



فصلنامه علوم محیطی، دوره هفدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸

۱۲۱-۱۳۶

## 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، منابع‌های 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 زیر مدل 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 بطوری که 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 زمین نشان می‌دهد که این روند از گذشته شروع شده و در آینده نیز ادامه خواهد داشت بصورتی که نتایج آشکارسازی تغییرها از پیش‌بینی کاربری زمین 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.

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

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

## 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 بلحاظ محیطی موجب تخریب زمین‌های سبز و کشاورزی، کاهش فضاهای طبیعی، کاهش کیفیت آب و زمین‌های کشاورزی (Turner II *et al.*, 1995; Dadashpoor, 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 آن‌که 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 (Han *et al.*, 2015; Lambin and Geist, 2006). 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 محیط‌زیست و برنامه‌ریزی کاربری زمین نیاز به شناسایی ماهیت پویای این تغییرها دارد (Verburg *et al.*, 2002). استان گیلان بدلیل واقع‌شدن 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 محیط‌زیست

(Yousefi and Ashrafi, 2016) آشکارسازی، تحلیل عامل‌های مؤثر و پیش‌بینی این تغییرها بوسیله مدل‌های تجربی بر اساس برون‌یابی الگوهای تغییری که در گذشته نزدیک مشاهده‌شده (Stephenne and Lambin, 2004)، می‌تواند برای مدیران برای برنامه‌ریزی، سیاست‌گذاری و مدیریت بهتر اکوسیستم‌های طبیعی و انسان‌ساخت مفید واقع شود. مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرهای کاربری زمین برای بازیابی تغییرهای کاربری زمین در دهه‌های اخیر با استفاده از فناوری سنجنش‌ازدور موردتوجه قرار گرفته (Bakr *et al.*, 2010) و مطالعات بسیاری در این زمینه انجام شده است. (Dadashpoor and Nateghi, 2017; Dadashpoor *et al.*, 2019 a,b) برای مثال (Khoi and Murayama, 2010) از مدل‌سازی تغییر سرزمین و شبکه عصبی مصنوعی و با استفاده از تصویرهای ماهواره 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. (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 کیلومترمربع پرداختند. پس از آشکارسازی تغییرها در طول دوره ۲۰۰۰-۱۹۸۸ از متغیرهای فاصله از شبکه جاده‌ای، ارتفاع، شیب و جهت بعنوان متغیرهای مؤثر بر تغییرهای کاربری

از جاده، فاصله از زمین‌های کشاورزی، فاصله از شهر، فاصله از مرز زمین‌های مرتعی استفاده و در نهایت با استفاده از تحلیل زنجیره مارکوف وضعیت کاربری زمین‌ها برای سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی شد. پژوهش حاضر در تلاش است تا با استفاده از داده‌های سنجش از دور، مهمترین عامل‌های تأثیرگذار بر تغییرهای کاربری زمین‌ها و نیز نحوه برهم‌کنش این عامل‌ها با یکدیگر را در بازه زمانی ۲۰ سال در استان ساحلی گیلان شناسایی کرده و به مدل‌سازی تغییرهای کاربری زمین‌ها با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و زنجیره مارکوف برای ۳۰ سال آینده، سال ۱۴۲۵ برآورد. این پژوهش و نقشه‌های پیش‌بینی شده، می‌تواند برای مدیران و سیاست‌گذاران در جهت شیوه‌های مدیریت مناسب و ایجاد راهکارهای پایدار برای حفاظت از آن مفید واقع شود.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

استان ساحلی گیلان، یکی از استان‌های شمال کشور که جمعیت آن بنا بر آمار سال ۱۳۹۵، برابر با ۲۵۳۰۶۹۶ نفر می‌باشد، در حدود ۱۴ هزار کیلومتر مربع مساحت دارد. این استان از طرف غرب به استان‌های 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 می‌شود. طول سواحل در این استان حدود ۲۶۸ کیلومتر می‌باشد. 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 می‌شود و رتبه سیزدهم کشوری و رتبه سوم مرز خشکی را داراست، ضمن این‌که 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).

