

بررسی تغییرات کاربری اراضی جنگل های شهرستان باغملک با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی

پروین باقری فر^{*۱}

Parvinbaqerifar@yahoo.com

رضا بصیری^۲

شهرام یوسفی خانقاه^۳

حمیدرضا پورخباز^۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۱

چکیده

زمینه و هدف: پایش دقیق تغییرات کاربری اراضی و عوارض سطح زمین به منظور درک تعاملات متقابل بین فعالیت های انسانی و پدیده های طبیعی، نقش حیاتی در تصمیم گیری های مدیریتی و برنامه ریزی محیط زیست ایفا می کند. این مطالعه با هدف تحلیل تغییرات کاربری اراضی جنگل های شهرستان باغملک در بازه زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۰، با استفاده از داده های ماهواره ای و فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام شده است. برای این منظور، از تصاویر ماهواره لندست شامل سنجنده TM (سال ۱۳۶۹) و سنجنده ETM⁺ (سال ۱۳۹۰) استفاده شد.

روش بررسی: در این تحقیق، از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی (ANN) برای طبقه بندی تصاویر ماهواره ای استفاده شد. ساختار شبکه شامل یک مدل پرسپترون چندلایه با یک لایه پنهان، چهار نورون ورودی (متناظر با باندهای طیفی تصاویر TM و ETM⁺) و چهار نورون خروجی (متناظر با کلاس های کاربری اراضی) طراحی شد. نقشه کاربری اراضی بر اساس چهار کلاس اصلی شامل مناطق جنگلی، مرتعی، کشاورزی و بدون پوشش تهیه شد. به منظور ارزیابی دقت نتایج طبقه بندی، نقشه های تولیدی با داده های واقعیت زمینی جمع آوری شده از طریق GPS مقایسه شدند.

یافته ها: نتایج ارزیابی صحت نشان داد که روش شبکه عصبی مصنوعی عملکرد بسیار بالایی در طبقه بندی کاربری اراضی دارد. صحت کلی نقشه طبقه بندی شده برای تصویر TM برابر با ۹۸/۲۲ درصد و برای تصویر ETM⁺ برابر ۹۸/۳۴ درصد برآورد شد. این مقادیر نشان دهنده قابلیت بالای این روش در شناسایی و تفکیک کلاس های کاربری اراضی است.

بحث و نتیجه گیری: یافته های این پژوهش نشان داد که الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی می تواند به عنوان یک ابزار کارآمد در تهیه نقشه های پوشش اراضی با دقت و صحت بالا مورد استفاده قرار گیرد. این روش به ویژه در مطالعات تغییرات کاربری اراضی و برنامه ریزی های توسعه پایدار محیط زیست، ابزاری قدرتمند و قابل اطمینان است.

واژه های کلیدی: تغییرات کاربری اراضی، تصاویر ماهواره ای لندست، شهرستان باغملک، سنجش از دور، شبکه عصبی مصنوعی.

^۱ کارشناس ارشد جنگل شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء (ص)، بهبهان، ایران * (مسئول مکاتبات)

^۲ دانشیار گروه جنگلداری دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء (ص)، بهبهان، ایران

^۳ استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء (ص)، بهبهان، ایران

^۴ دانشیار گروه محیط زیست، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء (ص)، بهبهان، ایران

Investigating Land Use Changes in the Forests of Baghmalek County Using the Artificial Neural Network Algorithm

Parvin Bagheri Far^{1*}

Parvinbagerifar@yahoo.com

Reza Basiri²

Shahram Yousefi Khanaghah³

Hamid Reza Pourkhabaz⁴

Admission Date: May 21, 2025

Date Received: April 22, 2025

Abstract

Background and Objective: Accurate monitoring of land use and land cover changes is crucial for understanding the interactions between human activities and natural phenomena, playing a vital role in management decision-making and environmental planning. This study aims to analyze the land use changes in the forests of Baghmalek County over the period from 1987 to 2011 using satellite data and Geographic Information System (GIS) technology. For this purpose, Landsat satellite images, including the TM sensor (1987) and ETM⁺ sensor (2011), were utilized.

Methodology: In this research, an Artificial Neural Network (ANN) algorithm was employed for the classification of satellite images. The network structure consisted of a multilayer perceptron model with one hidden layer, four input neurons (corresponding to the spectral bands of TM and ETM⁺ images), and four output neurons (representing the land use classes). The land use map was developed based on four primary classes: forest, rangeland, agricultural, and bare land. To assess the accuracy of the classification results, the produced maps were compared with ground truth data collected through GPS measurements.

Results: The accuracy assessment results demonstrated that the ANN method performed exceptionally well in classifying land use. The overall accuracy of the classified map for the TM image was estimated at 98.22%, while for the ETM⁺ image, it reached 98.34%. These values indicate the high capability of this method in identifying and differentiating land use classes.

Discussion and conclusion: The findings of this study reveal that the Artificial Neural Network algorithm can serve as an effective tool for producing land cover maps with high accuracy and reliability. This approach is particularly powerful and dependable for studies on land use changes and sustainable environmental development planning.

Keywords: Land Use Change, Landsat Satellite Images, Baghmalek County, Remote Sensing, Artificial Neural Network.

