# کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در تحلیل فرایند تغییر سیمای سرزمین در حوزه قره‌سو، استان گلستان

حمیدرضا کامیاب[۱*] و سیروس علی‌پور ورکی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۲۹)

## چکیده

**تغییر کاربری یقیناً مهم‌ترین عاملی است که حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و نتیجه آن تبدیل اراضی طبیعی از جمله جنگل و مرتع به کاربری‌های کشاورزی، صنعتی و شهری است. با وجود مطالعات متعدد برای بررسی الگوی سیمای سرزمین در اثر تغییر کاربری زمین، نوع فرایند تغییر در کمتر مطالعه‌ای در کشور بررسی شده است. در این مطالعه، فرایند تغییرات سیمای سرزمین با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی و ۱۰ متغیر شیب، فاصله از مناطق مسکونی، پهنه‌های آبی، جاده، مرز جنگل، مرتع و زمین‌های کشاورزی، جهت، تعداد طبقات جنگلی و ارتفاع بررسی گردید. بر اساس آماره V کرامر متغیرهای جهت و فاصله از پهنه‌های آبی حذف شدند. با استفاده از نقشه پتانسیل تغییرات، لایه کاربری زمین برای سال ۱۴۱۰ پیش‌بینی شد. میزان اثرگذاری متغیرها در مدل با ثابت نگه‌داشتن مرحله‌ای یک متغیر، بررسی شد و فاصله از مراتع و مناطق مسکونی به‌عنوان مؤثرترین متغیر شناسایی شد. مقدار ضریب کاپا برای ارزیابی دقت مدل‌سازی با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی به‌میزان ۰/۸۲ برآورد شد. برای مقایسه نتایج مدل‌سازی از تحلیل فرایند تغییرات سیمای سرزمین استفاده شد. الگوی کلی تغییرات کاربری در منطقه نشان داد که فرایند تغییر کاربری‌های مرتبط با انسان (مناطق انسان‌ساخت و کشاورزی) به‌صورت ایجاد لکه‌های جدید و تجمیع آنها بوده و برای کاربری‌های طبیعی (مرتع و جنگل) به‌صورت حذف و ازهم‌گسیختگی است. معرفی رویکرد "فرایند تغییر سیمای سرزمین" در این مطالعه، با ساده‌تر نمودن این تحلیل، درک کلی و جامع‌تری از تغییرات ساختار سیمای سرزمین برای هر طبقه کاربری فراهم می‌کند.**

**واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی تغییر کاربری زمین، شبکه عصبی مصنوعی، فرایند تغییر سیمای سرزمین، حوزه قره‌سو**

۱. گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان.

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hrkamyab@gau.ac.ir

## مقدمه

تفسیرهای مختلفی از واژه سیمای سرزمین وجود دارد که اختلاف در این تعاریف امکان اجرای سیاست‌های مدیریتی را دچار مشکل نموده است. فرمن و گودرون (۷) سیمای سرزمین را سرزمینی ناهمگن از لکه‌های زیستگاهی مرتبط با هم تعریف کرده‌اند که در سراسر سیمای سرزمین تکرار می‌شوند. از زمان ظهور این علم به‌عنوان یک موضوع منسجم مطالعاتی و کاربرد آن در دهه ۱۹۸۰، مفاهیم، نظریه‌ها و روش‌های بوم‌شناسی سیمای سرزمین بالغ شده‌اند. برخی از نویسندگان (۲۷) پیشنهاد کردند که بوم‌شناسی سیمای سرزمین تغییر مفهومی در بوم-شناسی را تسریع کرده است. عوامل متعددی بر یکپارچگی سیمای سرزمین اثرگذار است. تغییر کاربری اراضی یکی از عوامل مهم در تغییرات ساختاری سیمای سرزمین است. تغییر کاربری یقیناً مهم‌ترین عاملی است که حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و نتیجه آن تبدیل اراضی طبیعی از جمله جنگل و مرتع به کاربری‌های کشاورزی، صنعتی، شهری و برعکس است (۳۰). درک تغییرات کاربری اراضی از دو بعد میزان تغییرات و همچنین الگوی تغییرات گام مهمی در مدیریت اراضی است. مدل‌ها ابزارهایی برای کمّی-سازی تغییرات کاربری هستند که دانسته‌های ما را در رابطه با سیستم‌های پیچیده کاربری سرزمین مورد بررسی قرار می-دهند (۲۳). طی دهه‌های گذشته، انواعی از مدل‌های تغییر کاربری اراضی به‌منظور دستیابی به نیازهای مدیریت زمین، ارزیابی بهتر و پیش‌بینی تغییرات کاربری در آینده توسعه یافته-اند (۲۵).

مدل تغییر کاربری اراضی، کمّیت و مکان تغییر کاربری در آینده را در منطقه مورد مطالعه بر اساس طبقات مختلف کاربری-های موجود شبیه‌سازی می‌کند (۹ و ۲۱). مدل‌های تغییر کاربری، متغیرهای زیست–فیزیکی و اقتصادی–اجتماعی دگرگونی کاربری زمین را شناسایی و موقعیت‌های جغرافیایی متأثر از تغییرات و سرعت این تغییرات را مشخص می‌کنند (۱۲). این مدل‌ها تنوع زیادی دارند هستند و در مطالعات متعدد مورد استفاده قرار گرفته‌اند، از جمله میرآخورلو و رحیم‌زادگان (۱۷) با استفاده از رویکرد شبکه خودکار و زنجیره مارکوف، کاربری اراضی حوزه آبخیز تالار را برای سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی کردند. کامیاب و همکاران (۱۱) از رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی بر اساس تغییرات شهری گرگان استفاده نمودند. شبکه عصبی مصنوعی نیز به‌عنوان یک رویکرد انعطاف‌پذیر برای مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین در شهرستان بهبهان توسط محمدیاری و همکاران (۱۸) استفاده شد. در مطالعات خارج از کشور نیز مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با رویکردهای متعدد در حال انجام است. وروجی و همکاران (۲۶) مدل CLUE ( The Conversion of Land Use and its Effects modelling framework) را برای مدل‌سازی تغییرات کاربری بهبود داده و مدل iCLUE را معرفی نمودند.

شبکه عصبی مصنوعی (Artificial Neural Network = ANN) نمونه‌ای از مدل‌های تغییر کاربری زمین است که در این مطالعه از آن استفاده شده است. شبکه‌های عصبی مصنوعی با ساختارهای نقشه‌سازی غیرخطی و برای مدل‌سازی سامانه‌های متصل به‌هم مغزی متشکل از نرون‌ها توسعه داده شده است. ازآنجاکه رایانه‌ها توانایی پیروی از قابلیت‌های مغز برای مرتب کردن الگوها و تعلیم از طریق آزمون و خطا را دارند، از این قابلیت برای بررسی ارتباط بین داده‌ها استفاده می‌شود. از شبکه عصبی مصنوعی برای تشخیص الگوها در علوم مختلفی مانند تحلیل تصاویر (۲۴)، پیش‌بینی آب و هوا (۶) و تغییرات کاربری زمین (۲۰) استفاده می‌شود. همچنین شبکه عصبی مصنوعی در مطالعات متعددی برای بررسی فرایند توسعه شهری به‌صورت مستقل و یا در ترکیب با سایر مدل‌ها استفاده شده است (۱، ۲، ۱۵ و ۲۹).

ارتباط بین تغییر کاربری اراضی و تغییرات ساختار سیمای سرزمین نیز در مطالعات متعدد بررسی شده است. کرمی و فقهی (۱۴) به بررسی تغییرات کاربری اراضی برای ناحیه رویشی زاگرس پرداخته و این تغییرات را در سطح سیمای سرزمین به‌صورت کمّی مورد بررسی قرار دادند. جورابیان

شوشتری و همکاران (۱۰) با استفاده از مدل ژئومود روند تغییرات کاربری را پیش‌بینی و با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین به بررسی قابلیت مدل پرداختند. مطالعات مربوط به مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی در سطح سیمای سرزمین نیز توسط یانگ و همکاران (۲۸) انجام و از روش شبکه خودکار-زنجیره مارکوف برای مدل‌سازی تغییرات ساختار سیمای سرزمین استفاده شد. این رویکرد در مطالعه بونگالینگ و همکاران (۴) نیز استفاده شد و تأثیر تغییرات کاربری زمین بر هیدرولوژی و ساختار سیمای سرزمین مورد بررسی قرار گرفت. تنها مورد مطالعه ساختار سیمای سرزمین در حوزه قره‌سو به مطالعه مهری و همکاران (۱۶) برمی‌گردد که تغییر سنجه‌های سیمای سرزمین را در منطقه بررسی کرده‌اند. از برایند مطالعات این‌گونه برمی‌آید که بررسی تأثیر تغییر کاربری زمین بر ساختار سیمای سرزمین بیشتر مبتنی بر استخراج سنجه‌های سیمای سرزمین بوده است، اما شکل دیگری از تحلیل سیمای سرزمین که در این مطالعه بدان پرداخته شده تاکنون در مطالعات مشابه در داخل کشور انجام نشده است.

چارچوب تحلیل سیمای سرزمین در این مطالعه متفاوت با رویکردهای قبل است و بر مبنای "فرایند تغییر" استوار است. فرایند تغییر سیمای سرزمین که کمتر در مطالعات اخیر بدان توجه شده ماهیت تغییر در هر طبقه پوشش زمین را در یک دوره زمانی خاص مشخص می‌کند. در انتهای این تحلیل، الگوی غالب تغییرات برای هر طبقه کاربری استخراج می‌شود. هدف این مطالعه، بررسی فرایند تغییر سیمای سرزمین برای هر طبقه کاربری زمین بر اساس مدل‌سازی تغییر کاربری است. فرایند مدل‌سازی امکان پیش‌بینی تغییر کاربری برای آینده را فراهم نموده و می‌توان ساختار سیمای سرزمین محتمل برای آن دوره را نیز بررسی نمود.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز قره‌سو با وسعت ۱۶۱۰ کیلومترمربع در محدوده استان گلستان واقع شده است. انتخاب این منطقه به‌دلیل وجود شهر گرگان به‌عنوان مرکز استان گلستان در آن است که تغییرات گسترده‌ای در آن اتفاق افتاده و از منظر الگوی سیمای سرزمین قابل بررسی است. این منطقه توسط کوه‌های البرز در جنوب و دریای خزر در شمال احاطه شده و هشت درصد مساحت استان گلستان را تشکیل می‌دهد (شکل ۱).

### روش کار

مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و شناسایی فرایند تغییر در سیمای سرزمین در دو مرحله اجرا شد. در گام اول، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل‌ساز تغییر کاربری (LCM = Land Change Modeler) در نرم‌افزار ایدریسی انجام شد.

در گام دوم، فرایند تغییرات سیمای سرزمین در بازه‌های مشخص‌شده بررسی گردید. ماهیت تغییر به‌صورت نمایه‌های متفاوت برای طبقات مختلف بیان شد.

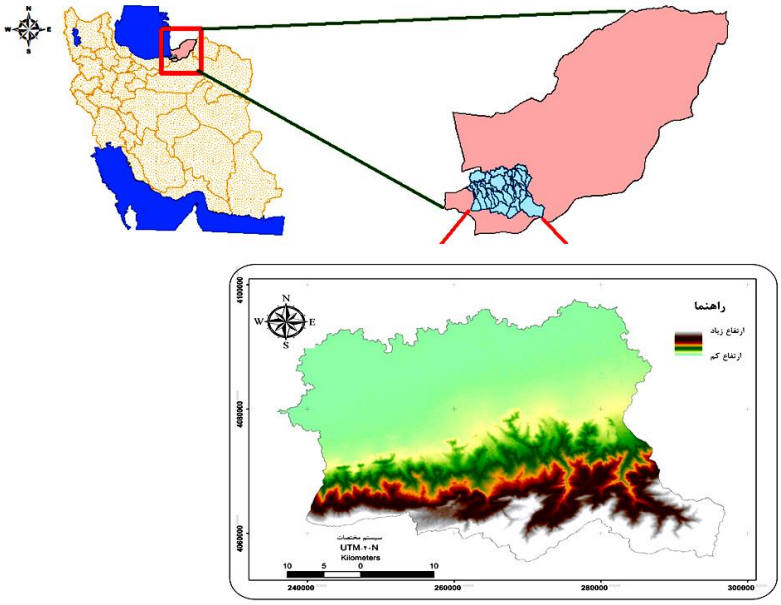
### گام اول: فرایند پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین در LCM

در این گام، پس از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی برای دوره زمانی سال‌های ۱۳۶۳، ۱۳۸۷ (شکل ۲) و ۱۳۹۷ از مطالعات طرح آمایش استان گلستان (۲۱)، اقدام به مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی شد. تصاویر کاربری سال-های ۱۳۶۳ و ۱۳۸۷ برای مدل‌سازی اولیه با شبکه عصبی مصنوعی و تصویر سال ۱۳۹۷ برای صحت‌سنجی مدل استفاده شد.

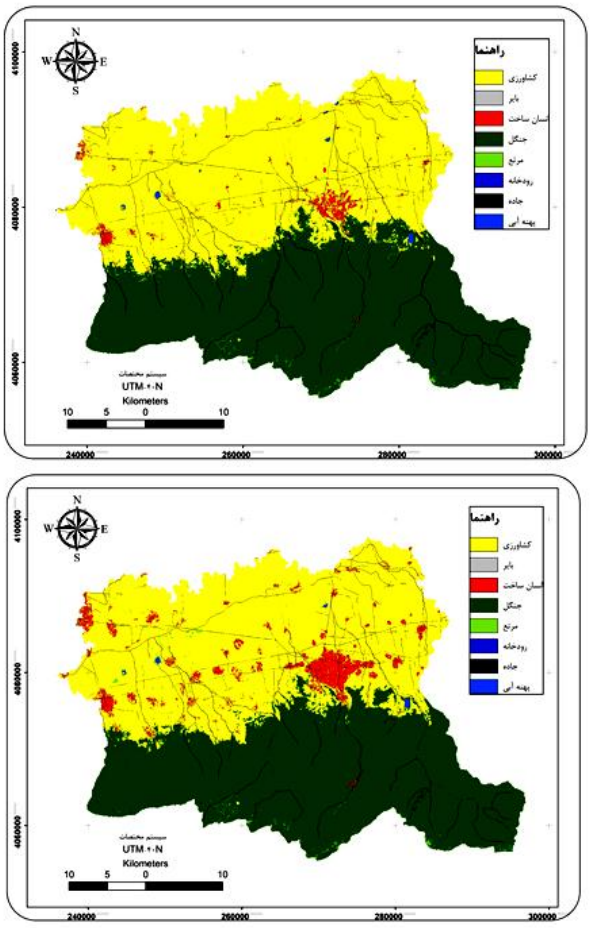
فرایند پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در سه مرحله ۱) تحلیل تغییرات، ۲) مدل‌سازی پتانسیل تغییرات و ۳) پیش‌بینی تغییرات و صحت‌سنجی صورت گرفت.

