلاً تغییر کاربری و پوشش زمین)

1. confusion matrix
2. overall accuracy
3. kappa coefficient
4. change detection
5. post-classification comparison
6. logit

$$\frac{p}{1-p}$$

نسبت شانس است.

مدل رگرسیون لجستیک به صورت رابطه ۲ بیان می‌شود:

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n \quad (2)$$

که در آن:

β_0 : عرض از مبدأ (intercept)؛

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$: ضرایب متغیرهای مستقل؛

X_1, X_2, \dots, X_n : متغیرهای مستقل است.

احتمال p از طریق تابع لجستیک (sigmoid) رابطه ۳ محاسبه می‌شود:

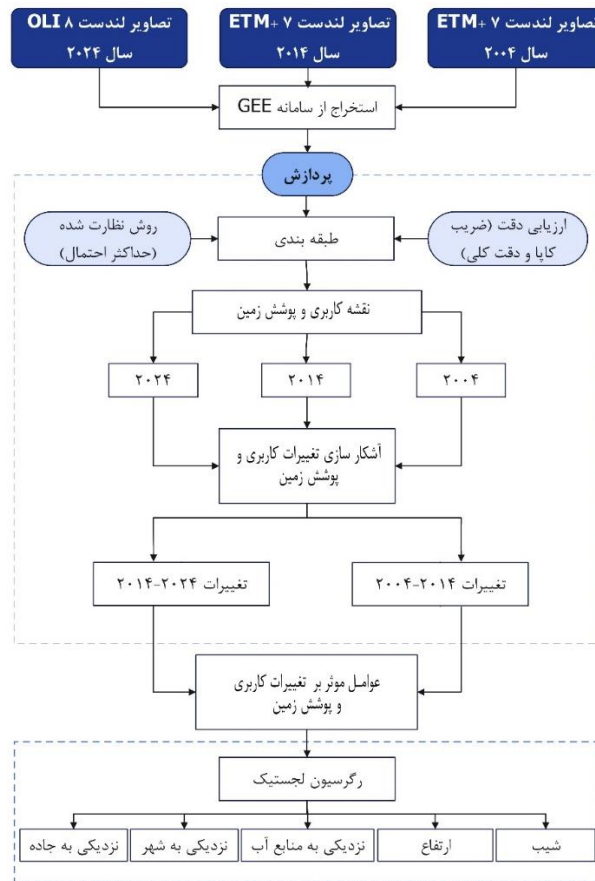
$$p = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}} \quad (3)$$

این رابطه تضمین می‌کند که مقدار p همیشه بین ۰ و ۱ باقی می‌ماند (Menard, 2002).

برای انجام دادن رگرسیون لجستیک، از نقشه کاربری و پوشش زمین تهیه شده برای سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۲۴ به منظور تولید نقشه تغییرات پوشش زمین به عنوان متغیر وابسته استفاده شد. این نقشه باید به صورت باینری باشد که در آن ۰ بیانگر مناطق تغییرنیافته است و ۱ برای مناطق تغییر یافته در نظر گرفته می‌شود.

برای متغیرهای مستقل، برخی عوامل اثرگذار بر تغییرات پوشش زمین منطقه شناسایی و به نقشه تبدیل شدند. این نقشه‌ها عبارت‌اند از نقشه‌های ارتفاع و نقشه شیب که از مدل رقومی ارتفاع (DEM) استخراج شد و نقشه‌های فاصله تا جاده، فاصله تا شهرهای اصلی و فاصله تا منابع آب (چاه‌های آب) که با استفاده از ابزار euclidean distance در نرم‌افزار Arc GIS 10.7 تهیه شده است. از آنجا که برای مدل‌سازی به نقشه‌های یکسانی نیاز داریم و متغیرهای مستقل مورد نظر دارای واحدهای یکسان نیستند، باید استانداردسازی صورت گیرد که برای استانداردسازی لایه‌ها از روش فازی در نرم‌افزار TerrSet استفاده شد. در نهایت، مدل توسط متغیرهای مستقل و وابسته با استفاده از رگرسیون لجستیک در نرم‌افزار TerrSet اجرا شد. خروجی‌های مدل رگرسیون لجستیک یک نقشه احتمال تغییرات است که میزان احتمال تغییر کاربری و پوشش زمین را با توجه به متغیر مستقل در آینده بیان می‌کند. هر قدر ارزش سلول به ۱ نزدیک‌تر باشد احتمال اینکه آن نقطه در آینده تغییر کند بیشتر است و هر قدر به ۰ نزدیک‌تر باشد احتمال تغییرات آن کمتر است. خروجی دیگر مدل یک داده متنی است که ضریب تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل در آن نمایان است؛ همچنین دو آماره مهم $Pseudo R^2$ و ROC^1 که برای تفسیر نتایج، دانستن ماهیت و کارکرد آن‌ها ضروری است. دامنه این دو آماره بین ۰ و ۱ است. میزان قابل قبول برای ROC بین ۰/۸-۱ است. همچنین مقدار ۰/۵ برای این معیار بیانگر تصادفی بودن موقعیت‌ها است. شاخص $Pseudo R^2$ نیز میزان یک برآزش خوب را مورد آزمون قرار می‌دهد که برای یک برآزش خوب در مطالعات فضایی مقدار این شاخص باید بیشتر از ۰/۲ باشد (Hu & Lo, 2007).

به طور کلی نرم‌افزارهای استفاده شده در این پژوهش شامل ENVI 5.6، Arc GIS 10.7، Google Earth Pro، و Google Earth Pro، و TerrSet است که از نرم‌افزار ENVI 5.6 برای پردازش و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، از نرم‌افزار Arc GIS 10.7 برای محاسبه مساحت نقشه‌های طبقه‌بندی و تغییرات، تهیه نقشه‌های پایه و نقشه‌های رستری متغیرهای مستقل و آنالیزهای تکمیلی، از نرم‌افزار Pro Google Earth برای جمع‌آوری نقاط کنترل زمینی در صحت‌سنجی و از نرم‌افزار TerrSet به منظور تهیه نقشه تغییرات، انجام دادن مدل رگرسیون لجستیک و تهیه نقشه احتمال تغییرات استفاده شده است. شکل ۲ روند انجام دادن پژوهش را در قالب یک دیاگرام نشان می‌دهد.



شکل ۲. مدل روش شناسی پژوهش (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۴)

یافته‌ها

طبقه‌بندی پوشش زمین و آشکارسازی تغییرات

همان‌طور که گفته شد، در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ (سنجنده ETM+) و ۸ (سنجنده OLI) و روش طبقه‌بندی نظارت‌شده حداکثر احتمال به منظور تهیه نقشه کاربری و پوشش زمین برای سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۴ استفاده شده است و بر این اساس محدوده مورد مطالعه با مساحت ۳۵۲/۰۵۴ کیلومترمربع به سه کلاس کاربری ساخته‌شده، بایر و پوشش گیاهی طبقه‌بندی شده است.

دقت طبقه‌بندی سه تصویر طبقه‌بندی‌شده سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۴ در جدول ۲ نشان داده شده است. دقت کلی طبقه‌بندی نقشه‌ها بسیار خوب و از ۹۶/۷۰ تا ۹۸/۳۴ متغیر است. همچنین ضریب کاپا نیز از ۰/۹۴ تا ۰/۹۷ متغیر و در هر سه نقشه بسیار مناسب است. نتایج دقت کلی و ضریب کاپا در طبقه‌بندی انجام‌شده برای هر سه نقشه گویای این است که طبقه‌بندی کاربری‌ها با نقشه واقعیت زمینی از مطابقت بسیار مناسبی برخوردار است.