¹ Master of Science in Forestry and Forest Ecology, Khatam Al-Anbia University of Technology (PBUH), Behbahan, Iran * (*Corresponding Author*)

² Associate Professor, Department of Forestry, Khatam Al-Anbia University of Technology (PBUH), Behbahan, Iran

³ Assistant Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Khatam Al-Anbia University of Technology (PBUH), Behbahan, Iran

⁴ Associate Professor, Department of Environment, Khatam Al-Anbia University of Technology (PBUH), Behbahan, Iran

مقدمه

جنگل‌ها و زمین‌های کشاورزی از اجزای حیاتی محیط‌زیست هستند که بر پایداری اکوسیستم، تنوع زیستی و بهره‌وری زمین تأثیر می‌گذارند (۱). جنگل‌ها به عنوان منابع طبیعی تجدیدپذیر، نقش حیاتی در حفظ تعادل اکولوژیکی، پشتیبانی از تنظیم آب و هوا و جلوگیری از تخریب زمین دارند (۲). از طرفی تعامل آن‌ها با زمین‌های کشاورزی پیامدهای قابل توجهی برای مدیریت زمین دارد. لذا بررسی و آگاهی از وضعیت تغییرات کاربری آن‌ها نقش اساسی در مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی دارد. به طور کلی کاربری اراضی به عنوان یک شاخص مهم و اساسی الگوی استفاده از زمین توسط انسان در یک منطقه است و نقش مهمی در حفاظت از منابع طبیعی دارد (۳). همچنین کاربری اراضی به توصیف نوع بهره‌برداری انسان از یک قطعه زمین برای یک یا چند هدف اطلاق می‌شود. از دیرباز، شناخت انواع کاربری‌های کشاورزی و باغی و نیز قابلیت‌های بالقوه مناطق مختلف برای کشت، در تأمین امنیت غذایی جوامع بشری از اهمیت بالایی برخوردار بوده است و در برنامه‌ریزی‌های کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است. ابزارهای پیشرفته‌ای مانند سنجش از دور و فناوری سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عنوان روش‌هایی مؤثر در مطالعه تغییرات محیطی و مدیریت بهینه منابع طبیعی به کار می‌روند (۴). این فناوری‌ها به متخصصان و پژوهشگران اجازه می‌دهند تا با رویکردی صرفه‌جویانه در هزینه و زمان، اطلاعات دقیق و قابل‌قبولی را جمع‌آوری کنند و در جهت مدیریت پایدار منابع طبیعی ارزشمند گام بردارند (۵، ۶). نقشه‌های پوشش اراضی معمولاً با بهره‌گیری از داده‌های سنجش از دور مانند تصاویر ماهواره‌ای و با استفاده از تکنیک‌های طبقه‌بندی تهیه می‌شوند (۷). در حال حاضر، روش‌های آماری از جمله دقیق‌ترین و پرکاربردترین روش‌های طبقه‌بندی به شمار می‌روند که می‌توان به الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال (Maximum Likelihood) و ماشین بردار پشتیبان (Support Vector Machine) اشاره کرد (۸). با این حال، فرضیات مورد نیاز این روش‌ها، مانند توزیع نرمال داده‌ها یا خطی بودن مرزهای تصمیم‌گیری، منجر به توسعه روش‌های جدیدتر شده است که در موارد مختلف کاربرد گسترده‌تری یافته‌اند. در میان روش‌های نوین طبقه‌بندی، شبکه‌های عصبی مصنوعی (Artificial Neural Networks) توجه قابل توجهی را به خود جلب کرده‌اند (۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲). به دلیل ماهیت غیرپارامتریک این شبکه‌ها و توانایی آن‌ها در یادگیری از داده‌های نمونه و تعمیم نتایج به داده‌های جدید، این روش‌ها به عنوان ابزاری مناسب برای طبقه‌بندی نظارت‌شده محسوب

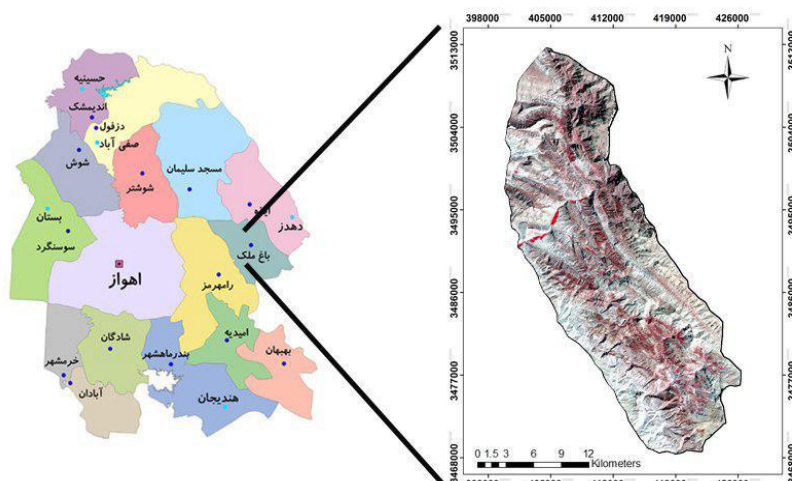
می‌شوند. علاوه بر این، نتایج بسیاری از مطالعات مقایسه‌ای نشان داده‌اند که شبکه‌های عصبی در طبقه‌بندی پوشش اراضی عملکرد بهتری نسبت به روش‌های سنتی و متداول دارند (۱۳). تحقیقات متعددی در زمینه مدل‌سازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی صورت گرفته است. برخی از این مطالعات عبارتند از: در پژوهشی که در منطقه کوهمره سرخی استان فارس انجام شد، از شبکه عصبی به منظور مدل‌سازی تغییرات کاربری سرزمین استفاده شد. نتایج حاصل از آن کاهش چشمگیر سطح جنگل‌ها را در دوره‌های زمانی مورد مطالعه نشان داد (۱۴). تحلیل تغییرات کاربری اراضی سواحل استان مازندران با استفاده از مدل LCM در محیط GIS نیز موضوع مطالعه دیگری بوده است. یافته‌های این تحقیق حاکی از آن است که در طول دوره مورد بررسی، ۳۳۴۸۷ هکتار از وسعت جنگل‌ها کاسته شده و به ترتیب ۲۱۳۶۷ و ۱۳۱۵۵ هکتار به مساحت اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی افزوده شده است (۱۵). همچنین در مطالعه‌ای دیگر، نقشه کاربری اراضی شهر سبزوار با استفاده از دو روش حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی تهیه شد. نتایج این تحقیق نشان داد که روش شبکه عصبی پرسپترون چندلایه در مقایسه با روش حداکثر احتمال دقت و قابلیت بالاتری در تفکیک کاربری‌های مختلف در محیط‌های شهری دارد (۱۶). در یک مطالعه مربوط به منطقه تالابی ترمینوس در جنوب شرقی مکزیک، از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه و الگوریتم پس‌انتشار خطا برای طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی استفاده شده است (۱۷). همچنین، در تحقیق دیگری با بهره‌گیری از تصاویر لندست TM، نقشه‌های کاربری اراضی با دقتی بالاتر از ۸۷ درصد تولید شده‌اند (۱۸). در پژوهشی که در سال ۱۳۹۹ انجام شد، به بررسی خشکیدگی درختان بلوط ایرانی و روند تغییرات پوشش جنگلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در جنگل‌های دشت برم استان فارس پرداختند. آنان نشان دادند که روند تغییرات تاج‌پوشش درختان دارای روندی کاهشی بوده است. بر اساس یافته‌های آنها، میانگین درصد تاج‌پوشش قبل از وقوع خشکیدگی ۱۹۰۱۷ درصد، در زمان سرکشیدگی ۱۳۰۳۳ درصد و پس از آن به ۱۱۰۱۶ درصد رسیده است (۱۹). در مطالعه‌ای دیگر نیز، محققان نقشه کاربری اراضی منطقه جنگلی زاگرس در استان ایلام را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای IRS تهیه نمودند. با توجه به موارد بیان شده، در این تحقیق، صحت کلی طبقه‌بندی ۸۳ درصد و ضریب کاپا ۰۰۷۸ گزارش شد (۲۰). با توجه به اهمیت منابع طبیعی و تحولات رو به رشد در حوزه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم‌های هوش مصنوعی در امر طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی، ضرورت انجام مطالعات