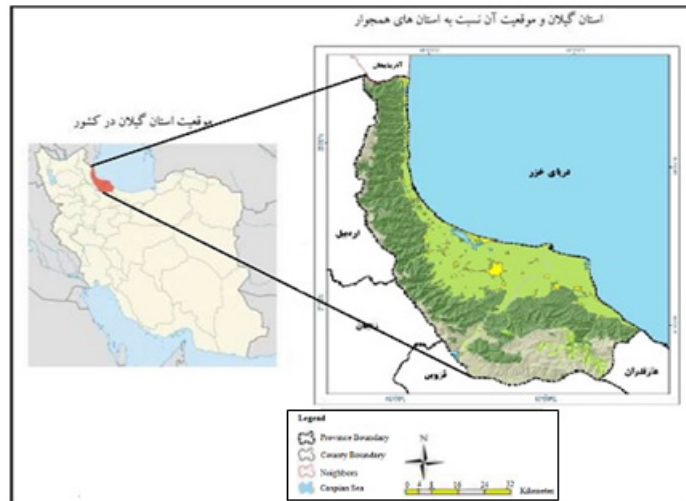
### روش تحقیق

#### داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق برای تهیه نقشه‌های کاربری زمین‌ها از

زمین‌ها استفاده شد. بدین صورت که با استفاده از نقشه تغییرها و متغیرهای مؤثر بر آن‌ها، نقشه پتانسیل تغییرها با استفاده از شبکه عصبی پروسپترون چندلایه ایجاد و سپس تخصیص تغییر به هر کاربری با استفاده از زنجیره مارکوف محاسبه شد. (Halmly et al. (2015) مطالعه‌ای باهدف پیش‌بینی تغییرهای کاربری زمین در سواحل شمال غربی مصر با مساحت ۲۸۰۰ کیلومتر مربع با استفاده از زنجیره مارکوف انجام دادند. برای تحلیل تغییرها از تصویرهای ماهواره لندست سنجنده (TM) برای سال‌های ۱۹۸۸، ۱۹۹۹ و ۲۰۱۱ استفاده کردند. این نتایج بیانگر کاهش در مرتع‌ها و تالاب‌های جنگلی در سال ۱۹۹۹-۱۹۸۸، کاهش در باغ‌ها و مزرعه‌های کشاورزی و منطقه‌های سنگی در سال ۲۰۱۱-۱۹۹۹ و کاهش در مرتع‌ها، باغ‌ها و دیگر مزرعه‌های کشاورزی و همچنین منطقه‌های سنگی در سال ۲۰۲۳-۲۰۱۱ بود.

Bao et al. (2017) برای بررسی نقش عامل‌های محرک تغییرهای کاربری زمین در منطقه ساحلی جیانگ سو در سال ۲۰۰۶ مطالعه‌ای را با به‌کارگیری مدل کلو-اس و رگرسیون لجستیک انجام دادند و به شبیه‌سازی و پیش‌بینی تغییرهای کاربری زمین‌ها در ۵ تا ۱۰ سال آینده پرداختند. نقش نیروهای محرک تغییرها 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 تغییرها در دوره ۱۵ ساله ۲۰۱۱-۱۹۹۶ نشان‌دهنده افزایش کاربری‌های صنعتی، زیرساخت‌های حمل‌ونقل، سکونتگاه‌ها و کاهش باغ، جنگل و آب است. همچنین مشخص شد که بین عامل‌های محرک انتخابی و انواع کاربری زمین ارتباط خوبی وجود دارد و در این میان رشد جمعیت و توسعه اقتصادی بیشترین نقش را در تغییرهای صورت گرفته در کاربری و پوشش زمین‌های منطقه دارد (Falahatkar et al., 2016). (Bao et al. (2017) با هدف بررسی و پیش‌بینی تغییرهای کاربری زمین‌های منطقه دیلمان استان گیلان با مساحت بیش از ۱۰۰۰۰ هکتار، از مدل‌سازی تغییر سرزمین (LCM) استفاده کردند. پس از آشکارسازی تغییرها، به‌منظور مدل‌سازی از متغیرهای شیب، جهت، ارتفاع، سنجه اختلاف گیاهی نرمال شده، فاصله از مرز زمین‌های جنگلی، فاصله



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه  
Fig. 1- Location of the study area

با هم 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<sup>۷</sup> بیشترین احتمال<sup>۷</sup> با استفاده از نمونه‌های تعلیمی<sup>۸</sup> تعریف شده 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<sup>۹</sup> مدلی است که می‌تواند تغییرهای پوشش سرزمین را تحلیل و به پیش‌بینی تغییرهای کاربری زمین‌ها برای

داده‌های سنجنده‌های (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 شده‌اند، 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<sup>۱</sup> تصویرها، یعنی اعمال تصحیح‌های رادیومتریکی و اتمسفری روی آن‌ها، بمنظور شناسایی و تفکیک پدیده‌ها از همدیگر تصویر رنگی کاذب<sup>۲</sup> 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 از فرآیند فیوژن<sup>۳</sup> استفاده شد. در این فرآیند داده‌های باند چند طیفی<sup>۴</sup> و پانکروماتیک<sup>۵</sup> به منظور ایجاد تصویرها با تفکیک مکانی بهتر

جدول ۱- ویژگی‌های تصاویرهای ماهواره‌ای 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
L1T	TM	WGS84	165	034	1996.07.01	Landsat5
			165	035	1996.09.19	
			166	033	1996.09.10	
			166	034	1996.09.10	
			166	035	1996.09.26	
L1T	TM	WGS84	165	034	2006.08.19	Landsat5
			165	035	2006.08.19	
			166	033	2006.08.10	
			166	034	2006.08.10	
			166	035	2006.08.10	
L1T	OLI- TIRS	WGS84	165	34	2016.06.27	Landsat8
			165	35	2016.09.15	
			166	34	2016.08.21	
			167	33	2016.08.12	

قبل و عامل‌های تأثیرگذار بر آن مانند شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه، فاصله از کاربری‌ها و... عمل می‌کند. مدل (LCM) این امکان را فراهم می‌کند که بتوان توانایی متغیرهای مورد استفاده در تغییرهای صورت گرفته در کاربری زمین‌ها را برآورد و در نهایت متغیرهای مؤثر برای فرآیند مدل‌سازی انتخاب گردند. متغیرها می‌توانند به ۲ حالت ایستا و پویا به مدل اضافه شوند. متغیرهای ایستا متغیرهایی هستند که در طول زمان تغییر پیدا نمی‌کنند، مانند شیب، ارتفاع، درحالی‌که 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 زمین‌های کشاورزی، فاصله از منطقه‌های مسکونی، فاصله از جاده‌ها، فاصله از رودخانه، فاصله از خط ساحلی، جمعیت، نرخ رشد و تراکم جمعیت منطقه می‌باشد. میزان نقش و توانایی متغیرها در پیش‌بینی تغییرهای کاربری زمین‌ها با محاسبه ضریب کرامر مشخص می‌شود. ضریب کرامر عددی میان صفر و یک است که هرچه به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده میزان همبستگی بالا بین متغیر مستقل و وابسته است (Taheri *et al.*, 2014). هنگامی که متغیرهای مدل انتخاب شدند و پس از انتخاب زیر مدل‌ها، هر یک از انتقال‌ها با استفاده از پروسپترون چندلایه<sup>۱۳</sup> شبکه عصبی مصنوعی مدل‌سازی

آینده پردازد. این مدل‌ساز قادر به ایجاد سناریوهای تغییر زمین‌ها با ادغام عامل‌های زیستی، فیزیکی و اجتماعی-اقتصادی است که مؤثر بر تغییرهای کاربری زمین‌ها هستند (Azizi Ghalati *et al.*, 2015). مرحله‌های مدل‌سازی شامل ۴ مرحله است: تجزیه و تحلیل تغییرها، مدل‌سازی پتانسیل انتقال، پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرها، ارزیابی صحت مدل‌سازی. در شکل ۲ روند کار نشان داده شده است.

در مرحله اول ارزیابی سریع تغییرهای کاربری زمین این امکان وجود دارد که تغییرهای رخ داده در پوشش زمین‌های یک منطقه را در دوره زمانی خاص بتوان مشخص کرد که این کار با استفاده از نقشه‌های دو مقطع زمانی آغاز و انتهای دوره انجام می‌گیرد. مدل (LCM) این امکان را برای کاربر فراهم می‌کند که میزان افزایش و کاهش<sup>۱۱</sup> را در کلاس‌های پوشش زمین‌ها، تغییرهای خالص<sup>۱۱</sup>، روند فضایی تغییرات<sup>۱۲</sup> را در هر کاربری بصورت نقشه و نمودار بیان کند (Joorabian Shooshtari, 2012). نرم‌افزار استفاده شده در این تحقیق برای اجرای مدل‌ساز تغییر سرزمین (IDRISI SELVA 17) است.

### مدل‌سازی پتانسیل تغییرها

برای پیش‌بینی تغییرهای کاربری از نقشه پتانسیل تغییرها استفاده می‌شود. این نقشه بر اساس تغییرهای رخ داده در دوره

$t = \text{نرخ رشد جمعیت}$ ،  $n = \text{فاصله بین دو سرشماری}$ ،  $pt+n =$  جمعیت در سرشماری دوم،  $pt = \text{جمعیت در سرشماری اول}$  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 نقشه‌بولین 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<sup>۱۴</sup> برای زمان موردنظر صورت می‌گیرد. احتمال تغییر یک کاربری در دوره ۱۳۹۵-۱۳۸۵، 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<sup>۱۵</sup> نقشه پیش‌بینی شده

پس از تهیه نقشه پیش‌بینی پوشش سرزمین، نقشه پیش‌بینی شده با نقشه واقعیت زمینی مورد مقایسه قرار می‌گیرد. اعتبارسنجی این امکان را برای کاربر فراهم می‌کند، که صحت نقشه کاربری

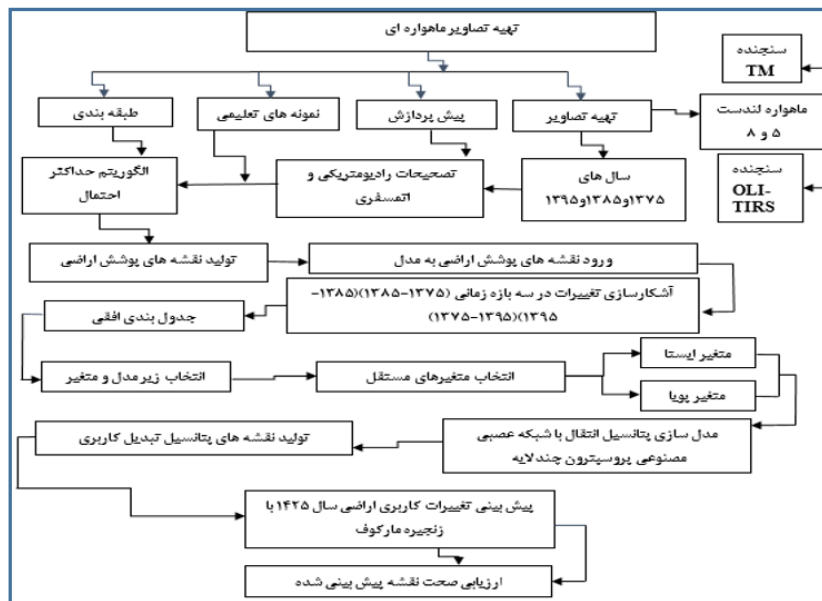
می‌شوند. شبکه مصنوعی می‌تواند پتانسیل تغییر مجموعه‌ای از کاربری‌ها به یک کاربری معین را در مجموعه‌ای از زیر مدل‌ها گروه‌بندی و پتانسیل تبدیل همه کاربری‌ها به یکدیگر را در یک زیر مدل واحد مدل‌سازی کند. زیر مدل‌های کشاورزی به مسکونی، کشاورزی به منبع‌های آب، جنگل به کشاورزی، مرتع به کشاورزی، منبع‌های آب 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.

(۱)