جدول ۲. مقایسه دقت طبقه‌بندی نقشه‌ها

| سال | لندست/ سنجنده | دقت کلی | ضریب کاپا |
|------|----------------|---------|-----------|
| ۲۰۰۴ | لندست ۷ / ETM+ | ۹۶/۷۰ | ۰/۹۴ |
| ۲۰۱۴ | لندست ۷ / ETM+ | ۹۸/۳۴ | ۰/۹۷ |
| ۲۰۲۴ | لندست ۸ / OLI | ۹۷/۳۷ | ۰/۹۶ |

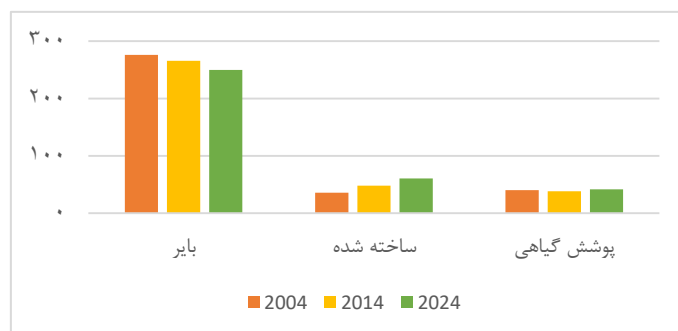
زمین‌های بایر حجم گسترده‌ای از محدوده مطالعاتی لار- اوز را به خود اختصاص داده است. با وجود این، طی بازه زمانی ۲۰ ساله کاهش ۹/۴۶ درصدی داشته است؛ طوری که این اراضی در سال ۲۰۰۴، ۲۷۶ کیلومترمربع یعنی حدود ۷۸/۴ درصد از

زمین‌های محدوده را به خود اختصاص داده که این مقدار در سال ۲۰۱۴ به ۲۶۵/۶۷۸ کیلومترمربع و در آخر در سال ۲۰۲۴ به ۲۴۹/۸۹ کیلومترمربع رسیده و روند نزولی داشته است. اراضی ساخته‌شده با مساحت ۳۵/۷۶۵۶ کیلومترمربع حدود ۱۰/۱۶ درصد از زمین‌های محدوده را در سال ۲۰۰۴ شامل شده است که طی بازه زمانی اول رشد ۳۴/۱۶ درصدی داشته؛ طوری که در سال ۲۰۱۴ مساحت اراضی ساخته‌شده به ۴۷/۹۸۵۷ کیلومترمربع رسیده و سپس با رشد ۲۶ درصدی در بازه زمانی دوم در سال ۲۰۲۴ این میزان به ۶۰/۴۷۸۵ کیلومترمربع رسیده است. به طور کلی ساخت‌وساز در بازه ۲۰ ساله روند صعودی داشته و اراضی ساخته‌شده در سال ۲۰۲۴ نسبت به سال ۲۰۰۴ به میزان ۶۹ درصد رشد داشته و حدوداً ۱/۷ برابر شده است. پوشش گیاهی محدوده نیز که شامل زمین‌های کشاورزی و باغات می‌شود، با مساحت ۴۰/۲۸۷۹ کیلومترمربع، حدود ۱۱/۴۴ درصد از اراضی محدوده در سال ۲۰۰۴ را به خود اختصاص داده است که این اراضی در سال ۲۰۱۴ مقداری کاهش داشته و به ۳۸/۳۹۰۵ کیلومترمربع رسیده است، در سال ۲۰۲۴ با افزایش ۸/۶ درصدی نسبت به سال ۲۰۱۴ روبه‌رو بوده و پوشش گیاهی به ۴۱/۶۸۵۱ کیلومترمربع رسیده است و به طور کلی در بازه زمانی ۲۰ ساله افزایش ۳/۴۷ درصدی داشته است (جدول ۳ و شکل ۳ و ۴).

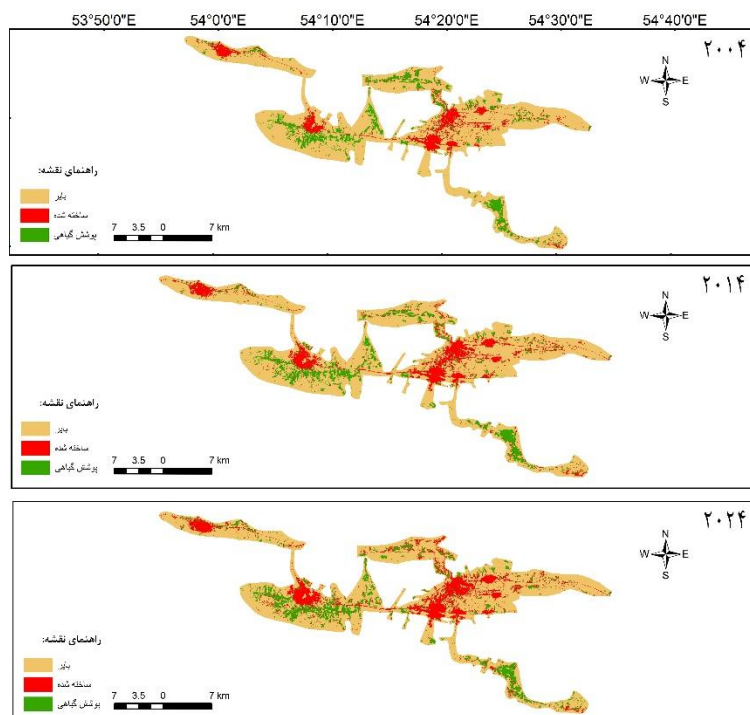
ماتریس تغییرات کاربری و پوشش زمین در بازه زمانی ۲۰۱۴-۲۰۰۴ در جدول ۴ آورده شده است که نشان می‌دهد طی این دهه به طور کلی مساحت اراضی بایر و پوشش گیاهی کاهش یافته و اراضی ساخته‌شده افزایش یافته است. عمده تغییرات در این دوره مربوط به تبدیل زمین‌های بایر به ساخته‌شده و پوشش گیاهی است؛ طوری که مساحتی معادل با ۱۵/۶۰۳ کیلومترمربع از زمین‌های بایر به ساخته‌شده و ۱۱/۹۷۷ کیلومترمربع از آن به پوشش گیاهی تبدیل شده و ۲۴۸/۴۲ کیلومترمربع نیز بدون تغییر باقی مانده است. به طور کلی اراضی ساخته‌شده از نظر مساحت کمتر به سایر کاربری‌ها تبدیل شده؛ طوری که ۵/۵۷ کیلومترمربع از اراضی ساخته‌شده به زمین بایر و ۱/۷۳ کیلومترمربع از آن به پوشش گیاهی تبدیل شده است. پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه در این بازه اندکی کاهش یافته و از ۴۰/۲۸۸ کیلومترمربع در سال ۲۰۰۴ به ۳۸/۳۹۰ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۴ رسیده است؛ طوری که ۱۱/۶۹ کیلومترمربع از آن به بایر و ۳/۹۱ کیلومترمربع از این زمین‌ها به ساخته‌شده تبدیل شده و حدود ۲۴/۶۹ کیلومترمربع از پوشش گیاهی بدون تغییر باقی مانده است.

جدول ۳. مقایسه تغییرات مساحت طبقات کاربری و پوشش زمین

| تغییرات | سال | | | تغییرات | سال | | |
|------------|-------|---------|---------|------------|-------|---------|---------|
| | ۲۰۲۴ | ۲۰۱۴ | ۲۰۰۴ | | ۲۰۲۴ | ۲۰۱۴ | ۲۰۰۴ |
| تغییرات | نسبت | نسبت | نسبت | تغییرات | نسبت | نسبت | نسبت |
| ۲۰۲۴ | به | به | به | ۲۰۲۴ | به | به | به |
| ۲۰۰۴ | ۲۰۱۴ | ۲۰۰۴ | ۲۰۰۴ | ۲۰۱۴ | ۲۰۰۴ | ۲۰۰۴ | ۲۰۰۴ |
| پوشش زمین | درصد | درصد | درصد | پوشش زمین | درصد | درصد | درصد |
| بایر | ۷۸/۴ | ۲۶۵/۶۷۸ | ۲۴۹/۸۹ | بایر | ۷۵/۴۶ | ۲۶۵/۶۷۸ | ۲۴۹/۸۹ |
| ساخته‌شده | ۱۰/۱۶ | ۴۷/۹۸۵۷ | ۶۰/۴۷۸۵ | ساخته‌شده | ۱۳/۶۳ | ۴۷/۹۸۵۷ | ۶۰/۴۷۸۵ |
| پوشش گیاهی | ۱۱/۴۴ | ۳۸/۳۹۰۵ | ۴۱/۶۸۵۱ | پوشش گیاهی | ۱۰/۹۱ | ۳۸/۳۹۰۵ | ۴۱/۶۸۵۱ |



شکل ۳. مقایسه تغییرات کاربری و پوشش زمین طی سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۴



شکل ۴. طبقه‌بندی کاربری و پوشش زمین منطقه مورد مطالعه، از بالا به پایین به ترتیب مربوط به سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۴

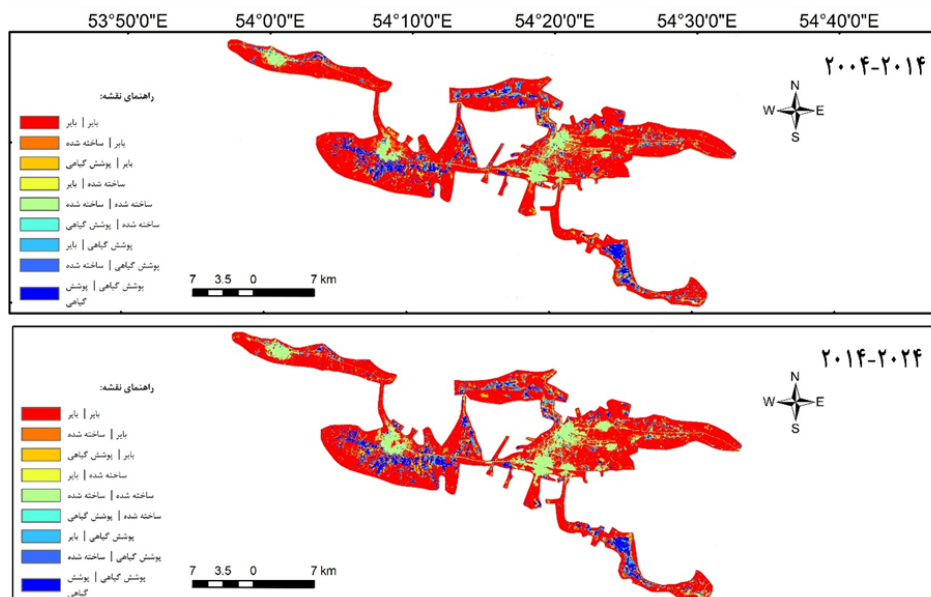
جدول ۴. مساحت تغییرات کاربری و پوشش زمین در بازه زمانی ۲۰۱۴-۲۰۰۴

| جمع | پوشش گیاهی | ساخته شده | بایر | ۲۰۰۴-۲۰۱۴ |
|----------|------------|-----------|----------|------------|
| ۲۶۵/۶۷۷۸ | ۱۱/۶۹۰۵ | ۵/۵۶۷۱ | ۲۴۸/۴۲۰۲ | بایر |
| ۴۷/۹۸۵۷ | ۳/۹۰۹۷ | ۲۸/۴۷۳۲ | ۱۵/۶۰۲۸ | ساخته شده |
| ۳۸/۳۹۰۵ | ۲۴/۶۸۷۷ | ۱/۷۲۵۳ | ۱۱/۹۷۷۵ | پوشش گیاهی |
| ۳۵۲/۰۵۴ | ۴۰/۲۸۷۹ | ۳۵/۷۶۵۶ | ۲۷۶/۰۰۵ | جمع |

جدول ۵ ماتریس تغییرات کاربری و پوشش زمین را در بازه زمانی ۲۰۱۴-۲۰۲۴ نشان می‌دهد. طی این دهه کاربری‌های ساخته شده و پوشش گیاهی افزایش و زمین‌های بایر کاهش یافته است. در این بازه ۱۶/۸۴ کیلومترمربع از زمین‌های بایر به ساخته شده و ۱۳/۱۳ کیلومترمربع به پوشش گیاهی تغییر یافته است. اراضی ساخته شده همچنان از نظر مساحتی کمتر به سایر کاربری‌ها تغییر یافته؛ طوری که ۶/۲۱ کیلومترمربع از این اراضی به بایر و ۲/۹۶ کیلومترمربع از آن به پوشش گیاهی تبدیل شده است. به طور کلی، پوشش گیاهی محدوده در سال ۲۰۲۴ نسبت به ۲۰۱۴ افزایش داشته است و از ۳۸/۳۹ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۴ به ۴۱/۶۹ کیلومترمربع در سال ۲۰۲۴ رسیده است؛ اما با این حال ۷/۹۷ کیلومترمربع از این اراضی به بایر و ۴/۸۳ کیلومترمربع از آن به ساخته شده تبدیل شده است. شکل ۵ تغییرات کاربری و پوشش زمین منطقه لار-اوز را طی سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۱۴ و ۲۰۱۴-۲۰۲۴ نشان می‌دهد.

جدول ۵. مساحت تغییرات کاربری و پوشش زمین در بازه زمانی ۲۰۱۴-۲۰۲۴

| جمع | پوشش گیاهی | ساخته شده | بایر | ۲۰۱۴-۲۰۲۴ |
|----------|------------|-----------|----------|------------|
| ۲۴۹/۸۹۰۴ | ۷/۹۷۱۳ | ۶/۲۱۳۲ | ۲۳۵/۷۰۵۹ | بایر |
| ۶۰/۴۷۸۴ | ۴/۸۲۷۸ | ۳۸/۸۱۲۶ | ۱۶/۸۳۸ | ساخته شده |
| ۴۱/۶۸۵۲ | ۲۵/۵۹۱۵ | ۲/۹۵۹۸ | ۱۳/۱۳۳۹ | پوشش گیاهی |
| ۳۵۲/۰۵۴ | ۳۸/۳۹۰۶ | ۴۷/۹۸۵۶ | ۲۶۵/۶۷۷۸ | جمع |



شکل ۵. تغییرات کاربری و پوشش زمین منطقه مورد مطالعه طی سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۱۴ و ۲۰۱۴-۲۰۲۴

روند مشاهده شده که گویای افزایش اراضی ساخته شده و پوشش گیاهی در سطح منطقه مورد مطالعه است را می‌توان تحت تأثیر ساخت شهرک‌ها و باغ‌شهری‌ها طی دو دهه اخیر دانست که دولت نهم شروعی برای شکل‌گیری این تغییرات در ایران بود. در منطقه لار- اوز نیز مناطق زیادی چه به صورت زمین‌های بایر در محدوده و پیرامون شهر یا زمین‌های کشاورزی پیرامون شهر، که شاید طی مدتی فاقد کشت بوده‌اند، دچار تغییرات شده است و به صورت شهرک‌های مسکونی در محدوده شهر و شهرک‌های صنعتی و باغ‌شهری‌ها در پیرامون شهر نمود یافته است. پس از اجرای سیاست‌های مسکن مهر در دولت نهم و از سال ۱۳۸۶ شمسی (۲۰۰۷ میلادی) ساخت‌وسازهای جدید در اراضی با کاربری بایر یا کشاورزی شدت گرفت. این روند در سال‌های اخیر نیز با عنوان طرح مسکن ملی ادامه یافته است. نوع دیگری از تحولات شکل‌گیری باغ‌شهری‌ها است. شکل‌گیری رسمی باغ‌شهری‌ها در قالب کنونی نیز به دولت نهم و سال ۱۳۸۷ شمسی (۲۰۰۸ میلادی) برمی‌گردد. احداث باغ‌شهری‌ها نیاز به زمین‌های مستعد کشت و زرع داشت و زمین‌های زراعی اولین قربانیان این مسئله شدند، که به‌رغم قوانین موجود تغییر کاربری‌ها طی دو دهه اخیر با روند رو به رشد همراه بوده است. شکل ۶ این تغییرات را به‌خوبی نشان می‌دهد.

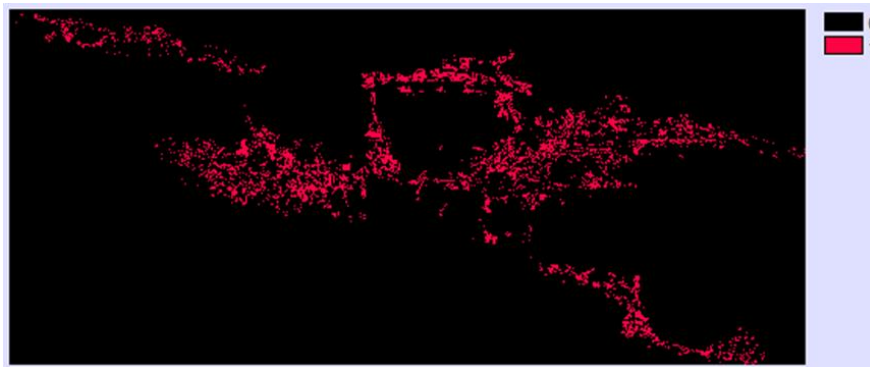


شکل ۶. تغییر کاربری و پوشش زمین طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۴

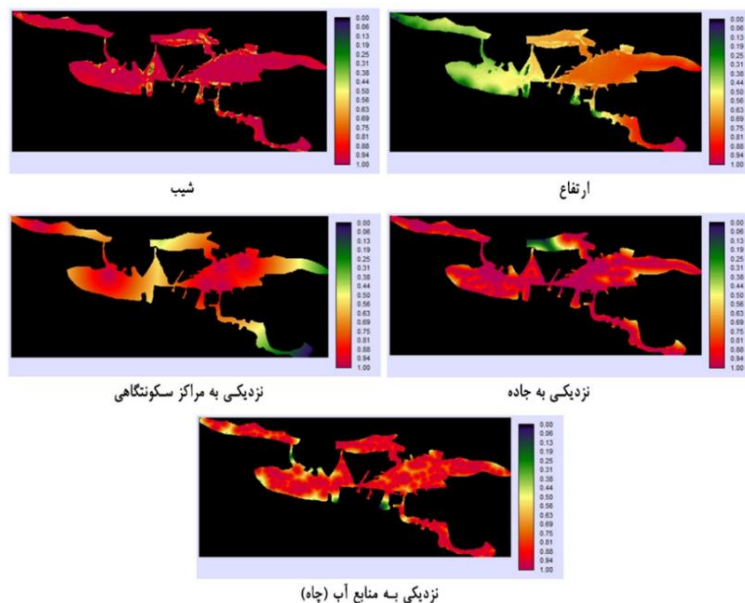
تحلیل عوامل مؤثر بر تغییر کاربری و پوشش زمین با استفاده از رگرسیون لجستیک

در رگرسیون لجستیک متغیر وابسته به صورت باینری (دوگانه) است و در این پژوهش نواحی تغییر یافته پوشش و کاربری زمین به عنوان متغیر وابسته مطرح هستند؛ طوری که نواحی تغییر یافته ارزش ۱ و نواحی که تغییری در آنها صورت نگرفته است ارزش ۰ می‌گیرند. با استفاده از نقشه کاربری و پوشش زمین مربوط به سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۲۴، نقشه باینری تغییرات به صورت باینری (۰ و ۱) ایجاد و وارد مدل رگرسیون لجستیک شد. شکل ۷ نواحی تغییر یافته طی ۲۰ سال را نشان می‌دهد.

عوامل محیطی و فاصله‌ای تأثیرگذار بر تغییرات کاربری و پوشش زمین که در این بخش به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند شامل ارتفاع، شیب زمین، نزدیکی به جاده، نزدیکی به مراکز سکونتگاهی و نزدیکی به منابع آب (چاه‌های آب) است. نقشه‌های ارتفاع و شیب از مدل رقومی ارتفاع (DEM) استخراج شد و نقشه‌های نزدیکی به جاده، نزدیکی به مراکز سکونتگاهی و نزدیکی به منابع آب (چاه‌های آب) با استفاده از دستور فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار GIS تهیه شدند. از آنجا که برای مدل‌سازی به نقشه‌های یکسانی نیاز داریم و نقشه متغیرهای مستقل واحد یکسانی ندارند، با هدف استانداردسازی و یکسان کردن نقشه‌ها، از روش فازی در نرم‌افزار TerrSet استفاده شد. شکل ۸ نقشه متغیرهای مستقل را نشان می‌دهد. مطابق با این نقشه‌ها هر چه به ۰ نزدیک‌تر شویم امتیاز کمتری برای تغییر کاربری و پوشش زمین به دست می‌آید.



شکل ۷. نقشه تغییرات کاربری و پوشش زمین به عنوان متغیر وابسته، باینری شده با استفاده از نرم‌افزار TerrSet
(۰ = مناطق بدون تغییر، ۱ = مناطق تغییر یافته)

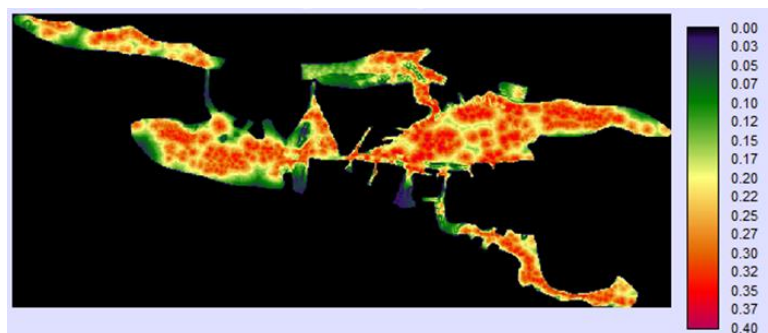


شکل ۸. متغیرهای مستقل، فازی شده در نرم‌افزار TerrSet

به منظور مدل‌سازی تغییرات، متغیر وابسته (نقشه باینری تغییرات) و متغیرهای مستقل (عوامل محیطی مؤثر بر تغییرات) در نرم‌افزار TerrSet وارد رگرسیون لجستیک شدند. نقشه رستری احتمال تغییر کاربری و پوشش زمین مطابق شکل ۹ در بازه ۰ تا ۱ پدید می‌آید که هر چه ارزش سلول به ۱ نزدیک‌تر باشد احتمال اینکه آن نقطه در آینده تغییر کند بیشتر است. خروجی تابع رگرسیون لجستیک، علاوه بر نقشه احتمال تغییر کاربری و پوشش زمین، ضرایب هر یک از متغیرهای مستقل و آماره‌های Pseudo R² و ROC است. میزان Pseudo R² و ROC برای این مدل به ترتیب ۰/۴۲۶ و ۰/۹۳۹ به دست آمد که در محدوده مناسبی قرار دارد و بنابراین مدل‌سازی مورد تأیید است (جدول ۶).

جدول ۶. ضرایب به دست آمده از مدل رگرسیون لجستیک

| متغیر | ضرایب |
|---------------------------|----------|
| ارتفاع | ۰/۳۵۸۱ |
| شیب | ۲/۱۹۷۷ |
| نزدیکی به منابع آب (چاه) | ۳/۲۵۶۳ |
| نزدیکی به مراکز سکونتگاهی | ۰/۲۹۰۶ |
| نزدیکی به جاده | ۱/۱۶۷۸ |
| مقدار ثابت | - ۷/۵۷۷۴ |
| آماره Pseudo R_square | ۰/۴۲۵۹ |
| آماره ROC | ۰/۹۳۸۸ |



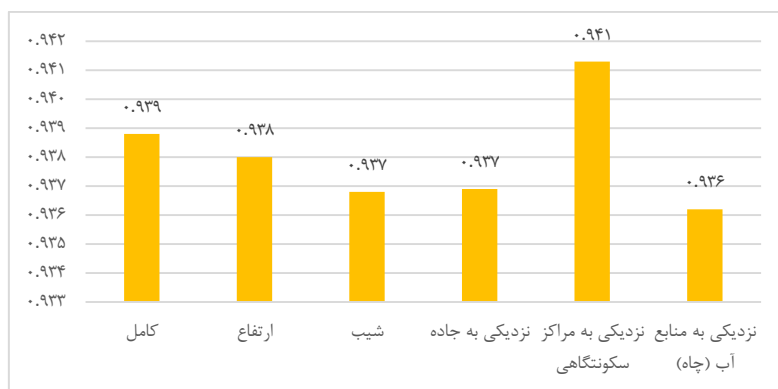
شکل ۹. نقشه احتمال تغییر کاربری و پوشش زمین

حساسیت‌سنجی مدل

به منظور بررسی اینکه بین متغیرهای مستقل کدام مورد بیشترین تأثیر را در تغییرات کاربری و پوشش زمین دارد، از روش حساسیت‌سنجی به کمک ROC استفاده شد. در روش حساسیت‌سنجی هر یک از متغیرهای مستقل به ترتیب حذف و مدل با باقی متغیرها اجرا می‌شود و مقدار ROC در هر بار مدل‌سازی محاسبه و میزان اثرگذاری هر یک از متغیرهای مستقل در تغییرات کاربری و پوشش زمین تعیین می‌شود. جدول ۷ و شکل ۱۰ میزان ROC هر یک از متغیرها را هنگام حذف و اجرای مدل بدون آن متغیر نشان می‌دهد.

جدول ۷. حساسیت‌سنجی مدل رگرسیونی با حذف متغیرهای مستقل

| متغیر | نزدیکی به منابع آب (چاه) | نزدیکی به مراکز سکونتگاهی | نزدیکی به جاده | شیب | ارتفاع | کامل |
|-----------|--------------------------|---------------------------|----------------|--------|--------|--------|
| میزان ROC | ۰/۹۳۶۲ | ۰/۹۴۱۳ | ۰/۹۳۶۹ | ۰/۹۳۶۸ | ۰/۹۳۸۰ | ۰/۹۳۸۸ |



شکل ۱۰. حساسیت سنجی مدل رگرسیونی با حذف متغیرهای مستقل

هر چه میزان ROC پس از حذف هر متغیر کمتر باشد نشان دهنده تأثیرگذاری بیشتر آن متغیر در احتمال ایجاد تغییرات است. همان طور که مشخص است نزدیکی به منابع آب (چاه‌ها) بیشترین تأثیر را در تغییر کاربری و پوشش زمین دارد. سپس به ترتیب شیب، نزدیکی به جاده، ارتفاع و نزدیکی به مراکز سکونتگاهی بیشترین تأثیر را در تغییر کاربری و پوشش زمین در منطقه لار- اوز دارند.

بحث و نتیجه

در پژوهش حاضر تغییرات کاربری و پوشش زمین منطقه لار- اوز به وسعت ۳۵۲/۰۵۴ کیلومترمربع، با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۷ و ۸ و سنجنده‌های ETM+ و OLI، برای سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۱۴ و ۲۰۲۴ بررسی شد و طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از روش نظارت‌شده و الگوریتم حداکثر احتمال در نرم‌افزار ENVI در سه دسته کاربری اراضی بایر، ساخته‌شده و پوشش گیاهی صورت گرفت. در بازه زمانی بیست ساله ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۴، تغییرات چشمگیری در الگوی کاربری زمین منطقه رخ داده است. زمین‌های بایر با کاهش ۹/۵ درصدی از ۲۷۶ کیلومترمربع (معادل ۷۸/۴ درصد از کل منطقه) در سال ۲۰۰۴ به ۲۴۹/۸۹ کیلومترمربع در سال ۲۰۲۴ رسیده و روندی نزولی را تجربه کرده‌اند. در مقابل، اراضی ساخته‌شده طی این دوره روندی صعودی داشته‌اند؛ به گونه‌ای که از ۳۵/۷۶۵۶ کیلومترمربع (۱۰/۱۶ درصد از اراضی محدوده) در سال ۲۰۰۴ با رشد ۳۴ درصدی، به ۴۷/۹۸۵۷ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۴ افزایش یافته و سپس با رشد ۲۶ درصدی در دهه دوم به ۶۰/۴۷۸۵ کیلومترمربع در سال ۲۰۲۴ رسیده است. در مجموع، مساحت اراضی ساخته‌شده در طول دو دهه اخیر ۶۹ درصد افزایش داشته و حدوداً ۱/۷ برابر شده است، که با نتایج حاصل از پژوهش‌های چن و همکارانش (۲۰۱۲)، گادرانی و همکارانش (۲۰۱۸)، لانگ و همکارانش (۲۰۰۷)، و وانگ و همکارانش (۲۰۲۱) هم‌سو است. از سوی دیگر، پوشش گیاهی محدوده نیز که شامل زمین‌های کشاورزی و باغات می‌شود با مساحت ۴۰/۲۸۷۹ کیلومترمربع حدود ۱۱/۴۴ درصد از اراضی محدوده در سال ۲۰۰۴ را به خود اختصاص داده است که این اراضی در سال ۲۰۱۴ مقداری کاهش داشته و به ۳۸/۳۹۰۵ کیلومترمربع رسیده است و در سال ۲۰۲۴ با افزایش ۸/۶ درصدی نسبت به سال ۲۰۱۴ روبه‌رو بوده و پوشش گیاهی به ۴۱/۶۸۵۱ کیلومترمربع رسیده است. به طور کلی، این روند افزایشی در اراضی ساخته‌شده و پوشش گیاهی طی این دوره نشان‌دهنده تأثیر مستقیم توسعه شهرک‌ها و باغ‌شهرها بر الگوی کاربری زمین طی دو دهه اخیر است. زیرا در این بازه زمانی تحولات زیادی در کشور رخ داده است. اجرای سیاست‌های مسکن مهر در دولت نهم و از سال ۱۳۸۶ شمسی (۲۰۰۷ میلادی) شتاب قابل توجهی به فعالیت‌های ساخت‌وساز در اراضی بایر و کشاورزی بخشید که این روند در سال‌های اخیر نیز با عنوان طرح مسکن ملی ادامه یافته است. نوع دیگری از تحولات شکل‌گیری باغ‌شهری‌ها بود. شکل‌گیری رسمی باغ‌شهری‌ها در قالب کنونی به دولت نهم و سال ۱۳۸۷ شمسی (۲۰۰۸ میلادی) برمی‌گردد. احداث باغ‌شهری‌ها نیاز به زمین‌های مستعد کشت و زرع داشت و زمین‌های زراعی اولین قربانیان این مسئله شدند و به‌رغم قوانین موجود شهرهای لار، گراش و اوز نیز همچون بسیاری از شهرهای ایران تغییرات قابل توجهی در کاربری و پوشش زمین تجربه کردند.