مواد و روش‌ها

– منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان خوزستان، شهرستان باغملک قرار دارد و از نظر موقعیت جغرافیایی بین مختصات 33° و 49° تا 50° و 15° طول شرقی و 31° و 13° تا 31° عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). مساحت منطقه مورد مطالعه ۵۷۱۴۴ هکتار برآورد شده است.

دقیق در مناطق جنگلی آشکار می‌شود. لذا، هدف از این پژوهش، ارزیابی قابلیت تصاویر ماهواره‌ای لندست در طبقه‌بندی پوشش اراضی مناطق جنگلی شهرستان باغملک با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی، تشخیص تغییرات موجود در آن، و همچنین ارزیابی عملکرد این الگوریتم در تولید نقشه‌های کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه است.



شکل ۱- موقعیت و تصویر RGB منطقه مورد مطالعه

Figure 1. location and RGB image study area

نرم‌افزار ArcGIS v 10.1 برای تحلیل‌های مکانی و تهیه نقشه‌های موضوعی.

نرم‌افزار ENVI 4.7 جهت پردازش تصاویر ماهواره‌ای و استخراج اطلاعات طیفی.

نرم‌افزار MapSource برای مدیریت داده‌های مکانی و مسیریابی.

نرم‌افزار Microsoft Excel برای تجزیه و تحلیل داده‌های عددی و آماری.

تجهیزات سخت‌افزاری:

یک دستگاه GPS دستی مدل Garmin جهت جمع‌آوری داده‌های مکانی دقیق در منطقه مطالعاتی.

یک دستگاه رایانه مدل Asus k53E با مشخصات فنی مناسب برای اجرای نرم‌افزارهای تخصصی و پردازش داده‌ها.

اطلاعات میدانی:

داده‌های میدانی که از طریق بازدیدهای صحرایی و ثبت مشاهدات مستقیم جمع‌آوری شدند. این اطلاعات به‌عنوان

روش تحقیق

داده‌های مورد استفاده در پژوهش

در این مطالعه، از داده‌ها و ابزارهای مختلفی جهت تحلیل و بررسی استفاده شده است که شامل موارد زیر می‌باشد:

داده‌های تصویری ماهواره‌ای:

تصاویر حاصل از سنجنده TM ماهواره لندست مربوط به تاریخ ۲۶ شهریور ۱۳۶۹.

تصاویر حاصل از سنجنده ETM⁺ ماهواره لندست مربوط به تاریخ ۱۲ شهریور ۱۳۹۰. این تصاویر به‌عنوان منابع اصلی برای تحلیل تغییرات زمانی و مکانی مورد استفاده قرار گرفتند.

نقشه‌های توپوگرافی:

نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰ که توسط اداره منابع طبیعی شهرستان باغملک تهیه شده است. این نقشه به‌عنوان پایه جغرافیایی و مرجع توپوگرافیکی در تحلیل‌ها استفاده شد.

نرم‌افزارهای تخصصی:

