

## پایش و پیش‌بینی فرایند گسترش کالبدی و تغییرات کاربری زمین در شهرهای میانه‌اندام (مورد شناسی: شهر مرنند)

فضل‌اله اسمعیلی (استادیارگروه جغرافیای دانشگاه پیام نور، ایران)

اکبر حمیدی\* (دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران، ایران)

شاهین عزیززاده زوزی (کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز، ایران)

توران خیری (دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران، ایران)

### چکیده

در دهه‌های اخیر شهرهای ایران مانند بسیاری از شهرهای جهان سوم دچار تحولات چشمگیری شده‌اند، به طوری که روند رشد شهرنشینی در پی تحولات اقتصادی، اجتماعی، موجب رشد لجام‌گسیخته و بی‌قواره شهرهای با نقش ملی و ناحیه‌ای شده که در اغلب شهرهای کشور ناشی از فقدان سیاست‌های نامناسب ساخت‌وساز و بی‌برنامگی در بهره‌برداری از زمین شهری است؛ از این رو ارزیابی روند گسترش فیزیکی شهر و آگاهی از الگوهای تغییرات کاربری اراضی و به‌کارگیری نتایج آن، در برنامه‌ریزی‌های آینده شهر ضروری است. در پژوهش حاضر به بررسی تغییرات کاربری اراضی و روند گسترش فیزیکی پیرامون شهر مرنند در طی سال‌های ۱۳۷۸-۱۳۹۵ و سپس به پیش‌بینی این تغییرات تا سال ۱۴۰۵ با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف پرداخته شد و برای این منظور از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM، سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۴، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. تعیین نقشه کاربری بعد از انجام تصحیحات بر روی تصاویر ماهواره‌ای، تعیین نمونه‌های آموزشی و ارزیابی دقت طبقه‌بندی صورت گرفت. نتایج نشان می‌دهد که در طی این دوره، طبقه اراضی ساخته‌شده افزایش قابل توجهی داشته است؛ به طوری که حدود ۳۶ درصد از تغییرات را دربر داشته و در روند افزایش اراضی ساخته‌شده، طبقات اراضی بایر و باغات به ترتیب بیشترین نقش را داشته است و این تغییرات عمدتاً ناشی از افزایش میزان مهاجرت از سکونتگاه‌های پیرامون شهر مرنند به این شهر است.

تاریخ دریافت: ۱۸ مرداد ۱۳۹۷  
تاریخ پذیرش: ۲۵ فروردین ۱۳۹۸  
صفحات: ۱۴۴-۱۲۵



کلید واژه‌ها:

تغییر کاربری اراضی، توسعه فیزیکی، زنجیره‌ای مارکوف، تصاویر ماهواره‌ای، شهر مرنند.

\* نویسنده مسئول: اکبر حمیدی

پست الکترونیک: akbarhamidi70@ut.ac.ir

## مقدمه

در چند دهه اخیر، شهرها به‌عنوان مهم‌ترین سکونتگاه بشر به‌واسطه افزایش درجه شهرنشینی و جمعیت شهری که از مهم‌ترین جنبه‌های تغییر جهانی است، مقدمه رشد و توسعه گسترده شهری را فراهم آورده‌است (Habitat international, 2004) و در حال حاضر هر هفته حدود یک میلیون نفر به جمعیت شهری جهان افزوده می‌شود (معصومی، ۱۳۹۰: ۹۰). در اثر این تحولات، توسعه فیزیکی شهرها و به دنبال آن تغییر کاربری‌ها یکی از واقعیت‌های رشد شهرنشینی در جوامع کنونی است (مدیری، ۱۳۹۶: ۱). رشد بی‌رویه و افزایش مهاجرت به شهرها، منجر به توسعه غیرقابل کنترل نواحی شهری، خلق سکونتگاه‌های جدید، کاهش سطح رفاه انسانی ساخت‌وسازهای بدون برنامه، گسترش مهارنشدنی و بروز تغییرات فراوان در ساختار فضایی شهرها، گرایش به سمت حومه‌نشینی و گسترده‌گی شهری شده‌است (Ortega et al, 2011: 2). چنین توسعه کالبدی بی‌رویه و شهرنشینی سریع نه‌تنها منجر به استفاده گسترده از اراضی می‌شود؛ بلکه باعث افزایش جمعیت در نواحی شهری و اثرات زیست‌محیطی مرتبط با توسعه نیز می‌شود (Shen, 2012: 27). به عبارت دیگر، رشد شهری و تغییرات الگوهای کاربری اراضی باعث ایجاد تأثیرات گسترده اجتماعی و زیست‌محیطی می‌شود. این تأثیرات شامل کاهش فضاهای طبیعی، افزایش تجمع وسایل نقلیه، کاهش زمین‌های کشاورزی با توان تولید بالا، تأثیر بر زهکش‌های طبیعی و کاهش کیفیت آب است (Pauchard et al, 2006: 274). فرایند تغییر یا تبدیل کاربری زمین در کشورهای جهان سوم از جمله ایران از شرایط به‌خصوصی تبعیت می‌کند؛ گسترش سریع اندام کالبدی شهرها در وهله نخست با مهاجرت‌های شدید روستا-شهری و در مرحله بعد مهاجرت‌های شهر-