$$r = \frac{n \sqrt{\frac{pt+n}{pt}}}{pt} \quad \text{که در آن:}$$



شکل ۲- فرآیند پژوهش

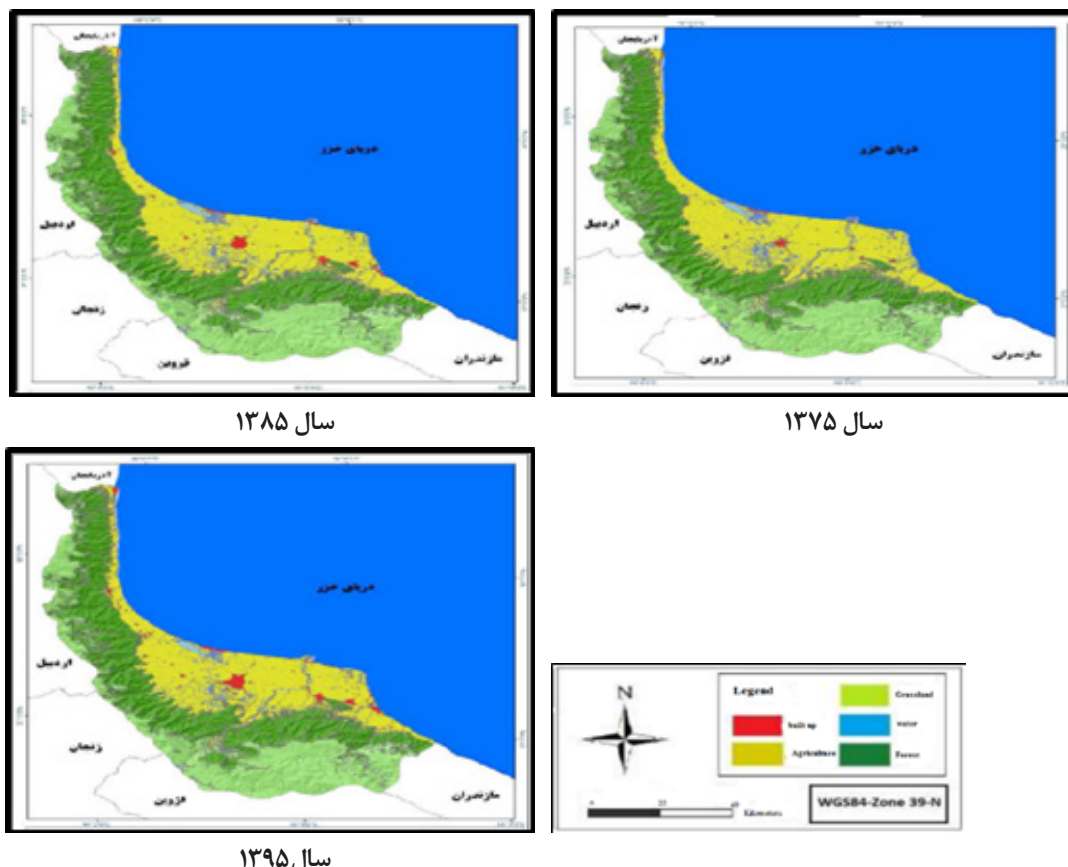
Fig. 2 – Research process

زمین‌های پیش‌بینی شده را نسبت به نقشه واقعی منطقه تعیین کند (Eastman, 2015). این ارزیابی با سنج توافقی کاپا (KIA) که بطور عموم برای تعیین ارزیابی صحت، اعتبار مدل و تغییر به کار گرفته می‌شود محاسبه می‌گردد. مهم‌ترین انواع کاپا، کاپای استاندارد<sup>۱۶</sup>، کاپا برای مکان<sup>۱۷</sup>، کاپا برای کمیت<sup>۱۸</sup> و کاپا برای نبود اطلاعات<sup>۱۹</sup> 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 ضریب کاپا -۱ است. ضریب کاپای صفر هم بدین معنی است که ۵۰ درصد پیکسل‌ها تغییر کرده‌اند.

### نتایج و بحث

با استفاده از روش طبقه‌بندی بیشترین احتمال نقشه‌های کاربری زمین‌های سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۵ و 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 صحت قابل قبول نقشه‌های طبقه‌بندی شده دارد.

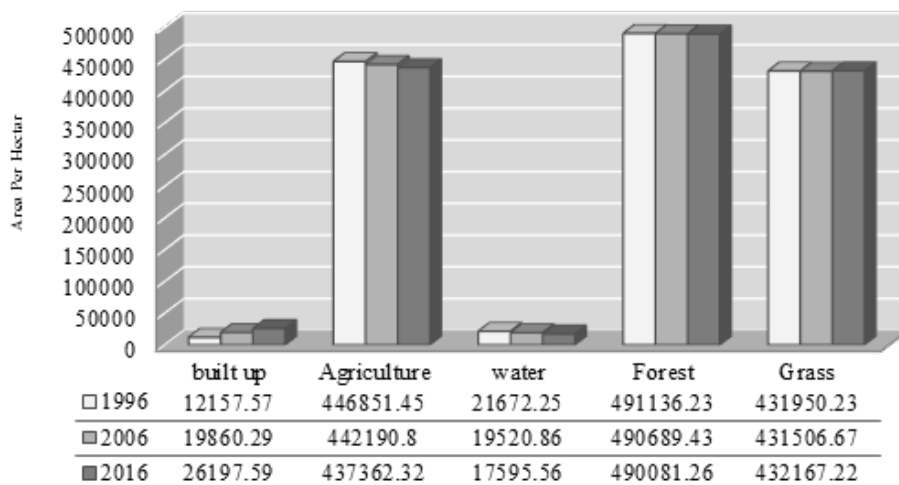


شکل ۳ - پوشش زمین‌های منطقه برای سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵  
Fig. 3- Land cover of the study area for years 1996, 2006 and 2016

## آشکارسازی تغییرها

پس از تهیه نقشه‌های کاربری زمین‌های منطقه، برای آشکارسازی تغییرهای کاربری در دوره‌های زمانی ۱۳۸۵-۱۳۷۵، ۱۳۸۵-۱۳۷۵ و ۱۳۹۵-۱۳۷۵ از مدل‌ساز 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، ۱۴۰۴۰/۰۲ هکتار افزایش داشته است. کاربری‌های 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 زمین‌های مرتعی با نرخ ۱۰/۸۴ هکتار در سال افزایش یافته است. با توجه به شکل ۴ که مساحت کاربری‌های مختلف را در هر سه سال نشان می‌دهد، در دوره ۱۳۸۵-۱۳۷۵ کاربری مسکونی با ۷۷۰۲/۷۲ هکتار افزایش، بیشترین تغییر را در این دوره بین دیگر کاربری‌ها دارد، که بطور



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

همچنین ضریب کرامر کلی برای سال ۱۳۸۵-۱۳۷۵ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که بر اساس میزان ضریب کرامر تمامی متغیرها در تغییرهای کاربری زمین‌های منطقه تأثیرگذار بودند. از بین متغیرهای مورد بررسی، متغیر فاصله از مسکونی و فاصله از خط ساحلی بیشترین ضریب کرامر و پایین‌ترین آن برای متغیرهای تراکم جمعیت و نرخ رشد جمعیت به دست آمد. تعدادی از متغیرها، ضریب کرامر آن‌ها پایین است ولی با در نظر گرفتن اینکه این متغیرها مقدار مناسبی از ضریب کرامر را برای برخی کاربری‌ها دارند، در مدل‌سازی پتانسیل تغییرها استفاده شدند. متغیر ارتفاع از سطح دریا روی تغییرهای کاربری آب، کشاورزی و جنگل تأثیرگذار 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 معنی‌داری بالایی با تغییرهای کاربری کشاورزی بمیزان ۰/۵۱۵ دارد، همچنین با توجه بمیزان پایین ضریب کرامر

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

## متغیرها

میزان نقش و توانایی متغیرها در پیش‌بینی تغییرهای کاربری زمین‌ها با محاسبه ضریب کرامر مشخص می‌شود. در جدول ۲ میزان ضریب کرامر برای هر یک از متغیرها و



جدول ۲- میزان ضریب کرامر متغیرهای مؤثر در تغییرهای کاربری زمین‌ها 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 زمین‌ها Land use classes					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 Population 2006
پویا Dynamic	0.017	0.012	0.019	0.010	0.014	0.015	نرخ رشد جمعیت ۱۳۷۵-۱۳۸۵ Population growth rate 1996-2006
پویا Dynamic	0.066	0.076	0.020	0.025	0.033	0.035	تراکم جمعیت ۱۳۸۵ Population density 2006

نظر گرفته شود، که امکان بروز آن‌ها به صورت طبیعی وجود دارد و در دوره قبلی (۱۳۷۵-۱۳۸۵) نیز تغییر را تجربه کرده‌اند.

#### پیش‌بینی تغییرهای کاربری زمین‌ها

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 پیش‌بینی سال

برای متغیرهای نرخ رشد جمعیت و تراکم جمعیت از آن‌ها در مدل‌سازی استفاده نشد.

#### مدل‌سازی پتانسیل انتقال

مدل‌سازی پتانسیل انتقال با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی انجام شد. سه عامل ارزیابی صحت، خطای آموزش و خطای آزمون برای ارزیابی مدل‌سازی پتانسیل تغییرها توسط مدل محاسبه شد. در این مرحله باید تغییرهایی در زیر مدل‌ها در

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

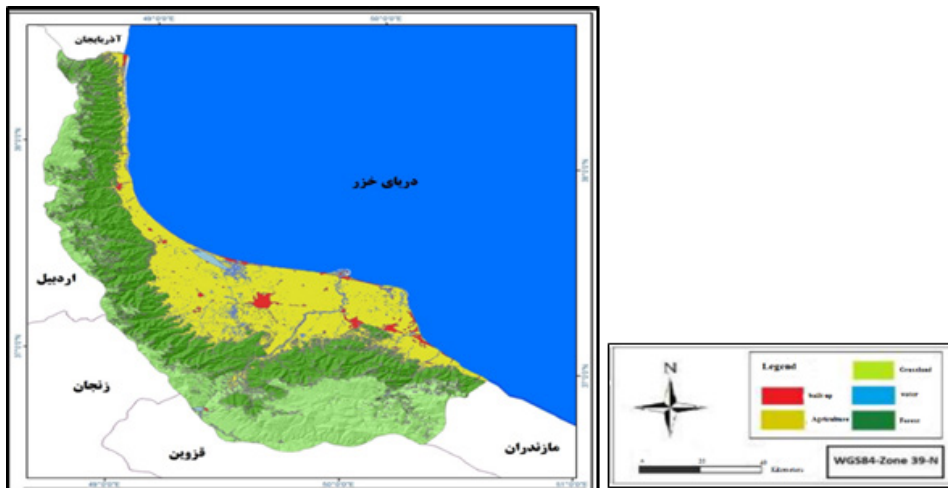
ماهیت Nature	ضریب کرامر Cramer's coefficient	طبقات کاربری زمین‌ها Land use classes					متغیرها Variables
		مسکونی Built-up	جنگل Forest	کشاورزی Agriculture	مرتع Grass	آب Water	
پویا Dynamic	0.486	0.286	0.116	0.468	0.565	0.757	فاصله از مسکونی Distance from residential area
پویا Dynamic	0.240	0.246	0.074	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 Population 2006

مقایسه این نقشه با نقشه کاربری زمین‌های حاصل از تفسیر بصری تصویب‌های 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 ارزیابی تأثیر متغیرها در تغییرهای کاربری زمین‌های 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

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 ۰/۷۶۸/۰ و ۰/۱۵۸/۰ به دست آمد. با استفاده از تغییرهای رخ داده در دوره ۱۳۸۵-۱۳۷۵ و نقشه‌های پتانسیل تغییر ایجاد شده 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



سال ۱۳۹۵  
2016 Year

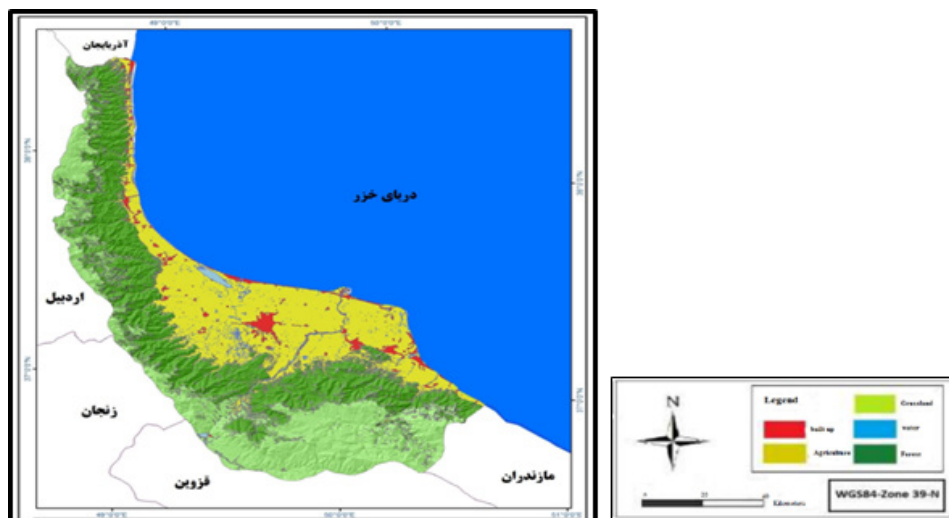
شکل ۵- کاربری زمین های پیش بینی شده سال ۱۳۹۵ با استفاده از مدل ساز تغییر سرزمین  
Fig. 5 - Predicted land use by land change modeler for the year 2016

مسکونی و پایین ترین برای جهت به دست آمد.

#### پیش بینی تغییرها برای سال ۱۴۲۵

پس از شناسایی متغیرهای مؤثر، با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی نقشه های پتانسیل تغییرها ایجاد و با توجه به تغییرهای 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).

نمایش می دهد. نتایج محاسبه ضریب کرامر بین متغیرهای مؤثر در تغییرها و کاربری ها 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 جنگل، فاصله از کشاورزی، فاصله از مرتعها، فاصله از منبعهای آب، فاصله از خط ساحلی، ارتفاع، شیب، جهت و جمعیت برای تهیه نقشه های پتانسیل تغییرها و پیش بینی تغییرهای کاربری استفاده شد. در این دوره بالاترین ضریب کرامر برای فاصله از



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

آینده تکرار خواهد شد، این احتمال وجود دارد که تغییرهای جدید با شدت‌های مختلف نیز به تغییرهای پیش‌بینی شده اضافه شود. بر اساس این نتایج نیاز به تدوین برنامه مدون و جامع برای جلوگیری از این تغییرها و مدیریت زمین‌ها احساس می‌شود. لزوم توجه به گسترش منطقه‌های مسکونی، جلوگیری از ویلا سازی و زمین‌خواری در منطقه، استفاده حداکثری از سطح زیر کشت زمین‌های کشاورزی و جلوگیری از کاهش سطح و تراکم جنگل‌ها باید در برنامه‌های آتی مدنظر قرار گیرد. در مجموع می‌توان عنوان کرد که مدل‌سازی تغییر سرزمین و شبکه عصبی مصنوعی با برخورداری از ابزارها و قابلیت‌های متنوع و کاربردی، یک ابزار قابل‌اتکا در زمینه آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرهای کاربری است و می‌توان از آن در مطالعات مشابه استفاده نمود. در همین راستا پیشنهادهایی برای بهبود عملکرد مدل مطرح می‌شود. در مطالعات بعدی در حد امکان برای مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرهای کاربری زمین‌ها از متغیرهای اجتماعی-اقتصادی متنوعی همچون اطلاعات قیمت زمین و تغییرهای آن در طول زمان استفاده شود. همچنین استفاده از متغیرهای کیفی در فرآیند مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرهای کاربری زمین‌ها مانند تیپ خاک، تیپ پوشش گیاهی، بارندگی و ... با استفاده از ابزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌سازی تغییر سرزمین موجب افزایش دقت و صحت اطلاعات خروجی خواهد شد.

### سپاسگزاری

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

### پی‌نوشت‌ها

- <sup>1</sup> Preprocessing
- <sup>2</sup> False Color Composite
- <sup>3</sup> Fusion
- <sup>4</sup> Multispectral Band
- <sup>5</sup> Panchromatic Band
- <sup>6</sup> Supervised Classification
- <sup>7</sup> Maximum Likelihood
- <sup>8</sup> Training Samples
- <sup>9</sup> Land Change Modeler

نکته مهمی که در پیش‌بینی تغییرهای کاربری زمین‌ها باید در نظر گرفت این است که تغییرهای کاربری آینده با روند قبلی صورت خواهد گرفت و فرض بر ثابت بودن همه شرایط و عامل‌های فعلی است. پیش‌بینی نقشه کاربری زمین در سال ۱۴۲۵ بیانگر بیشترین افزایش مساحت ۱۷۹۳۱/۵۱ هکتار در کاربری مسکونی و بیشترین کاهش مساحت ۱۴۲۶۶/۳۲ هکتار در کاربری کشاورزی از سال ۱۳۹۵ تا سال ۱۴۲۵ است. نتایج به‌دست‌آمده برای سال ۱۴۲۵ گویای رشد توسعه منطقه‌های شهری و کاهش کلاس‌های کاربری زمین‌های کشاورزی و آب‌بوده و این روند در آینده نیز ادامه خواهد داشت.

### نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر مدل‌های زیادی به منظور درک، ارزیابی و پیش‌بینی روند تغییرهای کاربری زمین‌ها توسعه‌یافته‌اند. یکی از این مدل‌ها، مدل‌سازی تغییر سرزمین است که در مطالعات زیادی مورد استفاده قرار گرفته است. در این مطالعه نیز از مدل‌سازی تغییر سرزمین استفاده و سعی شد تا با بررسی تغییرهای صورت گرفته تا حدی دلایل ایجادکننده این تغییرها شناسایی و با استفاده از آن وضعیت آینده تغییرها را پیش‌بینی نمود. با توجه به نتایج مشاهده شد که عمده‌ترین تبدیل صورت گرفته، تبدیل زمین‌های کشاورزی به منطقه‌های مسکونی بوده است که یکی از دلایل این تغییرها، وجود نداشتن نظارت بر تغییرها و تبدیل زمین‌های کشاورزی از طرف سازمان‌های مربوطه است. با توجه به اینکه استان گیلان بعنوان قطب گردشگری مطرح است، پتانسیل تغییرهای کاربری زمین‌های بالایی دارد و سبب شده تا زمین‌های کشاورزی که به‌خودی‌خود تقاضای زیادی برای خرید و فروش ندارند و حتی انجام فعالیت کشاورزی نیز بازده اقتصادی مناسبی نصیب کشاورز نمی‌کند، به‌راحتی به منطقه‌های مسکونی و ویلایی تبدیل و باقیمت بالا به فروش برسد. از مهم‌ترین عامل‌های مؤثر بر تغییرهای کاربری زمین‌ها می‌توان به فاصله از منطقه‌های مسکونی اشاره کرد. رشد فیزیکی شهرها مسئله‌ها و مشکل‌های محیط زیستی فراوانی را ایجاد می‌کنند، که این عامل موجب پیامدهای قابل توجهی از جمله نابودی زمین‌های پیرامون از جمله کشاورزی می‌باشد. با توجه به اینکه مهم‌ترین فرض در پیش‌بینی تغییرهای کاربری زمین‌ها این است که روند ۲۰ سال گذشته در ۳۰ سال

<sup>10</sup> Gain and Losses

<sup>11</sup> Net Change

<sup>12</sup> The Spatial Trend of Change

<sup>13</sup> Multi Layer Perceptron

<sup>14</sup> CA-MARKOV

<sup>15</sup> Validation

<sup>16</sup> Kstandard

<sup>17</sup> K location

<sup>18</sup> K location Strata

<sup>19</sup> 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 Multi-temporal 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(1), 104-108.

Dadashpoor, H. and 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*. 22, 593-614.

Dadashpoor, H., Azizi, P. and 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, 1-15.

Dadashpoor, H., Azizi, P. and 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., Kheirodin, R., Yaghobkhani, M. and 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, USA.

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 Remote Sensing 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. Thesis. College of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Tehran, 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, Germany.
- 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.
- Stephenn, 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 Modeling of Tabriz Township Using Artificial Neural Network 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).





Environmental Sciences Vol.17/ No.3/ Autumn 2019

121-136

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

---

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

**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.