

# پیش‌بینی روند توسعه شهری به سمت مناطق مخاطره‌آمیز با استفاده از تصاویر چندزمانه

## مطالعه موردی: شهر مریوان

حمید گنجائیان<sup>۲</sup>

شیرین محمدخان<sup>۱</sup>

امیرعلی عباس‌زاده<sup>۴</sup>

سمیه شهری<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۰۸/۱۹

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۰۹/۲۶

\*\*\*\*\*

### چکیده

با افزایش جمعیت و رشد شهرنشینی گسترش نواحی سکونتگاهی روند رو به رشدی داشته است. این گسترش سبب افزایش حرکت نقاط جمعیتی به سمت مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژیکی شده است که می‌تواند خطرات زیادی را به همراه داشته باشد. بر این اساس هدف از تحقیق حاضر ارزیابی روند تغییرات نواحی سکونتگاهی شهر مریوان در طی سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۷ و همچنین تعیین میزان توسعه این نواحی به سمت مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژی و در نهایت پیش‌بینی این روند برای سال ۲۰۳۵ می‌باشد. برای این منظور از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۷ استفاده شده است. روش کار به گونه‌ای است که پس از تهیه نقشه نواحی سکونتگاهی سال‌های مذکور، با استفاده از مدل LCM<sup>۱</sup> توسعه این نواحی برای سال ۲۰۳۵ و میزان حرکت این نواحی به سمت مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژیکی پیش‌بینی شده است. نتایج تحقیق بیانگر این است که وسعت کل نواحی سکونتگاهی از حدود ۷/۸ کیلومترمربع در سال ۱۹۹۲ به ۱۶/۶ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۷ افزایش پیدا کرده است و نتایج حاصل از پیش‌بینی نیز بیانگر این است که این مقدار تا سال ۲۰۳۵ به حدود ۲۴/۳ کیلومترمربع خواهد رسید. در طی این سال‌ها در کنار افزایش روند توسعه نواحی سکونتگاهی، حرکت این نواحی به سمت مناطق مخاطره‌آمیز نیز افزایش یافته است. به طوری که از مجموعه کل وسعت نواحی سکونتگاهی سال ۱۹۹۲ حدود ۱/۷ کیلومترمربع در مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژیکی قرار داشته که بیشتر شامل مناطق پرشیب و حریم رودخانه‌ها بوده است. در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۱ نیز این روند به ۲/۳ و ۲/۹ کیلومترمربع افزایش یافته و همچنین در سال ۲۰۱۷ به میزان ۳/۳ کیلومترمربع افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: مریوان، توسعه شهری، ژئومورفولوژی شهری، LCM

\*\*\*\*\*

۱- استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول) Mohammadkh@ut.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران h.ganjaean@ut.ac.ir

۳- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی Shahrister@gmail.com

۴- کارشناس ارشد جغرافیای سیاسی، دانشگاه فردوسی amirali.abbaszade@gmail.com

## مقدمه

زیست‌جولوژی‌شناسی (قنواتی و دلفانی‌گودرزی، ۱۳۹۲). در این میان شهرهای نواحی کوهستانی، آسیب‌پذیری و حساسیت بیشتری دارند، شهر مریوان نیز با توجه به وضعیت ژئومورفولوژیکی و همچنین روند افزایشی جمعیت شهری در طی سال‌های اخیر، با محدودیت‌های زیادی مواجه است که همین عامل سبب پیشروی نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مخاطره‌آمیز بخصوص در مناطق شمالی محدوده شهری شده است و با توجه به حساسیت منطقه در تحقیق حاضر روند این پیشروی مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. در مورد موضوع مورد مطالعه و توسعه نواحی سکونتگاهی مطالعات مختلفی در سطح ایران و جهان صورت گرفته است که در ادامه به تشریح پاره‌ای از آنها پرداخته شده است:

از جمله تحقیقات خارجی می‌توان به جیانگ و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۱۳) اشاره کرد که تأثیر گسترش شهرها بر نحوه کاربری اراضی کشاورزی در چین را بررسی کردند و بیان داشتند که گسترش شهری منابع طبیعی اطراف و حومه شهر را به شدت تحت فشار قرار می‌دهد و در آینده نیز این فشار تداوم خواهد داشت. مارینونی و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای با عنوان هدایت توسعه شهری به مکان‌های مناسب، بررسی تأثیر توسعه شهری در محیط دهانه رودها؛ به توصیف روش جدیدی پرداخته‌اند که توسعه مسکن از نظر فضایی تأثیر بر کیفیت آب را به حداقل برساند. در حال حاضر این مدل با ظرفیت آلاینده‌های نیتروژن کل، فسفر کل و رسوبات معلق می‌باشد اما می‌تواند توسعه یابد.

این روش براساس برنامه‌ریزی ریاضی مرتبط با تجزیه و تحلیل چندمعیاره و معادلات موج حرکتی می‌باشد. روی همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۱۴) به پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در مقیاس‌های زمانی مختلف در حوضه آبریز دریای مدیترانه در جنوب شرقی فرانسه پرداختند. نتایج حاکی از رشد بالای نواحی شهری و به تبع آن کاهش اراضی کشاورزی

یکی از ویژگی‌های عصر حاضر، افزایش جمعیت و توسعه نواحی سکونتگاهی و در پی آن توسعه شهرهای بزرگ و کوچک است (گیلبرت و گاکلر، ۱۹۹۶). در سرتاسر جهان، کشورها به‌طور فزاینده‌ای در حال شهری شدن هستند (دوتا، ۲۰۱۲). مطابق پیش‌بینی سازمان ملل احتمال می‌رود تا سال ۲۰۵۰ حدود ۸۰ درصد جمعیت جهان در شهرها زندگی کنند (جها و همکاران، ۲۰۱۲).

گسترش فیزیکی و کالبدی شهرها به دلیل افزایش سریع جمعیت، در کشورهای در حال توسعه با شدت بیشتری صورت می‌گیرد (سیلویا و پنا، ۲۰۰۵)؛ در کشور ما طی چند دهه گذشته با توان تجهیز فضاهای شهری و گسترش زیرساخت‌ها متناسب نبوده و مشکلاتی نظیر گرانی مسکن، بیکاری و اسکان غیررسمی را به شدت‌ترین شکل ممکن در سیمای ظاهری شهرها به وجود آورده است (زیاری، ۱۳۸۴). رشد شهری و تمرکز جمعیت در مناطق شهری و روند نامتعادل و صعودی نمودارهای توسعه شهری بر روی زمین و عرصه‌های طبیعی محدود، مشکلات اجتماعی زیادی در سطح محلی، منطقه‌ای و جهانی ایجاد کرده است (مره، ۲۰۰۴). اگرچه رشد درون شهری می‌تواند بخشی از این نیازها را از بین ببرد، اما توسعه غالب در حومه شهرها رخ می‌دهد. امروزه مناطق طبیعی و روستایی در حاشیه شهرها و روستاها به‌عنوان ماده خام توسعه شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند (هوگی، ۱۹۹۰).