شهری (از شهرهای کوچک و میانه‌اندام به شهرهای بزرگ) شکل می‌گیرد (مدیری، ۱۳۹۶: ۴)؛ از این‌رو افزایش جمعیت و اندازه شهرها و شهرک‌ها در جهان به تبع افزایش شهرنشینی، اثرات زیادی بر روی انسان و محیط داشته است (ابراهیم‌زاده و رفیعی، ۱۳۸۸: ۴۶). در سال‌های اخیر، رشد شهرنشینی در ایران و افزایش مهاجرت به شهرهای میانی و بزرگ کشور، باعث گسترش ناگهانی و غیرطبیعی این شهرها و تخریب زمین‌های حاصل‌خیز و منابع طبیعی شده و آسیب‌های جبران‌ناپذیری به طبیعت وارد کرده است؛ در حالی که این روند می‌توانست با کنترل و هدایت اصولی گسترش مناطق شهری، بدون تخریب زمین‌های حاصل‌خیز و منابع طبیعی صورت گیرد؛ بنابراین، در ایران رشد گسترش شهرها به‌صورت نوعی معضل یا مسأله درآمده و لزوم توجه به مسائل شهری -به‌ویژه مسائل کالبدی آن- در قالب چارچوبی علمی، اهمیت و ضرورت یافته است (ابراهیم‌زاده و رفیعی، ۱۳۸۸: ۱۲۵). شهر مرند یکی از شهرهای مهم و میانه‌اندام استان آذربایجان شرقی محسوب می‌شود که مانند بسیاری از شهرهای کشور از قاعده توسعه فیزیکی ناموزون و پراکنش شهری مستثنا نبوده است. این شهر با دارا بودن راه‌های ارتباطی مهم و جاذبه‌های طبیعی، تاریخی، صنعتی، اقتصادی و خدماتی و به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین قطب‌های جاذب جمعیت در سلسله‌مراتب شبکه شهری استان آذربایجان شرقی، طی سال‌های اخیر رشد بسیاری کرده است. با توجه به موارد مطرح‌شده، هدف از تحقیق حاضر بررسی روند تغییرات کاربری اراضی برای طی سالیان گذشته و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و گسترش شهری به کمک مدل زنجیره‌ای مارکوف و سلول‌های خودکار در شهر مرند است و درصدد پاسخ‌دادن به این پرسش اصلی است که روند و الگوی گسترش کالبدی و تغییرات کاربری زمین در شهر میان‌اندام مرند چگونه است؟

پیشینه تحقیق

در حال حاضر سنجش از دور بهترین ابزار برای پایش تغییرات محیطی و استخراج نوع کاربری‌های اراضی بوده که از سرعت و دقت بالایی در مقایسه با سایر روش‌ها برخوردار است. از طریق این فن می‌توان با استفاده از مجموعه تصاویر چندزمانه و پردازش آن‌ها با یکی از روش‌های مناسب موجود و با سرعت و دقت بالا نسبت به آشکارسازی تغییرات موردنظر در منطقه اقدام کرد. در دهه‌های اخیر، استفاده از فن دورسنجی

به‌منظور پایش و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و گسترش فیزیکی شهر، مورد توجه قرار گرفته و تحقیقات متعددی در این زمینه در ایران و جهان انجام شده است که با توجه به ماهیت و روش تحقیق حاضر (استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی)، به مواردی در این زمینه اشاره می‌شود که در جدول شماره (۱) به اختصار بیان شده است.