تصحیح هندسی

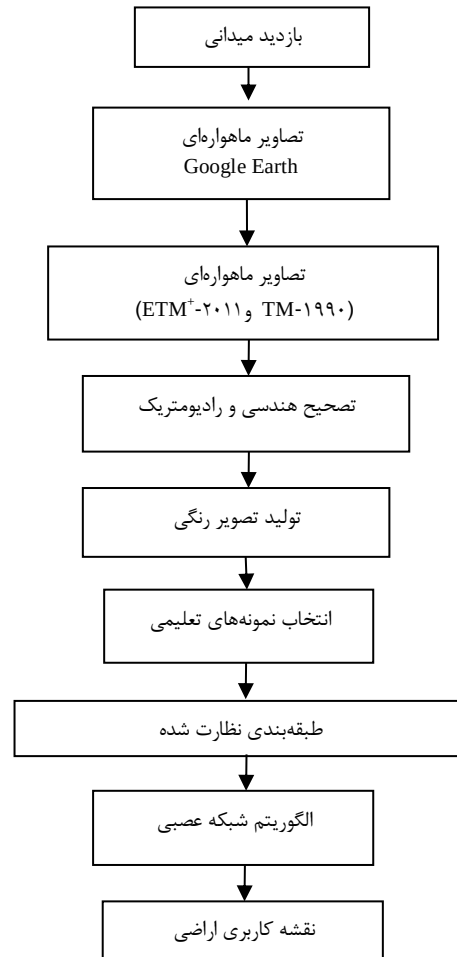
تصاویر مورد استفاده در این پژوهش دارای سیستم مختصات استاندارد به علت دریافت از پایگاه داده USGS بودند؛ با این حال، به منظور تطبیق دقیق‌تر با نقاط کنترل زمینی منطقه مطالعاتی، اقدام به انجام مجدد تصحیح هندسی آنها گردید. در این مطالعه، از روش نزدیکترین همسایه (Nearest Neighbor) برای انجام عمل نمونه‌برداری مکانی استفاده شد. در این روش، مقدار عددی پیکسل خروجی (DN) از طریق مقایسه موقعیت مرکز چهار پیکسل مجاور با مرکز پیکسل مورد نظر تعیین می‌شود و ارزش عددی رقومی نزدیکترین پیکسل به عنوان مقدار نهایی پیکسل جدید انتخاب می‌گردد. مزایای این روش شامل سرعت بالای پردازش، حفظ کنتراست تصویر و ایجاد تصویری مناسب برای تفسیر بصری، و مهم‌تر از همه، عدم ایجاد مقادیر DN جدید (که ممکن است سبب تغییر در اطلاعات طیفی شود)، می‌شود (22). پس از اعمال تمامی تصحیحات لازم، مرز منطقه مورد مطالعه روی تصویر مشخص شد و سپس بخش مربوط به منطقه مطالعاتی از کل تصویر استخراج و جهت مراحل بعدی پردازش آماده گردید.

- روش‌های تفسیر و طبقه‌بندی تصاویر

به‌منظور بهبود تفکیک‌پذیری و آشکارسازی پدیده‌ها در تصاویر ماهواره‌ای، از روش‌های مختلف تفسیر تصویر استفاده شد. در این مطالعه، ابتدا اقدام به تولید تصاویر رنگی کاذب (False color composite) به صورت تلفیق باندهای ۴، ۳ و ۲ سنجنده TM و ETM⁺ گردید (۲۳). همچنین، برای بهبود دید بصری و تشخیص دقیق‌تر کلاس‌های کاربری، از روش افزایش کنتراست تصویر استفاده شد. در این مرحله، از فیلتر گوسی (Gaussian Filter) به‌عنوان یکی از روش‌های مؤثر در تقویت کنتراست تصویر بهره گرفته شد (۲۴). در مرحله طبقه‌بندی تصاویر، از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده (Supervised Classification) و الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید. شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)، از ساختار مغز و سیستم عصبی انسان الهام گرفته شده‌اند و قادرند با الگوبرداری از فرآیند یادگیری، الگوهای پنهان در داده‌ها را کشف کنند. در این ساختار، اطلاعات از طریق لایه‌های ورودی، پنهان و خروجی منتقل می‌شوند و با تکرار فرآیند یادگیری (Epoch)، شبکه به مرور دقت بالاتری در تشخیص موضوع مورد مطالعه دست می‌یابد (۲۵). در این پژوهش از یک شبکه پرسپترون چندلایه با یک لایه پنهان، چهار نرون ورودی و چهار نرون خروجی استفاده شد. تعداد نرون‌های ورودی در این مدل، برابر با تعداد باندهای موجود در تصاویر ماهواره‌ای لندست (سنجنده

مبنای اعتبارسنجی و تأیید دقت تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

شکل ۲ مراحل مختلف کار را به صورت خلاصه نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمودار روش تحقیق

Figure 1. diagram research method

- پیش‌پردازش تصاویر

تصحیح رادیومتریک

در این پژوهش، به‌منظور انجام تصحیح رادیومتریک تصاویر ماهواره‌ای از روش کاهش تیرگی پدیده (Dark Object Subtraction) استفاده شده است. این روش در محیط نرم‌افزار ENVI قابل پیاده‌سازی می‌باشد (21). هدف اصلی از به‌کارگیری این تکنیک، کاهش اثرات پراکنش ناشی از جو (اثرات اتمسفری) بر روی داده‌های تصویری است. همچنین، در مرحله کنترل کیفیت داده‌های مورد استفاده در پژوهش، خطاهای سیستماتیک موجود در داده‌های سنجنده ETM⁺ نیز شناسایی و اصلاح گردید. از جمله این خطاها می‌توان به پدیده راه‌راه‌شدگی (Striping and Banding) اشاره نمود.

اراضی کشاورزی و باغات در منطقه مورد مطالعه، این دو کلاس با یکدیگر ترکیب شده و به صورت یک کاربری واحد در نظر گرفته شدند. جهت تهیه نقشه واقعیت زمینی (Ground Truth)، عملیات نمونه برداری به صورت تصادفی انجام گرفت. در مجموع، ۴۰ نمونه آموزشی انتخاب شد که از این تعداد، به ازای هر کاربری ۱۰ نمونه در نظر گرفته شد (۲۸).

یافته‌ها

پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، مساحت هر یک از کاربری‌ها در ابتدای دوره و پایان دوره مطالعاتی، به تفکیک بر حسب هکتار و درصد محاسبه گردید (جدول ۱). همان گونه که نتایج نشان می‌دهند، مراتع بیشترین سطح را در منطقه مورد مطالعه در هر دو دوره زمانی به خود اختصاص داده‌اند. پس از آن، دیگر کاربری‌ها از جمله جنگل، مناطق بدون پوشش و کشاورزی/باغات به ترتیب اهمیت، بیشترین سهم از کاربری‌های منطقه را تشکیل داده‌اند.

نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر

نتایج طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای مربوط به هر دو دوره زمانی مورد مطالعه در شکل‌های ۳ و ۴ نمایش داده شده‌اند.

نتایج ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده TM و ETM⁺
مشخصات آماری صحت تولید کننده و صحت کاربر استفاده کننده برای هر کدام از کلاس‌ها برای تصویر TM و ETM⁺ به شرح جدول دو استخراج شد. میزان تغییرات و تبدیل سطح جنگل به غیر جنگل و یا بالعکس در جدول سه آورده شده است. مشخصات آماری دقت تولیدکننده و دقت کاربر برای هر یک از کلاس‌ها در تصاویر TM و ETM⁺ بر اساس ماتریس خطا استخراج و در جدول دو گزارش شده است. همچنین، میزان تغییرات و الگوی تبدیل سطوح جنگلی به غیر جنگلی و بالعکس در جدول سه ارائه شده است. این جداول حاکی از عملکرد الگوریتم طبقه‌بندی و دقت آن در شناسایی تغییرات پوشش اراضی در منطقه مورد مطالعه هستند.

TM و ETM⁺ تنظیم شد، در حالی که تعداد نرون‌های خروجی با تعداد کلاس‌های مورد نظر در نقشه کاربری اراضی یکسان در نظر گرفته شد.

- ارزیابی صحت طبقه‌بندی

ارزیابی دقت و صحت خروجی‌های حاصل از فرآیند طبقه‌بندی تصاویر، یکی از مراحل اساسی در تحلیل داده‌های سنجش از دور محسوب می‌شود که میزان انطباق بین نقشه‌های تهیه‌شده و وضعیت واقعی منطقه را نشان می‌دهد. پس از انجام طبقه‌بندی تصاویر و بررسی اولیه نتایج، لایه رستر حاصل ابتدا به فرمت برداری (وکتور) تبدیل شد و سپس به نرم‌افزار ArcGIS وارد گردید تا به عنوان نقشه‌های کاربری اراضی قابل تفسیر و تحلیل قرار گیرد. نقشه‌های مربوط به دو دوره زمانی مورد مطالعه، در نهایت به صورت لایه‌های کاربری اراضی از منطقه مطالعاتی ظاهر شدند (۲۲). نقشه کاربری اراضی در این پژوهش بر اساس چهار طبقه عمده شامل: مناطق جنگلی، مرتعی، کشاورزی و بدون پوشش تهیه گردید. برای سنجش صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده، هر نقشه با داده‌های واقعی زمینی مقایسه شده و بر اساس آن، ماتریس خطا (Confusion Matrix) ساخته شد تا میزان تطابق و خطاها مشخص گردد. سپس از معیارهای دقت تولیدکننده (Producer's Accuracy)، دقت مصرف‌کننده (User's Accuracy)، دقت کلی (Overall Accuracy) و ضریب کاپا (Kappa Coefficient) به منظور ارزیابی و اعتبارسنجی عملکرد الگوریتم طبقه‌بندی استفاده شد (۲۶).

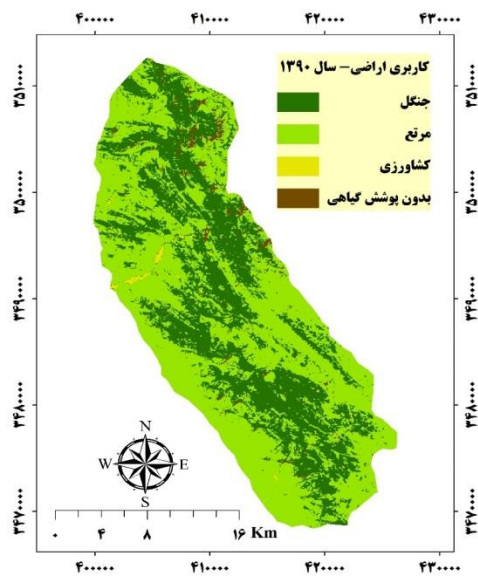
- پس پردازش

در این پژوهش، پس از طبقه‌بندی تصاویر، از فیلتر مائوریتی (Majority Filter) استفاده شد. این فیلتر به هموارسازی نقشه کمک کرده و منجر به حذف پیکسل‌های نویزی یا غیرهمگن می‌شود و به ایجاد یک تصویر پیوسته و کلی از کلاس‌های موجود در نقشه منجر می‌گردد (۲۷). یکی دیگر از مراحل متداول در بخش پس پردازش، ترکیب کلاس‌های مشابه و ایجاد یک نقشه یکپارچه است. در این تحقیق، به دلیل عدم قابلیت تفکیک طیفی

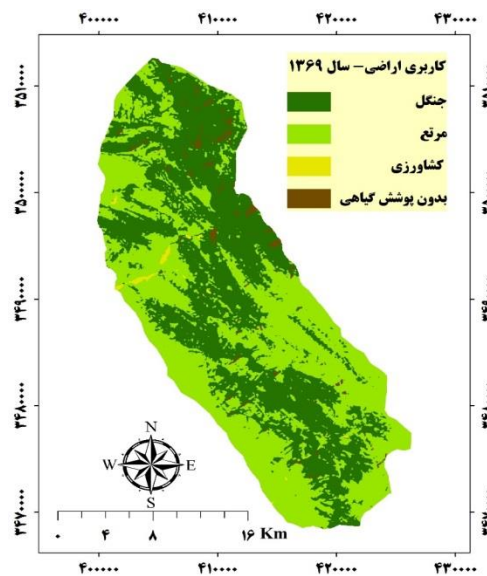
جدول ۱- مساحت کاربری‌ها بر حسب هکتار و درصد در ابتدا و انتهای دوره