با این حال، با وجود مخاطراتی که توسعه نواحی شهری دارند، نمی‌توان توسعه شهری را که از جنبه‌های ضروری برای ادامه حیات و فعالیت‌های انسان است محدود ساخت بلکه باید آنها را متناسب با نیازهای امروز و فردای بشر آماده نمود به گونه‌ای که از وارد آوردن خسارت به محیط

1- Gilbert &amp; Gagler

2- Dutta

3- Jha et al

4- Silveira &amp; Penna

5- Merwe

6- Hough

7- Jiang

8- Marynoui et al

9- Roy et al

## فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (مهر)

پیش‌بینی روند توسعه شهری به سمت مناطق ... / ۱۰۹

نتایج حاصل این روند در آینده نیز ادامه خواهد داشت. اراضی شهری از ۱۵۲۹/۳۸ هکتار در سال ۱۳۸۴ به ۱۸۳۷ هکتار در سال ۱۳۹۲ افزایش یافته است. این روند صعودی در آینده نیز ادامه خواهد داشت و طبق نتایج بدست آمده به ۲۸۵۶/۳۱ هکتار خواهد رسید. محمدی و همکاران (۱۳۹۴) به مدلسازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان رامیان در استان گلستان پرداختند. در این تحقیق تغییرات کاربری بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ با استفاده از تکنیک سنجش از دور مشخص شده و همچنین تقاضای کاربری برای سال-های آینده براساس برون‌یابی تغییرات گذشته کاربری اراضی محاسبه شده است. سپس با استفاده از رگرسیون لجیستیک نقش عوامل مؤثر بر کاربری اراضی بررسی شده و در نهایت الگوی کاربری اراضی در رامیان برای سال ۲۰۳۰ با استفاده مدل CLUE-s شبیه‌سازی شده است. یمانی و همکاران (۱۳۹۶)، چالش‌های محیطی توسعه نواحی سکونتگاهی شهر پاره را مورد ارزیابی قرار دادند. در این تحقیق روند توسعه شهر پاره در طی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۳ مورد بررسی قرار گرفته و نقش عوامل ژئومورفولوژی در روند توسعه نواحی سکونتگاهی و چالش‌های پیشروی توسعه این نواحی ارزیابی شده است. با توجه به موارد مذکور تحقیق حاضر با استفاده از تصاویر چند زمانه مربوط به سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۷ به ارزیابی روند تغییر نواحی سکونتگاهی شهر مریوان در واحدهای مختلف ژئومورفولوژی و پیش‌بینی روند تغییرات برای سال ۲۰۳۵ پرداخته است، در واقع می‌توان گفت که هدف از تحقیق حاضر ارزیابی روند حرکتی نواحی سکونتگاهی شهر مریوان به سمت مناطق پرمخاطره در طی سال‌های مذکور و پیش‌بینی آن برای سال‌های آتی می‌باشد.

### محدوده مورد مطالعه

شهر مریوان به عنوان مرکز شهرستان مریوان، از نظر تقسیمات سیاسی در استان کردستان و در ۱۲۵ کیلومتری غرب سنندج قرار دارد. مریوان از شمال به سقز، از شمال

بوده است. آنان استفاده از روش مدلسازی تغییرات زمین را یکی از کاربردی‌ترین مدل‌های پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی می‌دانند. کینان و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۶) به ارزیابی تناسب زمین برای توسعه شهری و منطقه‌بندی شهر نیویورک پرداختند. پارامترهای مورد نظر آنها در دو قالب بزرگ مقیاس و کوچک مقیاس بررسی شده‌اند. پارامترهای بزرگ مقیاس شامل توزیع فضایی و ویژگی‌های محیطی و پارامترهای کوچک مقیاس شامل میزان دسترسی به خدمات و فاصله از خطوط ارتباطی می‌باشد. در نهایت با استفاده از شاخص‌های موجود، منطقه مورد مطالعه در سه کلاس نسبتاً مناسب، مناسب و نامناسب طبقه‌بندی شده است. هان و جیا<sup>۲</sup> (۲۰۱۶) به بررسی تغییرات کالبدی شهری و توسعه شهری در فوشان چین پرداخته و با استفاده از الگوی توسعه آن در ۲۰ سال گذشته، روند تغییرات آن را با استفاده از ویژگی‌های محیطی برای سال ۲۰۲۵ مشخص کردند و در نهایت الگوی شهری مورد نظر خود را ارائه کرده و اذعان داشتند که برنامه‌ریزی بر مبنای آن باعث حفظ ویژگی‌های محیط زیستی در آینده می‌شود.

در ایران نیز غلامعلی فرد و همکاران (۱۳۹۱) به مدلسازی تغییرات کاربری اراضی سواحل استان مازندران با استفاده از مدلسازی تغییرات زمین پرداختند و نشان دادند که در کل دوره مورد مطالعه حدود ۳۳ هزار هکتار از وسعت جنگل‌ها کاسته شده و به اراضی کشاورزی و مسکونی تغییر یافته است. یوسفی و اشرفی (۱۳۹۴) به مدلسازی رشد شهری بجنورد با استفاده از داده‌های سنجش از دور پرداختند. در این تحقیق روند توسعه شهری بجنورد براساس تلفیق طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه و مدل زنجیره مارکوف مدلسازی شده است. نتایج بدست آمده از بررسی تغییرات و پیش‌بینی کاربری اراضی، گویای رشد توسعه مناطق شهری و متقابلاً کاهش کلاس‌های دیگر کاربری اراضی بوده و با توجه به

1- Keenan

2- Han & Jia

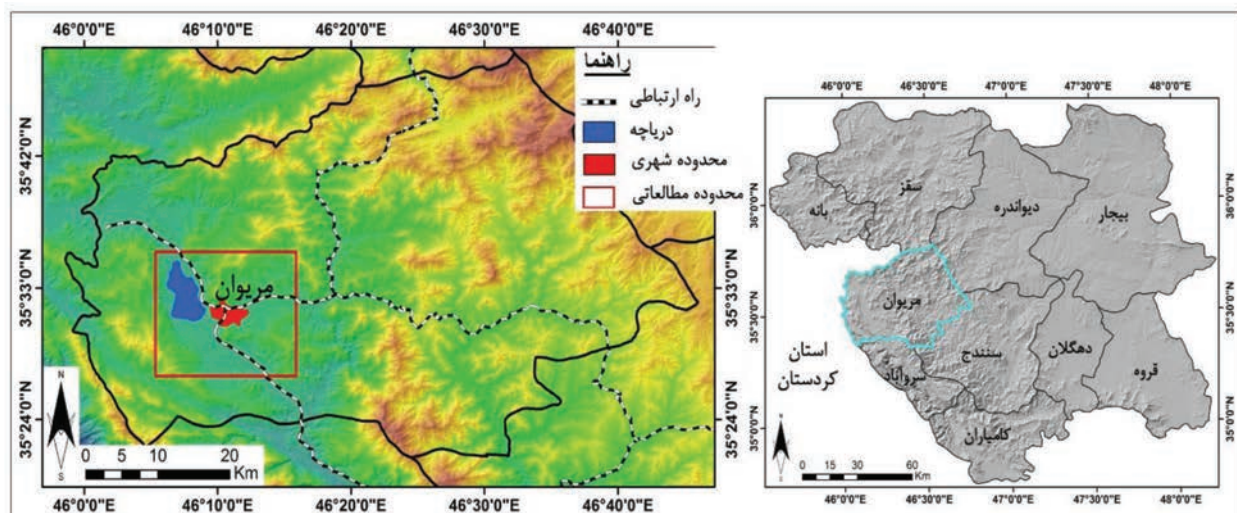
در نهایت پیش‌بینی این روند برای سال ۲۰۳۵ (تا سالی که دقت قابل قبول را داشته باشد) می‌باشد. در این تحقیق به منظور ارزیابی روند تغییرات نواحی سکونتگاهی از مدل LCM استفاده شده که بر مبنای نقشه کاربری اراضی صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه تصاویر لندست به منظور استخراج نقشه کاربری اراضی مناسب هستند، از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۷ و ۸، سنجنده‌های ETM، TM، OLI سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۷ استفاده شده است. تحقیق حاضر در سه مرحله اصلی انجام شده است که در ادامه به تشریح هر کدام از این مراحل پرداخته شده است.

-تعیین مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژی: با توجه به هدف تحقیق، با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی در ArcGIS نقشه مناطق مخاطره‌آمیز منطقه تهیه شده است. برای این منظور، در ابتدا لایه‌های اطلاعاتی شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب و رودخانه (با استفاده از DEM30 متر)، گسل (لایه گسل سازمان زمین‌شناسی) تهیه شده است. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای و نظرات کارشناسان (۵ کارشناس ژئومورفولوژی و ۵ کارشناس برنامه‌ریزی شهری) و با توجه به وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه، مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژیکی شامل ارتفاع بالای ۲۰۰۰ متر، جهات شیب شمالی، شیب بالای

شرقی به دیواندره، از شرق به سنندج، از جنوب شرقی به سروآباد و از شمال غربی به دره شلیر و از غرب کشور هم به شهر پنجوین شهرستان سلیمانیه کشور عراق با ۱۰۰ کیلومتر مرز مشترک منتهی می‌شود (نگاره ۱). از نظر ژئومورفولوژی بخش عمده ناهمواری‌های شهرستان مریوان را رشته‌کوه‌های زاگرس تشکیل می‌دهند که پیدایش این ناهمواری‌ها در نتیجه حرکات کوهزایی اواخر دوره تریاری می‌باشد (فریدونی کردستانی، ۱۳۹۵). قسمت اعظم ناهمواری‌ها را در مریوان کوه‌ها تشکیل می‌دهند که جنس آنها عمدتاً رسوبی و آهکی است. مریوان شدیداً تحت تأثیر جریان‌های مدیترانه‌ای قرار دارد که به علت کوهستانی بودن و برخورد این جریان‌ها ریزش‌های جوی زیادی ایجاد می‌شود. متوسط ریزش‌های جوی ۵۰۰ تا ۹۰۰ میلی‌متر در سال گزارش شده است (سازمان هواشناسی استان کردستان، ۱۳۹۱).

## مواد و روش‌ها

با توجه به اینکه روند افزایش شتابان جمعیت شهر مریوان از آغاز دهه ۷۰ (۱۹۹۱) بوده است، هدف از تحقیق حاضر ارزیابی روند تغییرات نواحی سکونتگاهی شهر مریوان در طی سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۷ و همچنین تعیین میزان توسعه این نواحی به سمت مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژی و



نگاره ۱: نقشه موقعیت مورد مطالعه

از روش طبقه‌بندی نظارت شده (حداکثر احتمال<sup>۲</sup>) برای تهیه نقشه‌های پوشش اراضی استفاده شد. اولین گام در انجام دادن یک طبقه‌بندی نظارت شده تعریف مناطقی است که به مثابه نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس استفاده می‌شوند (استمن<sup>۳</sup>، ۲۰۰۶). نمونه‌های تعلیمی در ۵ کلاس نواحی سکونتگاهی، اراضی کشاورزی (آبی و دیم)، باغات، ترکیب مراتع با جنگل (با توجه به هدف تحقیق مراتع و باغات دارای یک ارزش هستند به همین دلیل به عنوان یک کاربری ترکیبی استخراج شده‌اند) و دریاچه تعریف شده‌اند پس از تعیین نمونه‌های تعلیمی، با استفاده از روش حداکثر احتمال نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۷ محدود مطالعه‌ای تهیه شده است.

- پیش‌بینی تغییرات با استفاده از LCM: پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی به عنوان ابزاری برای تجزیه و تحلیل‌های محیط‌زیست، برنامه‌ریزی و مدیریت محیط ضروری است. با توجه به اهداف تحقیق و همچنین کاربرد مدل‌ساز تغییرات زمین، از این ابزار استفاده شده است که به صورت جانبی درون سامانه نرم‌افزاری EDRI SI وجود دارد و همچنین به صورت افزونه برای نرم‌افزار ArcGIS در دسترس است. ورودی این نرم‌افزار نقشه‌های کاربری اراضی هستند و همچنین خروجی مدل‌ساز تغییر زمین، ابزاری را در اختیار قرار می‌دهد که به کمک آن می‌توان به ارزیابی و مدل‌سازی تجربی تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر زیستگاه گونه‌ها و تنوع زیستی پرداخت. مراحل مدل‌سازی در ۴ مرحله انجام می‌شود:

۱. بررسی تغییرات: برای بررسی تغییرات باید دو نقشه به عنوان ورودی وجود داشته باشد. که در تحقیق حاضر از نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۱۱ استفاده شده است. در این مرحله میزان تغییرات هر کدام از کاربری‌ها در طی سال‌های مذکور مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۲. مدل‌سازی پتانسیل انتقال: در این مرحله بر اساس مدل زنجیره مارکوف میزان پتانسیل هر کاربری به کاربری دیگر

۳۰ درصد، حریم ۱۰۰۰ متری گسل و ۲۰۰ متری رودخانه به‌عنوان یک لایه مجزا تهیه شده است. پس از تهیه لایه مناطق مخاطره‌آمیز، لایه مذکور بر روی کاربری نواحی سکونتگاهی سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۷ قرار داده شده است. برای این منظور ابتدا لایه مناطق مخاطره‌آمیز بر روی نقشه کاربری سال ۱۹۹۲ قرار داده شده و سپس وضعیت قرارگیری نواحی سکونتگاهی نسبت به مناطق مخاطره‌آمیز مورد ارزیابی قرار گرفته است. سپس لایه مناطق مخاطره‌آمیز بر روی نواحی سکونتگاهی سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۷ قرار گرفته و میزان گسترش نواحی سکونتگاهی و پیشروی آن به سمت مناطق مخاطره‌آمیز مورد ارزیابی قرار گرفته است.

-تهیه نقشه کاربری اراضی: به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی محدوده مطالعاتی از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۷ استفاده شده است. پس از تهیه تصاویر، قبل از هرگونه تجزیه و تحلیل و پردازش، داده‌ها از نظر وجود خطای هندسی و رادیومتری بررسی شد. به منظور اطمینان از عدم خطا، با نمایش تک‌تک باندها و همچنین ترکیب‌های رنگی مختلف بر روی صفحه نمایش و با بزرگنمایی قسمت‌های مختلف این تصاویر، داده‌های موجود به صورت دستی از لحاظ خطاهای رادیومتری مانند راه‌راه شدگی بررسی شد. برای بررسی وضعیت هندسی تصاویر و اطمینان از مناسب بودن هندسه تصاویر، لایه‌های برداری جاده‌های منطقه مورد مطالعه با استفاده از گوگل ارث استخراج و روی تصاویر ماهواره‌ای قرار داده شده است. پس از پیش‌پردازش تصاویر، نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه تهیه شده است. از آنجا که تفکیک و شناسایی پدیده‌ها به لحاظ رنگ نتایج بهتری ارائه می‌دهد ولی نمایش داده‌های حاصل از اسکنرها در تک‌باندها با استفاده از گام‌های خاکستری است، تصویر رنگی کاذب هر ۲ تاریخ با استفاده از ترکیب ۲ (سبز) ۳ (قرمز) و ۴ (مادون قرمز نزدیک) تولید شده است (کومی و مورایاما، ۲۰۱۰). این تصاویر به تجسم انواع کاربری‌ها در منطقه کمک می‌کنند.

2- . Maximum Likelihood

3- Eastman

1- Khoi & Murayama

شده توسط مدل LCM با نقشه واقعیت زمینی مورد مقایسه قرار گرفته است. با محاسبه ضریب کاپای استاندارد، ضریب کاپای موقعیت، ضریب کاپای کمیت و محاسبه خطای Hits، False Alarm و Misses (استمن، ۲۰۰۶) وضعیت صحت برای موقعیت و کمیت پیکسل‌های هر طبقه بدست آمد. نتایج برآورد صحت نقشه در جدول ۱ نشان داده شده است که بیانگر صحت قابل قبول نقشه‌های تهیه شده است.

جدول ۱: ارزیابی صحت نقشه‌های تولید شده

ارزیابی صحت	نقشه سال ۱۹۹۲	نقشه سال ۲۰۰۰	نقشه سال ۲۰۱۱	نقشه سال ۲۰۱۷
صحت کلی	۹۲ درصد	۹۱ درصد	۹۲	۹۳
ضریب کاپا	۹۰ درصد	۹۰ درصد	۹۱	۹۳

### بحث و نتایج

- وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه: محدوده مطالعاتی در یک منطقه کوهستانی واقع شده است. واحد کوهستان بخش عمده‌ای از محدوده را در بر گرفته است و وجود ارتفاعات و نواحی پرشیب سبب شده توسعه نواحی سکونتگاهی با محدودیت‌هایی مواجه باشد.

از نظر وضعیت ارتفاعی، محدوده مطالعاتی در بین ارتفاع ۱۱۶۲ تا ۲۰۵۷ متری از سطح دریا قرار دارد که با توجه به موقعیت قرارگیری منطقه در مسیر بادهای غربی، نواحی مرتفع به دلیل سرمای سخت فصول سرد با محدودیت‌های زیادی مواجه هستند. همچنین پراکندگی کوه‌ها در تمام جهات سبب شده دامنه‌های پرشیب مهمترین نقش را در تعیین روند توسعه و شکل‌گیری نواحی سکونتگاهی داشته باشد. اغلب مناطق هموار محدوده مطالعاتی به صورت دشت‌های میانکوهی هستند که به دلیل شرایط مناسب، در طی سال‌های اخیر توسعه نواحی سکونتگاهی در این مناطق بیشتر از جاهای دیگر بوده است. در کنار وضعیت ژئومورفولوژی، یکی دیگر از عوامل محدوده کننده توسعه سکونتگاه‌ها بخصوص توسعه شهر مریوان، دریاچه زریوار

سنجیده شده است (سان و همکاران، ۲۰۰۷). به این معنی که هر پیکسل از تصویر برای تغییر از یک کاربری به نوع دیگر چقدر قابلیت دارد. سپس بر مبنای تغییرات عمده رویداده در منطقه مورد مطالعه، ۴ زیر مدل انتقال تغییر کاربری که عبارتند از تبدیل دریاچه به نواحی سکونتگاهی، تبدیل کشاورزی به نواحی سکونتگاهی، تبدیل باغات به نواحی سکونتگاهی و تبدیل مراتع به نواحی سکونتگاهی مشخص شده است. برای ساخت هر یک از زیر مدل‌های مذکور، از متغیرهای توصیفی مختلف استفاده شد که با استفاده از روش MLP<sup>۲</sup> مدل‌سازی شده و در نهایت به تولید نقشه-های پتانسیل انتقال انجامیده است (لینکی و همکاران، ۲۰۰۴). متغیرهای توصیفی به کار رفته در تحقیق حاضر شامل شیب، ارتفاع، فاصله از جاده، فاصله از نواحی سکونتگاهی و فاصله از رودخانه می‌باشد.

۳. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی: پس از محاسبه پتانسیل انتقال هر کاربری به کاربری سکونتگاهی با استفاده از داده‌های توصیفی موردنظر، نقشه پیش‌بینی سخت کاربری اراضی برای سال ۲۰۳۵ تهیه شده است.

۴. ارزیابی صحت پیش‌بینی: برآورد صحت برای درک نتایج به دست آمده و به کار بردن این نتایج برای تصمیم‌گیری خیلی مهم می‌باشند. معمول‌ترین پارامترهای برآورد دقت شامل دقت کل<sup>۴</sup> و ضریب کاپا<sup>۵</sup> هستند (لیو و همکاران، ۲۰۰۴). برای ارزیابی توان مدل LCM جهت تولید نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۳۵، ابتدا از نقشه‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۱۱ برای پیش‌بینی نقشه سال ۲۰۱۷ ماه ژوئن استفاده شده است. برای انجام این پیش‌بینی، ماتریس احتمال تغییرات و ماتریس مساحت‌های احتمالی تغییرات تهیه و بر مبنای زیر مدل-های تعریف شده و نقشه‌های احتمال انتقال تغییرات، نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۷ تهیه شد. سپس نقشه پیش‌بینی

1- Sun et al

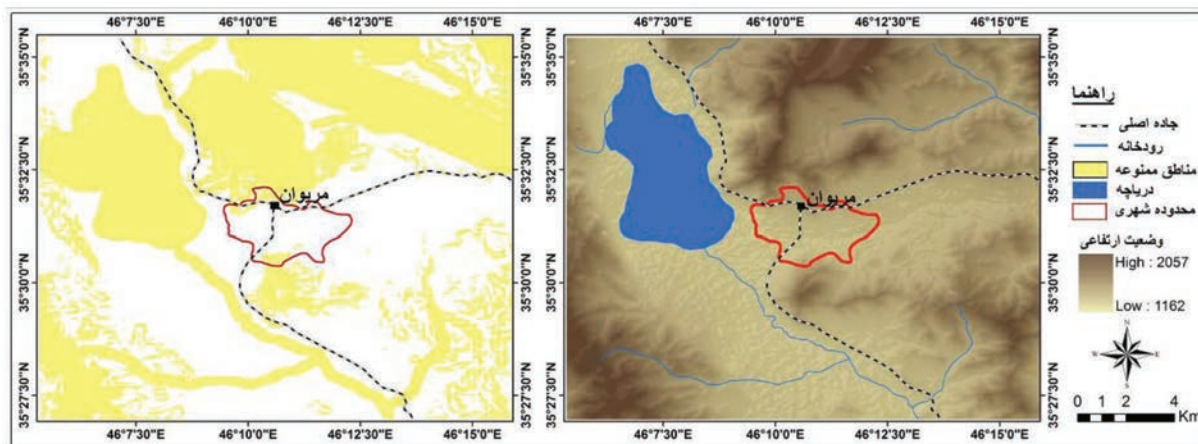
2- Multi-Layer Perceptron

3- Linkie et al

4- Overall accuracy

5- Kappa Coefficient

6- Lu et al



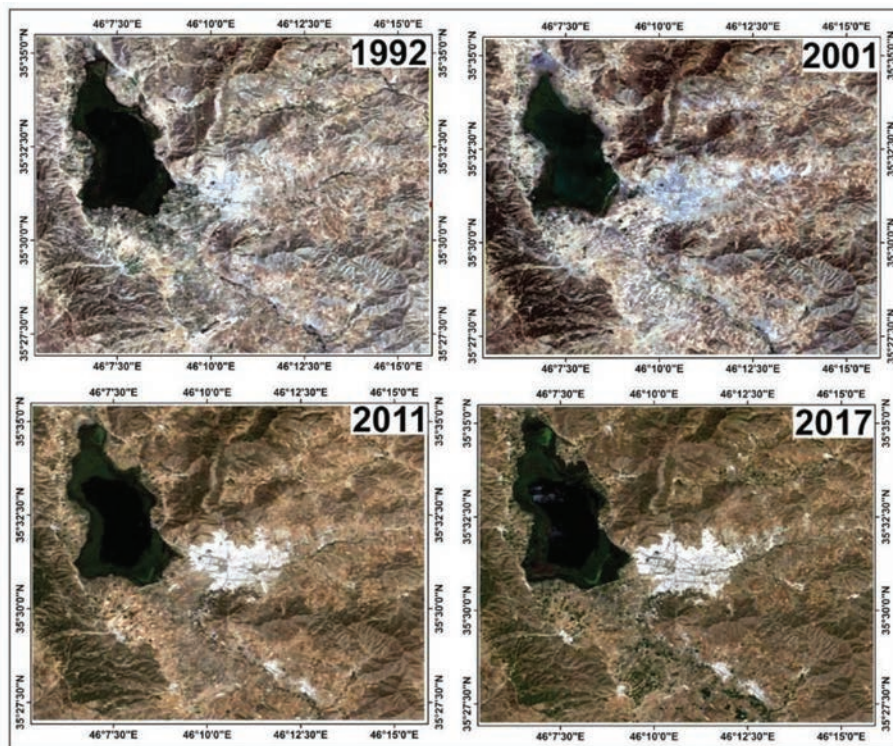
نگاره ۲: نقشه وضعیت ارتفاعی و مناطق مخاطره‌آمیز محدوده مطالعاتی

حاضر ارزیابی روند تغییرات نواحی سکونتگاهی است از تصاویر سال‌های ۱۹۹۲ (۱۶ جولای)، ۲۰۰۱ (۲۵ جولای)، ۲۰۱۱ (۵ جولای) و ۲۰۱۷ (۱۶ جولای) ماهواره لندست و سنجنده‌های TM، ETM، OLI استفاده شده است. از سوی دیگر، با توجه به اینکه هدف از تهیه این تصاویر تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه است، تصاویر موجود از نظر ماه و روز تصویربرداری کمترین اختلاف ممکن را دارند و همگی مربوط به ماه ژوئن هستند. در نگاره ۳ تصاویر ماهواره‌ای محدوده مطالعاتی برای هر کدام از سال‌های مطالعاتی نشان داده شده است.

- روند توسعه نواحی سکونتگاهی محدوده مطالعاتی: با توجه افزایش روزافزون جمعیت، نواحی سکونتگاهی روند رو به رشدی دارند و محدوده مطالعاتی نیز از این قاعده مستثنی نبوده و در طی سال‌های اخیر رشد قابل توجهی داشته است. مطابق جدول ۲، نواحی سکونتگاهی منطقه مورد مطالعه در سال ۱۹۹۲ حدود ۷/۸ کیلومتر مربع وسعت داشته است که شامل ناحیه شهری مریوان و نواحی روستایی و ساخت و سازهای انسانی محدوده مطالعاتی می‌باشد. با توجه به روند رو به رشد توسعه سکونتگاه‌ها، این مقدار در سال ۲۰۰۱ به ۱۰/۹ کیلومتر مربع می‌رسد که بخش عمده‌ای از این توسعه مربوط به ناحیه شهری مریوان می‌باشد. در ادامه روند توسعه، در طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ نواحی سکونتگاهی

این دریاچه در غرب شهر مریوان قرار دارد و در کنار اهمیت زیادی که در جذب گردشگر و اقتصاد شهرستان دارد، سبب شده تا حرکت نواحی سکونتگاهی به سمت غرب محدوده شهری مریوان متوقف شود. با توجه به اینکه هدف از تحقیق حاضر تعیین روند توسعه نواحی سکونتگاهی در مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژیکی است، قبل از ارزیابی روند توسعه، نقشه این مناطق منطقه تهیه شده است. هدف از تهیه نقشه مناطق مخاطره‌آمیز ارزیابی روند حرکتی نواحی سکونتگاهی به سمت این مناطق است. برای تهیه نقشه مذکور معیارهایی مطابق با وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه و نظر کارشناسان (۵ کارشناس ژئومورفولوژی و ۵ کارشناس برنامه‌ریزی شهری) مربوطه انتخاب شده است و متناسب با هدف تحقیق به صورت یک لایه اطلاعاتی تهیه شده است. با توجه به وضعیت منطقه، سطوح بالای ارتفاع ۱۷۰۰ متر، سطوح دارای شیب بیش از ۳۰ درصد، جهات شیب رو به شمال (به دلیل پشت آفتاب بودن در فصول سرد سال)، حریم ۱۰۰۰ متری خط گسل و ۲۰۰ متری رودخانه تحت عنوان مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژی معرفی شده‌اند. در نگاره ۲ نقشه وضعیت ارتفاعی و مناطق مخاطره‌آمیز محدوده مطالعاتی ارائه شده است.

- تهیه تصاویر ماهواره‌ای: با توجه به اینکه هدف از تحقیق



نگاره ۳: تصاویر ماهواره‌ای محدوده مطالعاتی

مناطق خطرآمیز بوده است که از جمله این مناطق می‌توان به نواحی شمالی محدوده شهری مریوان اشاره کرد. در نگاره ۴ نقشه گسترش نواحی سکونتگاهی سال‌های ۱۹۹۲، ۲۰۰۱، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۷ در مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژیکی نشان داده شده است.

جدول ۲: وسعت نواحی سکونتگاهی در طی سال‌های مورد مطالعه (کیلومتر مربع)

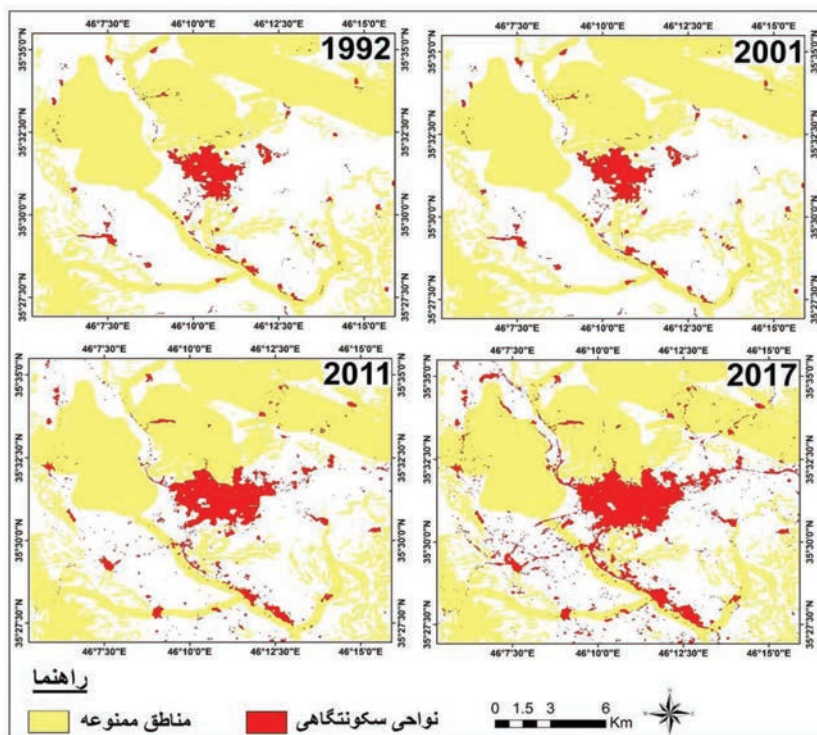
سال	۱۹۹۲	۲۰۰۱	۲۰۱۱	۲۰۱۷
وسعت کل	۷/۸	۱۰/۹	۱۴/۵	۱۶/۶
وسعت در مناطق مخاطره‌آمیز	۱/۷	۲/۳	۲/۹	۳/۳

- پیش‌بینی توسعه نواحی سکونتگاهی برای سال ۲۰۳۵: با توجه به اینکه هدف اصلی تحقیق حاضر پیش‌بینی توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژی در محدوده مطالعاتی می‌باشد، با استفاده از مدل LCM میزان توسعه این نواحی تا سال ۲۰۳۵ برای

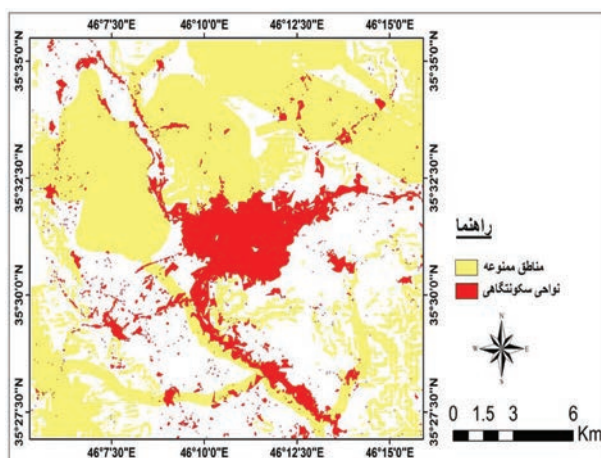
از ۱۰/۹ به ۱۴/۵ کیلومتر مربع می‌رسد که بیشترین میزان توسعه در مناطق شرقی شهر مریوان بوده است. همچنین در طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۷ نیز وسعت نواحی سکونتگاهی از ۱۴/۵ کیلومتر مربع به ۱۶/۶ کیلومتر مربع افزایش یافته است که بیشترین میزان توسعه در این دوره نیز در مناطق حاشیه‌ای شهر مریوان و همچنین روستاهای موجود در مسیر ورودی به شهر مریوان صورت گرفته است.

با توجه به هدف تحقیق روند حرکتی نواحی سکونتگاهی در مناطق مخاطره‌آمیز نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است. بررسی توسعه نواحی سکونتگاهی در مناطق مخاطره‌آمیز بیانگر این است که از کل مساحت نواحی سکونتگاهی در سال ۱۹۹۲ حدود ۱/۷ کیلومتر مربع آن در مناطق مخاطره‌آمیز قرار داشته‌اند که این مناطق بیشتر شامل نواحی پراکنده سکونتگاهی روستایی در محدوده می‌باشد. در سال ۲۰۰۱ و ۲۰۱۱ نیز به ترتیب حدود ۲/۳ و ۲/۹ کیلومتر مربع از نواحی سکونتگاهی در مناطق مخاطره‌آمیز قرار داشته‌اند. همچنین این مقدار در سال ۲۰۱۷ به حدود ۳/۳ کیلومتر مربع می‌رسد که بیانگر رشد حرکتی نواحی سکونتگاهی به سمت





نگاره ۴: نقشه روند توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژیکی



نگاره ۵: نقشه پیش‌بینی توسعه نواحی سکونتگاهی تا سال ۲۰۳۵

### نتیجه‌گیری

شهر مریوان از نظر ژئومورفولوژیکی دارای محدودیت‌های زیادی است به همین دلیل در طی سال‌های اخیر مطالعاتی در این زمینه صورت گرفته است که اغلب این مطالعات به صورت توصیفی بوده است و فقط به تشریح وضعیت کلی منطقه پرداخته شده است، اما در تحقیق حاضر علاوه بر تشریح وضعیت

محدوده مطالعاتی پیش‌بینی شده است. به منظور انجام پیش‌بینی از متغیرهای، شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده و فاصله از نواحی سکونتگاهی استفاده شده است. پس از پتانسیل‌سنجی توسعه نواحی سکونتگاهی، نقشه پیش‌بینی شده توسعه نواحی سکونتگاهی برای سال ۲۰۳۵ محدوده مطالعاتی تهیه شده است (نگاره ۵). لازم به ذکر است که نواحی سکونتگاهی مورد نظر در تحقیق حاضر شامل تمامی سکونتگاه‌های انسانی و سازه‌های ساخته شده توسط انسان است. مطابق نقشه پیش‌بینی شده، مناطق ورودی شهر مریوان و همچنین شرق محدوده شهری مریوان به دلیل شرایط مناسب ژئومورفولوژیکی بیشترین میزان توسعه را خواهد داشت و در مجموعه وسعت نواحی سکونتگاهی از ۱۶/۶ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۷ به ۲۴/۳ کیلومترمربع تا سال ۲۰۳۵ خواهد رسید. همانند دوره‌های قبلی حرکت به سمت مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژیکی نیز تا سال ۲۰۳۵ روند چشمگیری دارد به طوریکه حدود ۵/۷ کیلومترمربع از این نواحی در مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژیکی قرار خواهند داشت.

شهر مریوان و نواحی روستایی جاده اصلی مریوان، بیشترین میزان توسعه نواحی سکونتگاهی در حرکت به سمت مناطق مخاطره‌آمیز در این مناطق صورت گرفته است. مطابق بر هدف اصلی تحقیق بر مبنای کاربری اراضی سال‌های مذکور، میزان توسعه نواحی سکونتگاهی محدوده مطالعاتی برای سال ۲۰۳۵ پیش‌بینی شده است که نتیجه حاصل از پیش‌بینی بیانگر این است که تا سال ۲۰۳۵ وسعت نواحی سکونتگاهی محدوده مطالعاتی به حدود ۲۴/۳ کیلومترمربع افزایش پیدا خواهد کرد که از این مقدار حدود ۵/۷ کیلومترمربع آن در مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژیکی خواهد بود. موارد مذکور بیان‌کننده این است که احتمال افزایش مخاطرات طبیعی ناشی از توسعه نواحی سکونتگاهی در منطقه مورد مطالعه روز به روز افزایش پیدا می‌کند که در صورت عدم توجه به آن، منطقه مورد مطالعه در معرض خطرات جدی خواهد بود. بنابراین لازم است که در خصوص تعیین روند توسعه نواحی سکونتگاهی به خصوص مناطق شمالی شهر مریوان به سمت مناطق مناسب اقدامات لازم صورت گیرد.

#### منابع و مأخذ

۱. زیاری، آروین، رحیم‌پور، تقوی زیوانی؛ کرامت اله، محمود، نگار، اسماعیل (۱۳۹۵)، ارزیابی تناسب اراضی به‌منظور توسعه شهری با رویکرد آمایش سرزمین (مطالعه موردی: شهر اهواز)، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۴۷، صص ۳۶-۱۷.
۲. سازمان هواشناسی استان کردستان، گزارش وضعیت آب و هوای استان، ۱۳۹۱
۳. غلامعلی فرد، جورابچیان شوشتری، کهنوج، میرزایی؛ مهدی، شریف، حمزه، محسن (۱۳۹۱)، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی سواحل مازندران با استفاده از LCM در محیط GIS، فصلنامه محیط‌شناسی، شماره ۹، صص ۱۲۴-۱۰۹.
۴. قنوتی، دلفانی گودرزی؛ عزت‌اله، فاطمه (۱۳۹۲)، مکانیابی بهینه توسعه شهری با تأکید بر پارامترهای طبیعی

ژئومورفولوژیکی منطقه، مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژیکی منطقه تعیین شده و سپس به ارزیابی روند تغییرات نواحی سکونتگاهی و روند حرکتی آنها به سمت مناطق مخاطره‌آمیز پرداخته شده است. در واقع روند افزایش روزافزون نواحی سکونتگاهی سبب شده است تا حرکت جمعیت به سمت مناطق مخاطره‌آمیز روند رو به رشدی داشته باشد. در کنار افزایش روند توسعه، وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان مخاطره‌آمیز بودن منطقه و حرکت جمعیت به سمت این مناطق ایفا می‌کند. با توجه به اینکه کنترل نواحی جمعیتی و شکل دادن به روند توسعه نواحی سکونتگاهی به عنوان یکی از وظایف اصلی مدیران و برنامه‌ریزان عمرانی محسوب می‌شود، در تحقیق حاضر نواحی سکونتگاهی محدوده شهری مریوان تا حاشیه ۷ کیلومتری آن مورد ارزیابی قرار گرفته است.

ارزیابی نقشه‌های کاربری اراضی منطقه مطالعاتی بیانگر روند روبه‌رشد نواحی جمعیتی در طی سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۷ می‌باشد به طوری که وسعت نواحی سکونتگاهی از ۷/۸ کیلومترمربع در سال ۱۹۹۲ به ۱۰/۹ کیلومترمربع افزایش پیدا کرده است. روند توسعه در حد فاصل سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ بیشترین مقدار را داشته است به طوری که نواحی سکونتگاهی با ۳/۶ کیلومترمربع افزایش در سال ۲۰۱۱ به حدود ۱۴/۵ کیلومترمربع می‌رسد و در حد فاصل سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۷ به ۱۶/۶ کیلومترمربع افزایش یافته است. در طی این سال‌ها در کنار افزایش روند توسعه نواحی سکونتگاهی، حرکت این نواحی به سمت مناطق مخاطره‌آمیز نیز افزایش یافته است. به طوری که از مجموعه کل وسعت نواحی سکونتگاهی سال ۱۹۹۲ حدود ۱/۷ کیلومترمربع در مناطق مخاطره‌آمیز ژئومورفولوژیکی قرار داشته که بیشتر شامل مناطق پرشیب و حریم رودخانه‌ها بوده است. در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۱ نیز این روند به ۲/۳ و ۲/۹ کیلومترمربع افزایش یافته و همچنین در سال ۲۰۱۷ به میزان ۳/۳ کیلومترمربع افزایش یافته است. با توجه به روند افزایش جمعیت به سمت شهر مریوان و افزایش ساخت و سازهای حاشیه

urban resilience: principles, tools, and practice, The world Bank, pp. 155.

15. Jiang, L., Deng, X., Seto, K.C., (2013), The impact of urban expansion on agricultural land use intensity in China, *Journal of Land Use Policy*, No. 35, Pp. 33-39.

16. Keenan, J. M., Wilson, L., & Hsieh, M. (2016). Using design technology to explore the implications of the New York City zoning amendment for quality and affordability. *Architectural Science Review*, 59(6), 496-506.

17. Khoi, D.D., Y., Murayama., (2010). Forecasting Areas Vulnerable to Forest Conversion in the Tam Dao National Park Region, Vietnam. *Remote Sensing* 2 (5), 1249-1272

18. Linkie, M., R.J., Smith, N., Leader-Williams (2004), Mapping and predicting deforestation patterns in the lowlands of Sumatra. *Biodiversity and Conservation* 13 (10), 1809-1818.

19. Lu, D., Mausel, P., Brondi'zio, E. and Moran, E (2004), Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12), 2365-2407.

20. Marynoui Gresswell, R.E., (2013). Spatioal and temporal patterns of debris-flow deposition in the Oregon coast, U.S.A., *geomorphology*, vol.57, p59-70

21. Merwe, J (2004), Gis- aided land evaluation and decision-making for regulating urban expansion: A South Africa case study, volume 43, number 2, pages 135- 15

22. Roy, H.G. Fox, D.M. and. Emsellem, K (2014): Predicting Land Cover Change in a Mediterranean Catchment at Different Time Scales. *Lect Notes Comput Sc Springer*. 5, pp: 315-330, [doi: 10.1007/978-3-319-09147-1\_23].

23. Silveira, E. & Penna (2005), An agent based-model rural urban migration analysis. arXiv: physics/0506021v1, 2 June 2005

24. Sun, H., W., Forsythe, Waters, N (2007), Modeling Urban Land Use Change and Urban Sprawl: Calgary, Alberta, Canada. *Networks and Spatial Economics* 7 (4), 353-376.

با استفاده از مدل تلفیقی منطق فازی و AHP، دو فصلنامه ژئومورفولوژی کاربردی، سال اول، شماره ۱، صص ۶۰-۴۵  
۵. محمدی، امیری، دستورانی؛ مجید، مجتبی، جعفر (۱۳۹۴)، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان رامیان در استان گلستان، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره نوزدهم، شماره ۴.

۶. یمانی، گنجائیان، امانی؛ مجتبی، حمید، خبات (۱۳۹۶)، چالش‌های محیطی توسعه نواحی سکونتگاهی (مطالعه موردی: شهر پاوه)، پنجمین همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی، مهر ۹۶، مشهد.

۷. یوسفی، اشرفی؛ مریم، علی (۱۳۹۴)، مدل‌سازی رشد شهری بجنورد با استفاده از داده‌های سنجش از دور (براساس شبکه عصبی مارکوف و مدل‌سازی تغییرات زمین)، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال ۶، شماره پیاپی ۱.

۸. فریدونی کردستانی، مزده (۱۳۹۵)، ارزیابی ژئومورفولوژیکی تناسب زمین برای گسترش کالبدی شهر مریوان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی، دانشکده جغرافیا.

9. Dutta, V. (2012), War on the Dream, How Land use Dynamics and Peri-urban Growth Characteristics of a Sprawling City Devour the Master Plan and Urban Suitability, A Fuzzy Multi-criteria Decision Making Approach, proceeded In 13th Global Development Conference "Urbanisation and Development: Delving Deeper into the Nexus", Budapest, Hungary.

10. Eastman, J. R. (2006). IDRISI Andes. Guide to GIS and Image Processing. Clark Labs, Clark University, Worcester, MA.

11. Gilbert & Gagler, (1996), Urbanism development of Third World, Translate by Parvize Karimi Naseri, Tehran, General management Tehran

12. Han, Y., & Jia, H. (2016). Simulating the spatial dynamics of urban growth with an integrated modeling approach: A case study of Foshan, China. *Ecological Modelling*.

13. Hough, M. (1990), oit of place restoring edentity the regional landscap, Yale college

14. Jha, K., Miner, W. Geddes, S. (2012), Building