جدول ۱. تحقیقات انجام شده در زمینه گسترش شهری و تغییرات کاربری زمین در ایران و جهان

تحقیقات	نویسنده / نویسندگان	عنوان	مواد و روش‌ها	نتایج
تحقیقات خارجی	واکود <sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۴)	ارزیابی گسترش شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و GIS (مطالعه موردی: حیدرآباد هند)	تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۱ با گسترش غیرمجاز در سایر طیف‌های کاربری زمین، رشد یافته است. همچنین رشد شهری در سطح منطقه، بر منابع آب به‌لحاظ کمی و کیفی تأثیرگذار بوده است. همچنین، تغییر شکل انواع کاربری زمین، در مناطق شهری به‌طور پویا در قسمت شمال شرقی و جنوب این شهر ادامه یافته است.	
	چنگ سون <sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۳)	کمی‌سازی میزان رشد و پویایی شهر در شهر گوانژو <sup>۳</sup> با استفاده از RS	تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های RS, GIS	نتایج نشان می‌دهد که روش پیشنهادی می‌تواند انواع مختلف رشد شهری را شناسایی و تجسم کند؛ توسعه میان‌افزا الگوی غالب گسترش شهری است، رشد حاشیه‌ای در مناطق حومه‌ای متمرکز شده و رشد بیرونی عمدتاً دور از هسته شهری رخ می‌دهد.
	مونالیزا و همکاران <sup>۴</sup> (۲۰۱۲)	بررسی گسترده‌گی شهری و تغییرات کاربری اراضی با استفاده از RS و GIS (مطالعه موردی: شهر بوبنسوار <sup>۵</sup> )	تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۹۷، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۵ - GIS	ارزیابی پراکنش شهر، نظارت بر استفاده از زمین شهری، ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی گسترش شهر در آینده
	لوپز و همکاران <sup>۶</sup> (۲۰۰۶)	مهاجرت دهقانان و تغییر کاربری زمین در سطح آبریز: روشی مبتنی بر GIS در مکزیک مرکزی	RS-GIS و رویکرد آماری	نتیجه‌گیری می‌کنند که با تشدید مهاجرت‌های مردم به شهرهای اطراف، درصد اراضی رهاشده و بی‌استفاده در طول یک دهه افزایش یافته است.

- 1- Wakode
- 2- Cheng Sun
- 3- Gwangju
- 4- Monalisha Mishra
- 5- Bhubaneswar
- 6- Lopez

تحقیقات داخلی	پوراحمد و همکاران (۱۳۹۴)	ارزیابی توسعه فیزیکی شهر ارومیه به‌منظور حفظ پوشش گیاهی و اراضی کشاورزی	سنجش‌ازدور (RS)، سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل سلسله‌مراتبی	بررسی‌ها نشان‌دهنده کاهش شدید اراضی کشاورزی و باغات در نتیجه تبدیل آن‌ها به اراضی ساخته‌شده است. همچنین نتایج نشان داد که از مساحت ۲۱۶۹۲/۲۶ هکتاری منطقه، ۵/۰۸ درصد دارای شرایط کاملاً مناسب برای نیازهای توسعه شهری ارومیه مناسب است.
	بهبودی و حکیمی (۱۳۹۴)	تحلیلی بر تغییرات کاربری اراضی شهری و شبیه‌سازی گسترش شهری شهرهای میانه‌اندام (مطالعه موردی: شهر خوی)	تصاویر ماهواره‌ای Landsat و TM5 نرم‌افزارهای Arc GIS، Idrisi و Erdas	نتایج تحقیق نشان می‌دهد که سطح اراضی ساخته‌شده شهری از سال ۱۳۶۸ به ۲۵۵۷/۲ هکتار در سال ۱۳۹۰ رسیده است. سطح باغات و اراضی کشاورزی نیز با روند نزولی به ترتیب از ۷۱۷/۰۳ و ۶۲۳/۲۵ هکتار در سال ۱۳۶۸ به ۱۶۵/۰۶ و ۲۸۸/۵۴ هکتار در سال ۱۳۹۰ کاهش پیدا کرده است.
	مدیری (۱۳۹۶)	بررسی و ارزیابی تغییر کاربری اراضی شهر قائمشهر با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تصاویر ماهواره‌ای	سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، RS و تصاویر ماهواره‌های TM سال ۱۹۹۰ و ETM سال ۲۰۱۰	مهم‌ترین نتایج مقاله عبارت‌اند از: مساحت شهر یا به عبارتی مناطق مسکونی در سال ۲۰۱۱ یک روند افزایشی را نشان می‌دهد که این خود متأثر از عوامل متعددی بوده است. شبکه راه‌های ارتباطی نیز به تناسب افزایش مساحت شهر، افزایش داشته است؛ اما مساحت جنگل‌ها در سال ۲۰۱۰ دارای کاهش چشمگیری بوده است. و مساحت شالیزارها و باغات در طی این مقطع زمانی روند افزایشی داشته است.
	آقامحمدی و همکاران (۱۳۹۵)	مدل‌سازی توسعه شهری و تحلیل اثر همسایگی با استفاده از تلفیق مدل اتوماسیون سلولی Majority OWA و روش Majority OWA	مدل اتوماسیون سلولی و روش Majority OWA	نقشه‌های کاربری اراضی تهران از سال ۱۳۵۲ تاکنون به‌خوبی تغییرات کاربری اراضی را در محدوده تهران نشان می‌دهد؛ تا سال ۱۳۵۲ ورود شهر به اراضی کشاورزی محدود به اراضی باغی واقع در شمال شهر بوده است. نقشه سال ۱۳۶۴ (۱۲ سال بعد)، نفوذ بناهای مسکونی شهر و کاربری‌های صنعتی به اراضی کشاورزی به‌خصوص از سمت شمال و جنوب در این زمان چشمگیر است و معدود اراضی کشاورزی باقیمانده نیز تحت تخریب و تبدیل به اراضی مسکونی شده‌اند.

