

کاربرد شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون حداقل مربعات

معمولی در مدل‌سازی تغییرات کاربری سرزمین

- ❖ **سارا عزیزی قلانی***: دانشجوی کارشناس ارشد GIS و سنجش از دور، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
- ❖ **کاظم رنگزن**: دانشیار، گروه GIS و سنجش از دور، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
- ❖ **ایوب تقی‌زاده**: مربی، گروه GIS و سنجش از دور، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
- ❖ **شهرام احمدی**: دانشجوی دکتری، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

با توجه به اهمیت بالای اثر تغییرات کاربری سرزمین در آینده، لازم است الگوی رشد و تغییر کاربری‌ها قبل از اتخاذ هر گونه تصمیمی به مسئولان و تصمیم‌گیرندگان امور مربوط ارائه شود. هدف این پژوهش مدل‌سازی تغییرات کاربری سرزمین در منطقه کوهمره سرخی استان فارس با استفاده از روش رگرسیون حداقل مربعات معمولی برای پیش‌پردازش متغیرها و مدل‌سازی با استفاده از شبکه عصبی است. بدین منظور نقشه‌های کاربری سرزمین با استفاده از تصاویر لندست در سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۱ تهیه شد. سپس، صحت‌سنجی نقشه‌ها و آشکارسازی تغییرات انجام شد. نتایج آشکارسازی تغییرات دوره اول (۱۳۶۶-۱۳۷۹) با ضریب کاپای ۰.۸۳٪ نشان داد بیشترین افزایش مساحت در ناحیه مرتع (۴۲۲۴/۲۴ هکتار) و بیشترین کاهش مساحت در ناحیه جنگل (۳۹۵۳/۷۵ هکتار) رخ داده است. بر مبنای این تغییرات و انتخاب بهترین ترکیب برای متغیرها، مدل‌سازی پتانسیل تبدیل کاربری برای سال ۱۳۹۱، با استفاده از روش شبکه عصبی پرسپترون چندلایه انجام شد. سپس، با روش زنجیره مارکوف، نقشه کاربری سرزمین برای سال ۱۳۹۱ پیش‌بینی شد. نتیجه ماتریس خطا بین نقشه حاصل از مدل‌سازی و نقشه کاربری سرزمین سال ۱۳۹۱، ضریب کاپای ۰.۷۵٪ است. در مرحله بعد، نتایج آشکارسازی تغییرات دوره دوم (۱۳۷۹-۱۳۹۱) با ضریب کاپای ۰.۸۸٪ نشان داد بیشترین افزایش مساحت در ناحیه مرتع (۱۸۷۱/۸۲ هکتار)، همچنین بیشترین کاهش مساحت در ناحیه جنگل (۳۰۸۲/۰۵ هکتار) رخ داده است. با توجه به تغییرات دوره دوم، نقشه کاربری سرزمین برای سال ۱۴۰۳ پیش‌بینی شد که بیشترین تغییر کاربری نسبت به سال ۱۳۹۱، در ناحیه کشاورزی آبی خواهد بود.

واژگان کلیدی: تغییرات کاربری سرزمین، رگرسیون حداقل مربعات معمولی، شبکه عصبی پرسپترون چندلایه، مدل‌سازی.

مقدمه

برای مدل‌سازی الگوهای مکانی تغییرات کاربری سرزمین دو رویکرد رایج وجود دارد: ۱. مدل‌های رگرسیون مبنای، و ۲. مدل‌هایی بر پایه انتقال مکانی. اولین مدل، رابطه بین دامنه گسترده‌ای از متغیرهای مستقل، پیش‌بینی‌کننده و تغییرات مشاهده شده در کاربری سرزمین را شکل می‌دهد [۸، ۹]. مدل‌هایی که بر مبنای انتقال‌های مکانی است تکنیک‌های احتمالی را پوشش می‌دهد و اساس کار آن، روش سلول‌های خودکار^۳ و زنجیره مارکوف^۴ است [۱۰، ۱۱]. از آنجا که استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی با مدل‌های رگرسیونی بسیار مرتبط است، این مدل‌ها در گروه مدل‌های رگرسیونی قرار می‌گیرد [۱۲].

یکی از الگوریتم‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی که به‌طور گسترده استفاده می‌شود، شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه^۵ است که قادر به شناسایی روابط غیرخطی پدیده‌هاست [۱۳، ۱۴]. شبکه پرسپترون چند لایه معمولاً از یک لایه ورودی، یک یا چند لایه نهفته و یک لایه خروجی تشکیل شده است که به ترتیب اطلاعات را دریافت و پردازش می‌کند، سپس نمایش می‌دهد [۱۵].

مطالعات مختلفی در زمینه مدل‌سازی تغییرات کاربری با روش‌های رگرسیون لجستیک، مدل سلول‌های خودکار، مدل *CLUE-S* و شبکه عصبی در کشور صورت گرفته است. از جمله، کامیاب و همکاران در سال ۱۳۸۸ با استفاده از روش رگرسیون لجستیک مدل‌سازی توسعه شهری گرگان را انجام دادند [۱۶]. همچنین، ضیائی‌ان فیروزآبادی و همکاران در سال ۱۳۸۸ الگوی روش شناختی جدیدی را برای

تغییر کاربری و پوشش سرزمین فرایند دینامیکی و پیچیده‌ای است که از تلاقی سیستم‌های طبیعی و انسانی نتیجه می‌شود و آثار مستقیمی بر آب، خاک و هوا دارد [۱]. آگاهی از انواع پوشش سطح زمین و فعالیت‌های انسانی در قسمت‌های مختلف اطلاعات پایه‌ای برای برنامه‌ریزی‌های مختلف محسوب می‌شود و اهمیت ویژه‌ای دارد [۲]. الگوی کاربری سرزمین بازتابی از تصمیم‌گیری‌های متفاوتی است که مدیران اتخاذ می‌کنند. بسیاری از فرایندهایی که بر تغییر کاربری سرزمین تأثیر دارند برای تولید الگوهای پیچیده در تعامل‌اند [۳].

داده‌های سنجنش از دور^۱، داده‌های چند زمانی گرانبهایی درباره فرایندها و الگوهای تغییر پوشش زمین و کاربری سرزمین فراهم می‌کنند و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی برای تهیه نقشه و آنالیز این الگوها مفید است [۴]. تکراری بودن تصاویر ماهواره‌ای از جمله مزایایی است که کاربرد داده‌های ماهواره‌ای را در سنجنش از دور وسعت می‌بخشد [۵]. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی^۲ و سنجنش از دور ابزارهای قدرت‌مند و مقرون‌به‌صرفه‌ای برای ارزیابی پویایی‌های مکانی و زمانی تغییرات پوشش زمین و کاربری سرزمین‌اند [۴]. آشکارسازی دقیق و به‌موقع تغییرات سطح زمین، پایه‌ای برای فهم بهتر روابط و تعاملات انسان و پدیده‌های طبیعی جهت مدیریت و استفاده بهتر از منابع را فراهم می‌آورد [۶]. مدل‌ها که نمایشی از دنیای واقعی است، در درک این تغییرات بسیار مؤثر است [۷].

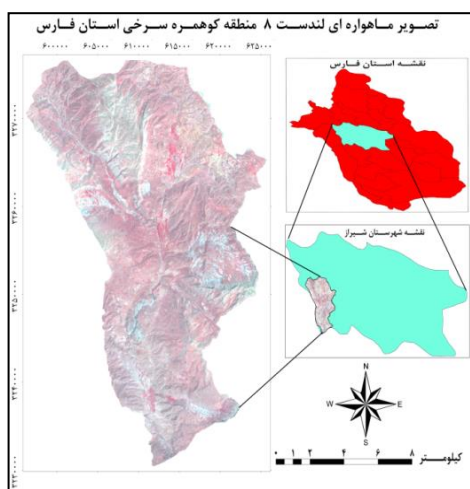
3. Cellular Automaton
4. Markov Chain
5. Multi Layer Perceptron

1. Remote Sensing (RS)
2. Geographic Information System (GIS)

پیش‌بینی تغییرات کاربری سرزمین منطقه کوهمره سرخی در استان فارس با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، روش رگرسیون حداقل مربعات معمولی برای پیش‌پردازش داده‌های ورودی و روش شبکه عصبی مصنوعی برای مدل‌سازی پتانسیل تبدیل هر کاربری است.

منطقه مورد مطالعه

منطقه کوهمره سرخی با مساحت ۷۴۲۰۹/۱۴ هکتار در موقعیت جغرافیایی "۳۷° ۵۹' ۵۱" تا "۱۷' ۵۶' ۵۲" شرقی و "۱۱' ۲۹" تا "۰۵' ۳۶' ۲۹" عرض شمالی در استان فارس، شهرستان شیراز و به‌طور عمده در بخش کوهمره سرخی واقع شده است. توپوگرافی منطقه نشانگر کوهستانی بودن این پهنه است. با توجه به آمار ایستگاه‌های هواشناسی و مطالعات انجام شده، ۸۷/۷ درصد بارندگی‌ها در شش ماهه اول سال آبی و اکثر بارندگی‌ها در دی ماه اتفاق می‌افتد. همچنین، متوسط بارندگی سالانه کل حوزه ۱۰۰۲/۳ میلی‌متر برآورد شده است (شکل ۱).



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

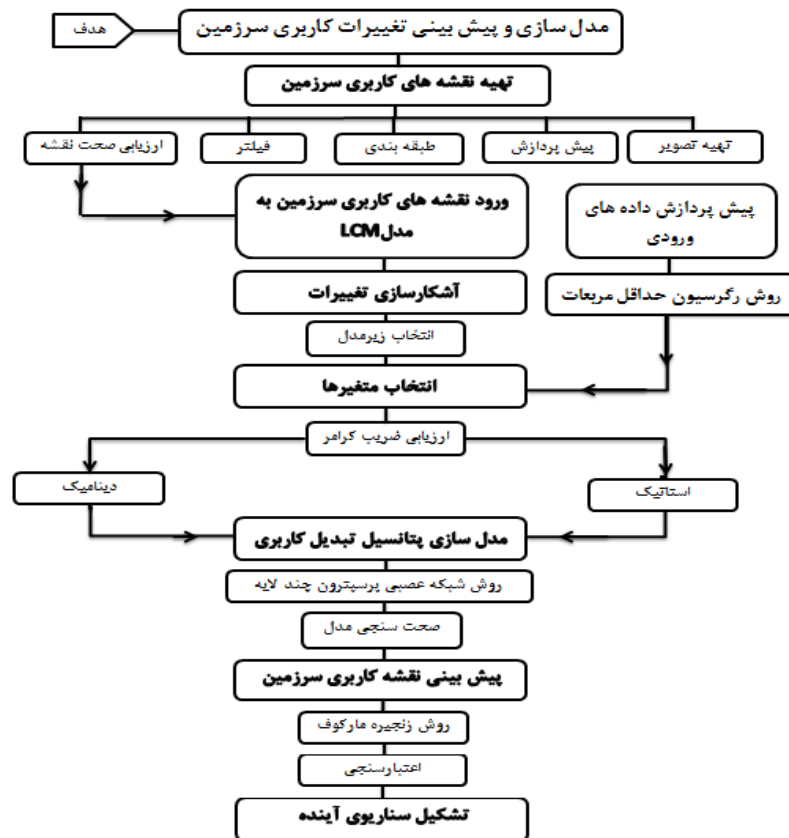
شبیه‌سازی دینامیک کاربری سرزمین در یک دوره ۳۵ ساله با مدل سلول‌های خودکار فراهم کردند [۱۷]. در بسیاری از پژوهش‌های دیگر نیز روش‌های تلفیقی به کار گرفته شده است [۳، ۱۸، ۱۹].

با توجه به حساسیت بالای شبکه‌های عصبی به نوع اطلاعات مورد استفاده و همبستگی ورودی‌های شبکه با یکدیگر و متعاقب آن با خروجی‌های مربوط، دید و نگرشی درست و صحیح نسبت به اطلاعات در دسترس و چگونگی سازماندهی آن‌ها در استفاده از شبکه لازم است. بررسی تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که در اکثر آن‌ها برای مدل‌سازی تغییرات کاربری سرزمین، بدون به‌کارگیری روش‌های پیش‌پردازش پارامترهای ورودی و با استفاده از روش سعی و خطا ترکیب مناسب انتخاب شده است. بنابراین، در مطالعه حاضر برای یافتن بهترین ترکیب از میان پارامترهای ورودی از روش رگرسیون حداقل مربعات معمولی^۱ استفاده شده است.

هرگاه به کمک یک تابع، مقدار متغیر وابسته‌ای چون y توسط یک یا چند متغیر دیگر به عنوان متغیرهای مستقل تعیین شود، تابع رگرسیونی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل برقرار می‌شود. آمارگران بهترین برازش را عبارت از خطی می‌دانند که مجموع مربعات خطا $(\sum e_i^2)$ ، کمترین مقدار ممکن را داشته باشد. این خط حداقل مربعات نامیده می‌شود و این روش، روش رگرسیون معمولی حداقل مربعات نام دارد [۲۰]. روش رگرسیون حداقل مربعات معمولی شناخته‌شده‌ترین تکنیک رگرسیونی است [۲۱].

هدف از این تحقیق، آشکارسازی، مدل‌سازی و

1. Ordinary Least Squares (OLS)



شکل ۲. کارنمای فرایند مدل سازی و پیش بینی تغییرات کاربری سرزمین

مواد و روش ها

مراحل کلی انجام تحقیق در شکل ۲ نشان داده شده است.

تهیه نقشه های کاربری زمین

در عصر حاضر، تهیه نقشه کاربری سرزمین و پوشش زمین در زمینه های علمی، پژوهشی، برنامه ریزی و مدیریت اهمیت زیادی دارد. نقشه کاربری سرزمین ابزار ارزشمندی برای مطالعات کشاورزی و منابع طبیعی است [۲۲]. یکی از راه های تهیه نقشه های پوشش گیاهی و کاربری سرزمین، استفاده از داده های ماهواره ای و فرایند طبقه بندی تصاویر است [۲۳]. طبقه بندی تصویر فرایند پیچیده ای است و نیاز به در نظر گرفتن عوامل زیادی دارد. مراحل کلی طبقه بندی

تصویر عبارت است از: ۱. تعیین سیستم طبقه بندی مناسب، ۲. پردازش، ۳. انتخاب نمونه های آموزشی، ۴. انتخاب مناسب روش های طبقه بندی و پردازش پس از طبقه بندی، و ۵. ارزیابی دقت و صحت [۲۴]. ارزش و قابلیت استفاده از هر نقشه تولیدی، به میزان صحت آن بستگی دارد. یک روش معمول برای تعیین دقت نقشه های حاصل از طبقه بندی، استفاده از اطلاعات صحرائی یا مناطق آزمایشی است. بعد از آنکه نمونه های آزمایشی برای برآورد دقت طبقه بندی تعیین شد، از ماتریس خطا استفاده می شود [۲۵]. پس از تولید ماتریس خطا، سایر عناصر مهم ارزیابی دقت و صحت، از جمله دقت کلی، سرعت و دقت کاربر، سرعت و دقت تولیدکننده و ضریب کاپا را می توان به دست آورد [۲۶].