Table 1. User area in terms of hectare and Percent at the start and end of the period

سال	۱۳۶۹	۱۳۹۰
کاربری	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
جنگل	۲۵۹۹۸/۲۲	۴۵/۴۹
کشاورزی	۲۳۰/۸۳	۰/۵۹
مرتع	۲۹۸۲۲/۶۰	۵۲/۱۹
بدون پوشش	۱۰۹۲/۳۸	۱/۹۱
	۱۲۷۱/۵۱	۲/۲۲



شکل ۴- تصویر طبقه‌بندی شده ETM⁺
Figure4. classification image ETM⁺



شکل ۳- تصویر طبقه‌بندی شده TM
Figure 3. classification image TM

جدول ۲- نتایج جدول ماتریس خطا برای سنجنده TM و ETM⁺

Table2. Results error matrix for Sensor TM and ETM⁺

ماتریس خطا برای سنجنده ETM ⁺		ماتریس خطا برای سنجنده TM		
صحت کاربر	صحت تولید کننده	صحت کاربر	صحت تولید کننده	کاربری
(درصد)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	
۹۶/۲۷	۹۹/۸۵	۹۹/۲۲	۹۷/۳۱	جنگل
۱۰۰	۹۹/۷۸	۹۸/۷۴	۱۰۰	مرتع
۹۹/۶۷	۹۲/۷۳	۹۳/۹۶	۹۷/۶۵	کشاورزی
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	بدون پوشش

جدول ۳- میزان تبدیل جنگل به غیر جنگل و بالعکس در طی دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۰

Table 3. Amount Converting forest to of non forest and inverse in the period 1990 to 2011

مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)	کاربری
۹۹۹	۱/۷۴	مرتع به جنگل
۴	۰/۰۰۶	کشاورزی به جنگل
۱۰۷	۰/۱۸	بدون پوشش به جنگل
۵۷۹۲	۱۰/۱۳	جنگل به مرتع
۱۰۵	۰/۱۸	جنگل به کشاورزی
۱۴۴	۰/۲۵	جنگل به بدون پوشش

تغییرات کاربری اراضی در دوره مطالعاتی

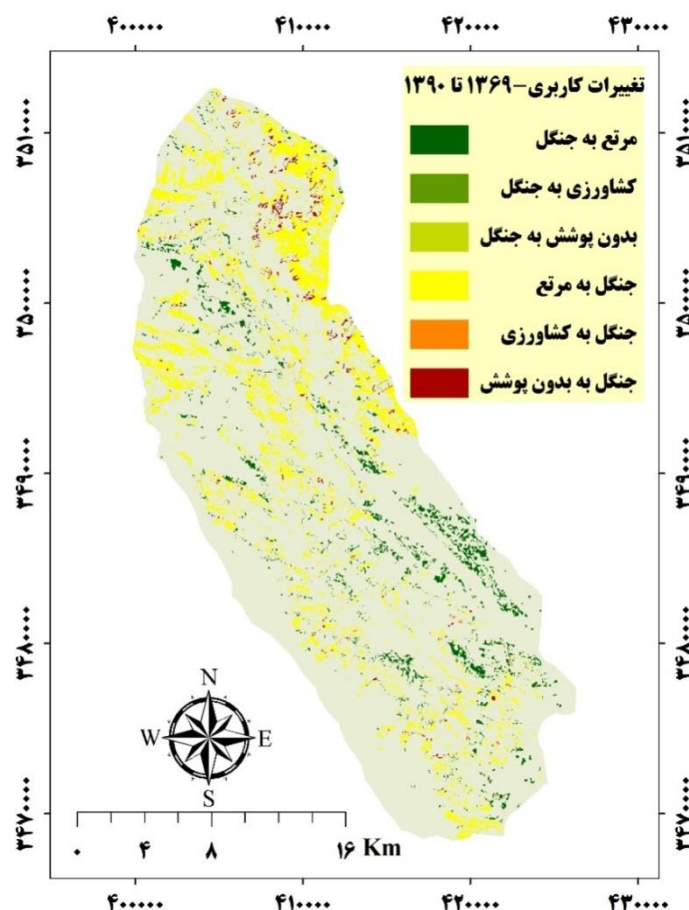
مساحت مناطق دچار تغییر و بدون تغییر به همراه نرخ تغییرات کاربری طی دوره زمانی مورد مطالعه در جدول چهار ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، طی دوره ۲۱ ساله مورد مطالعه، مساحتی معادل ۴۸۸۶/۵۵ هکتار از سطح جنگل‌های منطقه کاهش یافته که این مقدار معادل ۸/۵ درصد از کل پوشش جنگلی اولیه است.

به عبارت دیگر، متوسط سالانه کاهش پوشش جنگلی در منطقه ۰/۴۰ درصد برآورد شده است. این کاهش حاکی از تحولات قابل توجه در ساختار کاربری اراضی و تبدیل سطوح جنگلی به سایر کاربری‌هاست. نقشه کاربری اراضی استخراج شده از منطقه مطالعاتی در شکل پنج نمایش داده شده است.