(منبع: نگارندگان، گردآوری و اقتباس از تحقیقات ذکر شده، ۱۳۹۶).

## مبانی نظری

کارکردهای شهری، تخریب چشم‌اندازهای بکر طبیعی، پراکندگی کالبدی، ایجاد محلات حاشیه‌ای و نیمه‌ساخته، تشکیل بافت‌های مسأله‌دار با چاشنی معضلات اجتماعی، فرهنگی و امنیتی به همراه خدمات‌دهی و بار مالی مضاعف و شعاع گسترده و بدون پشتوانه مالی و درآمدی مدیریت شهرداری، از نتایج عینی رشد شهرهاست (Yu et al, 2011: 97).

زمین اصلی‌ترین عنصر در توسعه شهری محسوب می‌شود؛ از این رو تنظیم و کنترل نحوه استفاده از آن و همچنین محاسبه نیاز واقعی شهر به زمین، به‌منظور تأمین کاربری‌های مختلف در زمان حال و تعمیم و تطبیق ارقام و کمیت‌های به‌دست‌آمده به آینده، در حل مشکل زمین، مسکن و رشد مناسب شهرها، مؤثر واقع می‌شود (صادق‌زاده، ۱۳۸۹). امروزه، رشد ناهنجاری‌های کمی شهرها، سبب بلعیدن و نابودی زمین‌های کشاورزی اطراف شهرها و تغییر آنان به

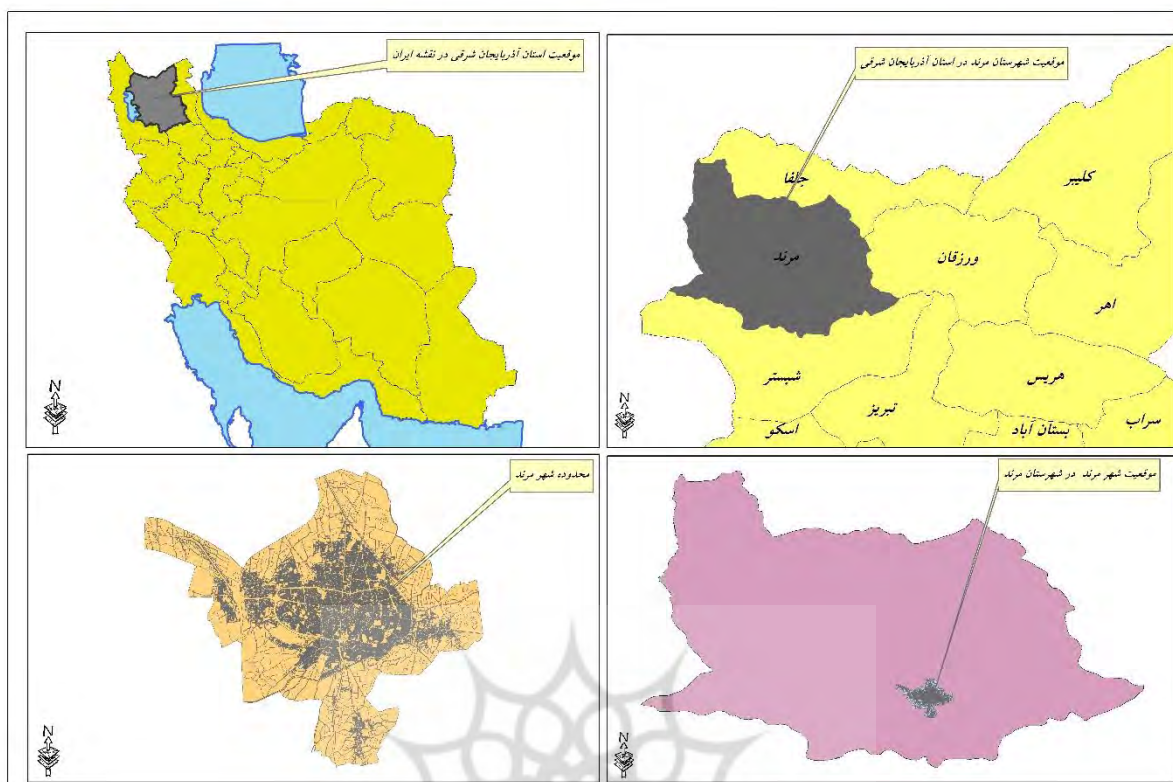
شمال در موقعیت ۳۸ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۴۵ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵۳۴ متر است. رشته کوه قراچه داغ یا ارسباران که در شمال و مشرق شهرستان کشیده شده و موجب جدایی منطقه شهری مرنند از مناطق شمالی شهرستان شده است؛ به طوری که ارتباط این منطقه با شهرهای شمالی شهرستان (زنوز، هادی شهر، جلفا) تنها از طریق شاهراهی واقع در دره رودخانه «دری دیز» برقرار می‌شود. هم‌چنین ارتباط شهر مرنند با مرکز استان (تبریز) از طریق تنها ناحیه تقریباً پست این رشته که «یام یا پیام» نامیده می‌شود و محل گذر راه‌های ارتباطی مرنند با تبریز است، برقرار می‌شود (سالنامه آماری استان آذربایجان شرقی، ۱۳۹۴) (شکل ۱).

