

مدل سازی تغییرات کاربری جنگل با استفاده از LCM در منطقه جنگلی فندقلو (اردبیل)

خلیل ولیزاده کامران^{۱*}، مریم صادقی^۲، سیداسدالله حجازی^۳

^۱ دانشیار گروه سنجش از دور و GIS دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز
^۲ کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز
^۳ دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

دریافت: ۹۹/۱۰/۳، پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۲۵، نشر آنلاین: ۱۴۰۰/۲/۲۵

چکیده

مدل های تغییر زمین به طور فزاینده ای برای پیش بینی مناظر آینده و تأثیر گذاری بر سیاست استفاده می شوند. هدف از این پژوهش مدل سازی تغییرات کاربری جنگل با استفاده از مدل ساز تغییر زمین، بر پایه شبکه عصبی می باشد. برای تهیه نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۹ از تصاویر لندست (Landsat) ۵ و ۸ و برای ادغام تصاویر از باند پانکروماتیک لندست ۸ و تصاویر استر (ASTER) و سنتینل (Sentinel) A۲ استفاده شد. نقشه کاربری اراضی در پنج طبقه، جنگل، مرتع، اراضی کشاورزی، سطوح آبی و اراضی ساخته شده، با استفاده از طبقه بندی شیء گرا و روش اساین (Assign Class) کلاس طبقه بندی گردید. ضریب کاپا (Kappa)، برای سال ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۹ از راست به چپ ۸۷٪، ۹۰٪ و ۹۱٪ به دست آمد. با توجه به نتایج در طول دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ مساحت جنگل از ۳۲۰۴ هکتار به ۳۰۷۰ هکتار و اراضی کشاورزی از ۸۵۱۵ به ۹۰۳۰ هکتار در ۲۰۱۹ کاهش یافته است. اراضی مرتعی و سطوح آبی نیز در طول دوره روند کاهشی داشته اند. همچنین اراضی ساخته شده از ۳/۱٪ از کل مساحت به ۴٪ افزایش یافته است. برای مدل سازی از متغیرهای مکانی، شیب، جهت، مدل رقومی ارتفاع فاصله از جنگل، راه، روستا و آبراهه استفاده شد. پیش بینی تغییرات کاربری برای سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۵ با مدل تحلیل زنجیره مارکوف (Markov Chain) مدل سازی گردید. ارزیابی نقشه پیش بینی شده ۲۰۱۹ با صحت کاپا ۰/۸۷، کارایی مدل LCM را در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد؛ بنابراین، در صورت ادامه روند فعلی تغییرات، پیش بینی برای سال ۲۰۲۵، به صورت افزایش مساحت اراضی ساخته شده و کاهش اراضی کشاورزی کاهش خواهد بود و همچنین از تراکم جنگل ها کاسته خواهد شد.

کلیدواژه ها: زنجیره مارکوف، شیء گرا، فندقلو، مدل سازی، LCM.

۱- مقدمه

یکی از منابع مهم و با ارزش، منابع طبیعی است که نقش کلیدی در جهان برای تعادل محیط زیستی برقرار می کند (Chand Rai و Torahi، ۲۰۱۱). برداشت چوب، تغییرات در کاربری زمین/ پوشش زمین، جنگل زدایی برای کشاورزی و آتش-سوزی می تواند مقدار کربن ذخیره شده زمین را به طور قابل توجهی افزایش دهد (Cont Chapin و همکاران، ۲۰۱۱). کسب اطلاعات دقیق و به روز از این تغییرات و آگاهی از وسعت منابع طبیعی به خصوص با رشد سریع جمعیت اهمیت زیادی دارد (Yuan و همکاران، ۲۰۰۵).

کاربری اراضی همواره یکی از مهم ترین عواملی بوده است که انسان از طریق آن محیط زیست خود را تغییر داده است و از نظر تاریخی مهم ترین تغییر کاربری اراضی که انسان انجام داده است، از میان بردن جنگل ها و تبدیل آن به اراضی کشاورزی و

سکونتگاه ها بوده است (Lausch و Herzog، ۲۰۰۲). همچنین ظهور آن به عنوان یک مسئله محیط زیستی، یکی از عمده موضوعات مطرح شده در زمینه تغییرات جهانی در مقیاس منطقه ای است. از جمله تغییرات آب و هوا، آب و خاک و از بین رفتن تنوع محیط زیستی که از بزرگ ترین نگرانی جمعیت امروز است. بنابراین مدیریت و نظارت بر پیامدهای منفی تغییر پوشش زمین برای تداوم تولید منابع ضروری، به یک موضوع مهم تبدیل شده است. انجام پژوهش در زمینه کاربری اراضی برای پژوهشگران و سیاستمداران در سراسر جهان در طی زمان بسیار ضروری است (Mishra، ۲۰۱۴؛ Lal و همکاران، ۲۰۱۱؛ Young و همکاران، ۲۰۱۶). آشکارسازی تغییرات یکی از نیازهای اساسی در مدیریت و ارزیابی منابع طبیعی است (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۳). پایش تغییرات درست و به موقع پدیده های سطح زمین، پایه ای

* نویسنده مسئول، شماره تماس: ۰۹۱۴-۴۱۲۳۸۴۹

آدرس ایمیل: valizadeh@tabrizu.ac.ir (خ. ولیزاده کامران)، sadegi.maryam92@gmail.com (م. صادقی)، s.hejazi@tabrizu.ac.ir (س. ا. حجازی).

برای درک بهتر روابط و برهمکنش بین پدیده‌های طبیعی و انسانی فراهم می‌آورد (Wang و Jun Xu، ۲۰۱۰).

امروزه با استفاده از فناوری‌های جدید، سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی با هزینه کم و کمی تخصص، می‌توان به بررسی تغییرات کاربری اراضی، عوامل مؤثر در تخریب و به خصوص کاربری جنگلی به عنوان منابع طبیعی تجدیدپذیر پرداخت و حتی آن را برای سال‌های آینده مدل‌سازی کرد. مدل‌های پیش‌بینی برای ساخت سناریوهای شرایطی که ممکن است در آینده رخ دهد، مفیدند (درویش‌فر و همکاران، ۱۳۹۱). مدل‌سازی محیط پویا، به درک تغییراتی که در حال حاضر در حال وقوع است و همچنین پیش‌بینی تحولات در آینده کمک می‌کند. شبیه‌سازی آینده، از تصمیم‌گیری برای مدیریت محیط زیستی و برنامه‌ریزی برای زمین حمایت می‌کند. این موضوع به‌ویژه به پیشرفت در مدل‌سازی تغییر زمین اختصاص یافته است. برای تجزیه و تحلیل و تشخیص تغییرات کاربری اراضی روش‌های مختلفی توسعه یافته‌اند و مقایسه آن‌ها از نظر کارایی و دقت دشوار است (Paegelow، ۲۰۱۳).

که از جمله مهم‌ترین این مدل‌ها، مدل‌سازی تغییر سرزمین^۱، مدل سلولی^۲، مدل خودکاره سی ای مارکوف^۳، استوچستیک^۴ ژئومد^۵ و زنجیره مارکف^۶ اشاره کرد. نقشه‌های شبیه‌سازی منتج از مدل‌های تغییر کاربری و پوشش زمین به پژوهشگران در فهم تشخیص و پیش‌بینی روند تغییرات و مشکلات محیط‌زیست احتمالی کمک می‌کند. باین وجود یکی از مهم‌ترین چالش‌های موجود در این زمینه، اعتبارسنجی خروجی مدل‌های مورد استفاده است. نرخ تغییرات در منطقه مورد مطالعه و الگوی تغییرات کاربری و پوشش زمین بر میزان دقت نتایج شبیه‌سازی حاصل از مدل تأثیر دارد (Olmedo و همکاران، ۲۰۱۵).

مدل‌سازی تغییر زمین که مدل نرم‌افزاری است که به منظور تشخیص مسئله تبدیل زمین و نیازهای تحلیلی حفظ تنوع زیستی طراحی و ساخته شده است که به صورت یک برنامه عمودی در نرم‌افزار IDRISI (Clark Lab، ۲۰۰۹) وجود دارد، همین‌طور به صورت افزونه در نرم‌افزار ARCGIS (Clark Lab، ۲۰۰۹) نیز قرار دارد. با استفاده از این مدل می‌توان تغییرات پوشش اراضی و تغییرات آن بر زیستگاه گونه‌ها و تنوع زیستی را ارزیابی و پیش‌بینی کرد (Mishra، ۲۰۱۴). چنین سیستم‌هایی می‌تواند تغییرات احتمالی مورد از پوشش زمین در آینده را تحت شرایط مختلف سناریو کنند. این مدل قادر به ایجاد سناریوهای تغییر اراضی با ادغام عامل‌های زیستی، فیزیکی و اجتماعی-

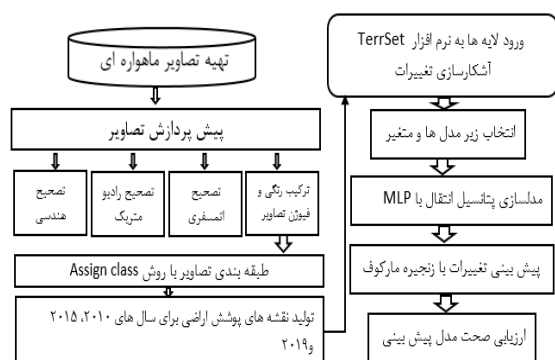
اقتصادی است که در تغییر کاربری اراضی تأثیرگذارند (Conne، ۲۰۰۴). مدل زنجیره مارکوف روشی است که به طور قوی می‌توان داده‌های سنجش‌ازدور را برای شبیه‌سازی تغییرات به کار برد (Dadhich و Hanaoka، ۲۰۱۰؛ Muller و Middleton، ۱۹۹۴). در ادامه پژوهش‌هایی که در این زمینه انجام گرفته، عنوان شده است. Eastman (۲۰۰۶) و Mishra (۲۰۱۴) در مطالعه خود که توصیف تغییرات استفاده از زمین بر اساس تغییر زمین، با استفاده از سنجش‌ازدور و باهدف پیش‌بینی و تحلیل رشد فعلی و آینده شهر بیهار^۷ هند پرداختند. Irmadi و همکاران (۲۰۱۱)، نصیری و همکاران (۱۳۹۷) به مقایسه کارایی دو مدل LCM و Geomod در منطقه جنگلی پرداختند. Sundara و همکاران به مدل‌سازی تغییر زمین برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با دقت بالای ۸۰ درصد برای سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ پرداختند که نتایج بیانگر افزایش مناطق انسان ساخت حدود ۴۴ درصد و کاهش زمین‌های باز حدود ۵۸/۶۸ درصد را نشان داد. Mirci و همکاران (۲۰۱۷) به مدل‌سازی تغییرات کاربری بر پایه شبکه عصبی و مدل زنجیره مارکوف برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۳ و ۲۰۱۴ با تصاویر لندست ۵ و ۸ پرداختند. برای طبقه بندی از روش ترکیبی با دقت کاپا بین ۸۰-۸۸٪ و با دقت پیش-بینی ۸۹٪ برای سال ۲۰۱۴ با استفاده از نقشه کاربری سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۳ به دست آمد. همچنین نتایج حاصل از نقشه پیش‌بینی شده برای ۲۰۲۵ برای نواحی مدیریتانه کاهش ۱۳/۳۱٪ اراضی صحرایی و افزایش اراضی جنگلی و کشاورزی را نشان داد. Benchelha و همکاران (۲۰۱۸) به طبقه‌بندی شیء‌گرا با استفاده از تصاویر سنتینل ۲ پرداخت.