جدول ۴- مساحت مناطق تغییر یافته و بدون تغییر و نرخ تغییرات

Table4. Area has changed and Unchanged and rate of change

ماهیت تغییرات	مساحت (هکتار)
مناطق بدون تغییرات	۳۱۴۵۰
تبدیل جنگل به غیر جنگل	۶۰۴۱
تبدیل غیر جنگل به جنگل	۱۱۱۰
متوسط تغییرات سالیانه جنگل	۲۳۲/۶۹
نرخ تغییرات سالیانه (درصد)	۰/۴۰



شکل ۵- نقشه کاربری اراضی از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۰

Figure5. Land use map from 1369 to 1390

بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش، تحولات کاربری اراضی در منطقه جنگلی شهرستان باغملک به مساحت ۵۷۱۴۴ هکتار طی یک دوره ۲۱ ساله (۱۳۶۹-۱۳۹۰) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (سنجنده‌های TM و ETM⁺) و در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS در مطالعات کاربری اراضی امکان تهیه نقشه‌های دقیق و قابل اعتمادی از پوشش و کاربری اراضی را فراهم می‌کند (۲۹) و

۳۰). در این راستا، پس از اعمال تصحیحات رادیومتریک و هندسی بر روی تصاویر ماهواره‌ای، اقدام به طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی گردید. نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های تولیدی نشان داد که دقت کلی طبقه‌بندی برای تصویر TM برابر با ۹۸/۲۲ درصد و برای تصویر ETM⁺ معادل ۹۸/۳۴ درصد است (۳۱) که نشان دهنده عملکرد مطلوب این روش در شناسایی طبقات مختلف کاربری است. یکی از دلایل بالا بودن دقت طبقه‌بندی، دقت و تلاش فراوان در انتخاب نقاط نمونه‌برداری آموزشی (Training Samples) بوده است؛ زیرا انتخاب صحیح و یکنواخت این

- Luković, M., Niemets, L. & Sehida, K. 2025. Sustainable land use in Moldova: GIS & remote sensing of forests and crops. *Land Use Policy*, 152: 107515.
- 2- Yang, Z. & Solangi, Y.A. 2024. Analyzing the relationship between natural resource management, environmental protection, and agricultural economics for sustainable development in China. *Journal of Cleaner Production*, 450: 141862.
 - 3- Mir, Y.H., Mir, S., Ganie, M.A., Bhat, J.A., Shah, A.M., Mushtaq, M. & Irshad, I. 2025. Overview of land use and land cover change and its impacts on natural resources. In *Ecologically Mediated Development: Promoting Biodiversity Conservation and Food Security*, pp. 101-130. Singapore: Springer Nature Singapore.
 - 4- Samadzadegan, F., Toosi, A. & Dadrass Javan, F. 2025. A critical review on multi-sensor and multi-platform remote sensing data fusion approaches: current status and prospects. *International Journal of Remote Sensing*, 46(3): 1327-1402.
 - 5- Feizi Zadeh, B. & Hajimir Rezaee, S. M., 2008. Application of Remote Sensing Images in Land Use Mapping. *Monthly Map Magazine*, 19(100), pp. 1-6. [In Persian].
 - 6- Naseri, M. H., Shataee Joibary, S. & Habashi, H., 2023. Crown Leaf Burn Severity Zoning Using UAV and Sentinel-2 Imagery in Deland Forest Park, Golestan Province. *Journal of Researches in Forestry Science and Technology*, 29(4), pp. 75-92. <https://doi.org/10.22069/jwfst.2023.20939.2001>.
 - 7- Di Biase, R. M., Marcelli, A., Corona, P., Stehman, S. V., & Fattorini, L. 2025. Design-based mapping of errors in remote sensing-based land use/land cover maps. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 39: 1077-1092. doi: 10.1007/s00477-025-02908-2.
 - 8- Naseri, M. H., Shataee Joibary, S., Mohammadie, J. & Ahmadi, S., 2019. Capability of RapidEye Satellite Imagery in Mapping Canopy Cover Distribution in Dasht-e-Barm Forest Area, Fars Province. *Iranian Journal of Forest Ecology*, 7(14), pp. 58-69. Available at: <http://dx.doi.org/10.29252/ifej.7.14.58>.
 - 9- Nandi, A. & Jana, N.D., 2019. Accuracy improvement of neural network training using particle swarm optimization and its stability analysis for classification. *arXiv preprint arXiv:1905.04522*.
 - 10- Papadopoulos, A.A. & Rajati, M.R., 2019. Simultaneous classification and novelty
- نقاط، نقش مهمی در افزایش دقت نهایی نقشه دارد. همچنین، بهره‌گیری از الگوریتم شبکه عصبی که قادر است الگوهای غیرخطی موجود در داده‌ها را به خوبی شناسایی کند، از دیگر عوامل مؤثر در دقت بالای نتایج حاصل بوده است. یافته‌های این تحقیق نشان داد که در طی دوره مورد مطالعه، مساحتی حدود ۴۸۸۶/۵۵ هکتار از سطح جنگل‌های منطقه کاهش یافته است. بر اساس جدول سه، بیشترین میزان تغییر کاربری مربوط به تبدیل جنگل به مرتع با مساحت ۵۷۹۲ هکتار (۱۰/۱۳ درصد) و کمترین میزان تغییر مربوط به تبدیل کشاورزی به جنگل با مساحت چهار هکتار (۰/۰۰۶ درصد) بوده است. لازم به ذکر است که تبدیل جنگل به مرتع به معنای از بین رفتن کامل جنگل نیست، بلکه به کاهش چشمگیر پوشش درختی و ظهور گونه‌های علفی در میان درختان اشاره دارد. در این وضعیت، درختان خودرو به صورت پراکنده و با تعداد اندک وجود دارد، که نشان از تغییر نوع استفاده از سرزمین (Land Use Change) دارد. همچنین، تبدیل کشاورزی به جنگل ناشی از اجرای عملیات جنگل‌کاری در اراضی با کیفیت شخم‌پذیری پایین و مستعد توسعه جنگل بوده است. همان‌طور که در جدول چهار مشخص شده است، میزان تخریب کلی جنگل‌ها کمتر از یک درصد برآورد شده است، که نشان می‌دهد تغییرات تخریبی در منطقه با سرعت نسبتاً پایینی اتفاق افتاده است. با این حال، با توجه به اهمیت منابع جنگلی در حوزه زاگرس، حتی این میزان نیز باید با مدیریت مناسب، برنامه‌ریزی دقیق و پایش مستمر تحت کنترل قرار گیرد. به طور کلی، نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی در مقاطع مختلف زمانی قادر است با دقتی بالاتر از ۹۸ درصد، نقشه‌های کاربری اراضی را تولید کند. همچنین، دقت تولیدکننده و دقت مصرف‌کننده برای تمامی طبقات بالاتر از ۹۰ درصد محاسبه شد که بیانگر دقت مطلوب روش به کار رفته است. در نهایت، کارایی مناسب داده‌های لندست و الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی در مناطق جنگلی تأیید گردید. همراهی این تکنولوژی‌ها با سامانه اطلاعات جغرافیایی نیز به بهبود دقت و قابلیت اطمینان نتایج کمک شایانی کرده است. در این راستا، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده و به منظور دستیابی به دقت بیشتر، از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالاتر (مانند GeoEye، WorldView یا Sentinel 2) استفاده شود.