## پیامدهای گسترش کالبدی شهری و تغییرات کاربری زمین

از موضوعات حیاتی قرن ۲۱ درباره پایداری شهر، چگونگی رشد و توسعه شهر در فضا است. شکل شهر به عنوان الگوی توسعه فضایی فعالیت‌های انسان در برهه خاصی از زمان تعریف می‌شود (Anderson, 1996: 8). یکی از مهم‌ترین پیامدهای گسترده‌ترین شهر، از بین رفتن زمین‌های کشاورزی مرغوب اطراف شهر است؛ به عبارتی، تبدیل اراضی طبیعی به اراضی ساخته شده، اثرات قابل توجهی بر روی اکوسیستم دارد؛ از جمله به هم خوردن سیستم هیدرولیکی، اثرات زیست‌محیطی و آب و هوایی به ویژه ایجاد جزیره گرمایی بر فراز شهرها. شهرنشینی، فرایندی اجتناب‌ناپذیر است؛ بنابراین تلاش‌ها باید در زمینه برنامه‌ریزی برای مناسب‌ترین راه استفاده از زمین‌های شهری تمرکز یابد تا هم نیازها و حقوق مردم برآورده شود و هم منابع طبیعی حفظ گردد (Soffianian, 2010). در حالت کلی، تأثیرات منفی رشد فیزیکی شهرها شامل ادغام سکونتگاه‌های روستایی در اندام کالبدی شهرها، تورم لجام‌گسیخته در قیمت مسکن، ساخت، تخریب و زیر ساخت و ساز بردن اراضی زراعی با ارزش و سرسبز داخل و پیرامون شهرها، فروش تراکم‌های هدفدار، تفکیک‌های غیرقانونی زمین، حاشیه‌نشینی اسکان زمین، تمرکز نقدینگی مردم در سرمایه بخش زمین، احتکار و بورس‌بازی زمین، ساختمان‌سازی و بساز و بفروشی آن (پورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۷: ۳۰).

## معرفی محدوده مورد مطالعه

شهر مرنند، مرکز شهرستان مرنند است که در استان آذربایجان شرقی و به فاصله ۷۰ کیلومتری از مرکز استان (شهر تبریز) واقع شده است. این شهر در دشت نسبتاً مسطحی با شیب ملایمی از جنوب به طرف



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه  
(ترسیم نگارندگان، ۱۳۹۶)

## مواد و روش تحقیق

این تحقیق به لحاظ هدف از نوع کاربردی و به لحاظ ماهیت و گردآوری اطلاعات و داده‌ها از نوع توصیفی و تحلیلی است که به ارزیابی گسترش فضایی-کالبدی شهر مرند پرداخته و با استفاده از شبیه‌سازی‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، به پیش‌بینی تغییرات کاربری در سطح شهر مرند پرداخته می‌شود. ظهور تصاویر ماهواره‌ای منابع جدیدی از اطلاعات را برای مراجع و افراد درگیر در مدیریت شهری ایجاد کرده است. اکنون نقشه‌کشی در مقیاس‌های ