



تحلیل و پیش‌بینی تغییر کاربری زمین در نواحی ساحلی استان گیلان

سحر عبداللهی و هاشم داداش‌پور*

گروه برنامه ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۴

عبداللهی، س. و ه. داداش‌پور. ۱۳۹۸. تحلیل و پیش‌بینی تغییر کاربری زمین در نواحی ساحلی استان گیلان. فصلنامه علوم محیطی. ۱۷(۳): ۱۲۱-۱۳۶.

سابقه و هدف: تغییرهای کاربری زمین در استان ساحلی گیلان در دهه‌های اخیر مشکل‌هایی مانند تخریب جنگل و تالاب، فرسایش خاک، کاهش تنوع زیستی، افزایش آلودگی‌های محیط زیستی را بوجود آورده است. با توجه به اهمیت این منطقه بلحاظ ویژگی‌های خاص و منحصر به فرد و استفاده انسان از این محیط برای انواع فعالیت‌های مسکونی، صنعتی و تفریحی لازم است تا از تغییرهای صورت گرفته، عامل‌های مؤثر بر تغییرها آگاهی یافته و با پیش‌بینی روند تغییرها در آینده بتوان از بروز تخریب‌های غیرقابل جبران بر محیط زیست جلوگیری شود. هدف از پژوهش حاضر، تحلیل تغییرهای کاربری زمین‌های استان گیلان در یک دوره ۲۰ ساله (۱۳۷۵-۱۳۹۵) و پیش‌بینی تغییرها برای ۳۰ سال آینده بر اساس تلفیق شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه و مدل زنجیره مارکوف با استفاده از مدل ساز تغییر سرزمین است.

مواد و روش‌ها: از تصویرهای ماهواره لندست ۵ و ۸ سنجنده‌های (TM) و (OLI-TIRS) مربوط به سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۵، ۱۳۹۵ استفاده گردید. نقشه‌های پوشش زمین‌ها برای سال‌های یادشده در ۵ طبقه جنگل، مرتع، کشاورزی، منبع‌های آب و مسکونی با به‌کارگیری روش بیشترین احتمال تهیه شد. آشکارسازی تغییرها انجام و سپس مدل‌سازی پتانسیل انتقال با استفاده از الگوریتم پرسپترون چندلایه شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از ۱۳ متغیر مستقل و ۷ زیرمدل برای مدل‌سازی تغییرهای کاربری زمین‌ها برای سال ۱۳۹۵ صورت پذیرفت و سپس با روش زنجیره مارکوف نقشه کاربری زمین‌ها برای سال ۱۳۹۵ با ضریب ۰/۹۸ پیش‌بینی شد. در نهایت الگوی کاربری زمین‌های استان گیلان برای سال ۱۴۲۵ بر اساس آن شبیه‌سازی شد.

نتایج و بحث: نتایج به‌دست‌آمده از بررسی و پیش‌بینی تغییرهای کاربری زمین‌ها در دوره اول (۱۳۷۵-۱۳۸۵) بیانگر این بود که کاربری مسکونی با ۷۷۰۲/۷۲ هکتار افزایش بیشترین تغییرها را در بین دیگر کاربری‌ها دارد. در این تغییرها، کاربری کشاورزی بیشترین سهم را داشته است بطوری‌که ۷۶۶۳ هکتار از این زمین‌ها به منطقه‌های مسکونی تبدیل شده است. در دوره دوم (۱۳۸۵-۱۳۹۵) کاربری مسکونی همانند دوره قبل با نرخ تغییرهای سالیانه ۶۳۳/۷۳ هکتار بیشترین تغییرها را در این دوره داشته است. در کل دوره مطالعاتی از سال ۱۳۷۵ تا سال ۱۳۹۵ زمین‌های مسکونی از ۱۲۱۵۷/۵۷ هکتار در سال ۱۳۷۵ به ۲۶۱۹۷/۵۹ هکتار در سال ۱۳۹۵ رسیده که زمین‌های کشاورزی بیشترین سهم را در تبدیل منطقه‌های ساخته‌شده دارا بوده است.

نتیجه‌گیری: روند تغییرهای کاربری زمین‌ها نشان می‌دهد که این روند از گذشته شروع شده و در آینده نیز ادامه خواهد داشت بصورتی که نتایج آشکارسازی تغییرها از پیش‌بینی کاربری زمین‌ها برای ۳۰ سال آینده بیانگر افزایش کاربری مسکونی به میزان ۱۷۹۳۱/۵۱ هکتار و کاهش سطح زمین‌های کشاورزی، جنگلی و مرتعی خواهد بود. با توجه به این نتایج می‌توان گفت ارزیابی به‌موقع و دقیق این تغییرها به تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی بهتر می‌انجامد.

* Corresponding Author: Email Address: H-dadashpoor@modares.ac.ir

واژه‌های کلیدی: کاربری زمین، تصویرهای ماهواره‌ای، آشکارسازی تغییرها، مدل (LCM).

مقدمه

تغییرهای کاربری زمین در منطقه‌های ساحلی بدلیل پتانسیل بالای این نوع محیط‌ها در حوزه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، گردشگری، میراث فرهنگی و محیط زیستی Mousavi Malek *et al.* (2013)، با پیچیدگی و سرعت بالایی رخ می‌دهد که به لحاظ محیطی موجب تخریب زمین‌های سبز و کشاورزی، کاهش فضاهای طبیعی، کاهش کیفیت آب و زمین‌های کشاورزی (Dadashpoor *et al.* 2015; Dadashpoor and Sala 2015; Turner II *et al.* 1995; rian, 2018)، توسعه ساخت‌وساز در زمین‌های بکر، افزایش آلودگی محیط زیستی و آسیب‌های اکولوژیکی و عدم تعادل اکوسیستم در منطقه‌های ساحلی، فرسایش خاک، تبدیل خاک‌ها و زمین‌های مناسب برای کشاورزی و همچنین جنگل‌ها و دیگر منابع‌های طبیعی به دیگر کاربری‌ها شده است. روند توسعه و گسترش شهرهای ساحلی و تغییرهای کاربری زمین‌های مشاهده‌شده در آن که به یکی از مهم‌ترین نگرانی‌ها در منطقه‌های ساحلی تبدیل شده (Shi *et al.* 2015)، فرآیند پویا و پیچیده‌ای است که ناشی از اثر متقابل عامل‌های طبیعی، اجتماعی و اقتصادی است و اثرگذاری هر کدام از این عامل‌ها در زمان و مقیاس مختلف، متفاوت است (Lambin and Geist, 2006; Han *et al.*, 2015). بنابراین بمنظور کاهش اثرهای نامطلوب عامل‌های مختلف بر کاربری زمین که چنین تأثیر عمیقی بر الگوها و فرآیندهای اکولوژیکی چشم‌انداز در زمان‌های اخیر داشته و همچنین در جهت مدیریت محیط زیست و برنامه‌ریزی کاربری زمین نیاز به شناسایی ماهیت پویای این تغییرها دارد (Verburg *et al.*, 2002). استان گیلان بدلیل واقع شدن در خط ساحلی دریای خزر و قرار گرفتن در یکی از مهم‌ترین مسیرهای ارتباطی کشور و همچنین بهره‌مندی از مواهب طبیعی چون دریا و ساحل و با وجود همه قابلیت‌های طبیعی، اکولوژیکی و جغرافیایی همواره در معرض توسعه و تغییرات بوده است. تغییر اقلیم، جنگل‌زدایی، افزایش سیلاب و رسوب، آلودگی‌ها، رشد شهرها، بیابان‌زایی، فرسایش خاک، تغییر کاربری زمین‌های جلگه‌ای و جنگلی و ... همه از پیامدهای توسعه بدون برنامه‌ریزی و بدون توجه به اثرهای محیط زیستی در این منطقه است. با

توجه به اهمیت منطقه‌های ساحلی و پویایی تغییرهای کاربری زمین و اثرهای آن بر محیط زیست (Yousefi and Ashrafi, 2016) آشکارسازی، تحلیل عامل‌های مؤثر و پیش‌بینی این تغییرها بوسیله مدل‌های تجربی بر اساس برون‌یابی الگوهای تغییری که در گذشته نزدیک مشاهده شده (Stephenne and Lambin, 2004)، می‌تواند برای مدیران برای برنامه‌ریزی، سیاست‌گذاری و مدیریت بهتر اکوسیستم‌های طبیعی و انسان ساخت مفید واقع شود. مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرهای کاربری زمین برای بازایی تغییرهای کاربری زمین در دهه‌های اخیر با استفاده از فناوری سنجنش از دور مورد توجه قرار گرفته (Bakr *et al.*, 2010) و مطالعات بسیاری در این زمینه انجام شده است (Dadashpoor and Nateghi, 2017; Dadashpoor *et al.*, 2019a,b). برای مثال Khoi and Murayama (2010) از مدل‌سازی تغییر سرزمین و شبکه عصبی مصنوعی و با استفاده از تصویرهای ماهواره‌های لندست برای مدل‌سازی تغییرهای جنگل در پارک ملی تام دائو استفاده کرده و اقدام به پیش‌بینی تغییرهای سطح جنگل برای سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱ نمودند. مدل رقومی ارتفاع، شیب، نزدیکی به منبع‌های آبی، نزدیکی به جاده، نزدیکی به جنگل اولیه، نزدیکی به جنگل ثانویه، نزدیکی به منطقه‌های مسکونی و نزدیکی به زمین‌های کشاورزی بعنوان متغیرهای سنجنش در مدل بکار گرفته شدند. نتایج این مطالعه گویای کاهش سطح جنگل‌ها از سال ۲۰۰۷ تا سال ۲۰۲۱ بود. توپ-اجوی (Tope-Ajayi *et al.* 2013) اقدام به بررسی و پیش‌بینی تغییرهای کاربری زمین بر روی منطقه تالاب Eleyele در نیجریه با استفاده از تصویرهای ماهواره لندست و مدل‌سازی تغییر سرزمین از سال ۱۹۸۴ تا سال ۲۰۱۴ کردند. آشکارسازی تغییرات برای سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۸۴ و ۲۰۱۴-۲۰۰۰ صورت گرفت. برای تحلیل الگو و روند تغییر کاربری زمین‌ها و پیش‌بینی وضعیت کاربری آن‌ها برای سال ۲۰۴۴ به کمک مدل (LCM) و بر پایه شبکه عصبی و تحلیل زنجیره مارکوف صورت گرفت.

Mishra *et al.* (2014) با استفاده از مدل (LCM) و تصویرهای ماهواره‌ای به پیش‌بینی تغییرهای کاربری زمین‌های منطقه مظفرپور در ایالت بیهار کشور هند با مساحت کل ۳۲/۴۹۲

پس از آشکارسازی تغییر ها، به منظور مدل سازی از متغیرهای شیب، جهت، ارتفاع، شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده، فاصله از مرز زمین های جنگلی، فاصله از جاده، فاصله از زمین های کشاورزی، فاصله از شهر، فاصله از مرز زمین های مرتعی استفاده و در نهایت با استفاده از تحلیل زنجیره مارکوف وضعیت کاربری زمین ها برای سال ۲۰۵۰ پیش بینی شد. پژوهش حاضر در تلاش است تا با استفاده از داده های سنجش از دور، مهمترین عامل های تأثیرگذار بر تغییر های کاربری زمین ها و نیز نحوه برهم کنش این عامل ها با یکدیگر را در بازه زمانی ۲۰ سال در استان ساحلی گیلان شناسایی کرده و به مدل سازی تغییر های کاربری زمین ها با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و زنجیره مارکوف برای ۳۰ سال آینده، سال ۱۴۲۵ بپردازد. این پژوهش و نقشه های پیش بینی شده، می تواند برای مدیران و سیاستگذاران در جهت شیوه های مدیریت مناسب و ایجاد راهکارهای پایدار برای حفاظت از آن مفید واقع شود.

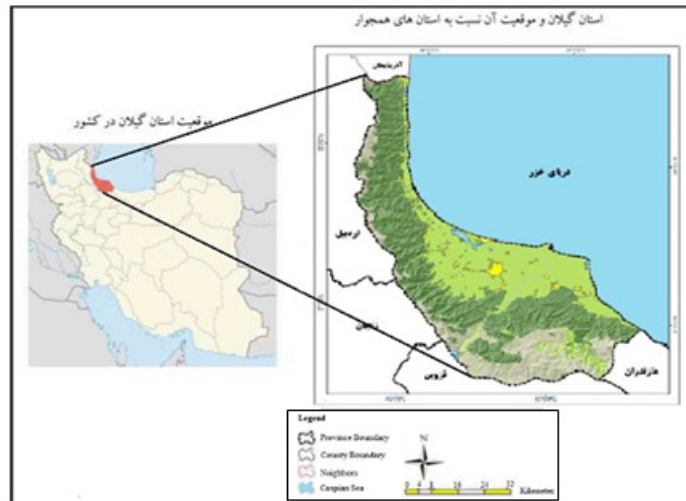
مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

استان ساحلی گیلان، یکی از استان های شمال کشور که جمعیت آن بنابر آمار سال ۱۳۹۵، برابر با ۲۵۳۰۶۹۶ نفر می باشد، در حدود ۱۴ هزار کیلومتر مربع مساحت دارد. این استان از طرف غرب به استان های اردبیل و آذربایجان از طریق جاده کوهستانی ارتباط دارد. استان گیلان از شمال به دریای خزر و کشور جمهوری آذربایجان، از غرب به استان اردبیل، از جنوب به استان زنجان و قزوین و از شرق به استان مازندران محدود می شود. طول سواحل در این استان حدود ۲۶۸ کیلومتر می باشد. استان مرزی گیلان با ۳۳ کیلومتر مرز خشکی و ۲۶۸ کیلومتر مرز آبی و مجموع ۳۰۱ کیلومتر مرز خشکی و آبی، حدود ۱ درصد مرزهای خشکی کشور و حدود ۶ درصد مرزهای آبی کشور و حدود ۳ درصد از مجموع مرزهای آبی و خاکی کشور را شامل می شود و رتبه سیزدهم کشوری و رتبه سوم مرز خشکی را داراست، ضمن این که منطقه مورد مطالعه در محدوده جغرافیایی عرض شمالی ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه و طول شرقی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه واقع شده است (شکل شماره ۱).

کیلومترمربع پرداختند. پس از آشکارسازی تغییر ها در طول دوره ۲۰۰۰-۱۹۸۸ از متغیرهای فاصله از شبکه جاده ای، ارتفاع، شیب و جهت بعنوان متغیرهای مؤثر بر تغییر های کاربری زمین ها استفاده شد. بدین صورت که با استفاده از نقشه تغییر ها و متغیرهای مؤثر بر آن ها، نقشه پتانسیل تغییر ها با استفاده از شبکه عصبی پروسپترون چندلایه ایجاد و سپس تخصیص تغییر به هر کاربری با استفاده از زنجیره مارکوف محاسبه شد. (Halmy et al (2015). مطالعه ای باهدف پیش بینی تغییر های کاربری زمین در سواحل شمال غربی مصر با مساحت ۲۸۰۰ کیلومترمربع با استفاده از زنجیره مارکوف انجام دادند. برای تحلیل تغییر ها از تصویر های ماهواره لندست سنجنده (TM) برای سال های ۱۹۸۸، ۱۹۹۹ و ۲۰۱۱ استفاده کردند. این نتایج بیانگر کاهش در مرتع ها و تالاب های جنگلی در سال ۱۹۸۸-۱۹۹۹، کاهش در باغ ها و مزرعه های کشاورزی و منطقه های سنگی در سال ۲۰۱۱-۱۹۹۹ و کاهش در مرتع ها، باغ ها و دیگر مزرعه های کشاورزی و همچنین منطقه های سنگی در سال ۲۰۲۳-۲۰۱۱ بود.

Bao et al. (2017) برای بررسی نقش عامل های محرک تغییر های کاربری زمین در منطقه ساحلی جیانگ سو در سال ۲۰۰۶ مطالعه ای را با به کارگیری مدل کلو-اس و رگرسیون لجستیک انجام دادند و به شبیه سازی و پیش بینی تغییر های کاربری زمین ها در ۵ تا ۱۰ سال آینده پرداختند. نقش نیروهای محرک تغییر ها با استفاده از رگرسیون لجستیک مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این مطالعه از متغیرهایی مانند جمعیت، فاصله از شهر، فاصله از بزرگراه، ارتفاع، تولید ناخالص ملی استفاده شد. نتایج بررسی تغییر ها در دوره ۱۵ ساله ۲۰۱۱-۱۹۹۶ نشان دهنده افزایش کاربری های صنعتی، زیرساخت های حمل و نقل، سکونتگاه ها و کاهش باغ، جنگل و آب است. همچنین مشخص شد که بین عامل های محرک انتخابی و انواع کاربری زمین ارتباط خوبی وجود دارد و در این میان رشد جمعیت و توسعه اقتصادی بیشترین نقش را در تغییر های صورت گرفته در کاربری و پوشش زمین های منطقه دارد. (Bao et al., (2017). Falahatkar et al. (2016) باهدف بررسی و پیش بینی تغییر های کاربری زمین های منطقه دیلمان استان گیلان با مساحت بیش از ۱۰۰۰۰ هکتار، از مدل ساز تغییر سرزمین (LCM) استفاده کردند.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Fig. 1- Location of the study area

فیوژن^۳ استفاده شد. در این فرآیند داده‌های باند چند طیفی^۴ و پانکروماتیک^۵ به منظور ایجاد تصویرها با تفکیک مکانی بهتر باهم ترکیب می‌شوند. از آنجاکه توان تفکیک اطلاعات مربوط به داده‌های تصویرهای چند طیفی، ۳۰ متر است و توان تفکیک تصویرهای پانکروماتیک ۱۵ متر است، این فرآیند سبب می‌شود که توان تفکیک مکانی و طیفی تصویر جدید به ۱۵ متر برسد. در ادامه مرحله‌های تولید نقشه‌های پوشش زمین‌ها، از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده^۶ بیشترین احتمال^۷ با استفاده از نمونه‌های تعلیمی^۸ تعریف‌شده برای هر کلاس پوشش زمین‌ها استفاده شد. ۵ کلاس کاربری بصورت جنگل، کشاورزی، آب، مرتع، مسکونی مشخص شد. پس از مشخص کردن نمونه‌های تعلیمی و کلاس‌های پوشش زمین‌ها، در نهایت نقشه‌های پوشش زمین‌ها مربوط به سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۵، ۱۳۹۵ در پایان این مرحله‌ها تهیه شد.

ارزیابی صحت تصویرهای طبقه‌بندی

بمنظور تعیین ارزیابی صحت نقشه‌های تولیدشده با داده‌های واقعی نیاز به داده‌های مرجع است، داده‌هایی که از مرجعی دقیق‌تر نسبت به تصویر ماهواره‌ای مورد استفاده، تهیه شده که در این پژوهش بمنظور ارزیابی صحت، از تصویرهای گوگل ارث و نقشه‌های توپوگرافی استفاده گردید. در نهایت ضریب کاپا و ماتریس خطا برای هر کلاس پوشش زمین‌ها به دست آمد.

آشکارسازی تغییرها

مدل ساز تغییر سرزمین^۹ مدلی است که می‌تواند تغییرهای

روش تحقیق

داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق برای تهیه نقشه‌های کاربری زمین‌ها از داده‌های سنجنده های (TM) سال ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵ و سنجنده (OLI-TIRS) سال ۱۳۹۵ ماهواره لندست و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه استفاده شد (جدول ۱). سعی شده نزدیک‌ترین تصویرهای برداشت‌شده به دوره‌های زمانی مورد نظر انتخاب شده و مورد استفاده قرار بگیرد. تصویرهای مورد استفاده چون توسط سنجنده‌های مختلف و در شرایط متفاوت گرفته شده اند، بنابراین بر روی تک‌تک تصویرها بصورت جداگانه تصحیح‌های رادیومتریکی و اتمسفری انجام شد. برای بررسی کیفیت هندسی تصویرها نیز از روی هم گذاری تصویرها و لایه وکتوری جاده‌ها استفاده گردید که در نتیجه مشخص شد که تصویرها از صحت هندسی مناسبی برخوردار هستند و نیاز به تصحیح هندسی ندارند. پس از مرحله پیش‌پردازش^۱ تصویرها، یعنی اعمال تصحیح‌های رادیومتریکی و اتمسفری روی آن‌ها، بمنظور شناسایی و تفکیک پدیده‌ها از همدیگر تصویر رنگی کاذب^۲ مربوط به هر تاریخ به‌ویژه ترکیب (۲ و ۳ و ۴) برای سنجنده‌های مختلف تهیه شد (Taheri et al., 2014). پردازش‌های بیان شده توسط نرم‌افزار (Envi 5.3) صورت گرفت.

در تهیه تصویرهای رنگی سعی شد تا آن‌هایی که به روشنی نشان‌دهنده کلاس‌های کاربری مورد نظر باشد ایجاد شود. گفتنی است که در تصویرهای مربوط به لندست ۸ فرآیند

جدول ۱- ویژگی های تصویر های ماهواره ای مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه
Table 1. Characteristics of satellite imagery used in the study area

سطح تصحیحات Correction level	نام سنجنده Sensor name	سیستم تصویر Project system	گذر Pass	ردیف Row	تاریخ Date	ماهواره Satellite
			165	034	1996.07.01	
			165	035	1996.09.19	
L1T	TM	WGS84	166	033	1996.09.10	Landsat5
			166	034	1996.09.10	
			166	035	1996.09.26	
			165	034	2006.08.19	
			165	035	2006.08.19	
L1T	TM	WGS84	166	033	2006.08.10	Landsat5
			166	034	2006.08.10	
			166	035	2006.08.10	
			165	34	2016.06.27	
L1T	OLI-TIRS	WGS84	165	35	2016.09.15	Landsat8
			166	34	2016.08.21	
			167	33	2016.08.12	

استفاده می شود. این نقشه بر اساس تغییر های رخ داده در دوره قبل و عامل های تأثیر گذار بر آن مانند شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه، فاصله از کاربری ها و... عمل می کند. مدل (LCM) این امکان را فراهم می کند که بتوان توانایی متغیرهای مورد استفاده در تغییر های صورت گرفته در کاربری زمین ها را بر آورد و در نهایت متغیرهای مؤثر برای فرآیند مدل سازی انتخاب گردند. متغیرها می توانند به ۲ حالت ایستا و پویا به مدل اضافه شوند. متغیرهای ایستا متغیرهایی هستند که در طول زمان تغییر پیدا نمی کنند، مانند شیب، ارتفاع، درحالی که متغیرهای پویا وابسته به زمان هستند. متغیرهای در نظر گرفته شده در این پژوهش شامل ارتفاع، شیب، جهت، فاصله از جنگل، فاصله از مرتع، فاصله از زمین های کشاورزی، فاصله از منطقه های مسکونی، فاصله از جاده ها، فاصله از رودخانه، فاصله از خط ساحلی، جمعیت، نرخ رشد و تراکم جمعیت منطقه می باشد. میزان نقش و توانایی متغیرها در پیش بینی تغییر های کاربری زمین ها با محاسبه ضریب کرامر مشخص می شود. ضریب کرامر عددی میان صفر و یک است که هر چه به یک نزدیک تر باشد نشان دهنده میزان همبستگی بالا بین متغیر مستقل و وابسته است (Taheri et al., 2014). هنگامی که متغیرهای مدل انتخاب شدند و پس از انتخاب زیر مدل ها، هر یک از انتقال ها

پوشش سرزمین را تحلیل و به پیش بینی تغییر های کاربری زمین ها برای آینده پردازد. این مدل ساز قادر به ایجاد سناریوهای تغییر زمین ها با ادغام عامل های زیستی، فیزیکی و اجتماعی-اقتصادی است که مؤثر بر تغییر های کاربری زمین ها هستند (Azizi Gha-*lati et al.*, 2015). مرحله های مدل سازی شامل ۴ مرحله است: تجزیه و تحلیل تغییر ها، مدل سازی پتانسیل انتقال، پیش بینی و مدل سازی تغییر ها، ارزیابی صحت مدل سازی. در شکل ۲ روند کار نشان داده شده است.

در مرحله اول ارزیابی سریع تغییر های کاربری زمین این امکان وجود دارد که تغییر های رخ داده در پوشش زمین های یک منطقه را در دوره زمانی خاص بتوان مشخص کرد که این کار با استفاده از نقشه های دو مقطع زمانی آغاز و انتهای دوره انجام می گیرد. مدل (LCM) این امکان را برای کاربر فراهم می کند که میزان افزایش و کاهش^{۱۰} را در کلاس های پوشش زمین ها، تغییر های خالص^{۱۱}، روند فضایی تغییرات را در هر کاربری بصورت نقشه و نمودار بیان کند (Joorabian Shooshtari, 2012). نرم افزار استفاده شده در این تحقیق برای اجرای مدل ساز تغییر سرزمین (IDRISI SELVA 17) است.

مدل سازی پتانسیل تغییر ها

برای پیش بینی تغییر های کاربری از نقشه پتانسیل تغییر ها

با استفاده از پروسپترون چندلایه^{۱۳} شبکه عصبی مصنوعی مدل‌سازی می‌شوند. شبکه مصنوعی می‌تواند پتانسیل تغییر مجموعه‌ای از کاربری‌ها به یک کاربری معین را در مجموعه‌ای از زیر مدل‌ها گروه‌بندی و پتانسیل تبدیل همه کاربری‌ها به یکدیگر را در یک زیر مدل واحد مدل‌سازی کند. زیر مدل‌های کشاورزی به مسکونی، کشاورزی به منبع‌های آب، جنگل به کشاورزی، مرتع به کشاورزی، منبع‌های آب به کشاورزی، جنگل به مرتع، مرتع به مسکونی در نظر گرفته شدند.

انتخاب متغیرهای مستقل

بر اساس نقشه‌های توپوگرافی، مدل رقومی ارتفاع با اندازه سلول ۳۰ متر تهیه و بر اساس آن نقشه‌های شیب و جهت تهیه شد. برای متغیرهای فاصله از حاشیه جنگل، فاصله از مرتع، فاصله از زمین‌های کشاورزی، فاصله از منطقه‌های مسکونی نقشه بولین هر یک از کاربری‌ها تهیه و نقشه‌های فاصله از آن‌ها ایجاد شد. با توجه به نقش عامل‌های اجتماعی در تغییر کاربری زمین‌ها سعی شد تا از این متغیر نیز در مدل‌سازی استفاده شود، به همین منظور داده‌های مربوط به سرشماری نفوس و مسکن سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۵، ۱۳۹۵ از مرکز آمار کشور تهیه و برای نرخ رشد جمعیت از فرمول زیر استفاده شد.

$$r = \sqrt[n]{\frac{pt+n}{pt}} \quad (1)$$

که در آن :

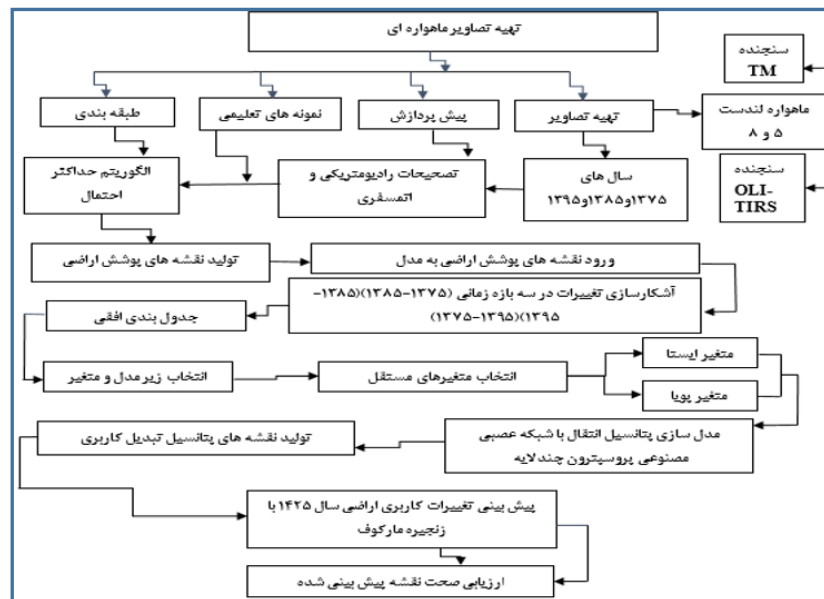
$I =$ نرخ رشد جمعیت، $n =$ فاصله بین دو سرشماری، $pt+n =$ جمعیت در سرشماری دوم، $pt =$ جمعیت در سرشماری اول برای به دست آوردن تراکم جمعیت، مساحت منطقه‌های مسکونی شهرستان‌های استان محاسبه شد و با استفاده از جمعیت هر روستا، تراکم جمعیت برای هر یک از محدوده‌ها به دست آمد. بمنظور نقشه‌سازی این متغیرها، ارزش جمعیت، نرخ رشد و تراکم جمعیت مربوط به هر شهرستان در نقشه بولین منطقه‌های مسکونی وارد شد و برای مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفت.

پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرها

پس از مرحله مدل‌سازی پتانسیل انتقال، پیش‌بینی تغییرها با استفاده از زنجیره مارکوف^{۱۴} برای زمان موردنظر صورت می‌گیرد. احتمال تغییر یک کاربری در دوره ۱۳۸۵-۱۳۹۵، با توجه به تغییرهای دوره ۱۳۸۵-۱۳۷۵ با استفاده از تحلیل زنجیره مارکوف محاسبه و نقشه سال ۱۳۹۵ پیش‌بینی می‌شود. این نقشه بعنوان یک پایه برای مدل‌سازی تغییرهای پوشش زمین‌های آینده بکار می‌رود (Eastman, 2015).

اعتبارسنجی^{۱۵} نقشه پیش‌بینی شده

پس از تهیه نقشه پیش‌بینی پوشش سرزمین، نقشه پیش‌بینی شده



شکل ۲- فرآیند پژوهش

Fig. 2 – Research process

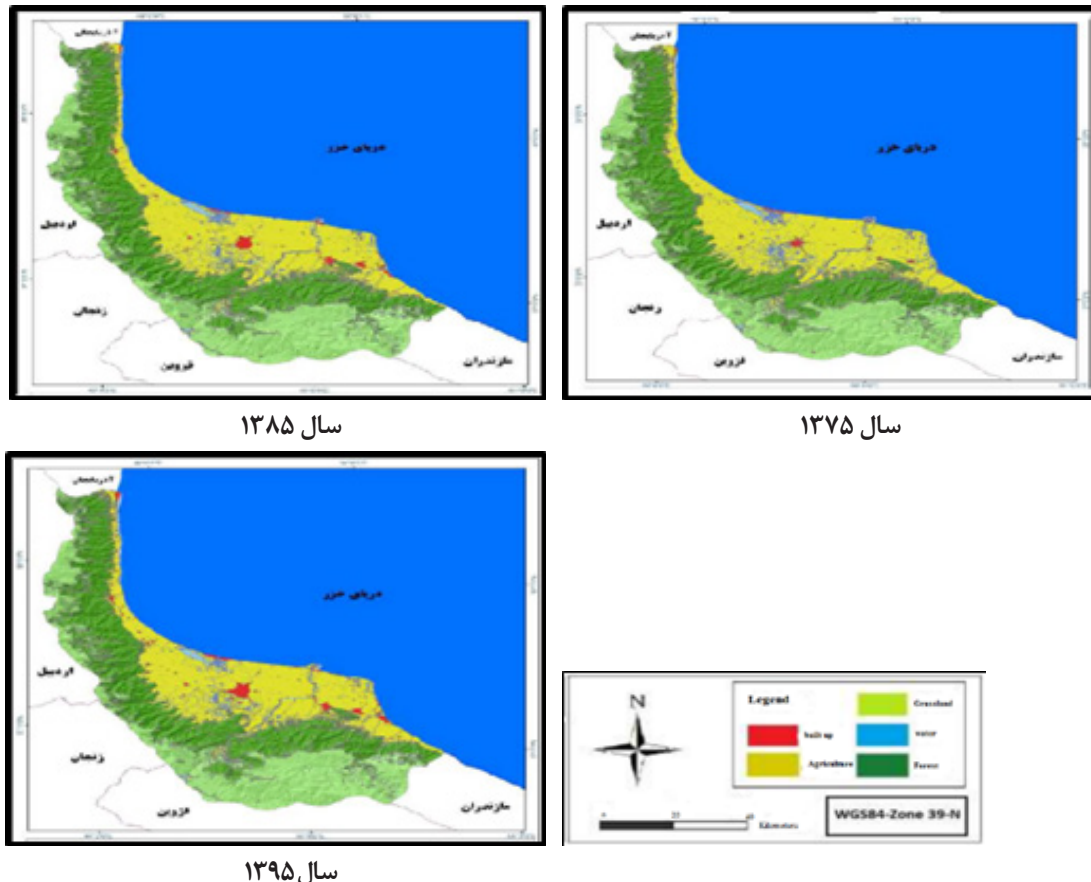
ضریب کاپا ۱- است. ضریب کاپای صفر هم بدین معنی است که ۵۰ درصد پیکسل‌ها تغییر کرده‌اند (Joorabian Shooshitari, 2012). در این پژوهش از کاپای استاندارد برای بررسی صحت مدل‌سازی استفاده شده است.

نتایج و بحث

با استفاده از روش طبقه‌بندی بیشترین احتمال نقشه‌های کاربری زمین‌های سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۵، ۱۳۹۵ در ۵ کلاس کاربری تهیه شد (شکل ۳).

بر اساس نتایج دقت کل در نقشه‌های طبقه‌بندی شده سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ به ترتیب برابر با ۸۵/۹۵، ۸۳/۱۴ و ۹۲/۱۲ درصد به دست آمد. همچنین ضریب کاپای نقشه‌های بیان شده به ترتیب ۰/۸۲، ۰/۷۶ و ۰/۸۸ به دست آمد که این نتایج به استناد Eastman (2015) ضریب‌های صحت کلی و کاپای بزرگ‌تر از ۰/۷ را خیلی خوب و کمتر از ۰/۴ را ضعیف ارزیابی کرده، نشان از

با نقشه واقعیت زمینی مورد مقایسه قرار می‌گیرد. اعتبار سنجی این امکان را برای کاربر فراهم می‌کند، که صحت نقشه کاربری زمین‌های پیش‌بینی شده را نسبت به نقشه واقعی منطقه تعیین کند (Eastman, 2015). این ارزیابی با سنجش توافق کاپا (KIA) که بطور عموم برای تعیین ارزیابی صحت، اعتبار مدل و تغییر به کار گرفته می‌شود محاسبه می‌گردد. مهم‌ترین انواع کاپا، کاپای استاندارد^{۱۶}، کاپا برای مکان^{۱۷}، کاپا برای کمیت^{۱۸} و کاپا برای نبود اطلاعات^{۱۹} است. روش کاپای استاندارد، صحت نسبی مشاهده شده به صحت نسبی مورد انتظار را بر اساس شانس مقایسه می‌کند. به این ترتیب درستی کل که به درصد بیان می‌شود میزان توافق و همخوانی دو تصویر را نشان می‌دهد (Gholamalifard et al., 2014). نمایه توافق کاپا از ۱- تا ۱+ است و نشان‌دهنده درجه تشابه بین تصویرها است. چنانچه دو تصویر تشابه کامل داشته باشند، (عدم تغییر) ضریب کاپا ۱ است و اگر یک تصویر بطور کامل متفاوت از دیگری باشد



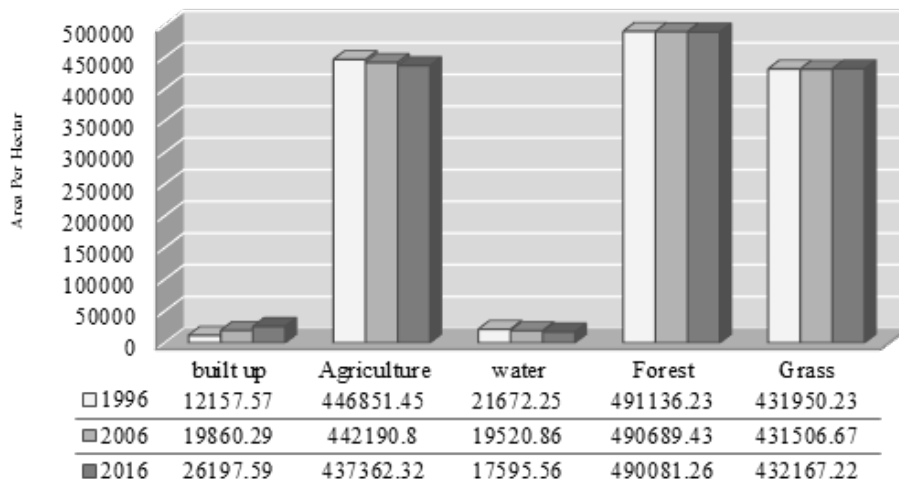
شکل ۳- پوشش زمین‌های منطقه برای سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۵، ۱۳۹۵
 Fig. 3- Land cover of the study area for years 1996, 2006 and 2016

۱۴۰۴/۰۲ هکتار افزایش داشته است. کاربری های کشاورزی، آب و جنگل بترتیب ۹۴۸۹/۱۳، ۴۰۷۶/۶۹ و ۱۰۵۵/۱۹ هکتار کاهش یافته‌اند که بیشترین نرخ کاهش متعلق به کاربری کشاورزی بمیزان ۴۷۴/۴۵ هکتار در سال است. همچنین زمین های مرتعی با نرخ ۱۰/۸۴ هکتار در سال افزایش یافته است. با توجه به شکل ۴ که مساحت کاربری های مختلف را در هر سه سال نشان می دهد، در دوره ۱۳۷۵-۱۳۸۵ کاربری مسکونی با ۷۷۰۲/۷۲ هکتار افزایش

صحت قابل قبول نقشه های طبقه بندی شده دارد.

آشکارسازی تغییرها

پس از تهیه نقشه های کاربری زمین های منطقه، برای آشکارسازی تغییرهای کاربری در دوره های زمانی ۱۳۷۵-۱۳۸۵، ۱۳۸۵-۱۳۹۵ و ۱۳۹۵-۱۳۷۵ از مدل ساز تغییر سرزمین استفاده شد. بر اساس نتایج در طول کل دوره مطالعاتی یعنی ۱۳۷۵-۱۳۹۵، در مجموع کاربری مسکونی با نرخ ۷۰۲ هکتار در سال،



شکل ۴- مقایسه مساحت کاربری های زمین در سال های ۱۳۷۵، ۱۳۸۵، ۱۳۹۵
Fig. 4- Comparison of the area of land uses in years 1996, 2006 and 2016

برای سال ۱۳۷۵-۱۳۸۵ آورده شده است. نتایج نشان می دهد که بر اساس میزان ضریب کرامر تمامی متغیرها در تغییرهای کاربری زمین های منطقه تأثیر گذار بودند. از بین متغیرهای مورد بررسی، متغیر فاصله از مسکونی و فاصله از خط ساحلی بیشترین ضریب کرامر و پایین ترین آن برای متغیرهای تراکم جمعیت و نرخ رشد جمعیت به دست آمد. تعدادی از متغیرها، ضریب کرامر آن ها پایین است ولی بادر گرفتن اینکه این متغیرها مقدار مناسبی از ضریب کرامر را برای برخی کاربری ها دارند، در مدل سازی پتانسیل تغییرها استفاده شدند. متغیر ارتفاع از سطح دریا روی تغییرهای کاربری آب، کشاورزی و جنگل تأثیر گذار است. متغیر شیب بیشترین تأثیر را روی کاربری آب، مرتع و جنگل دارد. متغیر جهت نیز با وجود این که میزان ضریب کرامر کل این متغیر ۰/۱۴۰ به دست آمده است ولی معنی داری بالایی با تغییرهای کاربری کشاورزی بمیزان ۰/۵۱۵ دارد، همچنین با توجه بمیزان پایین ضریب کرامر برای متغیرهای نرخ رشد جمعیت و تراکم جمعیت از آن ها در مدل سازی استفاده نشد.

بیشترین تغییر را در این دوره بین دیگر کاربری ها دارد، که بطور متوسط ۷۷۰/۲۷ هکتار در سال افزایش یافته است. کشاورزی و آب بیشترین کاهش را در بین دیگر کاربری ها دارند، که بترتیب ۴۶۶۰/۶۵ و ۲۱۵۱/۳۹ هکتار از سطح آن ها کاسته شده است. در این دوره جنگل و مرتع، تغییرهای مشابهی داشته اند بطوری که بترتیب در طول ۱۰ سال، ۴۴۶/۸ و ۴۴۳/۵۶ هکتار از سطح آن ها کاسته شده که با نرخ تغییر ۴۴/۶۸ و ۴۴/۳۵ هکتار در سال کمترین تغییر را بین دیگر کاربری ها داشته اند. در دوره ۱۳۸۵-۱۳۹۵ کاربری های مسکونی و مرتع بترتیب ۴۴/۳۰ و ۶۶۰/۵۵ هکتار افزایش یافته اند. کاربری مسکونی با نرخ تغییرهای سالانه ۶۳۳/۷۳ هکتار بیشترین تغییرها را در این دوره داشته است، همچنین زمین های جنگلی و منبع های آب بترتیب ۶۰۸/۱۷ و ۱۹۲۵/۳۰ هکتار کاهش داشته اند.

متغیرها

میزان نقش و توانایی متغیرها در پیش بینی تغییرهای کاربری زمین ها با محاسبه ضریب کرامر مشخص می شود. در جدول ۲ میزان ضریب کرامر برای هر یک از متغیرها و همچنین ضریب کرامر کلی

جدول ۲- میزان ضریب کرامر متغیرهای مؤثر در تغییرهای کاربری زمین ها ۱۳۸۵-۱۳۷۵
Table 2. Cramer's coefficient of variables effective on land use changes in the period of 1996-2006

ماهیت Nature	ضریب کرامر Cramer's coefficient	طبقات کاربری زمین ها Land Use Clases					متغیرها Variables
		مسکونی Built-up	جنگل Forest	کشاورزی Agriculture	مرتع Grass	آب Water	
پویا Dynamic	0.486	0	0.122	0.433	0.573	0.774	فاصله از مسکونی Distance from residential area
پویا Dynamic	0.236	0.453	0.07	0.218	0.337	0.178	فاصله از جاده Distance from road
پویا Dynamic	0.394	0	0.143	0.156	0.793	0.533	فاصله از جنگل Distance from forest
پویا Dynamic	0.468	0	0.087	0.114	0.608	0.828	فاصله از کشاورزی Distance from agriculture
پویا Dynamic	0.457	0	0.055	0.095	0.562	0.638	فاصله از مرتع Distance from grassland
پویا Dynamic	0.338	0.121	0.367	0.088	0.353	0.577	فاصله از آب Distance from water
پویا Dynamic	0.495	0.539	0.110	0.363	0.176	0.680	فاصله از ساحل Distance from coast
ایستا Static	0.083	0.061	0.136	0.155	0.093	0.273	ارتفاع Elevation
ایستا Static	0.121	0.128	0.191	0.108	0.142	0.375	شیب Slope
ایستا Static	0.140	0.073	0.146	0.515	0.151	0.385	جهت Aspect
پویا Dynamic	0.274	0	0.119	0.131	0.331	0.505	جمعیت ۱۳۸۵ Population2006
پویا Dynamic	0.017	0.012	0.019	0.010	0.014	0.015	نرخ رشد جمعیت ۱۳۷۵-۱۳۸۵ Population growth rate1996-2006
پویا Dynamic	0.066	0.076	0.020	0.025	0.033	0.035	تراکم جمعیت ۱۳۸۵ Population density2006

پیش بینی تغییرهای کاربری زمین ها

احتمال تغییر یک کاربری در دوره ۱۳۹۵-۱۳۸۵، با توجه به تغییرهای دوره ۱۳۸۵-۱۳۷۵ با استفاده از تحلیل زنجیره مارکوف محاسبه شد. بیشترین احتمال تغییر در نقشه پیش بینی سال ۱۳۹۵ بر اساس تغییرهای صورت گرفته در دوره ۱۳۸۵-۱۳۷۵، تغییر منبعهای آب به کاربری کشاورزی و کاربری کشاورزی به کاربری مسکونی بترتیب برابر با ۰/۷۶۸ و ۰/۱۵۸ به دست آمد. با استفاده از تغییرهای رخ داده در دوره ۱۳۸۵-۱۳۷۵ و نقشههای پتانسیل تغییر

مدل سازی پتانسیل انتقال

مدل سازی پتانسیل انتقال با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی انجام شد. سه عامل ارزیابی صحت، خطای آموزش و خطای آزمون برای ارزیابی مدل سازی پتانسیل تغییرها توسط مدل محاسبه شد. در این مرحله باید تغییرهایی در زیر مدلها در نظر گرفته شود، که امکان بروز آنها به صورت طبیعی وجود دارد و در دوره قبلی (۱۳۸۵-۱۳۷۵) نیز تغییر را تجربه کرده اند.

جدول ۳- میزان ضریب کرامر متغیرهای مؤثر در تغییرهای کاربری زمین های ۱۳۸۵-۱۳۹۵
 Table 3. Cramer's coefficient of variables effective on land use changes in the period of 2006-2016

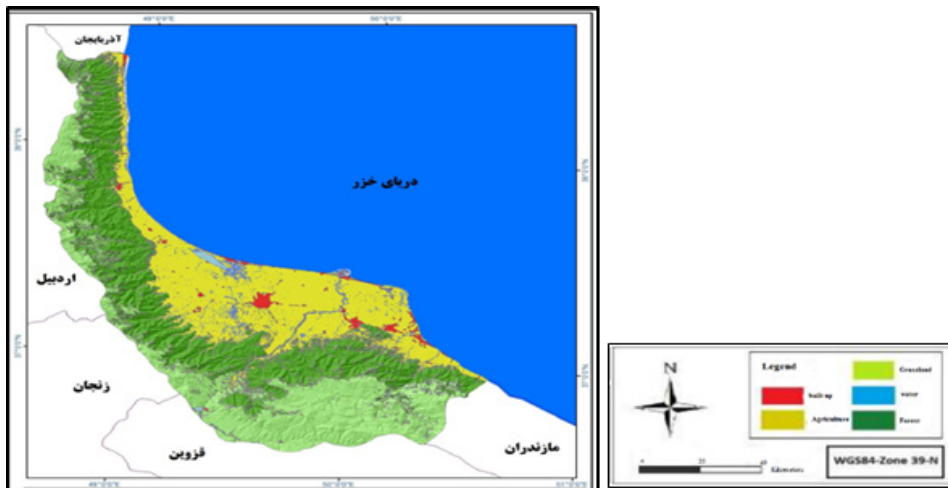
ماهیت Nature	ضریب کرامر Cramer's coefficient	طبقات کاربری زمین ها Land Use Clases					متغیرها Variables
		مسکونی Built-up	جنگل Forest	کشاورزی Agriculture	مرتع Grass	آب Water	
پویا Dynamic	0.486	0.286	0.116	0.468	0.565	0.757	فاصله از مسکونی Distance from residential area
پویا Dynamic	0.240	0.246	0.074	0.244	0.336	0.427	فاصله از جاده Distance from road
پویا Dynamic	0.383	0	0.128	0.163	0.797	0.531	فاصله از جنگل Distance from forest
پویا Dynamic	0.467	0.113	0.086	0.139	0.600	0.835	فاصله از کشاورزی Distance from agriculture
پویا Dynamic	0.458	0	0.058	0.100	0.562	0.637	فاصله از مرتع Distance from grassland
پویا Dynamic	0.336	0.097	0.335	0.103	0.353	0.572	فاصله از آب Distance from water
پویا Dynamic	0.452	0.366	0.111	0.409	0.116	0.620	فاصله از ساحل Distance from coast
ایستا Static	0.192	0.046	0.135	0.116	0.111	0.310	ارتفاع Elevation
ایستا Static	0.148	0.109	0.198	0.099	0.188	0.298	شیب Slope
ایستا Static	0.140	0.073	0.146	0.515	0.151	0.385	جهت Aspect
پویا Dynamic	0.308	0	0.153	0.158	0.310	0.568	جمعیت سال ۱۳۹۵ Population2006

ارزیابی تأثیر متغیرها در تغییرهای کاربری زمین های دوره ۱۳۸۵-۱۳۹۵، فرآیند مدل‌سازی تغییرهای کاربری زمین‌ها انجام شد. با توجه به اینکه در دوره ۱۳۸۵-۱۳۷۵ میزان ضریب کرامر برای متغیرهای نرخ رشد جمعیت و تراکم جمعیت پایین است، از این متغیرها در مدل‌سازی پتانسیل تغییرها برای این سال‌ها استفاده نگردید. جدول ۳ نتایج محاسبه ضریب کرامر بر اساس تغییرهای ۱۳۸۵-۱۳۹۵ را برای هر یک از متغیرها نمایش می‌دهد. نتایج محاسبه ضریب کرامر بین متغیرهای مؤثر در تغییرها و کاربری‌ها در دوره دوم نیز روند مشابهی با دوره اول نشان داد و تغییرهای محسوسی مشاهده نشد. در هر دو دوره از متغیرهای فاصله از مسکونی، فاصله از جاده، فاصله از

ایجادشده و همچنین نتایج زنجیره مارکوف، نقشه پیش‌بینی شده کاربری زمین‌ها برای سال ۱۳۹۵ بمنظور ارزیابی مدل‌سازی تغییر سرزمین تهیه شد (شکل ۵).

اعتبارسنجی نقشه پیش‌بینی کاربری زمین‌های سال ۱۳۹۵

ماتریس خطا برای نقشه کاربری زمین‌های پیش‌بینی شده در مقایسه این نقشه با نقشه کاربری زمین‌های حاصل از تفسیر بصری تصویرهای ماهواره‌ای صحت کلی و مقدار سنجه کاپا بترتیب برابر با ۹۸/۹۰ درصد و ۰/۹۸۲۷ مشخص شد. پس از پیش‌بینی نقشه سال ۱۳۹۵ و مقایسه آن با نقشه واقعی برای



سال ۱۳۹۵
2016 Year

شکل ۵- کاربری زمین های پیش بینی شده سال ۱۳۹۵ با استفاده از مدل ساز تغییر سرزمین
Fig. 5 - Predicted land use by land change modeler for the year 2016

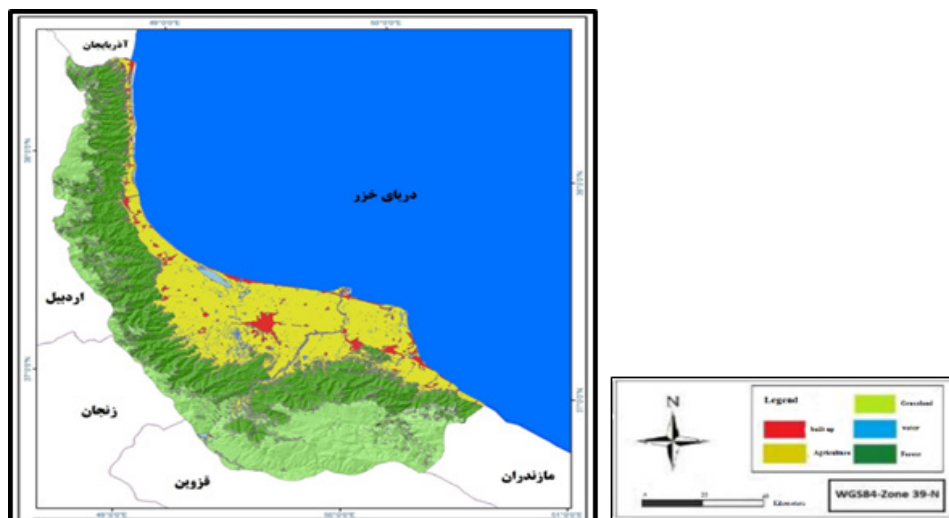
کاربری دوره ۱۳۸۵-۱۳۹۵ در مدل ساز تغییر سرزمین و با استفاده از تحلیل زنجیره مارکوف، در نهایت نقشه کاربری زمین برای سال ۱۴۲۵ پیش بینی شد (شکل ۶).

نکته مهمی که در پیش بینی تغییر های کاربری زمین ها باید در نظر گرفت این است که تغییر های کاربری آینده با روند قبلی صورت خواهد گرفت و فرض بر ثابت بودن همه شرایط و عامل های فعلی است. پیش بینی نقشه کاربری زمین در سال ۱۴۲۵ بیانگر بیشترین افزایش مساحت ۱۷۹۳۱/۵۱ هکتار در کاربری

جنگل، فاصله از کشاورزی، فاصله از مرتع ها، فاصله از منبع های آب، فاصله از خط ساحلی، ارتفاع، شیب، جهت و جمعیت برای تهیه نقشه های پتانسیل تغییر ها و پیش بینی تغییر های کاربری استفاده شد. در این دوره بالاترین ضریب کرامر برای فاصله از مسکونی و پایین ترین برای جهت به دست آمد.

پیش بینی تغییر ها برای سال ۱۴۲۵

پس از شناسایی متغیر های مؤثر، با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی نقشه های پتانسیل تغییر ها ایجاد و با توجه به تغییر های



سال ۱۴۲۵
2045 Year

شکل ۶- کاربری زمین های پیش بینی شده سال ۱۴۲۵ با استفاده از مدل ساز تغییر سرزمین
Fig. 6 - Predicted land use by the land change modeler in the year 2045

ویلا سازی و زمین خواری در منطقه، استفاده حداکثری از سطح زیر کشت زمین های کشاورزی و جلوگیری از کاهش سطح و تراکم جنگل ها باید در برنامه های آتی مدنظر قرار گیرد. در مجموع می توان عنوان کرد که مدل ساز تغییر سرزمین و شبکه عصبی مصنوعی با برخورداری از ابزار ها و قابلیت های متنوع و کاربردی، یک ابزار قابل اتکا در زمینه آشکارسازی و پیش بینی تغییر های کاربری است و می توان از آن در مطالعات مشابه استفاده نمود. در همین راستا پیشنهادهایی برای بهبود عملکرد مدل مطرح می شود. در مطالعات بعدی در حد امکان برای مدل سازی و پیش بینی تغییر های کاربری زمین ها از متغیرهای اجتماعی-اقتصادی متنوعی همچون اطلاعات قیمت زمین و تغییر های آن در طول زمان استفاده شود. همچنین استفاده از متغیرهای کیفی در فرآیند مدل سازی و پیش بینی تغییر های کاربری زمین ها مانند تیپ خاک، تیپ پوشش گیاهی، بارندگی و ... با استفاده از ابزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل ساز تغییر سرزمین موجب افزایش دقت و صحت اطلاعات خروجی خواهد شد.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه ای به همین نام است که در دانشگاه تربیت مدرس انجام شده است.

پی نوشت ها

- ¹ Preprocessing
- ² False Color Composite
- ³ Fusion
- ⁴ Multispectral Band
- ⁵ Panchromatic Band
- ⁶ Supervised Classification
- ⁷ Maximum Likelihood
- ⁸ Training Samples
- ⁹ Land Change Modeler
- ¹⁰ Gain and Losses
- ¹¹ Net Change
- ¹² The Spatial Trend of Change
- ¹³ Multi Layer Perceptron
- ¹⁴ CA-MARKOV
- ¹⁵ Validation

مسکونی و بیشترین کاهش مساحت ۱۴۲۶۶/۳۲ هکتار در کاربری کشاورزی از سال ۱۳۹۵ تا سال ۱۴۲۵ است. نتایج به دست آمده برای سال ۱۴۲۵ گویای رشد توسعه منطقه های شهری و کاهش کلاس های کاربری زمین های کشاورزی و آب بوده و این روند در آینده نیز ادامه خواهد داشت.

نتیجه گیری

در سال های اخیر مدل های زیادی به منظور درک، ارزیابی و پیش بینی روند تغییر های کاربری زمین ها توسعه یافته اند. یکی از این مدل ها، مدل ساز تغییر سرزمین است که در مطالعات زیادی مورد استفاده قرار گرفته است. در این مطالعه نیز از مدل ساز تغییر سرزمین استفاده و سعی شد تا با بررسی تغییر های صورت گرفته تا حدی دلایل ایجاد کننده این تغییر ها شناسایی و با استفاده از آن وضعیت آینده تغییر ها را پیش بینی نمود. با توجه به نتایج مشاهده شد که عمده ترین تبدیل صورت گرفته، تبدیل زمین های کشاورزی به منطقه های مسکونی بوده است که یکی از دلایل این تغییر ها، وجود نداشتن نظارت بر تغییر ها و تبدیل زمین های کشاورزی از طرف سازمان های مربوطه است. با توجه به اینکه استان گیلان بعنوان قطب گردشگری مطرح است، پتانسیل تغییر های کاربری زمین های بالایی دارد و سبب شده تا زمین های کشاورزی که به خودی خود تقاضای زیادی برای خرید و فروش ندارند و حتی انجام فعالیت کشاورزی نیز بازده اقتصادی مناسبی نصیب کشاورز نمی کند، به راحتی به منطقه های مسکونی و ویلایی تبدیل و باقیمت بالا به فروش برسد. از مهم ترین عامل های مؤثر بر تغییر های کاربری زمین ها می توان به فاصله از منطقه های مسکونی اشاره کرد. رشد فیزیکی شهرها مسئله ها و مشکل های محیط زیستی فراوانی را ایجاد می کنند، که این عامل موجب پیامدهای قابل توجهی از جمله نابودی زمین های پیرامون از جمله کشاورزی می باشد. با توجه به اینکه مهم ترین فرض در پیش بینی تغییر های کاربری زمین ها این است که روند ۲۰ سال گذشته در ۳۰ سال آینده تکرار خواهد شد، این احتمال وجود دارد که تغییر های جدید با شدت های مختلف نیز به تغییر های پیش بینی شده اضافه شود. بر اساس این نتایج نیاز به تدوین برنامه مدون و جامع برای جلوگیری از این تغییر ها و مدیریت زمین ها احساس می شود. لزوم توجه به گسترش منطقه های مسکونی، جلوگیری از

¹⁶ Kstandard

¹⁷ K location

¹⁸ K location Strata

¹⁹ Kno

منابع

- Azizi Ghalati, S., Rangzan, K., Taghizadeh, A and Ahmadi, S.H., 2015. LCM Logistic regression modeling of land-use changes in Kouhmare Sorkhi, Fars province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*. 22(4), 585-596 [In Persian with English abstract]
- Bakr, N., Wendorf, D. C., Bahnassy, M. H, Marei, S. M., and El-Badawi, M.M., 2010. Monitoring land cover changes in a newly reclaimed area of Egypt using Multitemporal Landsat data. *Applied Geography*, 30(4), 592-605.
- Bao, G. Y., Huang, H., Gao, Y. N., and Wang, D. B., 2017. Study on driving mechanisms of land use change in the coastal area of Jiangsu, China. *Journal of Coastal Research*, 79(sp1), 104-108.
- Dadashpoor, H., Azizi, P., & Moghadasi, M. (2019). Analyzing spatial patterns, driving forces and predicting future growth scenarios for supporting sustainable urban growth: Evidence from Tabriz metropolitan area, Iran. *Sustainable Cities and Society*, 47, 101502.
- Dadashpoor, H., Azizi, P., & Moghadasi, M. (2019). Land use change, urbanization, and change in landscape pattern in a metropolitan area. *Science of The Total Environment*, 655, 707-719.
- Dadashpoor, H., Nateghi, M., 2017. Simulating spatial patterns of urban growth using GIS-based Sleuth model: A case study of the Eastern corridor of Tehran metropolitan region, Iran, *Environment, Development and Sustainability*, 19(2), 527-547.
- Dadashpoor, H. and Salarian, F., 2018. Urban sprawl on natural lands: analyzing and predicting the trend of land use changes and sprawl in Mazandaran city region, Iran. *Environment, Development, and Sustainability*, 1-22.
- Dadashpoor, H., Kheirodin R., Yaghobkhani M., Chamani B., 2015. Modeling Tehran land use changes by using The Moland model. *Journal of Regional Planning*. 4(16), 49- 64 [In Persian with English abstract]
- Eastman, J. R. 2015. *TerrSet Tutorial*. Clark Labs, Clark University: Worcester, MA, United States
- Falahatkar, S., Hosseini, S.M., Salman Mahiny, A.R and Ayoubi, S., 2016. Prediction of land use/ cover change by using LCM model. *Environmental Researches*. 7(13), 163-174 [In Persian with English abstract]
- Gholamalifard, M., Mirzayi, M and Joorabian Shooshtari, S.H., 2014. Land use change modeling using artificial neural network and Markov chain (Case study: Middle Coastal of Bushehr Province). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*. 5(1), 61-74 [In Persian with English abstract]
- Halmy, M. W. A., Gessler, P. E., Hicke, J. A., and Salem, B. B., 2015. Land use/land cover change detection and prediction in the north-western coastal desert of Egypt using Markov-CA. *Applied Geography*, 63: 101-112.
- Han, H., Yang, C., and Song, J., 2015. Scenario simulation and the prediction of land use and land cover change in Beijing, China. *Sustainability*, 7(4) : 4260-4279
- Joorabian Shooshtari, S.H., 2012. Modeling land use change changes in the Neka watershed using LCM in Gis environment. MSc. Graduated. Thesis. College of Natural Resources, Tarbiat Modares University. Iran.
- Khoi, D. D., and Murayama, Y. (2010). Forecasting areas vulnerable to forest conversion in the Tam Dao National Park Region, Vietnam. *Remote sensing*, 2(5): 1249-1272
- Lambin, E. F., and Geist, H. J., 2006. *Land-use and land-cover change: local processes and global impacts*. Springer Science & Business Media.
- Mishra, V. N., Rai, P. K., and Mohan, K., 2014. Prediction of land use changes based on land change modeler (LCM) using remote sensing: a case study of Muzaffarpur (Bihar), India. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijic"*, SASA, 64(1): 111-127.
- Mousavi Malek. A., Hellathi Nasserian, H., Vaezipour.,

H.A and Asadi., R., 2013. Assessing the land use of Chabahar Bay coast with a sustainable development approach in Rs/GIS environment. In Proceedings The first national gathering for the development of coastal waters and the Islamic Republic of Iran's naval authority, 16th-18th February, Iran. p.8.

Shi, L., Liu, F., Zhang, Z., Zhao, X., Liu, B., Xu, J and Hu, S., 2015. Spatial differences of coastal urban expansion in China from the 1970s to 2013. Chinese geographical science, 25(4):389-403.

Stephenne, N., and Lambin, E. F. 2004. Scenarios of land-use change in Sudano-Sahelian countries of Africa to better understand driving forces. GeoJournal, 61(4): 365-379.

Taheri, M ., Gholamalifard, M ., Riahi Bakhtiari, A and Rahimoghli, S.H.,2014. Land Cover Changes Modelling of Tabriz Township Using Artificial Neural Net-

work and Markov Chain. Physical Geography Research Quarterly,45(4),87-121[In Persian with English abstract]

Tope-Ajayi, O. O., Adedeji, O. H., Adeofun, C. O., and Awokola, S. O. 2013. Land Use Change Assessment, Prediction Using Remote Sensing, and GIS Aided Markov Chain Modelling at Eleyele Wetland Area, Nigeria. Journal of Settlements and Spatial Planning, 7(1): 51-63

Verburg, P. H., Soepboer, W., Veldkamp, A., Limpiada, R., Espaldon, V., and Mastura, S. S. 2002. Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model. Environmental management, 30(3): 391-405

Yousefi, M., and Ashrafi, A. 2016. Urban growth modeling in Bojnurd by using remote sensing data (Based on neural network and Markov modeling changes of land). Journal of Regional Planning .6(21),179-192[In Persian with English abstract]





Analysis and prediction of land use changes: the case study of coastal areas of Gilan Province

Sahar Abdollahi and Hashem Dadashpoor*

Department of Urban and Regional Planning, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: 2018.06.15 Accepted: 2018.10.06

Abdollahi, S. and Dadashpoor, H., 2019. Analysis and prediction of land use changes: the case study of coastal areas of Gilan Province. *Environmental Science*.17(3): 121-136.

Introduction: Land use changes in coastal areas of Gilan Province in recent decades have caused problems such as forest and wetland degradation, soil erosion, biodiversity reduction, and increased environmental pollution. This region is important in terms of its unique features and human use of this environment for a variety of residential, industrial, and recreational activities. Therefore, it is necessary to be aware of the changes and factors influencing them, and predict the changes process in the future to prevent irreparable damages to the environment. The purpose of this study was to analyze the land use changes in Gilan Province during a 20-year period (1996-2016) and predict changes for the next 30 years based on the integration of the artificial neural network of multilayer perceptron and Markov chain model using the Land-change Modeler.

Material and methods: Landsat 5 and 8 (TM) and (OLI-TIRS) satellite images were used for the years 1996, 2006 and 2016. Land cover maps were prepared for five classes in the forest, grass, agriculture, water, and residential resources using the Maximum Likelihood method. Land use changes and then modeling the transmission potential were explored using multilayer perceptron algorithm of artificial neural network using 13 independent variables and obtained 7 sub-models for modeling land use change for 2016 and then using Markov chain method, land use map for the year 2016 was predicted with a coefficient of Kappa 0.98. Finally, the land use pattern of Gilan Province was simulated for 2046.

Results and discussion: The results obtained from the analyses of land use changes in the first period (1996-2006) indicated that residential land use with the 7702.72 hectares increased the most among other users. In these changes, agricultural land use had the largest share, where 7663 hectares of this land turned into residential areas. In the second period (2006-2016), residential land use, as in the previous period, with the annual change of 633.7 hectares, had the most significant change in this period. In the whole study period from 1996 to 2016, the residential land reached from 12157.57 hectares in 1996 to 26197.59

*Corresponding Author: *Email Address:* H-dadashpoor@modares.ac.ir

hectares in 2016, which agricultural lands had the largest share in the conversion of the built-up areas.

Conclusion: The process of land use change suggests that this trend has begun from the past and will continue in the future. So, the results of the detection of changes from the predicting land use for the next 30 years would indicate an increase in residential use and a decrease in the area of agricultural lands, forests, and grasslands. According to these results, timely and accurate evaluation of these changes lead to better decision making and planning.

Keywords: Land use changes, Coastal areas, Change detection, LCM model, Gilan Province.