منابع

- 1- Valjarević, A., Morar, C., Brasanac-Bosanac, L., Cirkovic-Mitrovic, T., Djekic, T., Mihajlović, M., Milevski, I., Culafic, G.,

- preprint arXiv:1906.03509.
- 11- Chakraborty, M., Biswas, S.K. & Purkayastha, B. 2020. Data mining using neural networks in the form of classification rules: a review. In 2020 4th International Conference on Computational Intelligence and Networks (CINE), pp. 1–6. IEEE.
- 12- Naseri, M.H. & Shataee Jouibary, S. 2023. Improvement of forest canopy density mapping of sparse forests using RS/GIS-based classification approach. Arab. J. Geosci., 16(9): 1–13.
- 13- Foody, G.M. 2000. Mapping Land Cover from Remotely Sensed Data with a Softened Feedforward Neural Network Classification. Journal of Intelligent and Robotic Systems, 29: 433–449.
- 14- Azizi Ghelani, S. et al., 2015. Application of Artificial Neural Network and Ordinary Least Squares Regression in Modeling Land Use Changes. Journal of Wood and Forest Products, Iranian Natural Resources Journal, 68(1), pp. 1–16. [In Persian].
- 15- Gholamalifard, M. et al., 2012. Modeling Land Use Change in Coastal Areas of Mazandaran Province Using LCM in GIS Environment. Environmental Journal, 38(4), pp. 109–124. [In Persian].
- 16- Akbari, A. et al., 2013. Land Use Mapping of Sabzevar City Using Maximum Likelihood and Multilayer Perceptron Neural Network Methods. Quarterly Spatial Organization of Iranian Regions, 23, pp. 127–148. [In Persian].
- 17- Mas, J.F. 2003. An Artificial Neural Networks Approach to Map Land Use/cover Using Landsat Imagery and Ancillary Data. Proceedings of the International Geosciences and Remote Sensing Symposium IEEE IGARSS 2003, 10(3): 3498–3500.
- 18- Guindon, B., Zhang, Y. & Dillabaugh, C. 2004. Landsat urban mapping based on a combined spectral–spatial methodology. Remote Sens. Environ. 92: 218–232.
- 19- Naseri, M. H., Shataee Joibary, S., Mohammadie, J. & Ahmadi, S., 2020. Study of Dieback in Persian Oak (*Quercus brantii* Lind.) Using Satellite Imagery in Dasht-e-Barm Forests, Fars Province. Iranian Journal of Forest Ecology, 8(16), pp. 70–80. Available at: <http://dx.doi.org/10.52547/ifej.8.16.72>.
- 20- Mahdavi, A. 2010. IRS-1C image data applications for land use/land cover mapping in Zagros region: a case study: Ilam watershed, detection using deep neural networks. arXiv West of Iran. Caspian J. Env. Sci, 8(1), pp 35–41.
- 21- Chavez, P.S., 1996. Image-based atmospheric corrections—Revisited and improved. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 62, pp 1025– 1036.
- 22- Zoubiri, M. & Majd, A. R., 2011. Introduction to Remote Sensing and Its Applications in Natural Resources. Tehran: University of Tehran Press, 316 p. [In Persian].
- 23- Alavi Panah, S. K. et al., 2006. Spectral Variability Assessment of Different Vegetation and Water Features Using Remote Sensing. Geographical Researches Quarterly, 58, pp. 81–99. [In Persian].
- 24- Akbarpour, A. et al., 2005. Comparison of Fuzzy and Maximum Likelihood Methods for Land Use Mapping Using ETM+ Data (Case Study: Kamreh Watershed). Iranian Journal of Rangelands and Desert Research, 13(1), pp. 1–12. [In Persian].
- 25- Eastman, J.R. 2003. IDRISI Kilimanjaro: guide to GIS and image processing. Worcester, MA: Clark Labs, Clark University.
- 26- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E. & Moran, E. 2004. Change detection techniques. Int. J. Remote Sens., 25(12): 2365–2407.
- 27- Alavi Panah, S. K. & Masoudi, M., 2002. Land Use Mapping Using Landsat TM Satellite Data and GIS (Case Study: Muk Region, Fars Province). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 1(7), pp. 65–76. [In Persian].
- 28- Nazari Samani, A. et al., 2011. Evaluation of Land Use Change Trend in Taleghan Watershed from 1987 to 2001. Rangeland Scientific-Research Journal, 4(3), pp. 442–451. [In Persian].
- 29- Vanacker, V., Govers, G., Poesen, J., Deckers, Dercon, G. & Loaiza, G. 2003. The impact of environmental change on the intensity and spatial pattern of water erosion in a semi-arid mountainous Andean environment. CATENA, 51: 329–347.
- 30- Tipaniat, U., Nitin. T., 2003. A satellite based monitoring of changes in mangroves in Krabi, Thailand, Proceedings of map Asia conference 2003, Malaysia.
- 31- Kelarestaghi, A., Ahmadi, H. & Jafari, M. 2006. Land use change detection and spatial distribution using digital and satellite data- case study farim Drainage Basin, Journal of BIABAM11,(2): 33–47.