### تحلیل تغییرات

در این مرحله، تغییر کاربری بر اساس دو لایه کاربری زمین از سال ۱۳۶۳ تا سال ۱۳۸۷ ارزیابی شد. تعداد طبقه‌هایی که در طی این دوره زمانی تغییر می‌کنند زیاد است. آنچه‌که در تحلیل




شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه (رنگی در نسخه الکترونیکی)




شکل ۲. لایه کاربری زمین سال ۱۳۶۳ (بالا) و سال ۱۳۸۷ (پایین) (۲۱) (رنگی در نسخه الکترونیکی)

تغییرات مهم است، تعریف تغییرات عمده و مشابه در قالب زیرمدل‌ها است.

**مدل‌سازی پتانسیل تغییرات**

شرط لازم برای توسعه مدل‌های واقع‌گرایانه تغییر کاربری اراضی، شناسایی مهم‌ترین عوامل محرک تغییر است. با توجه به رویکرد مدل‌سازی در مطالعه حاضر از ۱۰ متغیر استفاده شد. متغیر ارتفاع، شیب و جهت با استفاده از نقشه توپوگرافی و مدل رقومی ارتفاع منطقه تهیه شد. متغیرهای فاصله از جاده، مرز جنگل، مراتع، اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی و پهنه‌های آبی با کمک لایه کاربری زمین تهیه شد. متغیر تعداد سلول همسایه مناطق جنگلی که بیان‌کننده وجود مناطق جنگلی پیرامون مناطق فعلی است نیز در محیط GIS تهیه شد.

یکی از ابزارهای مورد استفاده برای بررسی قدرت پیش‌بینی یک متغیر، استفاده از تحلیل جدول احتمال است. این ابزار که در مدل LCM به صورت آماره V کرامر بیان می‌شود برای بررسی قدرت پیش‌بینی متغیر در تغییر کاربری استفاده شد. اگرچه مقادیر بالای V کرامر نشان‌دهنده قدرت پیش‌بینی‌کنندگی مناسب متغیر است، اما تضمین‌کننده قدرت بالای آن نیست، چراکه این آماره مبانی ریاضی مرتبط با ارتباط بین متغیرها و تغییر کاربری را به‌صورت کامل درنظر نمی‌گیرد (۷). در صورت پایین‌بودن میزان این آماره می‌توان نسبت به حذف آن متغیر از فرایند مدل‌سازی اقدام نمود.

پس از شناسایی متغیرها، پتانسیل زمین برای تغییر مشخص شد. در این مرحله، لایه‌های پتانسیل تغییر ایجاد شد که در حقیقت مطلوبیت زمین برای هر نوع تغییر را نشان می‌دهد.

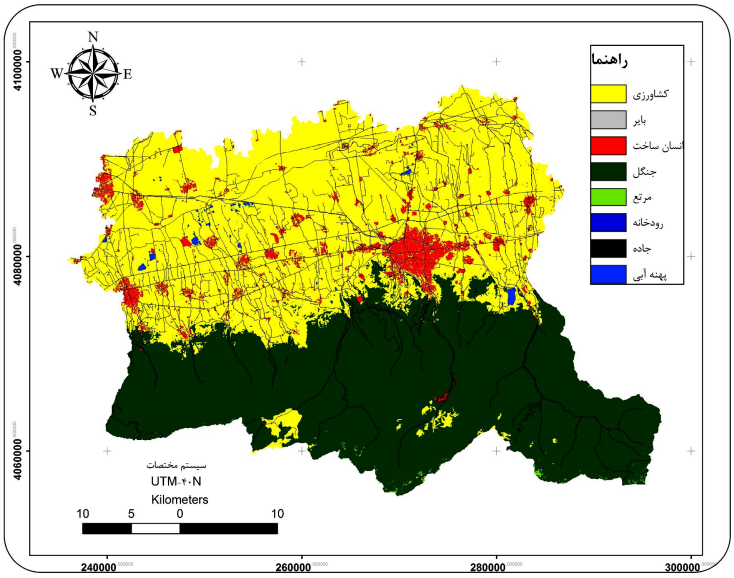
**پیش‌بینی تغییرات و صحت‌سنجی نتایج**

میزان خطای مدل در مرحله آموزش و آزمون روش مناسبی برای بررسی قابلیت مدل در پیش‌بینی تغییرات کاربری است. علاوه بر میزان خطای RMS (Root Mean Square)، دقت مدل نیز ارائه شد. آماره Skill Measure که اختلاف بین دقت پیش‌بینی‌شده و دقت مبتنی بر شانس است، ابزار مناسبی برای تأیید قابلیت پیش‌بینی مدل شبکه عصبی مصنوعی است. بنابراین بررسی نرخ خطا قبل از فرایند پیش‌بینی لازم است.

فرایند پیش‌بینی تغییرات نیازمند برآورد کمّیت و موقعیت تغییرات است. در این مطالعه برای بررسی کمّیت تغییرات کاربری در دوره‌های زمانی مختلف از زنجیره مارکوف استفاده شد. تحلیل زنجیره مارکوف ابزاری مناسب برای مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین در مکان‌هایی است که توصیف تغییرات و فرایندهای سیمای سرزمین مشکل است (۱۲). مدل شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از کمّیت تغییرات مستخرج از زنجیره مارکوف و اطلاعات مربوط به پتانسیل تغییرات کاربری قادر به پیش‌بینی موقعیت تغییرات در آینده خواهد بود.

اعتبارسنجی به‌عنوان گام آخر فرایند مدل‌سازی تغییرات کاربری با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی است. اعتبارسنجی روشی را برای بررسی شباهت میان تصویر مقایسه (Comparison image) و تصویر مرجع (Reference image) در اختیار قرار می‌دهد. نقشه مقایسه معمولاً از مدل‌های شبیه‌سازی حاصل شده که روایی آن بر اساس نقشه مرجع (که واقعیت را نشان می‌دهد) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بر این اساس، برای صحت‌سنجی مدل شبکه عصبی مصنوعی در این مطالعه، لایه واقعی کاربری زمین مربوط به سال ۱۳۹۷ (شکل ۳) با لایه کاربری شبیه‌سازی‌شده این سال مقایسه و از آماره ضریب کاپا برای بررسی میزان صحت مدل استفاده شد. تحلیل کاپا تفاوت بین توافق مشاهده‌شده دو نقشه و توافق تصادفی را محاسبه می‌کند. در تمام شاخص‌های آماری کاپا، مقدار یک نشان‌دهنده توافق کامل است.

حساسیت‌سنجی مدل به متغیرهای مورد استفاده با ثابت نگه‌داشتن یک متغیر و تغییر متغیرهای دیگر انجام می‌شود. در حقیقت در این فرایند در هر مرحله، یک متغیر ثابت و سایر متغیرها غیرثابت در نظر گرفته می‌شود (Forcing a single independent variable to be constant). میزان تغییر در دقت مدل شبکه عصبی در زمان ثابت‌شدن یک




**شکل ۳. لایه کاربری زمین مربوط به سال ۱۳۹۷ (۱۸) (رنگی در نسخه الکترونیکی)**

**جدول ۱. عنوان و تشریح فرایندهای اصلی تغییر سیمای سرزمین**

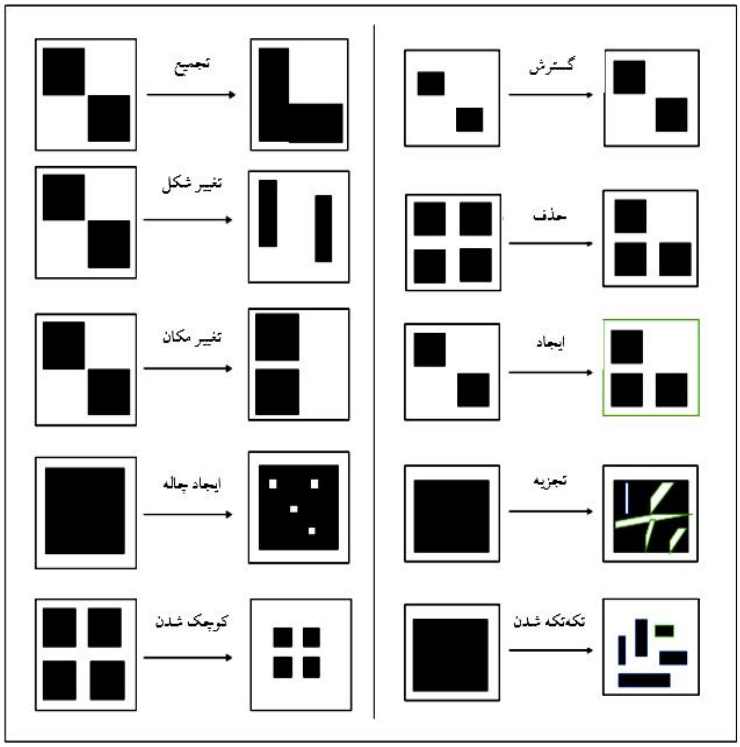
| فرایند تغییر | توصیف | فرایند تغییر | توصیف |
|---|---|---|---|
| تغییر شکل (Deformation) | تغییر شکل لکه بدون تغییر در مساحت لکه | حذف (Attrition) | ناپدید شدن لکه‌ها |
| تغییر مکان (Shift) | تغییر موقعیت لکه‌ها | تجمیع (Aggregation) | فرایند تجمیع از طریق کم‌شدن فاصله بین لکه‌ها |
| ایجاد چاله (Perforation) | فرایند ایجاد چاله درون یک لکه | ایجاد (Creation) | ایجاد لکه‌های جدید |
| کوچک شدن (Shrinkage) | کاهش در اندازه لکه بدون حذف لکه | تجزیه (Dissection) | تقسیم یک لکه به لکه‌های کوچک |
| گسترش (Enlargement) | افزایش اندازه لکه | تکه‌تکه شدن (Fragmentation) | تبدیل یک لکه به لکه‌های کوچک‌تر |

متغیر نشان‌دهنده درجه اهمیت متغیر است.

**گام دوم: فرایند تغییرات سیمای سرزمین**

روند این کار با استفاده از یک روش درخت تصمیم‌گیری انجام می‌شود که تعداد لکه‌های موجود در هر طبقه کاربری زمین را بین دو دوره زمانی مقایسه می‌کند (۷). خروجی به صورت یک لایه نقشه‌ای است که در آن به هر طبقه کاربری اراضی تغییراتی را که در آن دوره زمانی تجربه می‌کند اختصاص داده می‌شود. عنوان و تشریح دسته‌ها به شرح جدول ۱ است (۳).

باید به این نکته توجه داشت که اگرچه خروجی این نوع تحلیل به‌صورت نقشه است، اما از لحاظ مکانی صریح نیست یعنی فرایند منسوب به یک طبقه کاربری، در کل منطقه مورد مطالعه یکنواخت است و به‌صورت مکانی برای بخش‌های مختلف




**شکل ۴. ده فرایند در تبدیل سیمای سرزمین. مناطق سیاه: پوشش زمین مورد نظر، مناطق سفید: ماتریس سیمای سرزمین (۳)**

**جدول ۲. آزمون V کرامر برای برآورد اولیه متغیرها**

| متغیر | V کرامر |
|---|---|
| شیب | ۰/۳۱ |
| فاصله از مناطق مسکونی | ۰/۲۵ |
| فاصله از جاده | ۰/۱۹ |
| فاصله از مرز پهنه‌های جنگلی | ۰/۲۲ |
| ارتفاع | ۰/۳۱ |
| تعداد طبقات جنگلی | ۰/۳۳ |
| فاصله از پهنه‌های آبی | ۰/۱۴ |
| جهت | ۰/۰۸ |
| فاصله از مراتع | ۰/۳۱ |
| فاصله از زمین‌های کشاورزی | ۰/۲۸ |

یک طبقه کاربری تحلیل مجزا انجام نمی‌شود (شکل ۴).

## نتایج

### گام مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی

برای اجرای موفقیت‌آمیز مدل‌های تغییر کاربری اراضی، باید گستره وسیعی از متغیرهای غیرعینی و عینی، توصیفی و عددی به‌کار گرفته شوند. جدول ۲ آزمون V کرامر را برای متغیرهای اولیه مدل‌سازی تغییرات کاربری نشان می‌دهد. به‌عنوان یک قاعده (۷)، مقادیر V کرامر بالای ۰/۱۵ مناسب و بالای ۰/۴ خوب هستند. با توجه به نتایج آزمون V کرامر، متغیرهای جهت

**جدول ۳. دقت مدل شبکه عصبی مصنوعی با روش ثابت نگه‌داشتن یک متغیر**

| مدل | دقت مدل | اولویت متغیر |
|---|---|---|
| تمام متغیرها | ۸۴/۴۹ | – |
| متغیر ثابت: ارتفاع | ۸۱/۹۳ | ۴ |
| متغیر ثابت: فاصله از مناطق مسکونی | ۶۳/۲۸ | ۲ |
| متغیر ثابت: فاصله از مرز جنگل | ۸۴/۴۹ | ۶ |
| متغیر ثابت: فاصله از جاده | ۸۴/۷۷ | ۸ |
| متغیر ثابت: تعداد همسایه طبقه جنگلی | ۸۴/۵۹ | ۷ |
| متغیر ثابت: فاصله از مناطق کشاورزی | ۷۴/۳۶ | ۳ |
| متغیر ثابت: فاصله از مناطق مرتعی | ۶۱/۴۳ | ۱ |
| متغیر ثابت: شیب | ۸۳/۹۵ | ۵ |

**جدول ۴. میزان خطا و دقت مدل شبکه عصبی مصنوعی**

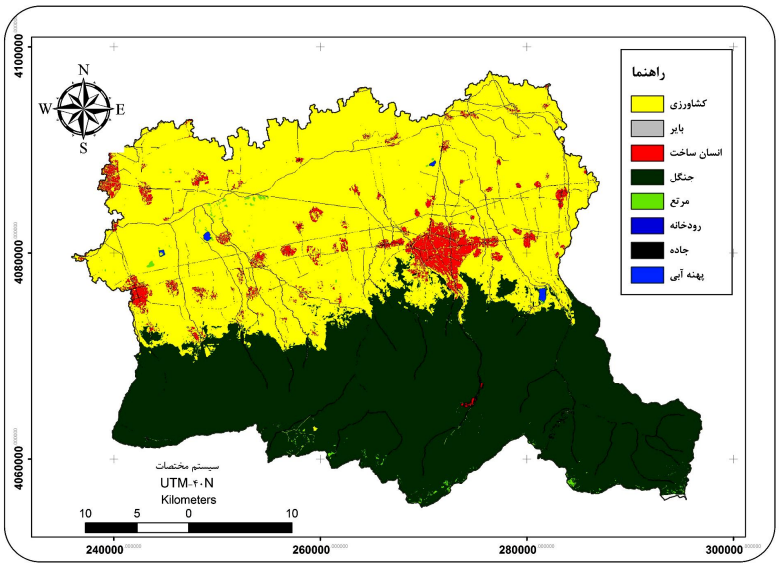
| آماره | مقدار |
|---|---|
| RMS مرحله آموزش | ۰/۰۹ |
| RMS مرحله تست | ۰/۱ |
| دقت کلی | ۰/۸۷ |
| قابلیت مدل | ۰/۸۵ |

و فاصله از پهنه‌های آبی به‌دلیل قدرت پیش‌بینی پایین از فهرست متغیرهای وارد شده به مدل حذف شدند. اگرچه استفاده از آماره‌های اولیه‌ای مانند V کرامر می‌تواند درکی کلی از میزان تأثیر و قدرت پیش‌بینی متغیرها در اختیار قرار دهد، اما همچنان‌که اشاره شد در برخورد با این آماره باید با دقت عمل نمود. بنابراین برای بالا بردن دقت فرایند مدل-سازی و شناسایی میزان تأثیر متغیرها در تغییر کاربری اراضی در حوزه قره‌سو از شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. جدول ۳ نتایج بررسی حساسیت مدل به ثابت‌نگه‌داشتن متغیرهای مورد استفاده در مدل را نشان می‌دهد. در جدول ۳، متغیر فاصله از مراتع و مناطق مسکونی بیشترین اهمیت را دارند چراکه ثابت‌نگه‌داشتن این متغیرها باعث کاهش زیاد دقت مدل شده است.

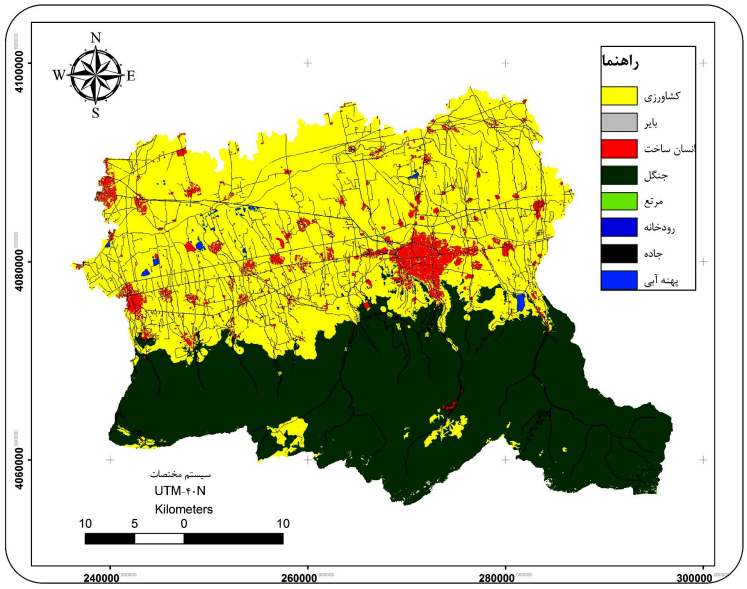
مدل شبکه عصبی مصنوعی برای بررسی تغییر کاربری زمین در حوزه قره‌سو با استفاده از داده‌های کاربری زمین در سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۸۷ و همچنین متغیرهای جدول ۲ (غیر از جهت و فاصله از پهنه‌های آبی) اجرا شد. اجرای گام بعدی در فرایند مدل‌سازی یعنی شناسایی نرخ و موقعیت تغییر کاربری برای دوره‌های زمانی آینده بر اساس تغییرات گذشته، پس از تأیید مدل انجام شد. بنابراین قبل از اجرای گام بعد، استفاده از داده-های مبتنی بر واقعیت جهت تأیید مدل اولیه لازم و ضروری است. به‌منظور اجرای بهینه مدل شبکه عصبی، ۵۰ درصد از داده‌ها برای مرحله آموزش مدل و ۵۰ درصد برای مرحله آزمون مدل استفاده شد.

جدول ۴ میزان خطا و دقت کلی مدل شبکه عصبی مصنوعی با متغیرهای جدول ۲ را نشان می‌دهد.

نقشه پیش‌بینی کاربری زمین در سال ۱۳۹۷ با استفاده از کمّیت تغییرات زنجیره مارکوف و نقشه پتانسیل کاربری‌ها استخراج شد (شکل ۵). هدف از تهیه این نقشه، استفاده از آن برای صحت‌سنجی مدل است.




**شکل ۵. لایه پیش‌بینی‌شده کاربری زمین در سال ۱۳۹۷ (رنگی در نسخه الکترونیکی)**

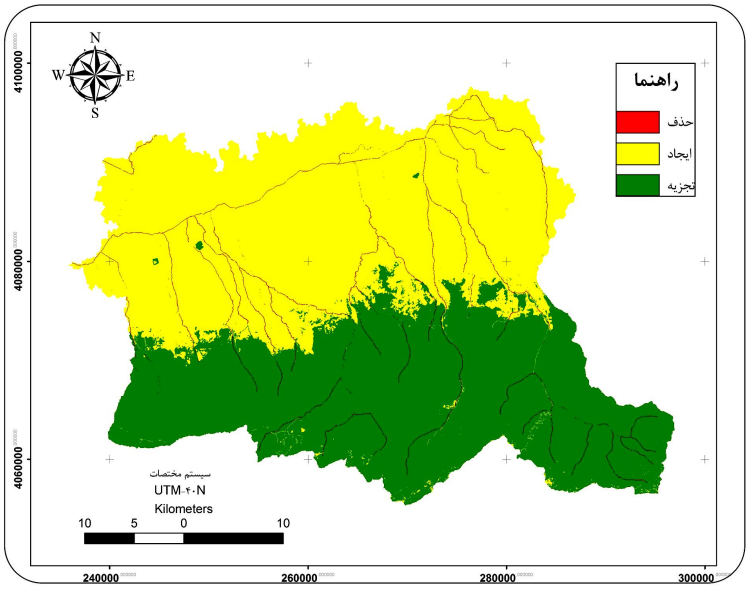



**شکل ۶. لایه پیش‌بینی‌شده کاربری زمین در سال ۱۴۱۰ (رنگی در نسخه الکترونیکی)**

برای بررسی و اعتبارسنجی مدل شبکه عصبی از داده‌های واقعی و شبیه‌سازی شده سال ۱۳۹۷ استفاده شد. میزان آماره کاپا برای نقشه پیش‌بینی‌شده برابر با ۰/۸۲ بود که نشان‌دهنده قابل‌قبول-بودن خروجی مدل برای سال ۱۳۹۷ است. تأیید خروجی‌های مدل در این مرحله شرایط را برای ایجاد لایه‌های پیش‌بینی کاربری زمین فراهم می‌سازد. مدل شبکه عصبی مصنوعی با ساختار و متغیرهای اشاره شده، اجرا و نقشه‌های پیش‌بینی برای سال ۱۴۱۰ استخراج شد (شکل ۶).

## گام تحلیل فرایند تغییر سیمای سرزمین

تجزیه و تحلیل فرایند تغییر سیمای سرزمین در بازه‌های زمانی مختلف ۱۳۸۷-۱۳۶۳، ۱۳۹۷-۱۳۸۷ و ۱۴۱۰-۱۳۹۷ مورد




**شکل ۷. فرایند تغییر سیمای سرزمین بین سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۶۳ (رنگی در نسخه الکترونیکی)**

بررسی قرار گرفت تا تغییر سیمای سرزمین در طبقات مختلف کاربری اراضی ارزیابی شود.

### تحلیل تغییرات بین سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۶۳

تغییرات سیمای سرزمین بین سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۶۳ نشان می‌دهد که الگوی غالب فرایند تغییر سیمای سرزمین برای کاربری‌های مناطق انسان‌ساخت، کشاورزی و مراتع به‌صورت ایجاد (Creation)، برای کاربری جنگل به‌صورت تجزیه (Dissection) و برای کاربری بایر به‌صورت حذف (Attrition) بوده است. شکل ۷ اطلاعات مربوط به طبقات کاربری و پدیده‌های مربوط به فرایند تغییر هر طبقه کاربری را در سطح سیمای سرزمین بر اساس روش درخت تصمیم‌گیری نشان می‌دهد.

### تحلیل تغییرات بین سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۷۸

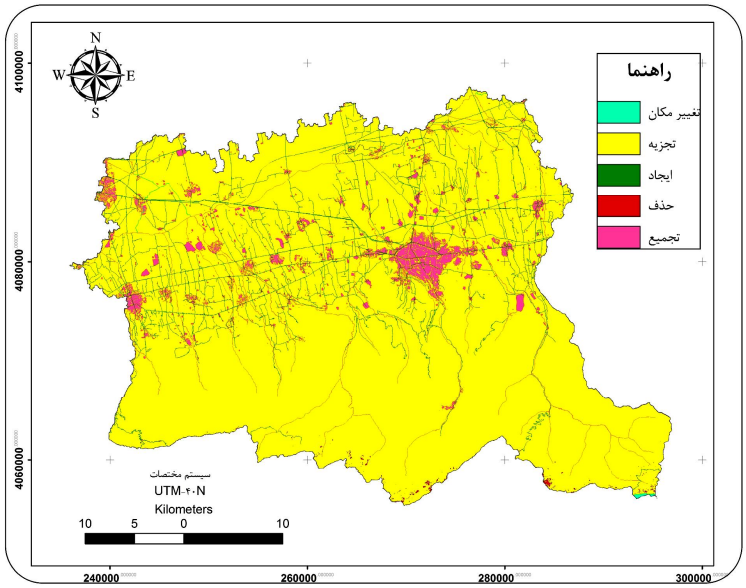
نتایج تحلیل فرایند تغییر سیمای سرزمین در بین سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۷۸ نشان داد که فرایند تغییر کاربری انسان‌ساخت به‌صورت تجمیع (Aggregation)، کاربری جنگلی و کشاورزی به‌صورت تجزیه (Dissection) و کاربری مرتع به‌صورت حذف (Attrition) بوده است (شکل ۸).

### تحلیل تغییرات بین سال‌های ۱۴۱۰-۱۳۹۷

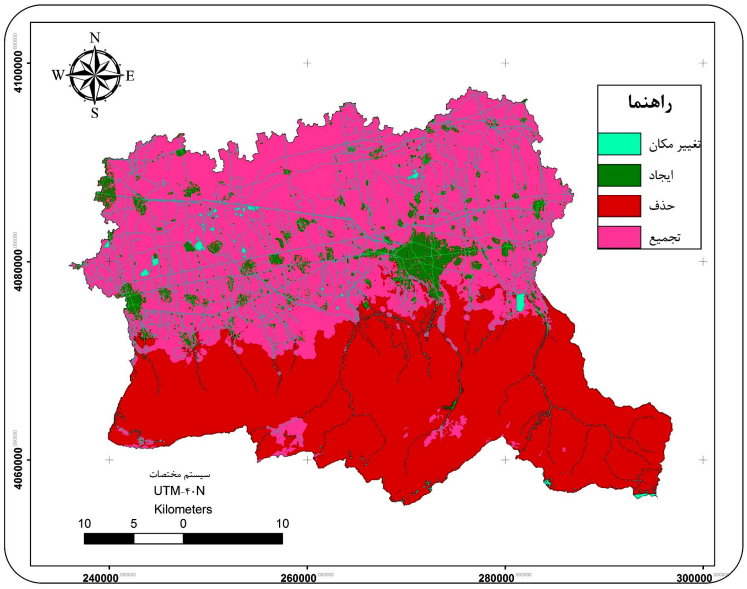
با استفاده از اطلاعات مربوط به لایه پیش‌بینی تغییرات کاربری در سال ۱۴۱۰ می‌توان فرایند تغییر ساختار سیمای سرزمین را نیز پیش‌بینی نمود. بدین منظور، اطلاعات کاربری بین سال‌های ۱۴۱۰-۱۳۹۷ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحلیل نشان می‌دهد که در این دوره زمانی، پدیده غالب مورد انتظار برای کاربری مناطق انسان‌ساخت ایجاد (Creation)، برای کاربری جنگل حذف (Attrition) و برای کاربری کشاورزی تجمیع (Aggregation) خواهد بود، ضمن آنکه برای کاربری مرتع پدیده جابجایی (Shift) رخ خواهد داد (شکل ۹).

## بحث

بررسی سیمای سرزمین به تفکیک کاربری‌ها در طی دوره‌های زمانی مختلف نشان داد که ساختار سیمای سرزمین در حوزه قره‌سو دارای تغییرات متفاوتی است که این تغییرات به تفکیک هر کاربری، در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج تحلیل

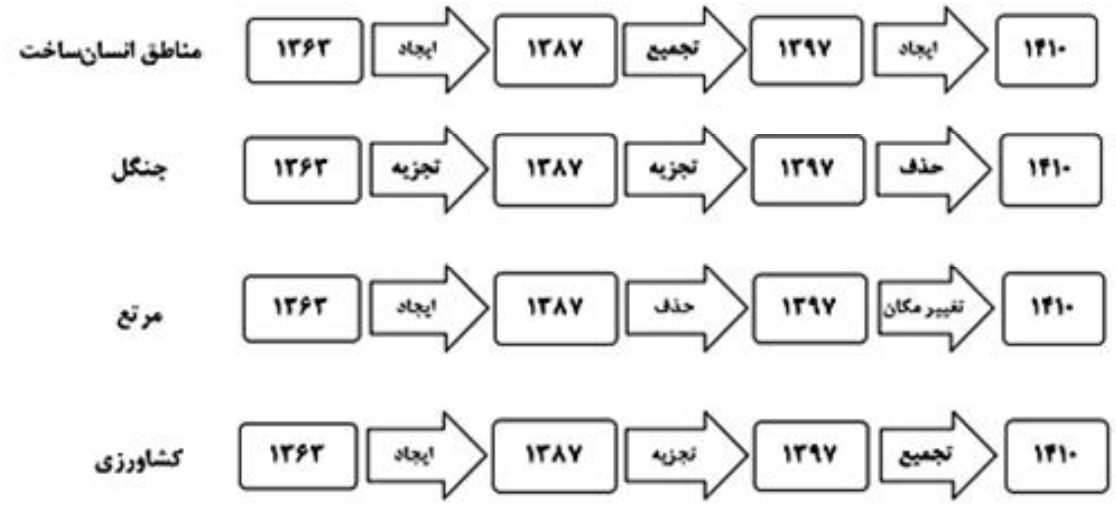



**شکل ۸. فرایند تغییر سیمای سرزمین بین سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۸۷ (رنگی در نسخه الکترونیکی)**




**شکل ۹. فرایند تغییر سیمای سرزمین بین سال‌های ۱۴۱۰-۱۳۹۷ (رنگی در نسخه الکترونیکی)**

فرایند تغییر سیمای سرزمین در دوره‌های زمانی مختلف به‌صورت خلاصه در شکل ۱۰ نشان داده شده است. روند تغییرات ساختار سیمای سرزمین برای طبقه کاربری انسان‌ساخت به صورت ایجاد-تجمیع-ایجاد بوده است (شکل ۱۰). این الگو نشان‌دهنده توسعه کمّی شهری و روستایی (ایجاد) و همچنین گرایش توسعه جدید به سمت مناطق موجود است. این الگو در غالب موارد توسعه‌ای اتفاق می‌افتد. تنها به‌عنوان یک نمونه برای مقایسه می‌توان مدل SLEUTH (۵) را نام برد که یک مدل تخصصی برای شبیه‌سازی رشد شهری است و دو ضریب مهم در ساختار این مدل، ضریب زایش (ایجاد) و ضریب گسترش (تجمیع) است، ضمن آنکه این نتایج با مطالعات کامیاب و سلمان ماهینی (۱۳) در منطقه




**شکل ۱۰. فرایند تغییر سیمای سرزمین به تفکیک هر کاربری**

شهری گرگان مطابقت دارد. تخریب مداوم مناطق جنگلی در حوزه قره‌سو منجر به تجزیه این لکه‌های پوششی شده است (شکل ۱۰). این مناطق در دوره زمانی بین سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۲ کاهش ۱۲ درصدی داشته‌اند (۱۶). این کاهش منجر به تجزیه و حذف لکه‌های جنگلی در حوزه قره‌سو شده است. اصلی‌ترین عوامل تجزیه در پوشش جنگلی را می‌توان احداث عوارض خطی مانند جاده‌ها دانست که باعث تبدیل لکه‌های بزرگ جنگلی به لکه‌های کوچک‌تر می‌شود. اما نکته قابل تأمل در پوشش جنگلی، غالب‌شدن فرایند حذف بین سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۱۰ است، نکته‌ای که نتیجه تجزیه لکه‌های جنگلی و حذف تدریجی لکه‌های کوچک‌تر است.

سهم پایین مساحت مناطق مرتعی در حوزه قره‌سو نسبت به کاربری‌های کشاورزی و جنگلی باعث تنوع ساختاری در این پهنه‌ها شده است. تحلیل لایه‌های کاربری زمین نشان داد که کاربری مرتع در طی دوره ۱۳۶۳ تا ۱۳۸۷ با افزایش تعداد لکه‌ها و همچنین مساحت و محیط مواجه بوده ولی در طی دوره ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷، تعداد لکه‌ها و میزان مساحت و محیط کاهش یافته است. سهم پایین این مناطق باعث شده تا هر تغییری هرچند کوچک در منطقه بر نتایج تحلیل ساختار سیمای سرزمین اثرگذار باشد. از سوی دیگر، ارتباط بین بخش‌های مرتعی در قسمت جنوبی حوزه قره‌سو با فعالیت‌های کشاورزی در مناطق با شیب کمتر باعث حذف یا تغییر مکان لکه‌های مرتعی شده است.

کاربری کشاورزی در بین سایر کاربری‌های بررسی شده، بیشترین ارتباط را با نیازهای انسانی دارد. این ارتباط باعث شکل‌گیری الگوی مشابه با الگوی کاربری مناطق انسان‌ساخت شده است. ایجاد لکه‌های کشاورزی جدید و همچنین تجمیع این لکه‌ها تا حد زیادی مشابه الگوی مناطق انسان‌ساخت است. محدود بودن فضای در دسترس برای فعالیت‌های کشاورزی در بخش شمالی حوزه‌قره‌سو منجر به این شده که توسعه کشاورزی در آینده در این منطقه باعث تجمیع بیشتر این لکه‌ها شود.

در هر حال، نتایج کلی تحلیل سیمای سرزمین نشان می‌دهد که حوزه قره‌سو در دوره‌های زمانی گذشته تاکنون دچار تغییرات نامطلوبی در اثر تخریب پوشش‌های گیاهی شده و این تغییرات حتی در آینده نیز ادامه خواهد یافت. مطالعات مهری و همکاران (۱۶) نیز نشان داد که حدود ۲۸ درصد منطقه دارای اثرات تخریبی شدید و بسیار شدید است. بیشترین اثر تخریبی در پوشش جنگلی خواهد بود که ساختار آن را دچار تغییرات نامطلوب حذف و تجزیه می‌کند. اگرچه این نکته مثبت در مورد

مناطق انسان‌ساخت وجود دارد که توسعه جدید عموماً در کنار توسعه‌های گذشته اتفاق خواهد افتاد.

استفاده از رویکرد "تحلیل فرایند تغییر سیمای سرزمین" در مقایسه با اکثر مطالعات دیگر در زمینه بوم‌شناسی سیمای سرزمین، که بیشتر مبتنی بر تحلیل سنجه‌های سیمای سرزمین هستند، اطلاعات ساده‌تری را برای تفسیر در اختیار مدیران و تصمیم‌گیران قرار می‌دهد. اطلاعات مربوط به نوع فرایند تغییر مناطق انسان‌ساخت (به‌عنوان یکی از طبقات کاربری موجود در حوزه قره‌سو) که در این مطالعه به‌صورت ایجاد، تجمیع و ایجاد در سه بازه زمانی مختلف استخراج گردید از طریق رویکرد سنجه‌های سیمای سرزمین نیز قابل دستیابی است، اما این کار نیاز به کنار هم قراردادن سنجه‌های مختلف سیمای سرزمین و نگاه کلی به چند سنجه دارد. معرفی رویکرد "فرایند تغییر سیمای سرزمین" در این مطالعه، با ساده‌تر نمودن این تحلیل، درک کلی و جامع‌تری از تغییرات ساختار سیمای سرزمین برای هر طبقه کاربری فراهم می‌کند.

## منابع مورد استفاده


1. Aarthi, A. D. and L. Gnanappazham. 2018. Urban growth prediction using neural network coupled agents-based Cellular Automata model for Sriperumbudur Taluk, Tamil Nadu, and India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 21(3): 353-362.
2. Aitkenhead, M. and I. Aalders. 2009. Predicting land cover using GIS, Bayesian and evolutionary algorithm methods. *Journal of Environmental Management* 90: 236-250.
3. Bogaert, J., P. Van Hecke, D. S. V. Eysenrode and I. Impens. 2000. Landscape fragmentation assessment using a single measure. *Wildlife Society Bulletin* 28: 875-881.
4. Boongaling, C. G. K., D. V. Faustino-Eslava and F. P. Lansigan. 2018. Modeling land use change impacts on hydrology and the use of landscape metrics as tools for watershed management: The case of an ungauged catchment in the Philippines. *Land use policy* 72: 116-128.
5. Clarke, K. C. 2018. A short presentation of SLEUTH. pp. 521-525, In: M. T. Camacho Olmedo, M. Paegelow, J. F. Mas, F. Escobar (eds.), Geomatic approaches for modeling land change scenarios. Springer, Cham.
6. Deo, R. C. and M. Şahin. 2015. Application of the artificial neural network model for prediction of monthly standardized precipitation and evapotranspiration index using hydro meteorological parameters and climate indices in eastern Australia. *Atmospheric research* 161: 65-81.
7. Eastman, J. R. 2015. TerrSet manual. Clark University, Worcester, Massachusetts.
8. Forman, R. and M. Godron. 1986. Landscape Ecology. John Wiley & Sons, New York.
9. Gholamalifard, M., Sh. Joorabian Shooshtari, S. H. Hosseini Kahnuj and M. Mirzaei. 2012. Land cover change modeling of coastal areas of Mazandaran province using LCM in a GIS environment. *Journal of Environmental Studies* 4: 109-124. (In Farsi).
10. Joorabian Shooshtari, Sh., K. Shayesteh, M. Gholamalifard, M. Azari and J. I. Oacute Pez-Moreno. 2017. The role of landscape metrics and spatial processes in performance evaluation of GEOMOD (Case study: Neka River Basin). *Geography and Sustainability of Environment* 7(3): 63-80. (In Farsi).
11. Kamyab, H. R., A. Salman Mahiny, S. M. Hoseini and M. Gholamalifard. 2010. A Knowledge-based approach to urban growth modeling in Gorgan city using logistic regression. *Journal of Environmental Studies* 36(2): 89-96. (In Farsi).
12. Kamyab, H., A. Salman Mahiny, S. M. Hoseini and M. Gholamalifard. 2011. Using neural network for urban growth modeling (Case study: Gorgan City). *Human Geography* 76: 99-113. (In Farsi).
13. Kamyab, H. R. and A. Salman Mahiny. 2013. Modeling urban growth effects on landscape structure in Gorgan city area. *Ecopersia* 1(2): 99-112.
14. Karami, A. and J. Feghhi. 2012. Controlling and comparison of North and South Zagros land use using landscape ecology approach (Case study: Provinces of Kurdistan and Kohgiloyeh and Boyer Ahmad). *Town and Country Planning* 4: 5-34. (In Farsi).
15. Liang, X., X. Liu, D. Li, H. Zhao and G. Chen. 2018. Urban growth simulation by incorporating planning policies into a CA-based future land-use simulation model. *International Journal of Geographical Information Science* 32(11): 2294-2316.
16. Mehri, A., A. Salman Mahiny, A. Mikaeili Tabriziorcid, H. Mirkarimi and A. Sadoddin. 2018. Ecological impacts

assessment of land use change on the natural structure of the Gharesoo Watershed. *Town And Country Planning* 10(1): 93-116.
17. Mirakhorlo, M. S. and M. Rahimzadegan. 2018. Modeling land use changes by integrated use of Markov Chain model, cellular automata model, and multiple criteria decision making in Talar Watershed. *Journal of Geomatics Science and Technology* 8(1): 85-99. (In Farsi).
18. Mohammadyari, F., H. Pourkhabbaz, H. Aghdar and M. Tavakoly. 2019. Modeling land use pattern in Behbahan city in the period 2000-2028 using remote sensing and GIS. *Environmental Researches* 9(18): 223-238. (In Farsi).
19. Orekan, V. 2007. Implementation of the local land-use and land- cover change model CLUE-s for central Benin by using socio-economic and remote sensing data. Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Agonlin- Houegbo Zagnanado, Benin.
20. Pijanowski, B. C., D. G. Brown, B. A. Shellito and G. A. Manik. 2002. Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a land transformation model. *Computers, environment and urban systems* 26(6): 553-575.
21. Prato, T. 2005. Modeling ecological impacts of landscape change. *Environmental Modeling & Software* 20: 1359-1363.
22. Salman Mahiny, A., M. Ownagh, A. Najafi Nejad, A. Mehri, H. Kamyab, A. Sadoddin, H. Barani and V. Berdi Sheikh. 2018. Golestan province preparation plan. Golestan Province Management and Planning Organization, Gorgan. (In Farsi).
23. Santini, M. and R. Valentini. 2011. Predicting hotspots of land use change in Italy by ensemble forecasting. *Regional Environment Change* 11: 483-502.
24. Suzuki, K., H. Abe, H. MacMahon and K. Doi. 2006. Image-processing technique for suppressing ribs in chest radiographs by means of massive training artificial neural network (MTANN). *IEEE Transactions on medical imaging* 25(4): 406-416.
25. Veldkamp, A. and F. Lambin. 2001. Predicting land- use change. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 85: 1-6.
26. Verweij, P., A. Cormont, K. Kok, M. van Eupen, S. Janssen, J. te Roller and I. G. Staritsky. 2018. Improving the applicability and transparency of land use change modelling: The iCLUE model. *Environmental modelling & software* 108: 81-90.
27. Wiens, J. A. 2002. Central concepts and issues of landscape ecology. pp. 3-21, In: K. Gutzwiller (ed.), Applying landscape ecology in biological conservation. Springer, New York.
28. Yang, X., X. Q. Zheng and R. Chen. 2014. A land use change model: Integrating landscape pattern indexes and Markov-CA. *Ecological Modelling* 283: 1-7.
29. Yin, Z., B. Jia, S. Wu, J. Dai and D. Tang. 2018. Comprehensive forecast of urban water-energy demand based on a neural network model. *Water* 10(4): 385.
30. Yousefi S., H. R. Moradi, S. H. Hosseini and S. Mirzaee. 2011. Land use change detection using Landsat TM and ETM+ satellite images over marivan. *Journal of RS and GIS for Natural Resources (journal of applied RS and GIS techniques in natural resource science)* 3: 97-105. (In Farsi).

IJAE
Iranian Journal of Applied Ecology

# Application of Artificial Neural Network in Landscape Change Process in Gharesou Watershed, Golestan Province

**H. R. Kamyab[1*] and S. Alipour Varaki[1]**

(Received: February 15-2020; Accepted: August 15-2020)

## Abstract

Land use change is certainly the most important factor that affects the conservation of natural ecosystems, resulting the conversion of natural lands such as forests and pastures into agricultural, industrial and urban areas. Despite numerous studies investigating landscape patterns due to land use change, the driving forces of landscape change has been less studied in Iran. In this study, Artificial Neural Network (ANN) method was used to investigate the process of landscape change using ten variables including slope, distance from built-up areas, water bodies, road, forest edge, rangland and agriculture, number of forest classes and elevation. Aspect and distance from water bodies variables were removed based on the Cramer's V statistic. Using transition potential maps, land cover distribution patterns for the year 2032 were created. Also, the relative effects of the 10 predictor variables were evaluated through the sensitivity of the model by forcing a single independent variable to be constant. Distance from rangeland and distance from built-up areas were the most influential variables on land use change. Kappa coefficient was used to assess the accuracy of the modeling approach. Kappa value for ANN was 0.82. We also used landscape analysis to compare modeling results through landscape change process. The general pattern of land use change in Gharesoo Watershed showed that the landscape change process related to human (built-up areas and agricultural lands) was in the form of creation and aggregation and the category of change for natural uses (rangeland and forestland) was in the form of loss and fragmentation. Introducing "Landscape Change Process" approach in this study provides a comprehensive understanding of changes in the landscape configuration for each land use class by simplifying the analysis.

**Keywords:** Land use change modeling, Landscape change process, Artificial Neural Network, Gharesou Watershed

1. Department of Environmental Science, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: hrkamyab@gau.ac.ir