برای بررسی عوامل مؤثر بر تغییر کاربری و پوشش زمین از روش رگرسیون لجستیک استفاده شد، مطابق با بررسی‌های صورت‌گرفته مشخص شد که از میان عواملی همچون شیب، ارتفاع، نزدیکی به جاده، نزدیکی به سکونتگاه‌ها و نزدیکی به منابع

آب (چاه)، به ترتیب مؤلفه‌های نزدیکی به منابع آب (چاه)، شیب و نزدیکی به جاده بیشترین تأثیر را بر بروز تغییرات کاربری و پوشش زمین در منطقه لار- اوز داشته است. پژوهش‌های زیادی در سایر نقاط جهان درباره موضوع تغییر کاربری و پوشش زمین صورت گرفته است که از روش‌های مشابه با روش پژوهش حاضر استفاده شده یا نتایج مشابهی داشته است. مثلاً در پژوهش سالاریان و همکارانش، که با هدف آشکارسازی تغییرات کاربری زمین در استان گلستان انجام شده بود، روشن شد که بیشترین مقادیر تغییرات این منطقه مربوط به اراضی زراعی بوده، به طوری که ۸/۵ درصد افزایش داشته، کاربری مسکونی نیز با روند افزایشی روبه‌رو بوده، به طوری که با افزایشی ۰/۹ درصدی در طی این دوره مواجه بوده است و برای مدل‌سازی پتانسیل انتقال از رگرسیون لجستیک و متغیرهای مدل رقومی ارتفاع، شیب، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، فاصله از مراتع، فاصله از مناطق جنگلی، فاصله از اراضی کشاورزی و فاصله از مناطق مسکونی به عنوان متغیرهای مؤثر بر تغییرات کاربری و پوشش زمین برای مدل‌سازی استفاده شد (سالاریان و همکاران، ۱۴۰۰). چن و همکارانش نیز از مدل رگرسیون لجستیک برای شناسایی عوامل مؤثر بر تغییرات زمین‌های کشاورزی یوچنگ چین استفاده کردند. مشخص شد که طی دوره ۲۰۰۱-۲۰۰۹، ۵/۱۴ درصد از زمین‌های کشاورزی کاهش یافته است که عمدتاً به زمین‌های جنگلی و ساخته‌شده تبدیل شده‌اند؛ اگرچه که بخشی از زمین‌های جنگلی و بایر نیز به زمین‌های کشاورزی تبدیل شده است. نتایج حاصل از رگرسیون لجستیک در این پژوهش نشان داد که موقعیت مکانی، رشد جمعیت و درآمد کشاورزان عوامل اصلی مؤثر بر تغییر زمین‌های کشاورزی در این محدوده بوده است (Chen et al., 2012). همچنین داداش‌پور و همکارانش در پژوهشی در سال ۱۳۹۸ تغییرات کاربری زمین در منطقه کلان‌شهری تهران را برای سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ بررسی کردند و با شناسایی میزان تأثیر عوامل محرک تغییر و پتانسیل‌های انتقال کاربری‌ها با روش رگرسیون لجستیک میزان تأثیر عوامل را مشخص کردند. آن‌ها دریافتند که مناطق ساخته‌شده در این مدت گسترش چشمگیری داشته است که این تغییر می‌تواند ناشی از رشد فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی در منطقه کلان‌شهری تهران و به طبع آن جذب جمعیتی آن دانست؛ همچنین روند تغییرات گذشته در منطقه کلان‌شهری تهران منجر به تخریب مراتع، زمین‌های کشاورزی و بایر شده است و این روند آسیب مناطق ساخته‌شده بر منابع طبیعی و بارز زینت محیطی را بیشتر خواهد کرد. فاصله از راه‌ها، فاصله از مناطق ساخته‌شده، شیب و ارتفاع بیشترین تأثیر را بر تغییرات این منطقه داشته است (داداش‌پور و همکاران، ۱۳۹۸). این پژوهش نشان می‌دهد که تغییر کاربری و پوشش زمین بازتابی از تعاملات انسان و محیط زیست است که می‌تواند پیامدهای زیادی برای محیط زیست طبیعی و جوامع انسانی به دنبال داشته باشد. با توجه به اهمیت این موضوع، این مطالعه می‌تواند به عنوان مبنایی برای تدوین سیاست‌ها و استراتژی‌های مدیریت زمین برای مدیران، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران مورد توجه قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده به مسائل زیر نیز پرداخته شود:

- با توجه به اینکه در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ و ۸ (سنجنده‌های ETM+ و OLI) در چند دوره زمانی استفاده شد، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات بعدی از داده‌های چند ماهواره استفاده و نتایج با هم مقایسه شوند. این رویکرد می‌تواند دقت، قابلیت اطمینان و جامعیت تحلیل‌های تغییرات مکانی- زمانی را افزایش دهد. همچنین می‌توان یک مطالعه جامع در خصوص پیش‌بینی روند تغییرات کاربری و پوشش زمین در آینده با استفاده از مدل اتوماتای سلولی و زنجیره مارکوف (CA-Markov) در منطقه انجام داد.
- یک مطالعه جامع برای ارزیابی تأثیرات متقابل تغییرات کاربری و پوشش زمین بر ابعاد اجتماعی- اقتصادی جوامع محلی در منطقه انجام شود. این پژوهش می‌تواند با ترکیب روش‌های کمی (مانند تحلیل داده‌های ماهواره‌ای و آمارهای اقتصادی) و کیفی (مصاحبه با ذی‌نفعان محلی) به بررسی این موضوع بپردازد که چگونه تحولات محیطی (همچون تبدیل اراضی کشاورزی یا توسعه شهری) بر معیشت، درآمد، امنیت غذایی، دسترسی به منابع، الگوهای مهاجرت و انسجام اجتماعی ساکنان منطقه اثر گذاشته است. هدف نهایی، ارائه تحلیل‌های مبتنی بر شواهد به منظور تدوین راهبردهای سازگاری و سیاست‌گذاری‌های پایدار است که هم حفاظت از منابع طبیعی را تضمین کند و هم تاب‌آوری و رفاه جوامع محلی را در برابر این تغییرات افزایش دهد.
- پیشنهاد می‌شود که در مطالعات بعدی به بررسی پیامدهای تغییر کاربری و پوشش زمین در منطقه نیز پرداخته شود.

منابع

- احدزاد روشتی، محسن و حسن‌علی‌زاده، میلاد (۱۴۰۰). پایش و پیش‌بینی تغییرات فضایی کاربری و پوشش زمین شهری (مطالعه موردی: محدوده شهری بابل و امیرکلا). *برنامه‌ریزی توسعه کالبدی*، ۸ (۳)، ۵۷-۷۳.
- حسینان، زهرا؛ حسن‌زاده، رضا؛ حسین‌جانی‌زاده، مهدیه و هنرمند، مهدی (۱۴۰۲). بررسی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در محدوده معدن مس سرچشمه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سری لندست در بازه زمانی ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۷. *جغرافیا و روابط انسانی*، ۶ (۱)، ۱۷۷-۱۹۷.
- داداش‌پور، هاشم؛ پناهی، حسین و شمس‌الدینی، علی (۱۳۹۸). تحلیل عوامل محرک و پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین در منطقه کلان‌شهری تهران با تأکید بر یک مدل منطقه‌ای یکپارچه. *برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۹ (۳)، ۳۹-۵۶.
- زارع‌گاریزی، آرش؛ شیخ، واحدبندی؛ سعدالدین، امیر و سلمان ماهینی، عبدالرسول (۱۳۹۱). کاربرد روش رگرسیون لجستیک در مدل‌سازی الگوی مکانی احتمال تغییر پوشش گیاهی (مطالعه موردی: آبخیز چهل چای استان گلستان). *فضای جغرافیایی*، ۱۲ (۳۷)، ۵۵-۶۸.
- سالاریان، فاطمه؛ طاطیان، محمدرضا؛ قانقرمه، عبدالعظیم و تهرناش، رضا (۱۴۰۰). مدل‌سازی تغییرات پوشش اراضی استان گلستان با استفاده از مدل‌سازی تغییرات کاربری (Land Change Modeler). *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۱۲ (۴)، ۴۷-۷۰.
- سالنامه آماری استان فارس (۱۴۰۰). مرکز آمار ایران.
- سلطانی، ناصر و محمدنژاد، وحید (۱۴۰۰). کارایی سامانه گوگل ارث انجین (GEE) در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی آن با مدل مارکوف (مطالعه موردی دشت ارومیه). *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۱۲ (۳)، ۲۳-۲۶.
- قادری، فرزانه و بذرافشان، ام البنین (۱۴۰۲). کاربرد گوگل ارث انجین در استخراج تغییرات پوشش گیاهی و تفکیک کشت محصولات فاریاب (مطالعه موردی: دشت رودبار). *پژوهش‌های فرسایش محیطی*، ۱۳ (۲)، ۴۶-۶۲.
- Abebe, G., Getachew, D., & Ewunetu, A. (2022). Analysing land use/land cover changes and its dynamics using remote sensing and GIS in Gubalafito district, Northeastern Ethiopia. *SN Applied Sciences*, 4 (1).
- Acheampong, M., Yu, Q., Enomah, L. D., Anchang, J., & Eduful, M. (2018). Land use/cover change in Ghana's oil city: Assessing the impact of neoliberal economic policies and implications for sustainable development goal number one – A remote sensing and GIS approach. *Land Use Policy*, 73 (February), 373-384.
- Ahadnejad Reveshty, M., & Hasanalizadeh, M. (2021). Monitoring and Forecasting Spatial Changes in Urban Land Use and Land Cover (Case Study: Urban Area of Babol and Amirkola). *Physical Development Planning*, 8 (3), 57-73. (in Persian)
- Aljenaid, S. S., Kadhem, G. R., AlKhuzaei, M. F., & Alam, J. B. (2022). Detecting and Assessing the Spatio-Temporal Land Use Land Cover Changes of Bahrain Island During 1986-2020 Using Remote Sensing and GIS. *Earth Systems and Environment*, 6 (4), 787-802.
- Asare, A., Thodsen, H., Antwi, M., Opuni-Frimpong, E., & Sanful, P. O. (2021). Land Use and Land Cover changes in Lake Bosumtwi Watershed, Ghana (West Africa). *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 23, 100536.
- Chen, Z., Lu, C., & Fan, L. (2012). Farmland changes and the driving forces in Yucheng, North China Plain. *Geographical Sciences*, 22 (3), 563-573.
- Dadashpour, H., Panahi, H., & Shams-al-Dini, A. (2019). Analysis of driving factors and prediction of land use changes in the Tehran metropolitan area with emphasis on an integrated regional model. *Regional Planning*, 9 (35), 39-56. (in Persian)
- Deng, X., Huang, J., Rozelle, S., & Uchida, E. (2008). Growth, population and industrialization, and urban land expansion of China. *Urban Economics*, 63 (1), 96-115.
- Dimobe, K., Ouédraogo, A., Soma, S., Goetze, D., Porembski, S., & Thiombiano, A. (2015). Identification of driving factors of land degradation and deforestation in the Wildlife Reserve of Bontioli (Burkina Faso, West Africa). *Global Ecology and Conservation*, 4, 559-571.
- Dimiyati, M., Mizuno, K., Kobayashi, S., & Kitamura, T. (1996). An analysis of land use/cover change using the combination of MSS landsat and land use map—a case study in yogyakarta, indonesia. *Remote Sensing*, 17 (5), 931-944.
- Ellis, E. C., & Ramankutty, N. (2008). Putting people in the map: Anthropogenic biomes of the world. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6 (8), 439-447.
- Fashae, O. A., Tijani, M. N., Adekoya, A. E., Tijani, S. A., Adagbasa, E. G., & Aladejana, J. A. (2022). Comparative Assessment of the Changing Pattern of Land cover along the Southwestern Coast of Nigeria using GIS and Remote Sensing techniques. *Scientific African*, 17, e01286.
- Fikadu, G., & Olika, G. (2023). Impact of land use land cover change using remote sensing with integration of socio-economic data on Rural Livelihoods in the Nashe watershed, Ethiopia. *Heliyon*, 9 (3), e13746.

- Gadrani, L., Lominadze, G., & Tsitsagi, M. (2018). F assessment of landuse/landcover (LULC) change of Tbilisi and surrounding area using remote sensing (RS) and GIS. *Annals of Agrarian Science*, 16 (2), 163–169.
- Getu, K., & Gangadhara Bhat, H. (2024). Application of geospatial techniques and binary logistic regression model for analyzing driving factors of urban growth in Bahir Dar city, Ethiopia. *Heliyon*, 10 (3), e25137.
- Ghaderi, F., & Bazrafshan, O. (2023). Application of Google Earth Engine to Map the Vegetation Cover and Separation of Irrigated Cultivated Areas at Rudbar Plain. *Environmental Erosion Research*, 13 (2), 46-62. (in Persian)
- Gondo, R., Kolawole, O. D., & Mfundisi, K. B. (2023). Land use and land cover changes along the Boteti-Thamalakane River system in Ngamiland District, Botswana. *Scientific African*, 20, e01595.
- Hamidi, S., & Ewing, R. (2014). A longitudinal study of changes in urban sprawl between 2000 and 2010 in the United States. *Landscape and Urban Planning*, 128, 72–82.
- Hassanian, Z., Hassanzadeh, R., Hosseinjanizadeh, M., & Honarmand, M. (2023). Evaluating Land Use Changes in Sarcheshmeh Copper Mine Using Temporal Landsat Satellite Imagery 1972-2017. *Geography and Human Relationships*, 6 (1), 177-197. doi: 10.22034/gahr.2023.362412.1748. (in Persian)
- Hosmer Jr, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). *Applied logistic regression*. John Wiley & Sons.
- Hu, Z., & Lo, C. P. (2007). Modeling urban growth in Atlanta using logistic regression. *Computers, Environment and Urban Systems*, 31 (6), 667–688.
- Juliev, M., Pulatov, A., Fuchs, S., & Hübl, J. (2019). Analysis of land use land cover change detection of Bostanlik district, Uzbekistan. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28 (5), 3235–3242.
- Kanianska, R. (2016). Agriculture and Its Impact on Land-Use, Environment, and Ecosystem Services. *Landscape Ecology - The Influences of Land Use and Anthropogenic Impacts of Landscape Creation*, 3–26.
- Kutir, C., Agblorti, S. K. M., & Campion, B. B. (2022). Migration and Estuarine Land Use/Land Cover (LULC) Change along Ghana's Coast. *Regional Studies in Marine Science*, 54, 102488.
- Lambin, E. F., Geist, H. J., & Lepers, E. (2003a). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources*, 28, 205–241.
- Lambin, E. F., Geist, H. J., & Lepers, E. (2003b). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources*, 28 (January 2003), 205–241.
- Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B., Angelsen, A., Bruce, J. W., Coomes, O. T., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P. S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E. F., Mortimore, M., Ramakrishnan, P. S., Richards, J. F., ... Xu, J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 11 (4), 261–269.
- Liaquat, M. U., Mohamed, M. M., Chowdhury, R., Elmahdy, S. I., Khan, Q., & Ansari, R. (2021). Impact of land use/land cover changes on groundwater resources in Al Ain region of the United Arab Emirates using remote sensing and GIS techniques. *Groundwater for Sustainable Development*, 14 (April), 100587.
- Linh, H. K. (2013). *Detecting and Modeling the Changes of Land Use / Cover for Land Use Planning in Da Nang City, Viet Nam Dissertation*.
- Long, H., Tang, G., Li, X., & Heilig, G. K. (2007). Socio-economic driving forces of land-use change in Kunshan, the Yangtze River Delta economic area of China. *Environmental Management*, 83 (3), 351–364.
- Lu, D., Li, G., Moran, E., & Hetrick, S. (2013). Spatiotemporal analysis of land-use and land-cover change in the Brazilian Amazon. *Remote Sensing*, 34 (16), 5953–5978.
- Lu, Q., Liang, F., Bi, X., Duffy, R., & Zhao, Z. (2011). Effects of urbanization and industrialization on agricultural land use in Shandong Peninsula of China. *Ecological Indicators*, 11 (6), 1710–1714.
- Maimaitijiang, M., Ghulama, A., Onésimo Sandoval, J. S., & Maimaitiyiming, M. (2015). Drivers of land cover and land use changes in St. Louis metropolitanarea over the past 40 years characterized by remote sensing and census population data. *Applied Earth Observation and Geoinformation*, 35 (PB), 161–174.
- Mosammam, H. M., Nia, J. T., Khani, H., Teymouri, A., & Kazemi, M. (2017). Monitoring land use change and measuring urban sprawl based on its spatial forms: The case of Qom city. *Remote Sensing and Space Science*, 20 (1), 103–116.
- Naikoo, M. W., Rihan, M., Ishtiaque, M., & Shahfahad. (2020). Analyses of land use land cover (LULC) change and built-up expansion in the suburb of a metropolitan city: Spatio-temporal analysis of Delhi NCR using landsat datasets. *Urban Management*, 9 (3), 347–359.
- Ning, Q., Xie, S., Zhong, C., Yu, D., & Tai, X. (2022). Remote sensing analysis of land use/cover change. *Journal of Geography and Cartography*, 5(1), 24-29.
- Oliphant, A. J., Thenkabail, P. S., Teluguntla, P., Xiong, J., Gumma, M. K., Congalton, R. G., & Yadav, K. (2019). Mapping cropland extent of Southeast and Northeast Asia using multi-year time-series Landsat 30-m data using a random forest classifier on the Google Earth Engine Cloud. *Applied Earth Observation and Geoinformation*, 81(May), 110–124.

- Rawat, J. S., & Kumar, M. (2015). Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *Remote Sensing and Space Science*, 18 (1), 77–84.
- Rogan, J., & Chen, D. M. (2004). Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change. *Progress in Planning*, 61 (4), 301–325.
- Salarian, F., Tatian, M.R., Qanqermeh, A., & Tamartash, R. (2022). Modeling land cover changes in Golestan province using land change modeler. *RS and GIS for Natural Resources*, 12 (4), 47-70. (in Persian)
- Salem, M., Tsurusaki, N., & Divigalpitiya, P. (2020). Land use/land cover change detection and urban sprawl in the peri-urban area of greater Cairo since the Egyptian revolution of 2011. *Land Use Science*, 15 (5), 592–606.
- Sarma, P. K., Lahkar, B. P., Ghosh, S., Rabha, A., Das, J. P., Nath, N. K., Dey, S., & Brahma, N. (2008). Land-use and land-cover change and future implication analysis in Manas National Park, India using multi-temporal satellite data. *Current Science*, 95 (2), 223–227.
- Seyam, M. M. H., Haque, M. R., & Rahman, M. M. (2023). Identifying the land use land cover (LULC) changes using remote sensing and GIS approach: A case study at Bhaluka in Mymensingh, Bangladesh. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 7 (November 2022), 100293.
- Shelestov, A., Lavreniuk, M., Kussul, N., Novikov, A., & Skakun, S. (2017). Exploring Google earth engine platform for big data processing: Classification of multi-temporal satellite imagery for crop mapping. *Frontiers in Earth Science*, 5 (February), 1–10.
- Soltani, N., & Mohammadnejad, V. (2021). Efficiency of Google Earth Engine (GEE) system in land use change assessment and predicting it using Markov model (Case study of Urmia plain). *RS and GIS in Natural Resources*, 44 (12), 101-114. (in Persian)
- Statistical yearbook of Fars Province (2021). Statistical Centre of Iran.
- Tarawally, M., Wenbo, X., Weiming, H., Mushore, T. D., & Kursah, M. B. (2019). Land use/land cover change evaluation using land change modeller: A comparative analysis between two main cities in Sierra Leone. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 16 (September), 100262.
- Tariq, A., Shu, H., Siddiqui, S., Imran, M., & Farhan, M. (2021). Monitoring land use and land cover changes using geospatial techniques, a case study of Fateh Jang, Attock, Pakistan. *Geography, Environment, Sustainability*, 14 (1), 41–52.
- Wahap, N. A., & Shafri, H. Z. M. (2020). Utilization of Google Earth Engine (GEE) for land cover monitoring over Klang Valley, Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 540 (1).
- Wang, F., Yuan, X., & Xie, X. (2021). Dynamic change of land use/land cover patterns and driving factors of Nansihu Lake Basin in Shandong Province, China. *Environmental Earth Sciences*, 80 (5), 1–15.
- Yue, W., Liu, Y., & Fan, P. (2013). Measuring urban sprawl and its drivers in large Chinese cities: The case of Hangzhou. *Land Use Policy*, 31, 358–370.
- Zare-Garizi, A., Sheikh, V., Saadeddin, A., & Salman Mahini, A. (2012). Application of logistic regression method in modeling spatial pattern of vegetation change probability (Case study: Chehelchay watershed, Golestan province). *Geographical Space*, 12 (37), 55-68. (in Persian)