محرک‌های اساسی محسوب می‌شوند [۱۹]. برای انتخاب زیرمدل‌هایی که بالاترین صحت را دارند، لازم است که مدل با چند سناریوی مختلف اجرا شود [۳۶].

پیش‌پردازش متغیرهای ورودی به مدل

برای مدل‌سازی پتانسیل تبدیل کاربری با استفاده از روش شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه، بین متغیرهای ورودی و خروجی باید ارتباط بالایی وجود داشته باشد. نکته قابل توجه این است که این ارتباط ممکن است شفاف و صریح نباشد (زیرا پارامترهای دیگری در این ارتباط دخیل باشند). به‌طور کلی، ویژگی مهمی که در ورودی‌های شبکه عصبی باید وجود داشته باشد این است که متغیرها نباید همبستگی زیادی با هم داشته باشند، زیرا متغیرهای همبسته ممکن است عملکرد پیش‌بینی را تضعیف کنند [۳۷]. متغیرهای همبسته، اطلاعات مشابهی برای تعیین متغیر خروجی ارائه می‌دهند که این خود باعث گمراهی شبکه می‌شود و نمی‌داند که از کدام داده‌های ورودی استفاده کند [۳۸]. بنابراین، برای اجتناب از روش سعی و خطا در انتخاب متغیرهای مؤثر می‌توان از روش *OLS* استفاده کرد. روش رگرسیون جهانی^۲ است که در نرم افزار *ArcGIS* قابل اجراست و با استفاده از معادله^۱ شرح داده می‌شود:

(۱)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

در رابطه فوق، Y متغیر وابسته، X متغیرهای مستقل، β ضرایب متغیرهای مستقل در تشریح متغیر وابسته و ε میزان خطا یا بخشی از متغیر وابسته است که توسط

مدل‌سازی تغییر کاربری سرزمین^۱

مدل‌های تغییر کاربری سرزمین، ابزارهایی برای پشتیبانی آنالیز عوامل مؤثر در تغییرات کاربری سرزمین و نتایج آن، به منظور فهم بهتر عملکرد سیستم کاربری سرزمین‌اند. مدل‌ها برای رفع ابهام مجموعه پیچیده نیروهای اجتماعی-اقتصادی و بیوفیزیکی مؤثر در میزان و الگوی تغییر کاربری سرزمین مفیدند [۲۷، ۲۸]. مدل‌سازی تغییر کاربری سرزمین در دسترس در نرم‌افزار *IDRISI* و به صورت اکستنشن در محیط *ArcGIS* ابزاری برای ارزیابی و طراحی تغییر پوشش زمین فراهم می‌کند [۲۹-۳۱]. این مدل تجزیه و تحلیل کاملی از تغییرات زمین با ایجاد نقشه‌های تغییرات کاربری، نمودار، انتقال طبقه کاربری و روند آن‌ها را فراهم می‌کند [۳۲].

آشکارسازی تغییرات و انتخاب زیرمدل‌ها

داده‌های ماهواره‌ای در آشکارسازی و تجزیه و تحلیل داده‌های زیست‌محیطی کارایی بالایی دارد. روش‌های متعددی برای آشکارسازی تغییرات با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد [۳۳، ۳۴]. مهم‌ترین روش‌های بارزسازی و آشکارسازی تغییرات عبارت‌اند از: ۱. تفاضل تصاویر، ۲. تقسیم تصاویر، ۳. تحلیل مؤلفه‌های اصلی، ۴. استفاده از منطق فازی، ۵. مقایسه پس از طبقه‌بندی، و ۶. طبقه‌بندی طیفی-زمانی [۳۵]. یکی از روش‌های آشکارسازی پس از طبقه‌بندی، جدول‌بندی افقی است. این تغییرات که بین دو سال اتفاق می‌افتد شناسایی و زیرمدل در نظر گرفته می‌شود. زیرمدل‌ها شامل یک یا گروهی از تبدیل کاربری‌هاست که

مدل‌سازی پتانسیل تبدیل کاربری و صحت‌سنجی آن

بعد از انتخاب زیرمدل‌ها و طبق متغیرهای مستقل انتخاب شده، مدل‌سازی احتمال وقوع در هر انتقال از طریق شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه انجام می‌شود [۴۵]، به این مفهوم که هر پیکسل از تصویر برای تغییر از یک کاربری به نوع دیگر چقدر پتانسیل دارد [۳۶]. شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه شامل مجموعه‌ای از واحدهای ورودی (لایه ورودی)، یک یا چند مجموعه از گره‌های محاسبه (لایه‌های پنهان) و مجموعه‌ای از گره‌های محاسبه/ خروجی (لایه خروجی) است [۴۶]. لایه‌های پنهان به منظور حل مسائل تفکیک‌پذیر غیرخطی اضافه می‌شود و قدرت شبکه را در بازشناسی الگوها و تقریب توابع افزایش می‌دهد [۱۳]. آموزش این شبکه توسط الگوریتم «پس از انتشار» انجام می‌شود که شامل گسترش خطا از لایه خروجی به لایه‌های ورودی تکراری به منظور اصلاح مقادیر وزن است [۴۶]. انتخاب ساختار بهینه با مقایسه‌ای میان ساختارهای مختلف شبکه از لحاظ دقت نهایی انجام می‌شود که معمولاً روش سعی و خطاست [۴۷]. در این مطالعه کاهش خطای آموزش و خطای تست هنگام اجرای مدل، نشان‌دهنده افزایش دقت مدل است.

پیش‌بینی نقشه کاربری سرزمین و اعتبارسنجی

خروجی‌های مرحله مدل‌سازی پتانسیل انتقال به

متغیرهای مستقل شرح داده نمی‌شود [۳۹]. این روش در کنار روش رگرسیون گام‌به‌گام و گاما تست [۴۰]، از جمله روش‌هایی است که می‌توان از آن برای پیش‌پردازش داده‌های ورودی به شبکه عصبی استفاده کرد و تعداد پیش‌بینی‌کننده‌ها را تا یک مجموعه کوچک با اجرای ناهمبسته کاهش داد [۴۱]. متغیرها ممکن است به صورت دینامیک یا استاتیک به مدل اضافه شوند. متغیرهای استاتیک جنبه‌های اساسی مناسب برای انتقال در نظر گرفته شده را بیان می‌کنند و با گذشت زمان تغییرناپذیرند، مانند ارتفاع و شیب. متغیرهای دینامیک وابسته به زمان تغییرپذیرند، مانند نزدیکی به توسعه، و در طول زمان دوره پیش‌بینی محاسبه می‌شوند [۴۲]. همچنین، در مدل *LCM* متغیرهای مستقل با ارزیابی از طریق ضریب همبستگی کرامر^۱ انتخاب می‌شوند. این ضریب همبستگی متغیرهای مستقل را در یک زمان با طبقه‌بندی موضوعی نقشه کاربری سرزمین مقایسه می‌کند [۴۳]. ضریب همبستگی کرامر که نشان‌دهنده ارتباط بین متغیرها و طبقات کاربری سرزمین است، مطابق با معادله ۲-۴ محاسبه می‌شود [۴۴].

$$X^2 = \sum_{i=0}^m \sum_{j=1}^n \frac{(T_{ij} - T_{ij}^*)^2}{T_{ij}^*} \quad (2)$$

$$T_{ij} = \frac{(T_j * T_i)^2}{T} \quad (3)$$

$$V = \sqrt{\frac{X^2}{T * M}} \quad (4)$$

X^2 آماره کای اسکور، T تعداد کل پیکسل‌ها، T_i

تعداد پیکسل‌ها در طبقه i نقشه ۱، T_j تعداد پیکسل‌ها در طبقه j نقشه ۲، m و n به ترتیب تعداد طبقات در نقشه ۱ و ۲ است.

به‌دست آمده از طریق شبکه‌های عصبی استفاده می‌شود. خطاهای *commission* و *omission* بر اساس اطلاعات ماتریس خطا برای هر کلاس مجزا محاسبه می‌شود. خطاهای *commission* معادل آن درصد از پیکسل‌هایی است که در واقع متعلق به کلاس مورد نظر نیست، ولی در طبقه‌بندی، جزء کلاس خاص در نظر گرفته شده است. خطای *Omission* مربوط به آن دسته از پیکسل‌هایی است که در واقعیت زمینی مربوط به کلاس مورد نظر است ولی جزء کلاس‌های دیگر طبقه‌بندی شده است [۵۰].

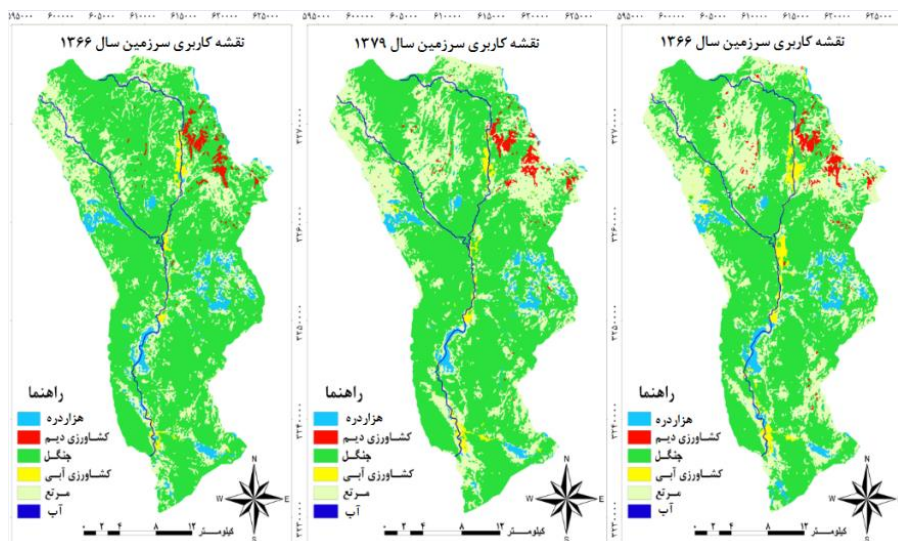
نتایج و بحث

تهیه نقشه‌های کاربری سرزمین

به‌منظور تهیه نقشه‌های کاربری سرزمین سه تصویر از ناحیه مورد مطالعه استفاده شد: لندست ۵ سنجنده ETM^+ (۱۳۶۶/۰۴/۲۵)، لندست ۷ سنجنده ETM^+ (۱۳۷۹/۰۴/۲۱)، لندست ۷ سنجنده ETM^+ (۱۳۹۱/۰۴/۲۲).

عنوان ورودی‌های مرحله پیش‌بینی تغییرات به‌کار می‌رود. مقدار تغییر هر تبدیل کاربری با استفاده از زنجیره مارکوف پیش‌بینی می‌شود و نقشه کل تغییرات کاربری سرزمین در مدل *LCM* تهیه خواهد شد. آنالیز زنجیره مارکوف فرایندی است که در آن حالت یک سیستم در زمان دوم با استفاده از حالت سیستم در زمان اول پیش‌بینی می‌شود و ماتریس احتمال‌های تغییر از هر کلاس پوشش به هر کلاس پوشش دیگر را ارائه می‌دهد [۴۳]. این کار با استفاده از توسعه ماتریس احتمال انتقال تغییرات کاربری زمین از زمان ۱ به زمان ۲ انجام می‌گیرد که پایه‌ای برای نقشه‌سازی دوره‌های زمانی آینده است [۴۸]. آنالیز زنجیره مارکوف ابزاری مناسب جهت مدل‌سازی تغییرات کاربری و پوشش سرزمین است و زمانی کاربرد دارد که تغییرات موجود در چشم‌انداز به راحتی توصیف‌پذیر نباشد [۴۹].

برای اعتبارسنجی مدل‌سازی انجام‌شده از ماتریس خطا برای مطالعه تناظر بین نقشه مرجع (نقشه به‌دست آمده از تصویر سال ۱۳۹۱) و نقشه



شکل ۳. نقشه‌های کاربری سرزمین حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

در این تحقیق با بررسی نقشه‌های از قبل تهیه شده و انجام بازدیدهای میدانی انواع کاربری سرزمین در منطقه مشخص شد. این کاربری‌ها شامل جنگل، کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، مرتع، هزار دره و آب است. با توجه به اینکه داده‌های اخذشده از ماهواره لندست تصحیح هندسی شده است، لذا با انجام تصحیح اتمسفری و پیش‌پردازش‌های اولیه، تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار *JDRISI 16.3* با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال و شاخص *MNF* طبقه‌بندی شد. برای ارزیابی صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده از نقاط کنترل زمینی استفاده شد و ضریب کاپا برای هر نقشه به ترتیب ۰/۷۵، ۰/۸۰ و ۰/۷۸ به دست آمد (شکل ۳).

آشکارسازی تغییرات و انتخاب زیرمدل‌ها

جدول ۱ خلاصه جدول‌بندی افقی انجام‌شده بین نقشه‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۷۹ را نشان می‌دهد. آشکارسازی تغییرات با ضریب کاپا ۰/۸۳ نشان می‌دهد که افزایش در ناحیه مرتع، کشاورزی دیم و

کشاورزی آبی رخ داده است. بیشترین افزایش مساحت در ناحیه مرتع (۴۲۲۴/۲۴ هکتار) است. همچنین، کاهش مساحت در ناحیه جنگل، اراضی هزاردره و آب صورت گرفته که بیشترین کاهش مساحت در ناحیه جنگل (۳۹۵۳/۷۵ هکتار) رخ داده است. این کاهش مساحت به دلیل قطع جنگل توسط دامداران و روستاییان از یک‌طرف و حضور دام در جنگل و چرای مفرط در جنگل از طرف دیگر، باعث عدم موفقیت زادآوری می‌شود. شکنندگی اکوسیستم در مناطق جنگلی نیز یکی از عوامل تخریب جنگل است. کاهش مساحت جنگل و تبدیل آن به کاربری‌های مختلف زیر است: ۳۷۷۱ هکتار از تغییرات جنگل به مرتع، ۱۰/۷۱ هکتار از تغییرات جنگل به اراضی هزاردره، ۱۹۲/۶۹ هکتار از تغییرات جنگل به کشاورزی دیم، ۲/۵۲ هکتار از تغییرات جنگل به کشاورزی آبی و ۱/۸ هکتار از تغییرات جنگل به آب.

جدول ۱. جدول‌بندی افقی بین نقشه‌های ۱۳۶۶ (عمودی) و ۱۳۷۹ (افقی)، بر مبنای هکتار

مجموع	آب	اراضی هزاردره	مرتع	کشاورزی دیم	کشاورزی آبی	جنگل	
۴۸۱۹۹/۶۳	۷۷/۹۴	۱۶۰/۹۲	۴۱۳۰/۱	۱۵۶/۳۳	۲۱۳/۸۴	۴۳۴۶۰/۵۵	جنگل
۱۰۴۳/۲۸	۴۱/۳۱	۹۶/۵۷	۷۴/۸۸	۰	۶۱۴/۱۶	۲۱۶/۳۶	کشاورزی آبی
۱۱۳۵/۴۴	۰	۳/۳۳	۷/۸۳	۷۷۵/۲۶	۰	۳۴۹/۰۲	کشاورزی دیم
۲۴۵۸/۴۴	۵۳/۸۲	۲۰۲۶/۶۲	۲۲۲/۶۶	۰	۵/۱۳	۱۵۰/۲۱	اراضی هزاردره
۲۰۵۰۵/۱۵	۷۱/۰۱	۶۰۴/۷۱	۱۱۷۸۹/۸۲	۱۱۱/۲۴	۲۷/۲۷	۷۹۰/۱/۱	مرتع
۸۶۷/۱۵	۶۳۷/۴۷	۷۴/۴۳	۵۵/۶۲	۰	۲۳/۴۹	۷۶/۱۴	آب
۷۴۲۰۹/۱۴	۸۸۱/۵۵	۲۹۶۶/۵۸	۱۶۲۸۰/۹۱	۱۰۴۲/۸۳	۸۸۳/۸۹	۵۲۱۵۳/۳۸	مجموع

متغیرها برای هدف مورد نظر مناسب بوده است، زیرا زمانی که مقدار VIF بالاتر از ۷/۵ باشد، به این معناست که یک یا چند متغیر شرح یکسانی از متغیر وابسته دارد و باید حذف شود، چون باعث افزونگی داده و بالطبع ایجاد «چند خطی» می‌شود [۵۱]. همچنین، مقدار شاخص R^2 که بیانگر میزان تغییرات متغیر وابسته است ۰/۶۷ به دست آمد. میزان قابل قبول R^2 برای مدل‌های رگرسیونی ۰/۵ است که در این مدل بالای ۰/۵ بود، بنابراین از لحاظ آماری قابل قبول است. با توجه به نتایج، ده متغیر در نظر گرفته شده برای ورود به مدل انتخاب شدند که از این میان متغیر شیب و فاصله از مناطق جنگلی بیشترین تأثیرگذاری و متغیر فاصله از مناطق روستایی کمترین تأثیرگذاری را داشت (جدول ۲). مطالعات دیگری در زمینه مدل‌سازی تغییرات کاربری سرزمین با استفاده از روش‌های مختلف انجام شده، اما در این مطالعات پیش‌پردازی روی داده‌های ورودی صورت نگرفته است [۵۲، ۵۳].

با توجه به نتایج آشکارسازی تغییرات، برای انجام مدل‌سازی باید زیرمدل‌هایی انتخاب شود. زیرمدل‌های در نظر گرفته شده، در این پژوهش عبارت‌اند از تبدیل کاربری جنگل به کاربری کشاورزی آبی، تبدیل کاربری مرتع به کاربری کشاورزی آبی، تبدیل کاربری هزارده به کاربری کشاورزی آبی، تبدیل کاربری آب به کاربری کشاورزی آبی.

پیش‌پردازش متغیرهای مستقل ورودی به مدل

بعد از آشکارسازی تغییرات و انتخاب زیرمدل‌ها، برای انتخاب ترکیب مناسب متغیرهای مستقل ورودی از روش رگرسیون حداقل مربعات استفاده شد. با اجرای این روش در محیط ArcGIS، نتایج نشان داد که انتخاب معیارهای ورودی به‌درستی انجام شده است و همه متغیرهای مستقل ورودی در نظر گرفته شده معنادار است، زیرا مقدار احتمال آن‌ها کمتر از ۰/۰۵ و مقدار آماره t خارج از محدوده $\pm 1/96$ است. با توجه به مقادیر عامل تورم واریانس (VIF) همه

جدول ۲. نتایج اجرای روش رگرسیون حداقل مربعات و پیش‌پردازش متغیرهای مستقل ورودی

متغیر	ضریب	خطای معیار	آماره t	احتمال	عامل تورم واریانس (VIF)
فاصله از جنگل	۰/۱۴۱۰۲	۰/۰۰۱۵۶	۹۰/۳۵۶۱۸	۰/۰۰۰۰۰*	۱/۱۴۶۶۹
فاصله از کشاورزی آبی	-۰/۰۰۳۵۹	۰/۰۰۰۰۶	-۵۶/۷۶۲۵۳	۰/۰۰۰۰۰*	۱/۹۲۵۴۸
فاصله از کشاورزی دیم	-۰/۰۰۱۶۵	۰/۰۰۰۰۶	-۲۴/۲۵۶۲۷	۰/۰۰۰۰۰*	۲/۴۳۷۲۴
فاصله از اراضی هزارده	-۰/۰۰۵۲۰	۰/۰۰۰۱۴	-۳۵/۰۴۹۸۸	۰/۰۰۰۰۰*	۱/۴۹۱۹۴
فاصله از مرتع	۰/۰۰۸۶۲	۰/۰۰۰۳۹	۲۱/۹۶۵۸۷	۰/۰۰۰۰۰*	۱/۲۵۸۵۷
فاصله از آب	-۰/۰۰۱۳۳	۰/۰۰۰۰۵	-۲۵/۲۴۲۹۳	۰/۰۰۰۰۰*	۱/۵۱۸۹۸
فاصله از جاده	-۰/۰۰۱۲۴	۰/۰۰۰۱۲	-۹/۹۲۲۴۳	۰/۰۰۰۰۰*	۱/۵۹۲۴۱
فاصله از روستا	-۰/۰۰۰۳۳	۰/۰۰۰۰۰	-۵/۵۴۶۹۴	۰/۰۰۰۰۰*	۳/۱۶۷۱۱
شیب	-۱/۱۷۲۳۹	۰/۰۲۰۹۶	-۵۵/۹۲۴۴۱	۰/۰۰۰۰۰*	۱/۱۵۶۸۱
ارتفاع (DEM)	-۰/۰۱۳۱۴	۰/۰۰۰۰۴۶	-۲۸/۰۴۹۷۷	۰/۰۰۰۰۰*	۳/۳۵۷۶۶

1. Multicollinearity

مدل‌سازی پتانسیل تبدیل کاربری و

صحت‌سنجی

با توجه به متغیرهای مستقل و زیرمدل‌های در نظر گرفته شده، ابتدا نقشه‌های پتانسیل انتقال برای هر یک از زیرمدل‌ها از طریق شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه، برای دوره زمانی اول تولید شد. در این شبکه عصبی از تابع سیگموئید استفاده شد. خطای آموزش^۱ و خطای تست^۲ مدل انجام شده، هم‌زمان با اجرای مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه در نرم‌افزار ادیسی محاسبه می‌شود. با کاهش این خطاها و به دنبال آن کاهش شیب منحنی خطا، دقت مدل افزایش می‌یابد. میزان این خطا و دقت ۸۳٪ مدل برای دوره زمانی اول در جدول ۴ نشان داده شده است.

برتری این مطالعه نسبت به مطالعات گذشته در این است، که به منظور اجتناب از روش سعی و خطا برای انتخاب ترکیب مناسب، از فرایند پیش‌پردازش متغیرهای مستقل ورودی به مدل با استفاده از روش OLS استفاده شد. در نتیجه، از بین داده‌های موجود بهترین ترکیب انتخاب شد. با انتخاب ترکیب مناسب متغیرهای مستقل ورودی، برای انجام مدل‌سازی پتانسیل تبدیل کاربری ضرایب همبستگی بین متغیرها و طبقات کاربری محاسبه شد (جدول ۳). در این تحقیق با توجه به جدول ۳ متغیرهای با ضریب همبستگی بالای ۰/۱ برای مدل‌سازی انتخاب شد. متغیرهای فاصله از جنگل، فاصله از کشاورزی آبی، فاصله از کشاورزی دیم، فاصله از اراضی هزاردره، و فاصله از مرتع به عنوان متغیر پویا استفاده شد. همچنین، با توجه به تغییرات ناچیز لایه شیب و ارتفاع در طول زمان، این دو متغیر متغیرهای استاتیک در نظر گرفته شدند.

جدول ۳. ضریب کرامر: همبستگی بین متغیرهای مستقل

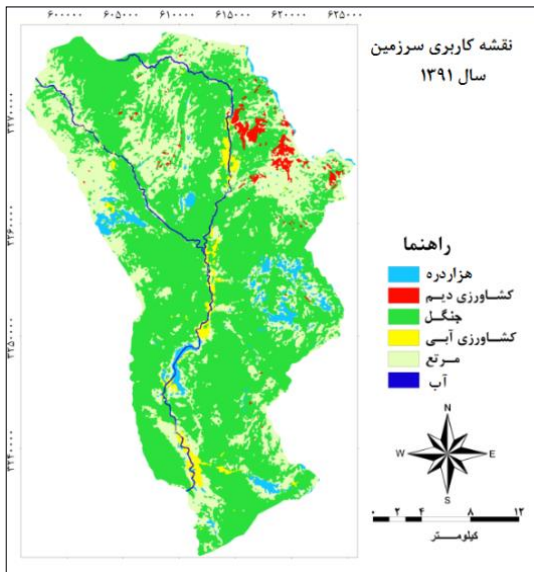
ضریب کلی همبستگی	متغیرهای مستقل
۰/۱۸۳	فاصله از جنگل
۰/۱۰۷	فاصله از کشاورزی آبی
۰/۱۱۴	فاصله از کشاورزی دیم
۰/۱۴۴	فاصله از اراضی هزار دره
۰/۱۵۱	فاصله از مرتع
۰/۰۹۷	فاصله از آب
۰/۰۵۳	فاصله از جاده
۰/۰۶۴	فاصله از روستا
۰/۰۷۶	شیب
۰/۰۸۳	ارتفاع (DEM)

1. Training RMS

2. Testing RMS

جدول ۴. صحت‌سنجی روش شبکه عصبی

دوره زمانی	خطای آموزش	خطای تست	دقت کلی
دوره اول	۰/۱۷۲۳	۰/۱۷۴۰	٪۸۳



شکل ۴. نقشه کاربری سرزمین پیش‌بینی شده برای سال ۱۳۹۱

پیش‌بینی نقشه کاربری سرزمین و اعتبارسنجی

مقدار تغییرات هر تبدیل کاربری با استفاده از زنجیره مارکوف پیش‌بینی شد و یک نقشه کاربری سرزمین برای سال ۱۳۹۱ در LCM تولید شد (شکل ۴). نقشه کاربری سرزمین حاصل از شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه را می‌توان با نقشه کاربری سرزمین به‌دست آمده از تصویر لندست سال ۱۳۹۱ مقایسه کرد. خلاصه ماتریس خطا بین این دو نقشه در جدول ۵ نشان داده شده است. ضریب کلی کاپا ۰/۷۵ به‌دست آمد.

جدول ۵. ماتریس خطا بین نقشه کاربری سرزمین ۱۳۹۱ (عمودی) و نقشه مدل‌سازی شده (افقی)

خطای commission	آب	اراضی هزاردره	مرتع	کشاورزی دیم	کشاورزی آبی	جنگل	
۰/۱۱۳	۹۴۴	۱۰۶۲	۵۰۰۷۶	۲۴۵۳	۶۴۲۵	۴۷۴۱۷۵	جنگل
۰/۲۶۱	۵۶۶	۸۸۴	۵۴۲	۰	۹۲۰۶	۱۲۶۱	کشاورزی آبی
۰/۲۴۹	۰	۴۵	۲۷۴۷	۹۴۶۹	۱۲	۳۴۳	کشاورزی دیم
۰/۱۵۴	۹۶۴	۶۲۷۱	۱۹۲۵۲۷	۱۷۶۲	۲۷۷۷	۲۳۳۳۸	مرتع
۰/۱۴۳	۵۰۰	۲۳۲۴۸	۱۹۰۶	۰	۵۰۲	۹۹۱	اراضی هزاردره
۰/۳۴۳	۶۲۷۴	۶۱۴	۸۳۵	۰	۶۲۸	۱۱۹۹	آب
۰/۱۳۳	۰/۳۲۱	۰/۲۷۶	۰/۲۲۵	۰/۳۰۸	۰/۵۲۹	۰/۰۵۴	خطای omission

تشکیل سناریوی آینده

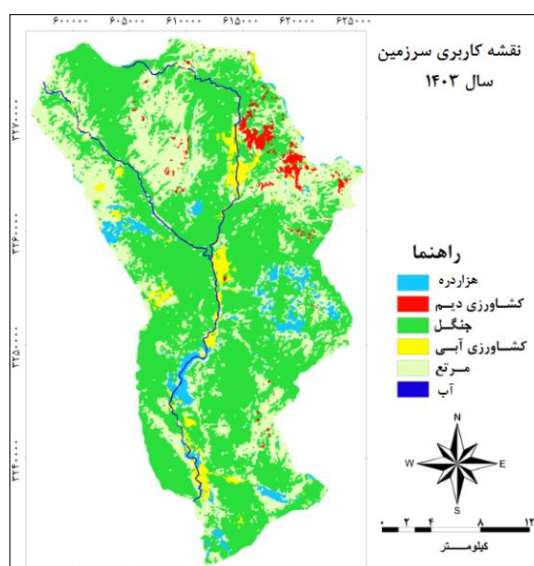
آشکارسازی تغییرات در دوره دوم نشان داد که بیشترین افزایش مساحت در ناحیه مرتع (۱۸۷۱/۸۲ هکتار)، همچنین بیشترین کاهش مساحت در ناحیه جنگل (۳۰۸۲/۰۵ هکتار) رخ داده است. ضریب کاپا برای آشکارسازی تغییرات ۰.۸۸٪ به دست آمد. با توجه به تغییراتی که در دوره زمانی دوم صورت گرفته (جدول ۶) و انتخاب متغیرهای مستقل با استفاده از

مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه، نقشه‌های پتانسیل تبدیل کاربری برای دوره دوم تهیه شد. بعد از به دست آوردن این نقشه‌ها، مقدار تغییرات هر تبدیل کاربری با استفاده از زنجیره مارکوف پیش‌بینی شد و نقشه کاربری سرزمین برای سال ۱۴۰۳ به دست آمد (شکل ۵).

بیشترین تغییر کاربری نسبت به سال ۱۳۹۱، در ناحیه کشاورزی آبی خواهد بود.

جدول ۶. جدول‌بندی افقی بین نقشه‌های ۱۳۷۹ (عمودی) و ۱۳۹۱ (افقی)، بر مبنای هکتار

مجموع	آب	اراضی هزاردره	مرتع	کشاورزی دیم	کشاورزی آبی	جنگل	
۴۵۱۱۷/۶۳	۱۰۷/۹۱	۸۹/۱۹	۲۱۰۱/۶۸	۳۰/۸۷	۹۶/۳	۴۲۶۹۱/۶۸	جنگل
۱۷۵۹/۵	۵۹/۷۹	۴۵/۸۱	۲۰۶/۲۸	۱/۰۸	۸۰۲/۶۲	۵۹۲/۹۲	کشاورزی آبی
۱۲۳۱/۵۶	۰	۰	۱۵۸/۵۸	۸۵۲/۲۱	۰	۲۲۰/۷۷	کشاورزی دیم
۲۲۳۷۶/۹۷	۷۷/۴	۱۷۳/۰۷	۱۷۳۳۱/۲۱	۲۴۷/۲۳	۳۴/۸۳	۴۵۱۳/۲۳	مرتع
۲۸۹۱/۱۶	۵۵/۷۱	۲۱۰۵/۱	۵۶۶/۶۴	۴/۰۵	۶۳/۶۳	۹۶/۰۳	اراضی هزاردره
۸۳۲/۳۲	۵۶۹/۳۴	۴۵/۲۷	۸۶/۷۶	۰	۴۵/۹	۸۵/۰۵	آب
۷۴۲۰۹/۱۴	۸۶۷/۱۵	۲۴۵۸/۴۴	۲۰۵۰۵/۱۵	۱۱۳۵/۴۴	۱۰۴۳/۲۸	۴۸۱۹۹/۶۸	مجموع



شکل ۵. نقشه کاربری سرزمین پیش‌بینی شده برای سال ۱۴۰۳

نتیجه‌گیری

بهره‌برداری اصولی از منابع طبیعی نیاز به الگوها و مدل‌های منطقه دارد، تا ضمن رعایت دستورالعمل‌های مدل‌های اکولوژیک، به بهره‌برداری پایدار نیز توجه شود. با ارزیابی تغییرات کاربری‌ها، امکان برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین، برای کاستن آثار تخریبی با استفاده از فناوری سنجش از دور در سطوح وسیع، با دقت بالا و هزینه کم امکان‌پذیر است. بی‌گمان بدون بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مطالعات محیطی برآورد دقیق، صحیح، سریع و اقتصادی این تغییرات ناممکن است. در این رابطه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی نقش بسزایی دارد. تلفیق سنجش از دور و داده‌های سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در کاهش هزینه، کوتاه‌کردن زمان و افزایش جزئیات و دقت اطلاعات بسیار مؤثر است. به دلیل ماهیت غیرخطی پدیده‌ها در طبیعت، باید از مدل‌هایی استفاده کرد که این ویژگی را در مدل‌سازی لحاظ کنند. با توجه به توانایی بالای شبکه عصبی در حل مسائل غیرخطی، در این تحقیق ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات کاربری سرزمین، با استفاده از روش رگرسیون حداقل مربعات معمولی برای پیش‌پردازش پارامترهای ورودی و مدل LCM بر اساس روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه برای مدل‌سازی پتانسیل تبدیل کاربری انجام شد.

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که در دوره اول و دوم کاهش چشمگیری در ناحیه جنگل صورت گرفته است. همچنین، بیشترین افزایش مساحت در ناحیه مرتع مشاهده شده است. بنابراین، باید

اقدام‌های مدیریتی برای حفاظت از جنگل‌های منطقه انجام شود. با توجه به اهمیت آشکارسازی تغییرات کاربری سرزمین و تعیین میزان تغییرات در هر کلاس کاربری سرزمین، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالاتر و دوره‌های واسنجی بیشتر می‌توان دقت آشکارسازی و به دنبال آن دقت مدل‌سازی را افزایش داد.

در نتایجی مشابه با این مطالعه، غلامعلی فرد و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی با هدف مدل‌سازی تغییرات کاربری سرزمین مناطق ساحلی استان مازندران، از روش شبکه عصبی پرسپترون چندلایه برای مدل‌سازی پتانسیل تبدیل هر کاربری استفاده کردند [۳۶]. نتایج این پژوهش، همچنین در مطالعه حاضر، دقت حاصل از مدل‌سازی پتانسیل تبدیل کاربری با روش شبکه عصبی (۸۳٪) برای نقشه پیش‌بینی شده در سال ۱۳۹۱، نشان‌دهنده انطباق زیاد تصویر پیش‌بینی شده مدل با تصویر واقعیت زمینی است که قابل قبول بودن و صحت مدل انجام شده را اثبات می‌کند. می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که مدل‌های تغییر کاربری سرزمین برای رفع ابهام مجموعه پیچیده نیروهای اجتماعی-اقتصادی بیوفیزیکی مؤثر، الگوی تغییر کاربری سرزمین و برآورد آثار تغییرات در کاربری سرزمین مفید است. نتایج این مطالعه با توجه به چگونگی تغییرات کاربری در گذشته، حال و آینده، ویژگی‌های فضایی کاربری زمین برای فهم آثار گوناگون فعالیت‌های انسانی و غیرانسانی در کل شرایط اکولوژیکی محیط را فراهم می‌آورد.

References

- [1]. Koomen, E., Stillwell J., Bakema A., and Scholten H.J. (2007). *Modelling Land-Use Change, Progress and Applications*, Springer, Dordrecht, the Netherlands.
- [2]. Niyazi, Y., Ekhtesasi, M., and Hosseini, Z. (2010). Comparison of two method classification of maximum likelihood and artificial neural network to extract the land use map (Case Study: catchment of Ilam dam). *Geography and Development Journal*, 20: 132-119.
- [3]. Ademola N., Braimoh K., and Onishi T. (2007). Spatial determinants of urban land use change in Lagos. *Land Use Policy*, 24(2): 502–515.
- [4]. Ashraf, M.D., and Yasushi, Y. (2009). Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization. *Applied Geography*, 29: 390–401.
- [5]. Alizadeh Rabi'i, A. (2008). *Remot Sensing (Principles and Application)*, Publications of SAMT, Tehran.
- [6]. Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., and Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International Journal of RemoteSensing*, 25(12): 2365-2401.
- [7]. Kamyab, H., Salman Mahini, A., Hosseini, S.M., and Gholamalifard, M. (2011). Application of neural network in modeling urban development (Case Study: Gorgan City). *Human Geographical Journal*, 76: 113-99.
- [8]. Pijanowski B., Pithadia S., Shellito B.y., and Alexandridis K. (2005). Calibrating a neural network-based urban change model for two metropolitan areas of the Upper Midwest of the United States. *International Journal of Geographical Information Science*, 19(2): 197–215.
- [9]. Mas J.F., Puig H., Palacio J.L., and Sosa-Lopez A. (2004). Modelling deforestation using GIS and artificial neural networks. *Environmental Modelling and Software*, 19(5): 461–471.
- [10]. Pontius R., and Malanson J. (2005). Comparison of the structure and accuracy of two land change models. *International Journal of Geographical Information Science*, 19(2): 243–265.
- [11]. Van Vliet, J., White, R., and Dragicevic, S. (2009). Modeling urban growth using a variablegrid cellular automaton. *Computers Environment and Urban Systems*, 33(1): 35–43.
- [12]. Pijanowski, B., Brown, D., Shellito, B., and Manik, G. (2002). Using Neural networks and GIS to forecast land use changes: a land transformation model. *Computers, Environment and Urban Systems*, 26(6): 553-575.
- [13]. Vahidnia, M.H., Aleshikh, A.A., and Varshosaz, M. (2010). The assessment of multilayer perceptron networks with the existing model interpolation. *Spatial Information Technology Engineering Journal*, 1(1): 95-116.
- [14]. Chau, K.W., and Cheng, C.T. (2002). Real-time prediction of water stage with artificial neural network approach. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 2557: P.715.
- [15]. Foody, G.M. (2000). Mapping land cover from remotely sensed data with a softened feed forward neural network classification. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 29(4) 443-449.
- [16]. Kamyab, H., Salman Mahini, A., Hosseini, S. M., and Gholamalifard, M. (2010). Adopting approach based on information using logistic regression modeling urban development Gorgan city. *Journal of Ecology*, 36 (54): 96-89.
- [17]. Zeyaeian, P., Shakiba, A., Matkan, A.A., and Sadeghi, A. (2009). Remote sensing (RS), geographic information systems (GIS) and cellular automata model (CA) as a tool for simulating

- urban land use change (case study: the Shahre kord City). *Journal of Environmental Sciences*, 7(1): 148-133.
- [18]. Ma C., Zhang G.Y., Zhang X.C., Zhao Y.J., and Li H.Y. (2012). Application of Markov model in wetland change dynamics in Tianjin Coastal Area. *China Procedia Environmental Sciences*, 13: 252 – 262.
- [19]. Pérez-Vega A, Mas J.F., and Ligmann-Zielinska A. (2012). Comparing two approaches to land use/cover change modeling and their implications for the assessment of biodiversity loss in a deciduous tropical forest. *Environmental Modelling & Software*, 29: 11-23.
- [20]. Ghorbani, Kh. (2012). Geographically weighted regression: a method for mapping the samerainfall in Gilan province. *Journal of Soil and Water*, 3:752-743.
- [21]. Wooldridge J.M. (2003). *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. South-Western college Publishing, Mason, Ohio.
- [22]. Singh V., Dubey A. (2012). Land use mapping using remote sensing & GIS techniques in Naina-Gorma Basin, Part of Rewa District. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2(11): 151-156
- [23]. Zare Garizi, A., Bardi Sheykh, V., Saedaldein, A., and Salman Mahini, A. (2012). Application logistic regression method in modeling spatial pattern of vegetation change (Case Study: catchment of Chehel Chai of Golestan province). *Journal of Geographical Space*, 12 (37): 68-55.
- [24]. Lu, D., and Weng, Q. (2007). A Survey of Image Classification Methods and Techniques for Improving Classification Performance. *International Journal of Remote Sensing*, 28(5): 823-870.
- [25]. Alavipanah, S.K. (2009). *Application of Remote Sensing in the Earth Sciences (Soil)*, University of Tehran press, Tehran.
- [26]. Şatır O., and Berberoğlu S. (2012). *Land Use/Cover Classification Techniques Using Optical Remotely Sensed Data in Landscape Planning*, Dr. Murat Ozyavuz (Ed.), InTech, Turkey Published.
- [27]. Verburg, P., Schot, P., Dijst, M., and Veldkamp, A. (2004). Land use change modelling: current practice and research priorities. *GeoJournal*, 61: 309-324.
- [28]. Costanza R., and Rrut M. (2004). Using dynamic modeling to scope environmental problems and build consensus, *GeoJourna*, 161: 309–324.
- [29]. Eastman, J.R., Van Fossen, M.E., and Solarzano, L.A. (2012). Transition potential modeling for land cover change. In: Maguire, D., Goodchild, M., Batty, M. (Eds.), *GIS, Spatial Analysis and Modeling*. ESRI Press, Redlands, California.
- [30]. Václavík, T., and Rogan, J. (2009). Identifying trends in land Use/Land cover changes in the context of Post-Socialist Transformation in Central Europe. *GIS Science and Remote Sensing*, 49(1): 1-32.
- [31]. Gontier, M., Mörtberg, U. and Balfors, B. (2009). Comparing GIS based habitat models for applications in EIA and SEA. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(1): 8-18.
- [32]. Mas, J.F., and Flores, J.J. (2008). The application of artificial neural networks to the analysis of remotely sensed data (review article). *International Journal of Remote Sensing*, 29(3): 617-663.
- [33]. Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K. and Muys, B. (2004). Digital change detection methods in ecosystem monitoring. *International Journal of Remote Sensing*, 25 (9), 1565–1596.
- [34]. Safyanian, A. (2009). Survey of land use Changes in ESFAHAN city using vector change detection techniques during the years 1366 to 1377. *Journal of Soil and Water Sciences*, 13(49): 152-164.

- [35]. Rabei'I, H., Zeyaeian, P. and Alimohamadi, A. (2004). Detecting and recovering Changes in land use and land cover in ESFAHAN city with the help of remote sensing and GIS. *Geographical Research Quarterly*, 84:41-54.
- [36]. Gholamalifard, M., Jorabiyani Shoshtary, Sh., Hosseini Kahnaj, S.H., and Mirzaei, M. (2012). Modeling of land use changes in coastal of MAZANDARAN province using LCM in GIS. *Journal of Environmental Studies*, 38(4): 124-109.
- [37]. Zhang G.P. (2003). *Neural Networks in Business Forecasting*, Idea Group Inc. 310p.
- [38]. Huang W., Wang Sh, Yu L., Bao Y., and Wang L. (2006). A New Computational Method of Input Selection for Stock Market Forecasting with Neural Networks. Part IV, 308–315.
- [39]. Stone M., and Brooks, R.J. (1990). Continuum regression: cross-validated sequentially constructed prediction embracing ordinary least squares, partial least squares and principal components regression. *Journal of the Royal Statistical Society*, 2: 237-269.
- [40]. Ghabaei Sogh, M., Mosaedi, A., Hesam, M., and Hezarjaribi, A. (2010). Assessment effect of pre-processing parameters input to artificial neural networks (ANNs) using the step by step regression and Gamma test methods in order to faster estimate daily evapotranspiration. *Journal of Soil and Water*, 3: 624-610.
- [41]. Farahani, H.A., Rahiminezhza, A., Same, L., and Immanezhad, K. (2010). A Comparison of partial least squares (PLS) and ordinary least squares (OLS) regressions in predicting of couples mental health based on their communicational patterns. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 5: 1459–1463.
- [42]. Eastman, J.R. (2009). *IDRISI Taiga Guide to GIS and Image Processing*. Clark-Labs, Clark University, Worcester, MA.
- [43]. Eastman, J.R., (2006). *IDRISI Andes. Tutorial*. Clark-Labs, Clark University, Worcester, MA.
- [44]. Pistocchi, A., Lu zi L., and Napolitano P. (2002). The use of predictive modeling techniques for optimal exploitation of spatial databases: a case study in landslide hazard mapping with expert system-like methods. *Environmental Geology*, 41(765):1-24.
- [45]. Chuvieco E., (2002). *Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde especial*. Editorial Ariel. Barcelona, Espuma.
- [46]. Bishop C.M., (1995). *Neural Networks for Pattern Recognition*. Oxford University Press, Oxford.
- [47]. Samanta, B., Bandopadhyay, S., and Ganguli, R., (2006). Comparative Evaluation of Neural Network Learning Algorithms for Ore Grade Estimation. *Mathematical Geology*, 38: 175-197.
- [48]. Salmanmahiny, A. and Kamyab, H. (2012). *Applied Remote Sensing and GIS with Idrisi.Mehrmahdis publisher*. 2nd Edition.
- [49]. Fan, F., Wang, Q., and Wang, Y. (2007). Land use and land cover change in Guangzhou, China, from 1998 to 2003, based on land sat TM/ETM+ imagery, *Sensors*, 7: 1323-1342.
- [50]. Fatemi, S.B., and Rezai, Y. (2012). *Principles of Remot Sensing*. Publication of Azadeh, Tehran, 288P.
- [51]. Rosenshein, L., Scott, L., and Pratt, M. (2011). Finding a Meaningful Model, *ArcUser*, 40-45.
- [52]. Babaei Eghdam, F., Esmaei Ouri, A., and Heidari Sariyan, V. (2011). Modeling the spatial pattern of land use SAREEN city in 1400 year using CLUE_S model. *Geographical Research*, 26(4): 93-116.
- [53]. Bakhtiyarifar, M., Mesgari, M.S., Kaeimi, M., and Chaharghani, A. (2011). Modeling of land use change using Multi Criteria Decision Methods and GIS. *Journal of Ecology*, 37(58): 57-43.