وفایی و همکاران (۱۳۹۱) طی مقاله‌ای به پایش و پیش‌بینی روند تغییرات مکانی با استفاده از تصاویر لندست و مدل‌سازی تغییر سرزمین در منطقه مریوان پرداخت. محمد طاهری و همکاران (۱۳۹۲) به مدل‌سازی تغییرات پوشش سرزمین شهرستان تبریز با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و زنجیره مارکوف پرداختند، مدل‌سازی پتانسیل انتقال به کمک الگوریتم پرسپترون^۸ چندلایه شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از شش متغیر مستقل پرداختند و میزان تخصیص تغییرات کاربری‌ها به یکدیگر به روش زنجیره مارکوف مورد محاسبه قرار گرفت که نتایج نشان داد که بین سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۰ حدود ۵۱۹۵ هکتار به وسعت مناطق شهری و مسکونی افزوده شده است (فلاح‌تکار، ۱۳۹۵؛ پرما، ۱۳۹۶؛

5. Geomod
6. Chine markov
7. Bihar
8. Perceptron

1. Land Change Modeler (LCM)
2. Cellular
3. CA markov automata (CA)
4. Stchoice

زمین با تولیدات اکولوژیکی محیط زیست زنده و عملکردهای آن در تأثیر متقابل هستند (فاطمی و همکاران، ۱۳۹۶). بر این اساس با توجه به تأثیراتی که یک برنامه ریزی اشتباه می تواند بر تخریب ساختارهای اکولوژیک طبیعی همانند پوشش گیاهی (جنگل ها و مراتع) و شبه طبیعی (اراضی کشاورزی و باغ ها) در درون و مجاورت شهرها و در نتیجه کاهش تنوع زیستی و پایداری فرایندهای اکولوژیک یک منطقه داشته باشد لزوم توجه به اصول اکولوژیک در برنامه ریزی کاربری اراضی امری ضروری می باشد (Ndubisii, ۱۹۹۷؛ غفاری و خاوریان، ۱۳۹۵). تجزیه تحلیل تغییرات با مدل LCM بر پایه شبکه عصبی انجام گرفته و با مدل زنجیره مارکوف نقشه کاربری اراضی برای سال ۲۰۲۵ پیش بینی گردید. در ادامه پژوهش مراحل اجرای پژوهش (شکل (۱)) آورده شده است.



شکل ۱- مراحل اجرای مدل سازی

۲- مواد و روش ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

عرصه جنگلی فندقلو دنباله جنگل های گرمسیری استان گیلان است که در ۲۵ کیلومتری شمال شرقی شهرستان اردبیل به طرف آستارا و در ۱۰ کیلومتری شهرستان نمین واقع است (یوسف پور و همکاران، ۱۳۸۲). منطقه مورد مطالعه از نظر ارتفاع از سطح دریا ۱۳۲۲ تا ۲۳۴۵ متر قرار دارد. محدوده جنگلی فندقلو اردبیل در مختصات جغرافیایی ۳۸°۴۰'۲۹" تا ۳۸°۳۸'۰۰" عرض شمالی و ۴۸°۴۰'۵۵" تا ۴۸°۳۲'۰۰" شرقی قرار گرفته است. مساحت محدوده مورد مطالعه ۱۷۹/۳۲۸۸ کیلومتر مربع است ۳۲ کیلومتر از مساحت آن را جنگل می پوشانند (شکل (۲)). میانگین مجموع بارش سالیانه با توجه به آمار بارش سالیانه از شروع تا ۲۰۱۷ در ایستگاه نمین که نزدیک ترین ایستگاه سینوپتیک^۹ به منطقه مورد بررسی است ۱۴۰ میلی متر است و میانگین درجه حرارت سالیانه ۸/۹ درجه سانتی گراد می باشد.

محمد یاری، ۱۳۹۷؛ محمدیوسفی و همکاران، ۱۳۹۹) به مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل ساز تغییر سرزمین بر پایه شبکه عصبی مصنوعی پرداختند.

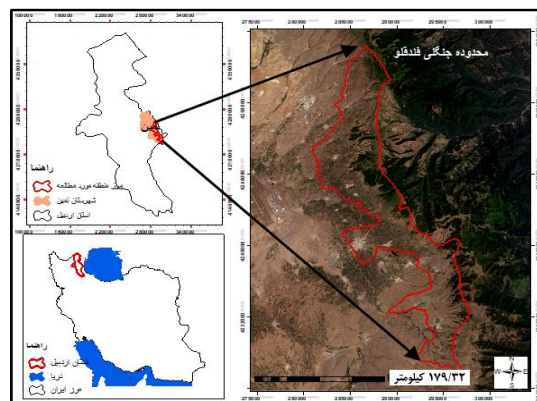
قربانیان و همکاران (۱۳۹۶) به مدل سازی تغییر کاربری اراضی و پوشش زمین بر روی تولید رسوب با استفاده از شبکه خودکار مارکوف در بخشی از حوزه آبخیز چالوس پرداختند. جویباریان و همکاران (۱۳۹۷) کاربرد روش پرسپترون چندلایه شبکه عصبی مصنوعی در مدل سازی تغییرات کاربری اراضی شرق استان مازندران، برای سال های ۱۳۶۶، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ با استفاده از تصاویر لندست پرداختند.

غفیفی (۱۳۹۹) به مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف و مدل ساز تغییر سرزمین برای پیش بینی تغییرات برای ۳۰ سال با تصاویر لندست در چهار طبقه کاربری بایر، باغ، اراضی شهری و اراضی زراعی طبقه بندی شدند. اسکندری (۱۳۹۸) به مقایسه الگوریتم های مختلف تهیه پوشش زمین در رویشگاه حساس زاگرس با استفاده از تصاویر سنتینل ۲ واقع در استان گیلان پرداختند.

با توجه به مطالعات صورت گرفته بیشتر پژوهش ها در زمینه تغییر کاربری با استفاده از تصاویر لندست که به دلیل پوشش زمانی آن انجام گرفته است. اما کم تر پژوهشی به استفاده از روش های ادغام تصویر برای افزایش وضوح و به طور هم زمان استفاده از طبقه بندی شیء گرا پرداخته است. به خصوص در منطقه فندقلو که چنین تحقیقی انجام نگرفته است بنابراین می تواند نوآوری این تحقیق تلقی شود. در این تحقیق علاوه بر تصاویر لندست برای افزایش قدرت تفکیک مکانی تصاویر، از تصویر ASTER و سنتینل 2A استفاده شد که برای طبقه بندی تصاویر از روش شیء گرا استفاده گردید. ادغام تصاویر لندست با تصاویر قدرت تفکیک مکانی بالا و پانکروماتیک با استفاده از روش طبقه بندی شیء گرا باعث تفکیک بهتر انواع عوارض پوشش گیاهی و بهتر شدن دقت نتایج گردید، که نسبت به یک نوع تصویر هم اطلاعات طیفی بیشتر و هم قدرت تفکیک مکانی بالاتری برای وضوح بیشتر بهره برد. این پژوهش با هدف مدل سازی تغییرات کاربری جنگل در منطقه جنگلی فندقلو انجام گرفت. جنگل فندقلو به دلیل محدود و منحصربه فرد بودن رویشگاه آن در سطح کشور از بعد حفاظتی به عنوان ذخیره گاه جنگلی می تواند مورد توجه واقع شود (رستمی کیا و شریفی، ۱۳۹۷).

طبق تحقیقات تیمورزاده و همکاران (۱۳۹۳) تغییر کاربری اراضی و تخریب، باعث برهم خوردن شرایط اکولوژیکی پایه در منطقه جنوب شرق شهرستان نمین از مساحت جنگل کاسته و تنها لکه هایی نظیر فندقلو مانده است. از آنجاکه ساختار کاربری

است و داده زمینی (نقاط روستایی برداشت شده از منطقه مورد مطالعه) و مکانی مورد استفاده (نقشه پایه ۱/۲۵۰۰۰) منطقه مورد مطالعه که در سال ۱۳۸۹ بر اساس تصاویر سنجده اسپات^{۱۰} توسط سازمان نقشه برداری کشور تهیه شده است. از نقشه های مذکور به منظور کنترل تصحیح هندسی تصاویر ماهواره ای و برای استخراج لایه راه ها و نیز به عنوان راهنما در کارهای میدانی استفاده شد (اصغریور، ۱۳۹۱). مدل رقومی ارتفاع ۱۲/۵ (ماهواره آلوس پالسا^{۱۱}) از وبسایت ناسا^{۱۲} برای تهیه نقشه شیب، جهت شیب، لایه مرز منطقه مورد مطالعه و لایه پوشش گیاهی خطوط توپوگرافی ۱/۱۰۰۰۰ و نقشه زمین شناسی دو برگ حیران و اردبیل از سازمان منابع طبیعی استان اردبیل فراهم آمد. در این پژوهش از نرم افزارهای Arc GIS، snap، ENVI 5.3، TerrSet، Erdas Imagin، Google Earth pro، eCognition 9 استفاده گردید.



شکل ۲- محدوده مورد مطالعه

۲-۲- داده های تحقیق

در این تحقیق برای تهیه نقشه پایه از داده های سنجش از دور همچون، تصاویر ماهواره ای Landsat8,5، ASTER و Sentinel 2A استفاده گردید که در جدول (۱) جزئیات آن ها آورده شده

جدول ۱- داده های تحقیق

ماهواره / سنجده	Landsat 5/ TM	Sentinel2 A / MSI	ASTER	Landsat 8 / OLI
قدرت تفکیک مکانی	چندطیفی ۳۰ متر	۲۰ و ۱۰ چند طیفی	چند طیفی ۱۵ متر	چندطیفی ۳۰ و پانکروماتیک ۱۵ متر
محدوده طیفی مورد استفاده	VISIBAL/ NIR	VISIBAL/ NIR	VISIBAL/ NIR	Optic / PAN
ردیف و گذر	167/33	-	۰۰۳۰۷۱۲	167/33
تاریخ برداشت	2010/07/11	2019/06/18	2010/07/12 2010/07/11	2015/06/23 2019/06/18
مدل رقومی ارتفاع	ماهواره ALOS/PALSAR			۱۲/۵ متر
نقشه توپوگرافی	۱/۲۵۰۰۰	از ماهواره اسپات	۱۳۸۹	توسط سازمان نقشه برداری
نقاط برداشت شده میدانی	نقاط روستایی موجود در محدود مورد مطالعه	--	۲۹ نقطه	به صورت نقاط
داده های اقلیمی	ایستگاه نمین	-	-	از ابتدا تا ۱۳۹۶

۲-۳- روش پژوهش

۲-۳-۱- پیش پردازش تصاویر

تصحیح هندسی: در واقع اعمال اقداماتی است که ضمن تصحیح کلیه اعوجاج ها و خطاهای احتمالی، با استخراج اطلاعات اولیه آن را برای پردازش آماده می کند. ابتدا عملیات موزاییک به دلیل عدم پوشش منطقه مورد مطالعه بر روی تصویر استر، عملیات موزاییک با دو فریم تصویر انجام گرفت و باندهای مورد نیاز تصاویر برای طبقه بندی و پردازش های مورد نیاز دسته بندی مجدد و براساس لایه برداری منطقه مورد مطالعه برش داده شدند. با توجه به این تصاویر لندست از سازمان زمین شناسی آمریکا در سطح تصحیحات (LIT)^{۱۳} دریافت شد. شایان ذکر است

که این سطح از تصحیحات شامل تصحیح رادیومتری در سطح سیستماتیک، تصحیح هندسی با استفاده از نقاط کنترل زمینی و همچنین تصحیح خطای هندسی جابه جایی ناشی از توپوگرافی منطقه می شود. به دلیل استفاده از تصاویر مختلف برای کنترل دقت تصاویر از روش تصحیح با نقشه، که از نقشه ۲۵۰۰۰/۱ سازمان نقشه برداری و نقاط روستایی حاصل برداشت میدانی با مقدار خطای کم تر از ۰/۵ پیکسل انجام شد و تصویر سنتینل ۲ در محیط نرم افزار SNAP خروجی گرفته شد و ادامه تصحیحات پردازش در داخل نرم افزار Envi 5.3 و Erdas Imagin انجام گرفت در نهایت بررسی های مورد نیاز برای کنترل زمین مرجع بودن تصاویر انجام گردید.

کلاس‌های طبقه‌بندی استفاده شد. نخستین مرحله اصلی در آنالیز شیء‌گرا و آشکارسازی تغییرات ایجاد اشیاء تصویری است که با سگمنت‌سازی^{۲۲} تصاویر به‌دست می‌آید. سگمنت‌سازی به معنی گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (نظیر ارزش عدد و بافت) مهم‌ترین معیار مشترک آن‌ها است (فیضی‌زاده، ۱۳۸۶) برای سگمنت‌سازی در کنار تصاویر از پارامترهای شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده^{۲۳}، تسلدکب^{۲۴}، شاخص گیاهی تعدیل‌شده خاک^{۲۵} شیب و مدل رقومی ارتفاع به‌صورت ترکیب نواری که شاخص پوشش گیاهی نرمال شده بیش‌ترین وزن را در بین پارامترهای مورد استفاده برای جداسازی بهتر پوشش گیاهی در سگمنت‌سازی تصاویر به خود اختصاص داد.

در انجام فرآیند سگمنت‌سازی به‌علت این که پارامترهای مکانی لایه مدل رقومی ارتفاع و شیب باعث کاهش نرمی^{۲۶} سگمنت‌سازی می‌شوند و این باعث کاهش دقت می‌شود به‌همین دلیل در فرآیند سگمنت‌سازی وزن صفر به آن‌ها تعلق گرفت. سگمنت‌سازی تصاویر از الگوریتم از سگمنت‌سازی چند تفکیکی^{۲۷} برای سگمنت‌سازی تصاویر استفاده گردید (Dragut, ۲۰۱۲؛ فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴). این نوع طبقه‌بندی با نرم-افزار eCognition فرآیندی تکرارپذیر است که به‌وسیله مفسر طبقات مشخص می‌شود. پس از آستانه‌گذاری برای پردازش و طبقه‌بندی از روش Assign class استفاده شد. نقشه‌های حاصل از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا، نقشه‌های به‌دست‌آمده به محیط GIS منتقل شده و پس از ویرایش‌های کلی و ادغام طبقات در عملیات سیمبولوژی^{۲۸} بر روی لایه‌ها انجام گرفت در ادامه با توجه به ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه و هدف پژوهش پنج طبقه جنگل مرتع، اراضی کشاورزی، زمین‌های ساخته‌شده و سطوح آبی در نظر گرفته شد. ارزیابی دقت طبقه‌بندی از نقاط کنترل زمینی (نقاط روستایی برداشت‌شده با GPS^{۲۹}) و برای طبقات دیگر نقاط کنترل زمینی از تصاویر گوگل ارث به‌صورت پلیگون برای ارزیابی تصاویر طبقه‌بندی‌شده انجام گردید که مقدار کاپا به-ترتیب از راست برای سال ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۹ با دقت ۸۷٪، ۹۰٪ و ۹۱٪ به‌دست آمد.

تصحیح اتمسفری رادیو متریک: برای تصحیح اتمسفری از مدل تصحیح اتمسفری فلش^{۱۴} برای تصحیح تصاویر استفاده شد. تصحیح رادیومتریک در تصاویر با تبدیل DN^{۱۵} به رادیانس^{۱۶} در باندهای حرارتی و تبدیل DN به انعکاس طیفی^{۱۷} در باندهای انعکاسی (که نبود قدرت تفکیک رادیومتریک مشابه در تصاویر را برطرف می‌کند) در محیط Envi5.3 انجام گردید.

۲-۳-۲- ادغام و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

از آنجاکه تفکیک و شناسایی پدیده‌ها به‌لحاظ رنگ نتایج بهتری ارائه می‌دهد ولی نمایش داده‌های حاصل از اسکنرها در تک‌باندها با استفاده از گام خاکستری^{۱۸} است. برای سال‌های مختلف تصویر رنگی کاذب^{۱۹} هر تاریخ با استفاده از باندهای مادون قرمز، قرمز و سبز تولید شد (Murayama و Khoi, ۲۰۱۰) و با استفاده از ترکیب رنگی مناسب عمل ادغام با بر روی تصاویر لندست ۵ با باند NIR تصویر استر و لندست ۸ با باند پانکروماتیک و برای تصویر ۲۰۱۹ لندست ۸ از باند پانکروماتیک و باندهای ۱۰ متری تصویر سنتینل انجام‌شده به تصاویری با پیکسل سایز ۱۵ متر ارتقاء یافتند؛ بر همین اساس از روش CN Spectral Sharpening برای ادغام تصاویر استفاده شد. این روش برای جداسازی مرز عوارض بهتر عمل می‌کند و از آنجایی که از شاخص‌های طیفی متفاوتی در طبقه‌بندی استفاده شده است ضعف طیفی این روش را بهبود بخشید. در نتیجه موجب صحت بیشتر در طبقه‌بندی گردید.

با مشاهدات تجربی باندهای اغلب اطلاعات مختلفی که در طبقه‌بندی متفاوتی جای می‌گیرند را می‌توان از طریق پاسخ آن‌ها و چگونگی برهم‌کنش آن‌ها با نواحی مختلف طیف الکترومغناطیسی به‌دست آورد (مباشری، ۱۳۸۹). برای استخراج اطلاعات کاربری اراضی از تصاویر رقومی ماهواره‌ای روش‌های متفاوتی که هرکدام دارای محدودیت و توانایی خاص خود هستند، ارائه شده است (Blaschke, ۲۰۱۰). اصول کار روش طبقه‌بندی پیکسل پایه بر انعکاس طیفی حاصل از پدیده‌های زمینی که سنجنده آن را دریافت می‌کند؛ درحالی که طبقه‌بندی شیء‌گرا بر اساس، مقیاس شکل^{۲۰}، رنگ و همچنین ترکیب آن‌ها با فشردگی^{۲۱} یا صافی صورت می‌گیرد (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴). در این پژوهش از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا برای تعیین

23. Normalized difference vegetation index (NDVI)
24. Tasseled cab
25. Soil adjusted vegetation index (SAVI)
26. Smooth
27. Multiresolution segmentation
۲۸. Semiology
29. Global Positioning System

14. Flaash
15. Digital Number
16. Radiance
17. Reflectance
18. Gray level
19. False color
20. Shape
21. Compactness
22. Segmentation

۲-۳-۳- مدل ساز تغییرات زمین^{۳۰}

مدل ساز تغییر زمین یک نرم افزار کامل برای پایداری محیط زیست است که توسط ادیسی سلوا^{۳۱} برای تجزیه تحلیل تغییرات پوشش زمین توسعه یافته است (Clark Labs، ۲۰۰۹؛ Costanza، ۱۹۹۸؛ Ahmed و Ahmed، ۲۰۱۲؛ Mishra، ۲۰۱۴) و پشتیبانی مورد نیاز برای برنامه ریزی و سیاست گذاری است. برای تجزیه و تحلیل و تشخیص تغییرات کاربری اراضی روش های مختلفی توسعه یافته اند اما مقایسه آنها از نظر کارایی و دقت دشوار است اما مدل ساز تغییر زمین به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرد (Mishra، ۲۰۱۴). مدل ساز تغییر زمین برای تحقیق حاضر مناسب تشخیص داده شده است زیرا فرآیند تغییر کاربری اراضی به ویژه گسترش مناطق مسکونی و تبدیل اراضی کشاورزی بسیار پیچیده و نیازمند متغیرهای متعدد است این مدل با تلفیق مدل ساز تغییر زمین و روش شبکه عصبی مصنوعی به صورت سلسله مراتبی ارائه شده است در مرحله اول: آشکارسازی تغییرات کاربرها نسبت به یکدیگر بررسی می شود. در مرحله دوم: متغیرهای تأثیرگذار بر تغییرات مشخص شده، سپس با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی (پرسپترون چندلایه) پتانسیل تغییر هر یک از کاربرها به صورت زیر مدل ها بیان می شود و در مرحله آخر نتایج حاصل از مدل سازی و ماتریس احتمال تغییرات و ارزیابی صحت مدل سازی بررسی می شود.

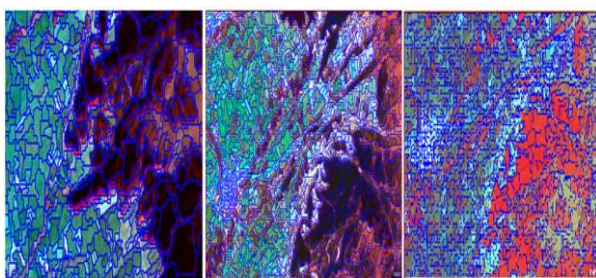
آشکارسازی تغییرات: برای تجزیه تحلیل تغییرات کاربری اراضی بین دو بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵، ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ و از ماژول تجزیه تحلیل تغییرات استفاده شد. ماژول تجزیه تحلیل تغییرات ارزیابی سریع از تغییرات کمی را به صورت نمودار نشان می دهد به طور کلی تغییر خالص، نتیجه تغییرات به یک کاربری، مناطق پایدار، افزایش، کاهش، نقشه تغییرات و روند فضایی تغییرات را می توان به دست آورد (Clark labs، ۲۰۰۹).

انتخاب متغیرها و زیر مدل ها: متغیرها به صورت دینامیک یا استاتیک ممکن است به مدل اضافه شوند. متغیرهای استاتیک از نظر پایه مناسب برای انتقال در نظر گرفته شده را بیان می کنند که با گذشت زمان نیز متغیرهای دینامیک وابسته به زمان متغیر هستند و در طول دوره پیش بینی محاسبه می شوند تغییر ناپذیرند (Eastman، ۲۰۰۶). جهت بررسی میزان همبستگی تغییرهای ورودی (مستقل) و طبقات کاربری اراضی (وابسته) از ضریب کرامر استفاده شد. همبستگی متغیر بین صفر و یک تغییر می کند که هر چه به یک نزدیک تر باشد میزان همبستگی بالا بین متغیرها و طبقات است و برعکس معمولاً ضریب بالای ۰/۱۵ برای ورودی مدل مناسب و ضریب بالای ۰/۴ خوب است. متغیرهای

کیفی یا به صورت جدا از لایه های کمی مورد استفاده قرار می گیرند یا با تابع تغییر شکل احتمال شواهد^{۳۲} انتقال می یابند. تمام متغیرهای کمی به طور مستقیم به جز متغیر کاربری اراضی با استفاده از و نقشه پوشش اراضی قدیمی تر در ورودی مدل متغیرهای کیفی تولید شدند (Eastman، ۲۰۰۶). از متغیرهای شیب، جهت شیب، مدل رقومی ارتفاع، فاصله شبکه آبراهه (متغیر استاتیک) فاصله از راه، روستا، جنگل (متغیر دینامیک) که در اکثر مطالعات مشابه مورد استفاده قرار گرفتند و با تغییرات کاربری منطقه مورد مطالعه در ارتباط است و می توانند برای مدل سازی پتانسیل تغییر هر یک از زیر مدل ها به کار رود و نتایج قابل قبولی رو در مقایسه با واقعیت ارائه دهند. پیش بینی تغییرات در مدل ساز تغییر زمین بر پایه یک ارزیابی تجربی از زیر مدل ها است به طور معمول، پرسپترون چندلایه بهترین مدل سازی انتقال را انجام می دهد. از مهم ترین روش هایی آشکارسازی پس از طبقه بندی، جدول بندی افقی است. این تغییرات که بین دو سال اتفاق می افتد، شناسایی می شوند و به عنوان یک زیر مدل در نظر گرفته می شوند. زیر مدل ها شامل یک یا گروهی از تبدیل کاربری ها می باشند که محرک های اساسی محسوب می شوند (Perez vage و همکاران، ۲۰۱۲؛ عزیزی قلاتی، ۱۳۹۳).

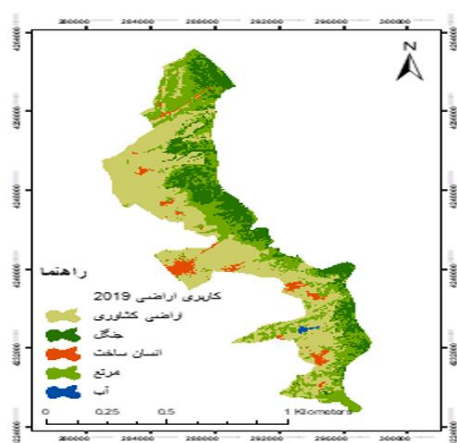
برای مدل سازی پتانسیل تبدیل هر کاربری در مدل LCM قبل از هر کاری باید زیر مدل ها مشخص شد برای انتخاب زیر مدل ها با بیشترین صحت، که لازم است که مدل با چندین سناریو مختلف اجرا شود (Gholamalifard و همکاران، ۲۰۱۲؛ عزیزی قلاتی، ۱۳۹۳). در نهایت یازده زیر مدل که صحت لازم را داشتند انتخاب شد. انتخاب اندازه نمونه برای اجرای شبکه عصبی مصنوعی در هر زیر مدل به صورت کمترین سلول هایی است که بین سال های ۲۰۱۰-۲۰۱۵ انتقال می یابد و ۵۰٪ برای آموزش و ۵۰٪ برای آزمون استفاده شد (Eastman، ۲۰۰۶).

مدل سازی پتانسیل تبدیل کاربری: در این بخش از مدل سازی نیروی انتقال از یک کاربری به (مثل اراضی دیم) به کاربری دیگر (نظیر کاربری شهری) با توجه به متغیرهای توضیحی مثلاً (شیب، نزدیکی به جاده)، مدل می شود. به این مفهوم که هر پیکسل از یک کاربری به نوع دیگر چقدر پتانسیل دارد. خروجی این قسمت، نقشه نیروی انتقال برای هر تغییر (مثلاً از کاربری اراضی دیم به کاربری شهری) خواهد بود (رهنما و همکاران، ۱۳۹۵). در این مرحله از روش های مدل سازی پتانسیل انتقال تجربی میزان احتمال از یک نوع پوشش سرزمین به نوعی دیگر به کمک متغیرهای محرک نشان داده شده است (Esteman و همکاران، ۲۰۰۵). مدل سازی انتقال چندگانه تنها در پرسپترون

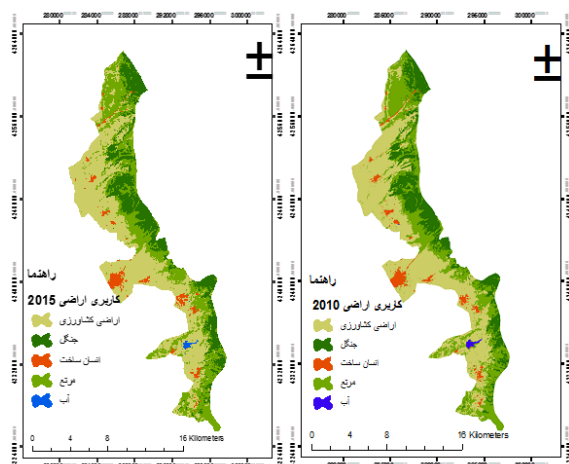


شکل ۳- سگمنت سازی تصاویر با روش Multiresolution
از چپ به راست: TM سال ۲۰۱۰ سگمنت سازی تصویر Oli سال
۲۰۱۵ سگمنت سازی تصویر Oli سال ۲۰۱۹

نقشه کاربری اراضی در پنج طبقه: جنگل، مرتع، اراضی
کشاورزی، اراضی ساخته شده و سطوح آبی با روش اساین کلاس
شیءگرا برای بازه ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۹ (شکل های (۴) و (۵))
نشان داده می شود.



شکل ۴- کاربری اراضی تهیه شده برای سال ۲۰۱۵ و ۲۰۱۰



شکل ۵- کاربری اراضی تهیه شده برای سال ۲۰۱۹

چندلایه قابل دسترسی و انتخاب است اما در رگرسیون لجستیک
نیاز است که لایه ها به صورت جداگانه مدل شوند (Eastman,
۲۰۰۹). به دلیل پیچیدگی تغییرات کاربری اراضی ساخته شده به
کشاورزی و مرتع و جنگل روش پرسپترون چندلایه برای مدل-
سازی پتانسیل تغییرات کاربری ها در این تحقیق مناسب
تشخیص داده شد.

پیش بینی تغییرات و ارزیابی صحت مدل: برای اجرای مدل
نقشه های کاربری اراضی ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ به همراه ۱۱ زیر مدل و
۷ متغیر برای تهیه ماتریس انتقال برای ۲۰۱۹ به مدل معرفی
شدند، که خروجی این مرحله به عنوان ورودی مرحله پیش بینی
به کار می رود. مقدار تغییر هر تبدیل کاربری با استفاده از زنجیره
مارکوف پیش بینی می شود. زنجیره مارکوف یک ابزار مناسب برای
مدل سازی تغییرات کاربری زمین در جایی است که تغییرات و
فرآیندهای سیمای سرزمین مشکل باشد. هر فرآیند مارکوف
درجایی استفاده می شود که وضعیت آینده یک سیستم را بتوان
به طور کلی براساس وضعیت پیش از آن سیستم مدل سازی کرد
(Kamyab و Salmanmahiny, ۲۰۱۲).

اعتبارسنجی مدل سازی تغییرات کاربری ها: محاسبه توافق
و عدم توافق نقشه واقعی و نقشه حاصل از مدل سازی در این
روش نقشه پیش بینی شده و نقشه واقعی از نظر تعداد سلول ها
برای هر کلاس و همچنین موقعیت مکانی سلول ها در دو تصویر
مقایسه می شوند و شاخص کاپا برای مقایسه بین صفر و یک برای
تفسیر نتایج استفاده می شود (Pontius و همکاران، ۲۰۰۰).
تعدادی از روش برای مقایسه آماری نقشه ها موجود است؛ اما
چالش اساسی یافتن روشی است که:

۱- تفسیر آن آسان باشد؛

۲- اطلاعاتی را ارائه دهد که به بهبود مدل کمک کند؛

۳- به سؤال اساسی در مورد این که چه میزان شباهت بین
نقشه ها وجود دارد، پاسخ می دهد.

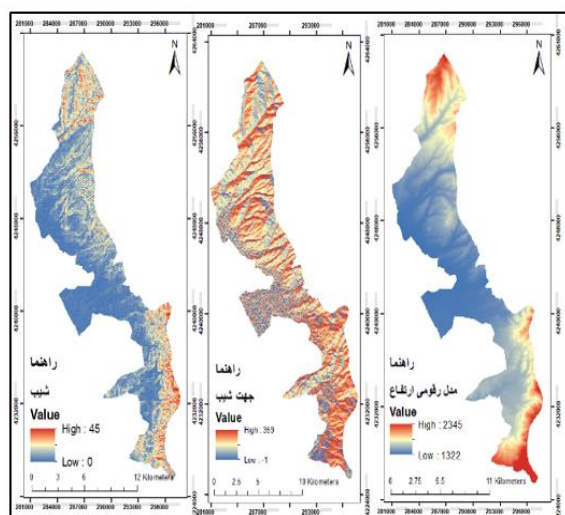
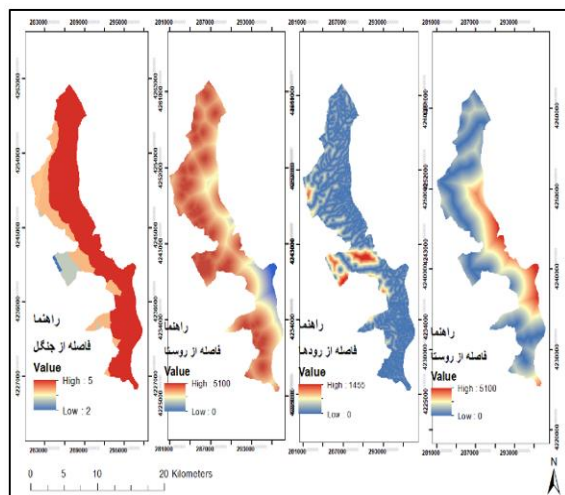
Validate در نرم افزار TerrSet از جمله این روش هایی است
که توافق و عدم توافق بین دو نقشه را بررسی می کند در این
مدل، آنالیز مقایسه آماری برای پاسخ به دو سؤال عمده زیر پاسخ
می دهد و نتیجه آن محاسبه شاخص کاپا گوناگون از توافق و
ارتباط آماری بین دو تصویر است؛ چه میزان توافق بین سلول های
هر کلاس در دو تصویر وجود دارد؟ و به چه میزان سلول های هر
کلاس در دو تصویر از لحاظ مکانی با یکدیگر توافق دارند؟
(Pontius, ۲۰۰۰؛ رضانی و جعفری، ۱۳۹۳).

۳- نتایج و یافته ها

۳-۱- طبقه بندی تصاویر

با تعیین پارامترهای ورودی برای سگمنت سازی تصاویر
بخشی از تصویر سگمنت سازی شده در سال های مورد مطالعه در
شکل (۳) ارائه شده است.

منطقه مطالعاتی داشته‌اند. از متغیرهای ورودی، شیب جهت، مدل رقومی ارتفاع، فاصله از راه روستا، جنگل و شبکه آبراهه برای مدل‌سازی پتانسیل تغییر هر یک از زیر مدل‌ها استفاده گردید که در شکل (۸) متغیرهای ورودی به مدل را نشان می‌دهد.



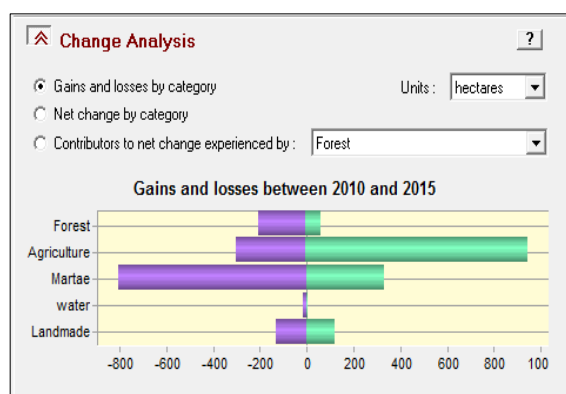
شکل ۸- متغیرهای ورودی مدل MLP

۴-۳- مدل‌سازی پتانسیل نیروهای انتقال

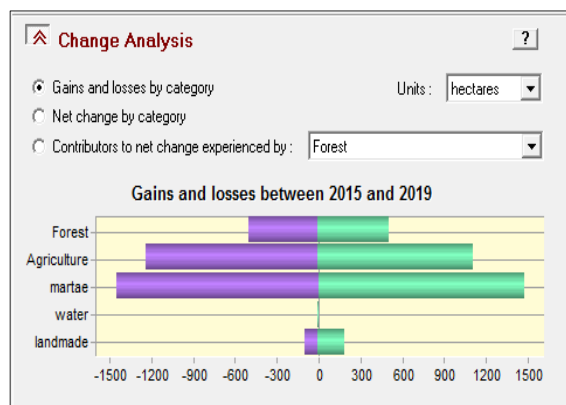
زیر مدل‌ها برای مدل‌سازی پتانسیل تغییر که در جدول (۳) به همراه صحت و توانایی آن‌ها در مدل شبکه عصبی پرسپترون پتانسیل هر زیر مدل با استفاده از هفت متغیر که قبلاً به آن‌ها اشاره شد برای هر دو دوره زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ و ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ مدل‌سازی پتانسیل متغیر ورودی در تغییرات کاربری اراضی انجام گرفت.

۳-۲- آشکارسازی تغییرات

از نقشه‌های کاربری اراضی تولیدشده برای آشکارسازی تغییرات اتفاق افتاده طی دوره‌های زمانی شامل کاهش‌ها افزایش‌ها و تغییرات خالص برای هر طبقه و انتقال از یک طبقه به طبقه دیگر است. با توجه به شکل (۶) و (۷) تغییرات کاهشی جنگل دوره اول نسبت به دوره دوم بیشتر بوده است تغییرات کاربری مرتع و اراضی کشاورزی نسبت مستقیمی به هم دارد که نشان‌دهنده تبدیل دو کاربری به یکدیگر است.



شکل ۶- کاهش و افزایش تغییرات کاربرها نسبت به یکدیگر، سال ۲۰۱۵-۲۰۱۰



شکل ۷- کاهش و افزایش تغییرات کاربرها نسبت به یکدیگر، سال ۲۰۱۹-۲۰۱۵

۳-۳- انتخاب متغیرها

جهت انتخاب متغیرهای اثرگذار بر تغییرات کاربری اراضی از ضریب کرامر که میزان ارتباط بین متغیرها و طبقات را نشان می‌دهد، استفاده شد (جدول (۲)). در میان متغیرهای موجود فاصله از جنگل بیش‌ترین تأثیر (۰/۴۷۸) و متغیر مدل رقومی ارتفاع (۰/۰۷۵) کم‌ترین اثرگذاری را بر روی الگوی تغییرات

جدول ۲- نتایج محاسبه ضریب کرامر برای هریک از متغیرهای ورودی مدل MLP

عوامل Kramer s V	جنگل	اراضی کشاورزی	مرتع	سطوح آبی	اراضی ساخته شده	Overall V
شیب	۰/۴۲۶	۰/۲۵۵	۰/۰۳۶۹	۰/۰۹۱	۰/۰۰۰	۰/۷۵
جهت شیب	۰/۳۲۵	۰/۳۲۵	۰/۰۹۴۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰	۰/۱۴
شبکه آبراهه	۰/۰۰۷	۰/۲۲۳	۰/۰۵۴۵	۰/۱۴۴	۰/۰۰۰	۰/۰۷۵
مدل رقومی ارتفاع	۰/۱۱	۰/۱۶۸	۰/۰۰۷۳	۰/۳۱	۰/۰۰۰	۰/۰۷۵
فاصله از جنگل	۰/۵۱۸	۰/۲۸۹	۰/۴۲۳	۰/۱۹۱	۰/۰۰۰	۰/۴۷۸
فاصله از روستا	۰/۳۶۸	۰/۱۸۵	۰/۱۵۲۲	۰/۴۵۰	۰/۰۰۰	۰/۲۲۷
فاصله از راه‌ها	۰/۳۶۸	۰/۱۸۵	۰/۱۵۲۲	۰/۴۵	۰/۰۰۰	۰/۲۲۷

جدول ۳- پارامترهای مربوط به هریک از زیر مدل‌ها در ارزیابی و مدل‌سازی پتانسیل تغییر کاربری‌ها

زیر مدل‌ها	سایز نمونه‌های آموزشی	ارزیابی صحت	توانایی اندازه‌گیری	میزان یادگیری	خطای تست	خطای آموزش
جنگل به مرتع	۱۰۰۰۰	۶۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۰۰۳	۰/۳۲۱۵	۰/۳۱۹۵
جنگل به کشاورزی	۲۴۷۶	۷۱/۱۲	۰/۴۳	۰/۰۰۱۰	۰/۳۶۰۳	۰/۳۵۸۹
جنگل به مسکونی	۴۲	۷۳/۴۶	۰/۳۳	۰/۳۰۰۰	۰/۳۶۰۹	۰/۳۵۰۸
مرتع به کشاورزی	۱۰۰۰۰	۷۶/۹۰	۰/۵۳	۰/۰۰۰۲	۰/۳۳۴۵	۰/۳۳۱۶
کشاورزی به مرتع	۱۰۰۰۰	۶۷/۲۹	۰/۳۴	۰/۰۰۱۰	۰/۳۳۲۴	۰/۳۳۱۲
مرتع به جنگل	۱۰۰۰۰	۶۴/۲۶	۰/۳۰	۰/۰۰۰۳	۰/۳۰۴۳	۰/۳۱۰۴
مرتع به مسکونی	۱۷۸۶	۷۲/۷۸	۰/۴۶	۰/۰۰۰۵	۰/۳۲۴۱	۰/۳۰۲۱
مسکونی به مرتع	۸۰۰۰	۶۸/۳۰	۰/۴۵	۰/۰۰۰۵	۰/۳۴۶۵	۰/۳۳۸۰
کشاورزی به مسکونی	۵۶۴۸	۷۰/۰۱	۰/۴۱	۰/۰۰۱۰	۰/۳۴۷۱	۰/۳۳۴۷
کشاورزی به جنگل	۱۴۹۸	۸۶/۱۶	۰/۷۱	۰/۰۰۰۳	۰/۳۱۰۲	۰/۲۹۸۷
آب به کشاورزی	۱۹۴	۷۸/۱۲	۰/۴۱	۰/۰۰۱۰	۰/۳۳۰۱	۰/۳۴۲۱

جدول ۴- ماتریس احتمال به‌دست‌آمده برای سال ۲۰۱۹

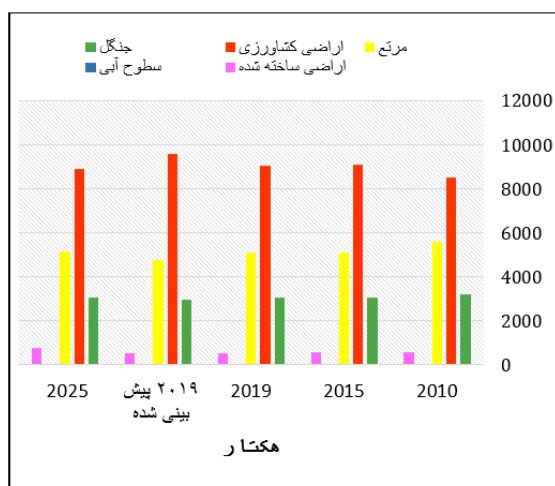
سال ۲۰۱۹	اراضی ساخته شده	سطوح آبی	مرتع	اراضی کشاورزی	جنگل
اراضی ساخته شده	۰/۸۰۵۵	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۵۴	۰/۱۸۹۱	۰/۰۰۰۰
سطوح آبی	۰/۰۰۰۰	۰/۷۷۷۳	۰/۰۰۴۴	۰/۲۱۸۳	۰/۰۰۰۰
مرتع	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۰۱	۰/۸۸۲۴	۰/۱۰۷۱	۰/۰۰۸۷
اراضی کشاورزی	۰/۰۱۰۶	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱۸۳	۰/۹۷۰۸	۰/۰۰۰۳
جنگل	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۳۴۷	۰/۰۱۷۱	۰/۹۴۸۱

جدول ۵- ماتریس احتمال به‌دست‌آمده برای سال ۲۰۲۵

سال ۲۰۲۵	اراضی ساخته شده	سطوح آبی	مرتع	اراضی کشاورزی	جنگل
اراضی ساخته شده	۰/۷۴۵۵	۰/۰۰۰۰	۰/۰۴۳۲	۰/۲۱۰۱	۰/۰۰۱۲
سطوح آبی	۰/۰۰۰۷	۰/۸۴۰۶	۰/۰۰۶۹	۰/۱۵۱۵	۰/۰۰۰۳
مرتع	۰/۰۰۶۳	۰۰۰۰	۰/۶۱۳۵	۰/۲۶۲۰	۰/۱۱۹۲
اراضی کشاورزی	۰/۰۲۷۴	۰/۰۰۰۷	۰/۱۴۸۱	۰/۸۱۰۸	۰/۰۱۲۹
جنگل	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰	۰/۲۰۳۸	۰/۰۲۸۵	۰/۷۶۷۵

جدول ۶- مساحت کاربری اراضی به هکتار برای سال‌های موردبررسی

طبقات کاربری اراضی	سال ۲۰۱۰	سال ۲۰۱۵	سال ۲۰۱۹	سال ۲۰۱۹	سال ۲۰۲۵	مساحت کاربری‌های پیش‌بینی شده
جنگل	۳۲۰۴/۱۸	۳۱۵۱/۹۶۷	۳۰۷۰/۵۵۲	۲۹۴۹/۷۵	۳۰۸۴/۵۴	مساحت کاربری‌های پیش‌بینی شده
اراضی کشاورزی	۸۵۱۵/۸	۹۰۶۰/۰۴	۹۰۳۰/۹۸۲	۹۶۰۴/۹۸۰	۸۸۹۶/۱۸۵	
مرتع	۵۵۷۵/۲۹۷	۵۱۰۳/۰۶	۵۱۲۹/۰۵۵	۴۷۷۹/۳۶۰	۵۱۳۷/۰۴۲	
سطوح آبی	۶۶/۴۲	۴۹/۲۹۷	۴۸/۵۷۷	۴۸/۷۶۷	۴۷/۵۴۲	
اراضی ساخته شده	۵۶۱/۶۹۷	۵۵/۸۸۵	۶۵۲/۳۲	۵۵۳/۳۸۷	۷۶۱/۵۸۰	



شکل ۱۰- نمودار مساحت کاربری‌های اراضی برای سال‌های مورد مطالعه

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در جدول (۶) در دوره اول تمام کاربری‌ها به‌جز اراضی کشاورزی روند کاهش دارند که همین روند در نقشه پیش‌بینی‌شده برای ۲۰۱۹ ادامه داشته با این تفاوت که در اراضی کشاورزی روند افزایشی شدت گرفته یعنی از نرخ سالیانه ۸۶/۱۰ در دوره اول (۲۰۱۰-۲۰۱۵) در دوره دوم (۲۰۱۵-۲۰۱۹) با نرخ سالیانه ۷/۳۵ هکتار روند کاهشی دارد. اما براساس نقشه پیش‌بینی‌شده برای با نرخ سالیانه ۱۳۶/۲۳ باهمان روند دوره اول اما با شدت بیشتری تغییر رخ داده است. برای کلاس مرتع نیز با نرخ سالیانه ۹۴/۳۳ هکتار در سال روند کاهشی داشته که برای سال پیش‌بینی‌شده ۲۰۱۹ نیز با نرخ ۸۱/۰۶ است. برای کلاس جنگل از ۱۸/۳۲۰۴ هکتار به ۳۱۵۱/۹۶۷ هکتار با نرخ کاهش سالیانه ۱۰/۴۴ هکتار است که برای سال ۲۰۱۹ پیش‌بینی‌شده نیز با نرخ ۵۰/۵۵ هکتار در سال کاهش نشان می‌دهد.

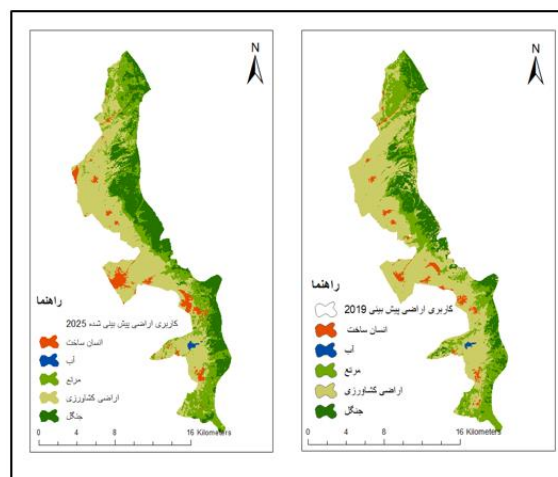
۳-۶- ارزیابی صحت نقشه‌های پیش‌بینی‌شده

برای ارزیابی دقت نقشه‌های تولیدشده می‌توان از Validation ادریسی یا افزونه مدل‌ساز تغییر سرزمین استفاده گردید با توجه به شکل (۱۱) این نتایج برای سال ۲۰۱۹ استنباط می‌گردد که بین نقشه واقعی و نقشه پیش‌بینی‌شده $[M(m)]$ برابر با ۹۳ درصد است. عدم توافق بین نقشه نیز ۷٪ است توافق ناشی از شانس $[N(n)]$ که بدون داشتن هیچ اطلاعاتی از موقعیت و کمیت به‌دست می‌آید، برابر با ۰/۱۶ است. توافق ناشی از کمیت (تعداد سلول‌ها برای هر کلاس در دو نقشه) که از رابطه زیر محاسبه می‌شود، برابر با ۲۰٪ است. $[N(n)] - [N(m)]$ عدم توافق ناشی از کمیت نیز با توجه به فرمول $P(p) - P(m)$ برابر با ۰/۰۹ و همین‌طور توافق عدم مکانی ۰/۰۵ و ۳۹ برآورد شده

۳-۵- پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

پیش‌بینی میزان تغییرات پوشش اراضی در نرم‌افزار ادریسی افزونه مدل‌ساز تغییر زمین با روش زنجیره مارکوف اجرا گردید. برای پیش‌بینی نقشه کاربری اراضی ۲۰۱۹ از کاربری‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ به‌همراه ۱۱ زیر مدل و ۷ متغیر برای تهیه ماتریس انتقال برای مدل تعریف گردید. در دوره واسنجی دوم هم دو نقشه کاربری اراضی ۲۰۱۵ با ۲۰۱۹ به‌عنوان ورودی معرفی شدند و ماتریس احتمال انتقال آن نیز برای ۲۰۲۵ تولید شد (جدول (۴) و (۵)). نتایج به‌دست‌آمده از مدل LCM در مدل مارکوف اجرا گردید و نقشه پیش‌بینی‌شده برای سال ۲۰۲۵ تولید شد. لازم به توضیح است برای پیش‌بینی نقشه‌های کاربری اراضی ۲۰۱۹ از نقشه کاربری ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ برای مدل‌سازی و پیش‌بینی استفاده گردید و برای پیش‌بینی دوره دوم، دو نقشه کاربری اراضی ۲۰۱۵ با ۲۰۱۹ به‌عنوان ورودی به مدل معرفی گردید هدف از واسنجی دوره اول، دستیابی به دقت نقشه پیش‌بینی‌شده می‌باشد. در شکل (۹) نقشه پیش‌بینی‌شده برای دوره اول و دوم مشاهده ارائه شده است.

مساحت کاربری‌ها: با طبقه‌بندی تصاویر نقشه پایه کاربری اراضی برای منطقه مورد مطالعه به‌دست آمد که مساحت هر یک از کاربری‌ها برای سال‌های مورد مطالعه واقعی و پیش‌بینی‌شده با استفاده از تصاویر سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ برای ۲۰۱۹ و با استفاده از کاربری ۲۰۱۵ و ۲۰۱۹ برای افق ۲۰۲۵ پیش‌بینی شد، که نمودار مساحت کاربری‌ها در شکل (۱۰) و مساحت آن‌ها در جدول (۶) نشان داده می‌شود.



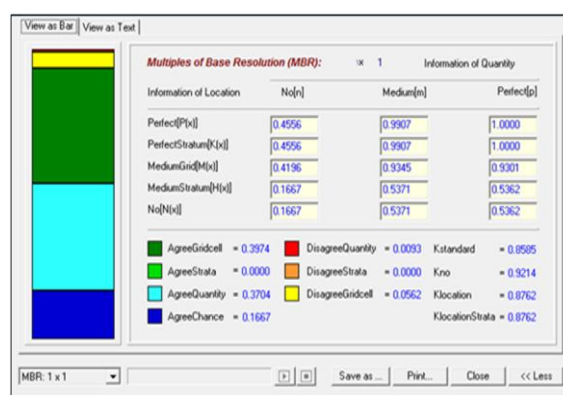
شکل ۹- نمایش نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی‌شده برای ۲۰۱۹ و ۲۰۲۵

دقت طبقه‌بندی افزایش می‌یابد و محدودیت دسترسی به تصاویر با قدرت تفکیک بالا را تا حدی کم رنگ می‌کند. ادغام اطلاعات سنجش‌ازدوری با اطلاعات مکانی کارایی روش‌های سنجش‌ازدوری را دوچندان می‌کند که نمونه چنین الگویی، روش طبقه‌بندی شیء‌گرا است. در این روش اطلاعات طیفی تصاویر با اطلاعات مکانی همانند شیب، جهت شیب، ارتفاع، بافت، شکل، الگو ادغام‌شده و سگمنت‌سازی انجام گرفت این سگمنت‌سازی‌ها بسته به شناسایی نوع عارضه مقیاس و ضریب شکل و فشردگی وزن متفاوتی را می‌گیرند. با استفاده از پارامترهای میانگین، بافت، اطلاعات طیفی، شاخص‌های گیاهی، موقعیت و نسبت طول و عرض استفاده شد که در این میان شاخص پوشش گیاهی نرمال شده، تبدیل تسلدکب، موقعیت، شیب و ارتفاع کارایی بالایی در طبقه‌بندی نشان دادند و باعث تفکیک بهتر انواع عوارض پوشش گیاهی و بهتر شدن دقت نتایج گردید، که استفاده از تصویر دو سنجنده لندست و سنتینل و استر در صورت انجام پیش‌پردازش درست اطلاعات طیفی بیشتر و هم قدرت تفکیک مکانی بالاتری برای وضوح بیشتر بهره برد و کارایی را بهبود بخشید. با استفاده از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا و روش اساین کلاس در پنج طبقه جنگل، مرتع، اراضی کشاورزی، اراضی ساخته‌شده و سطوح آبی تولید شد. در این روش جداسازی مناطق سنگی و روستایی و دیم سنگلاخی به‌دلیل استفاده از اطلاعات مکانی موجب بهتر شدن دقت طبقه‌بندی گردید. کاپا برای نقشه کاربری به‌ترتیب قدیم ۰/۸۷، ۰/۹۰ و ۰/۹۱ به جدید به‌دست آمد. با توجه به مساحت کاربری‌ها در سال مورد مطالعه تغییرات ایجادشده روند ثابتی را نشان نمی‌دهند اراضی جنگلی (مناطق درختی متراکم و پراکنده) در سال ۳۲۰۴ هکتار بوده که در سال ۲۰۱۵ به ۳۰۷۶ هکتار کاهش یافته است؛ همچنین اراضی مرتعی مرتع در سال ۲۰۱۰؛ ۵۵۷۵ هکتار که در سال ۲۰۱۹ به ۵۱۲۹ هکتار کاهش یافته است که درواقع کاهش ۸٪ نسبت به کاربری جنگل را طول نشان می‌دهد که در دوره دوم این روند کاهش کم‌تر شده است. مساحت مراتع ۵۶۹۸/۵۴ هکتار بوده که در ۲۰۱۹ به ۵۲۲۸/۷۴ هکتار کاهش داشته است. اراضی کشاورزی و زمین ساخته‌شده به‌ترتیب ۸/۸۵۱۵ و ۵۶۱ هکتار از سال ۲۰۱۰ به ۹۰۳۰۹ و ۶۵۲ هکتار در سال ۲۰۱۹ افزایش یافته است که این روند در سال ۲۰۱۹ برای اراضی کشاورزی کاهشی به‌دست آمد که این کاهش به‌علت پیشروی اراضی ساخته‌شده می‌باشد. محدوده آبی نیز در کل دوره روند کاهشی داشته که از ۶۶ هکتار به ۴۸ هکتار در ۲۰۱۹ رسیده که این تغییرات بیشتر مربوط به آب سد سوها می‌باشد نتایج حاصل از مدل‌سازی تغییرات زمین نیز با استفاده از متغیر مکانی احتمال تغییر همه کاربری‌ها رو نسبت به هم نشان می‌دهد برای پیش‌بینی تغییرات کاربری‌ها به‌همراه متغیرها وارد مدل زنجیره مارکوف گردید. نتیجه پیش‌بینی برای سال

است. از شاخص کاپا Klocation که توانایی مدل را نشان می‌دهد برابر ۰/۸۷ است و Kquantity که توانایی مدل را در پیش‌بینی تعداد پیکسل‌ها نشان می‌دهد. از شاخص کاپا Klocation که توانایی مدل را نشان می‌دهد و Kquantity در رابطه (۱) که توانایی مدل را در پیش‌بینی تعداد پیکسل‌ها نشان می‌دهد.

$$Kquantity = \frac{M(m) - NQML}{PQML - NQML} = \frac{0.9345}{0.930} = \frac{0.4196}{0.4196} = \frac{0.5149}{0.5105} = 1 \quad (1)$$

در جدول (۷) توافق نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی‌شده برای سال ۲۰۱۹ آورده شده است.



شکل ۱۱- توافق و عدم توافق بین نقشه واقعی و پیش‌بینی‌شده

جدول ۷- توافق و عدم توافق بین نقشه واقعی و پیش‌بینی

مقدار فراسنج (درصد)	مقدار فراسنج (درصد)	مقدار فراسنج (درصد)	مقدار فراسنج (درصد)
۱۶	توافق ناشی از شانس [N(n)]	۸۷	توافق کلی [M(m)]
۳۹	توافق ناشی از کمیت [M(m)]-[N(n)]	۱۳	عدم توافق کلی [M(m)] (1)
۰/۰۰۱۱	عدم توافق ناشی از کمیت [P(p)]- [P(m)]	۳۹	توافق مکانی
		۰/۵	عدم توافق مکانی

۴- بحث و نتیجه‌گیری

امروزه مدیریت پایدار در مناطق و دستیابی به حداقل خسارت‌های زیست‌محیطی، ناشی از تغییر کاربری اراضی، نیازمند پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در بلندمدت است تا با توجه مبنایی بر تغییرات احتمالی، مدیریت مناسب و پایدار در مناطق اعمال شود (فلاح‌تکار و همکاران، ۱۳۹۱). در این پژوهش مدل‌سازی تغییر کاربری زمین در سه دوره زمانی ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۹ انجام شد ادغام تصاویر لندست با تصاویر قدرت تفکیک مکانی بالا و پانکروماتیک موجب افزایش وضوح تصویر گردید و

۲۰۱۹ با توافق نزدیک ۹۰٪ مطابق با نقشه واقعیت زمینی به دست آمد که نشان‌دهنده کارایی روش مدل‌ساز تغییر زمین در منطقه مورد مطالعه است. با توجه به نتیجه مدل‌سازی برای ۲۰۱۹ نقشه به دست آمده برای ۲۰۲۵ نیز با احتمال بالایی اتفاق خواهد افتاد. با توجه به نتایج اراضی جنگلی منطقه فندقلوی نمین در طول دوره اول سالانه کاهش بالای یک درصد را نشان می‌دهد که در دوره دوم این روند کاهشی، کم‌تر شده است که ناشی از افزایش حفاظت توسط سازمان منابع طبیعی می‌باشد که احیاء جنگل در منطقه شمال نزدیک دره ۲۰٪ می‌باشد تنها عامل این احیاء افزایش حفاظت توسط سازمان منابع طبیعی این منطقه می‌باشد، اما از نظر افت کیفیت و تراکم جامعه جنگلی در مناطق که در تماس با اراضی کشاورزی است نتایج این پژوهش با مطالعات فتاحی ۱۳۷۳ و مروی و مهاجر ۱۳۸۵ مطابقت دارد؛ که این افت بیشتر در قسمت شمال شرقی و محدوده‌های تماس با جاده اردبیل آستارا و تماس با اراضی کشاورزی و مرتعی صورت (استفاده نادرست روستائیان) اتفاق افتاده است البته پراکندگی و قطعه‌قطعه جنگل نیز خود عامل دیگر تأثیرگذار بر این امر می‌باشد. نتایج مربوط به تغییرات اراضی با نتایج مطالعات رضانی و همکاران، ۱۳۹۳؛ اسکندری، ۱۳۹۸؛ فتح‌اللهی رودباری و همکاران، ۱۳۹۶، هم‌خوانی دارد؛ که اراضی کشاورزی به نفع اراضی ساخته شده (ویلا- باغ‌ها، مناطق صنعتی و روستایی) کاهش یافته‌اند؛ اما با توجه به نتایج در صورت تداوم چنین روندی تمام کاربری‌ها به جز اراضی ساخته شده در سال ۲۰۲۵ روند کاهشی خواهند داشت؛ اما اراضی ساخته شده در سال ۲۰۲۵ رشد ۱۰٪ نسبت به فعل حاضر خواهد داشت نتایج این پژوهش می‌تواند برای مدیریت و سیاست‌گذاری آگاهانه در منطقه جنگلی فندقلو مورد استفاده قرار گیرد و همچنین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی از عوامل اقتصادی و اجتماعی تأثیرگذار بر منطقه و همچنین تصاویر با قدرت تفکیک بالا، برای شناخت نوع پوشش‌های گیاهی و جنگل با پوشش محدوده‌های مناطق هم‌جوار به صورت یکجا مورد مطالعه قرار گیرد.

۵- تقدیر و تشکر

در اینجا از محضر دکتر فیضی‌زاده به خاطر راهنمایی‌های ارزشمند و سازمان منابع طبیعی استان اردبیل و نمین، برای در اختیار گذاشتن داده‌های مورد نیاز تشکر می‌نمایم.

۶- مراجع

اسکندری س، "مقایسه الگوریتم‌های مختلف تهیه نقشه پوشش زمین در رویشگاه‌های حساس زاگرس با استفاده از تصویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ (مطالعه موردی: بخشی از استان‌های

ایلام)"، مجله سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۳۹۸، ۱۰ (۱)، ۷۱-۸۷.
پرمار، ملک‌نیا ر، شتایی ش، نقوی ح، "مدلسازی تغییرات پوشش سرزمین بر پایه شبکه عصبی مصنوعی و پتانسیل انتقال در روش LCM در جنگل‌های گیلان غرب، استان کرمانشاه"، مجله آمایش سرزمین، ۱۳۹۶، ۹ (۱)، ۱۲۹-۱۵۱.
عفیفا، "مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف و مدل LCM، مطالعه موردی: شهر شیراز"، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۳۹۹، سال ۲۰ (۵۶)، ۱۴۱-۱۵۸.
فلاح‌تکارس، "بررسی توانایی مدل Geomod در پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی به بررسی تغییرات رخ داده در اکوسیستم دیلمان استان گیلان با استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره لندست"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۱۳۸۷.
فیضی‌زاده ب، پیرنظر م، زندکریمی آ، عابدی قشلاقی ح، "ارزیابی استفاده از الگوریتم‌های فازی در افزایش دقت نقشه‌های کاربری اراضی استخراج شده با روش‌های پردازش شیء‌گرا"، فصل‌نامه علمی پژوهشی، ۱۳۹۴، ۲۴ (۹۴)، ۱۰۷-۱۱۷.
فتح‌اللهی رودباری س م، احمدی کامران ن، خانمحمدی م، "مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل‌ساز تغییر سرزمین (LCM) مطالعه موردی شهرستان نکا، فصل- نامه اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۱۳۹۶، ۹ (۱-۳۱)، ۵۳-۶۹.
فیضی‌زاده ب، جعفری ف، نظم‌فر ح، "کاربرد داده‌های سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی شهری مطالعه موردی فضای سبز شهر تبریز، نشریه هنرهای زیبا، ۱۳۸۷، ۳۴، ۱۷-۲۴.
رستمی کیا ی، شریفی ج، "فندقلو بزرگ‌ترین ذخیره‌گاه جنگلی صندوق ایران را دریابید. طبیعت ایران"، ۱۳۹۷، اردبیل، ۳ (۶)، ۱۳.
رضایی مقدم م ح، اندریانی ص، ولی‌زاده کامران خ، الماس‌پور ف، "تعیین بهترین الگوریتم استخراج کاربری و پوشش اراضی و کشف تغییرات از تصاویر ماهواره‌ای لندست (مطالعه موردی: حوضه صوفی چای مراغه)"، دانشگاه آزاد اسلامی اهر فصل‌نامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی، ۱۳۹۵، ۱۶ (۵۵)، ۶۵-۸۵.
رهنما م ر، شکوهی م ا، عطا ب، "آشکارسازی تغییرات کاربری/پوشش اراضی شهر گنئی کاووس با استفاده از سنجش از دور"، فصل‌نامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، ۱۳۹۵، ۲۶ (۱۰۳)، ۱۴۷-۱۶۰.

- Cook R, Bartlein PJ, "Global Change in Forests: Responses of Species", Communities and Biomes, Bioscience, 2001, 51, 765-779.
- Costanza R, Ruth M, "Using Dynamic Modeling to Scope Environmental Problems and Build Consensus", Environmental Management, 1998, 22, 183-195.
- Dadhich PN, Hanaoka S, "Markov Method Integration with Multi-layer Perceptron Classifier for Simulation of Urban Growth of Jaipur City- 6th WSEAS International Conference on Remote Sensing (REMOTE'10), Iwate Prefectural University, Japan.
- Dadhich PN, Hanaoka S, "Remote Sensing, GIS and Markov's Method for Land Use Change Detection and Prediction of Jaipur District", Journal of Geomatics ISG, 2010, 4, 9-15.
- Eastman RJ, "IDRISI Andes, Guide to GIS and Image Processing", Clark University, Worcester, 2006, 87-131.
- Harris nL, Petrovaiy S, Stollell F, Brown S, "Identification of optimal areas for REDD intervention: East Clementan Indonesia as a case study", Environmental Research Letters, 2008, 3 (3), 035006.
- Irmadi N, Turmudi R, Windiastuti J, Suryanta RS, Dewi Sr, "Comparing of Land Change Modeler and action Assessment of Deforest Lestari International Journal Geographical Information Science", 2013, 27 (9), 1691-1695.
- Maithani S, "A Neural Network based Urban Growth Model of an Indian City", Journal of the Indian Society of Remote Sensing, International Journal of Remote Sensing, 2009, 37 (2), 363-376.
- "Geomod Modeler for the al of Advanced Engineering", Management and Science (IJAEMS), 2018, 4, 2454-1311.
- Klem AM, Connell JP, "Relationships Matter: Linking Teacher Support to Student Engagement and Achievement", Journal of School Health, 2004, 74, 262-273.
- Khoi DD, Murayama Y, "Forecasting Areas Vulnerable to Forest Conversion in the Tam Dao National Park Region", Vietnam. Remote Sensing, 2010, 2 (5), 1249-1272.
- Lambin EF, Baulies X, Bockstael N, Fischer G, Krug T, Leemans R, Moran EF, Rindfuss RR, Sato Y, Skole D, Turner BLII, Vogel C, "Land-use and land-cover change (LUCC): Implementation strategy", IGBP Report No, 1999, 48, IHDP Report No. 10.
- Mishra V, Kumar Rai P, Mohan M, "Prediction of Land use changes based on change modeler (LCM) using Remote sensing: a case study of muzaffarpur (BIHAR), India", Geographical Institute "Jovan Cvijic", 2014, 64 (1), 111-127.
- Mirici ME, Berberoglu S, Akin N, Sater O, "land Use/cover chance Modelling in a Mediterranean Rural Landscape using Multi-Layer Perceptron and Markov Chann (MLP-MC)", APPLIED Ecology and Environmental Research, 2017, 16 (1), 467-486.
- Muller MR, Middleton JA, "Markov model of land-use change dynamic in the Niagaa region Ontario", Canada- Landscape Ecology, 1994, 9 (2), 151-157.
- رضانی ن، جعفری ر، "آشکارسازی تغییر کاربری و پوشش اراضی در افق ۱۴۰۴ با استفاده از مدل زنجیره‌ای CA مارکوف (مطالعه موردی: اسفراین)", فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۱۳۹۳، ۲۹ (۳)، ۱۱۵.
- داز ب س، غفاری گیلانده ع و، خاوریان، ح، "به بررسی تغییرات پوشش اراضی شهر گرگان با استفاده از تصاویر ماهواره لندست"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی، ۱۳۹۵.
- خیبری ق ن، میرسنجری م م، آرمین م، "پیش‌بینی تغییرات کاربری جنگل در حوضه آبخیز چالوس رود"، سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۳۹۶، ۸ (۲).
- محمدیاری ف، پورخباز ح ر، اقدر ح، توکلی م، "مدل‌سازی تجربی پتانسیل انتقال تغییر پوشش سرزمین شهرستان بهبهان با الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی"، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۳۹۷، ۱۰ (۵۰)، ۲۳۴.
- یوسفی م، پژوهش م، هنربخش ا، "مدل‌سازی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM برپایه شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل زنجیره مارکوف (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بهشت آباد)" پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۱۳۹۹، ۱۱ (۲۱)، ۱۲۹-۱۴۳.
- مباشری م ر، "مبانی فیزیک سنجش از دور و فناوری ماهواره"، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی، ایران، ۱۳۸۹.
- وفایی س، درویش‌صفت ع ا، پیر باوقار م، "پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM (مطالعه موردی: مریوان)", مجله جنگل ایران، ۱۳۹۱، ۵ (۳)، ۳۲۳-۳۲۶.
- یوسف‌پور ر، مروی‌مهاجر م ر، ثاقب‌طالبی خ، "بررسی توالی توده‌های راش در جنگل‌های فندق‌قلو اردبیل"، مجله منابع طبیعی ایران، ۱۳۸۳، ۵۷ (۴)، ۷۰۳-۷۱۳.
- Ahmed B, Ahmed R, "Modeling Urban Land Cover Growth Dynamics Using Multi- Temporal Satellite Images: A Case Study of Dhaka, Bangladesh", ISPRS International Journal of Geoinformation, 2012, 1, 3-31.
- Blaschke T, "Object based image analysis for remote sensing", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2010, 65, 2-3.
- Fan F, Wang Q, Wang Y, "land use and land cover change in Guangzhou China from 1998 to 2003, based on land sat TM/ETM+ imagery", Sensors, 2007, 7 (2), 1323-1342.
- Clark Labs, "The Land Change Modeler for ecological Sustainability", IDRISI Focus Paper, Worcester, 2009.

- Nasiri V, Darvishsefat AA, Rafiee R, Avatefi Hemmat M, "Land use change modeling through an integrated Multi-Layer Perceptron Neural Network and Markov Chain analysis (case study: Arasbaran region, Iran)", Article in Journal of Forestry Research, 2018, DOI: 10.1007/s11676-018-0659-9
- Oñate-Valdivieso F, Bosque Sendra J, "Application of GIS and remote sensing techniques in generation of land use scenarios for hydrological modeling", Journal of Hydrology, 2010, 395, 256-263.
- Olmedo MTC, Pontius RG, Paegelow M, Mas JF, "Comparison of simulation models in terms of quantity and allocation of land change", Environmental Modelling & Software, 2015, 69, 214-221.
- Paegelow M, Camacho Olmedo MT, Mas JF, Houet T, Pontius GR, "Land change modeling: moving beyond projections", International Journal of Geographical Information Science, 2013, 27 (9), 1691-1695.
- Paglow M, Olodo C, François Moss F, Houet T, Pontius GR, "Modeling Earth Change: Moving Beyond Prediction", International Journal of Geographical Information Science, Taylor Francis, 2013, 27 (9), 161-1691.
- Pérez-Vega A, Mas JF, LigmannZielinska A, "Comparing two approaches to land use/cover change modeling and their implications for the assessment of biodiversity loss in a deciduous tropical forest", Environmental Modeling and Software, 2012, 29, 11-23.
- Rumelhart DE, Hinton GE, Williams RJ, "Learning Internal Representation by Error Propagation in Parallel Distributed", Processing Exploration in Microstructure of Cognition, 1986, 1, 318-362.
- Sundara Kumar KP, Udaya Bhaskar K, Padmakumari K, "Application of land change modeler for prediction of future land use land cover (a case study: of vijayawada city)", International Conference on Science, Technology and Management, 2015, 2571-2581.
- Wang Y, Li Sh, "Simulating multiple class urban land-use/cover changes by RBFN-based CA model", Computers and Geosciences, 2011, 37 (3), 111-121.
- Yuan F, Sawaya KE, Loeffelholz BC, Bauer M, "Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by Multi-temporal Landsat remote sensing", Remote Sensing of Environment, 2005, 98 (2), 317-328.

EXTENDED ABSTRACT

Modeling Land Changes forest Using by LCM in Fandoqhlo Forest Area (Ardabil)

Khalil Valizadeh Kamran ^{a,*}, Maryam Sadeghi ^b, Sayed Asadollah Hejazi ^c

^a Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Planning and Environmental Sciences of Tabriz University, Tabriz, Iran

^b remote sensing and GIS, Faculty of Planning and Environmental Sciences of Tabriz University, Tabriz, Iran

^c Department of Geomorphology, Faculty of Planning and Environmental Sciences of Tabriz University, Tabriz, Iran

Received: 04 November 2020; **Accepted:** 15 May 2021

Keywords:

Fandoqhlo, Object oriented, Modeling, Markov chain, MLP, LCM.

1. Introduction

Over the past decade, science and politics in societies have shown increasing interest in monitoring and modeling land surface change. Dynamic environment modeling helps to understand the changes that are currently taking place as well as to predict future developments. Future cloning supports decision-making for environmental management and land planning. This is particularly the case for advances in land-change modeling (Paegelow, 2013). Models of earth changes, are increasingly used to predict future landscapes and influence politics. The aim of this study is to modeling forest use changes using the LCM modeler based on the neural network. In order to make maps, the images of Landsat 5 and 8 were used for land use maps for 2010, 2015 and 2019, and Landsat 8 panchromatic band, Aster and Sentinel2 images were to merge Used. The object-oriented classification and Assign class method were used to classification forest, pasture, agricultural land, water boundaries and land made.

2. Methodology

In this research, remote sensing data such as satellite images of Landsat 8, 5, ASTER and Sentinel 2A. For extract land use information from digital satellite imagery, different methods have been proposed, each with its own limitations and capabilities (Blaschke, 2010). which can use basic and object-oriented pixel methods to classify images. Principles of operation The basic pixel classification method is based on the spectral reflection of ground phenomena received by the sensor; Whereas in object-oriented classification, the object-oriented classification method was used to determine the classification classes and the CN Spectral Sharpening method was used to integrate the images.

* Corresponding Author

E-mail addresses: valizadeh@tabrizu.ac.ir (Khalil Valizadeh Kamran), sadegi.maryam92@gmail.com (Maryam Sadeghi), s.hejazi@tabrizu.ac.ir (Sayad Asadollah Hejazi).

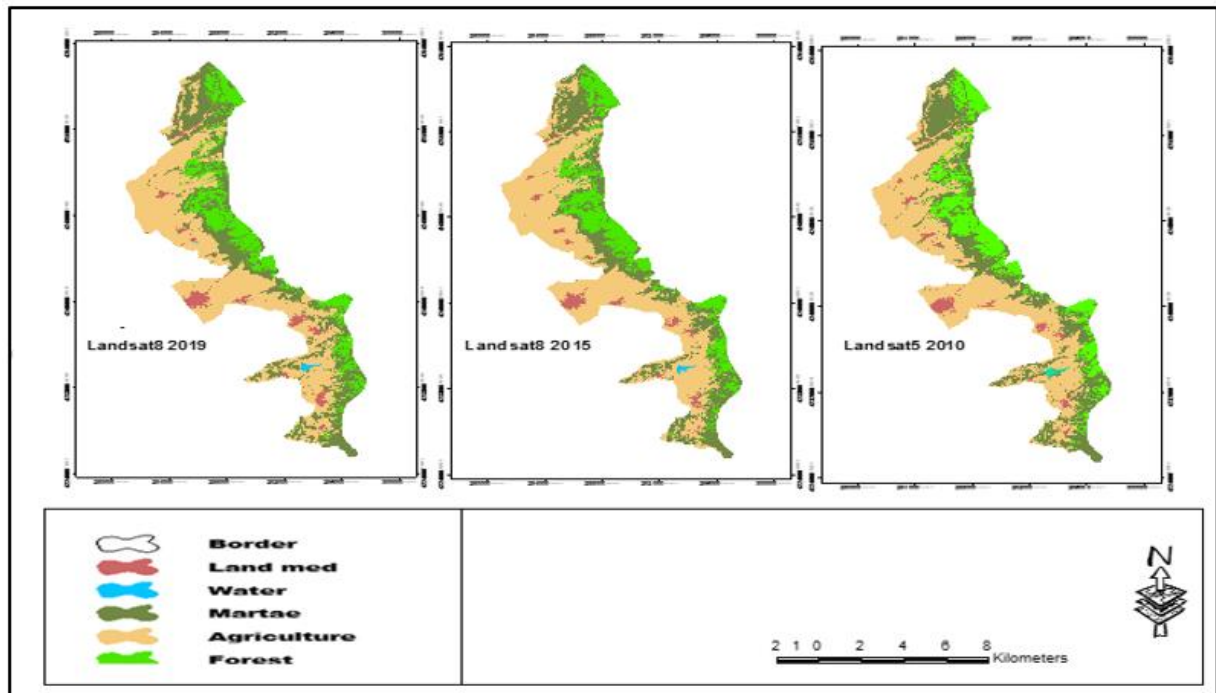


Fig. 1. Results from object-oriented classification for the years studied

2.1. Land Change Modeling

Various methods have been developed to analyze and detect land use changes, but their comparison is difficult in terms of efficiency and accuracy, but LCM is widely used (Mishra, 2014). The multilayer perceptron neural network described by Rumelhart et al. 1961 is one of the most common artificial neural networks. Multilayer perceptron neural network training based on post-diffusion algorithm, which is a training monitoring algorithm that is a common method of training artificial neural networks (Vare, 2014).

3. Results and discussion

For modeling the potential of each sub-model using the seven variables mentioned earlier, for both periods 2010-2015 and 2015-2019, the potential modeling of input variables in land use changes was performed. Comparison of the predicted map with the terrestrial reality map for 2019 was predicted with a high accuracy of 0.8, the results for 2019 and 2025 are presented in Fig (2, 3).

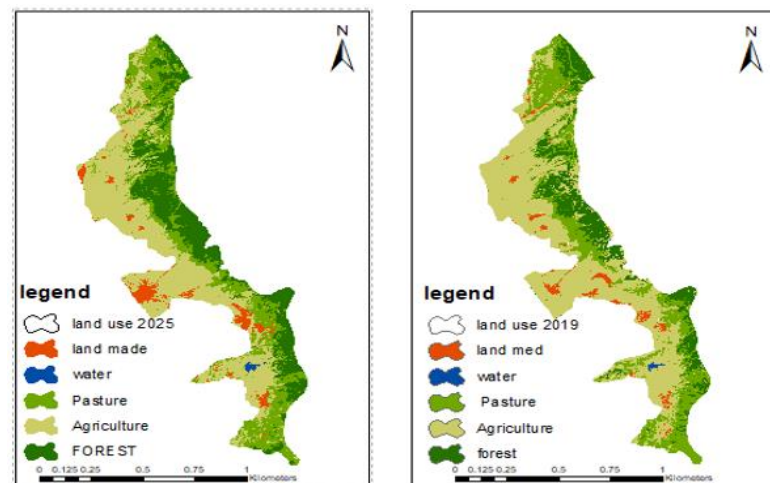


Fig. 2. a) Display of Predicted land use map for 2019, b) 2025

Calculation of agreement and disagreement of real mapping and mapping of modeling In this method, the predicted map and the actual map are compared in terms of the number of cells for each class as well as the location of the cells in the two images, and the kappa index is used to compare between zero and one to interpret the results (Penius et al., 2000) (Fig. 3).

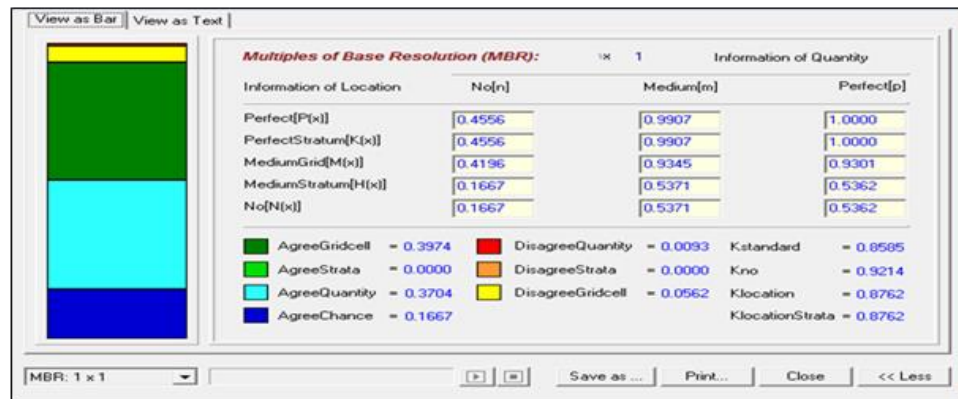


Fig. 3. Agreement and disagreement between the actual and predicted to year 2019

4. Conclusions

The result of the LCM model showed which forecast for 2019 was obtained with almost 90% agreement in accordance with the terrestrial reality map, which indicates the efficiency of the LCM model in the study area. According to the modeling result for 2019, the obtained map for 2025 will also happen with high probability. According to the results of forest lands in the Namin Fundoghlo region during the first period of the year shows a decrease of more than one percent, which in the second period has decreased, which is due to increased protection by the Natural Resources Organization. The area north of the valley is about 20%. The only factor in this restoration is the increase in protection by the Natural Resources Organization of this area, but in terms of quality and density of forest community in areas that are in contact with agricultural land.

5. References

- Blaschke T, "Object based image analysis for remote sensing", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2010, Vol 65, 2-3.
- Mishra V, Kumar Rai P, Mohan M, "Prediction of land use changes based on land change modeler (LCM) using remote sensing: a case study of muzaffarpur (bihar), india", Geographical Institute "Jovan Cvijic", 2014, 64 (1), 111-127.
- Paglow M, Olodo C, François Moss F, Houet T, Pontius GR, "Modeling Earth Change: Moving Beyond Prediction", International Journal of Geographical Information Science, Taylor Francis, 2013, 27 (9), 161-1691.
- Pontius Jr, Robert Gilmore, "Quantification error versus location error in comparison of categorical maps", Engineering and Remote Sensing, 2000, 66 (8), 1011-1016.
- Yousef pour R, Maravi Mohajer M, Saghab Talebi Kh, "Sequence Analysis of Beech Masses in Ardabil Fandoglu Forest", Iranian Natural Resources, Volume 57, 2003, Number 4, 132-151.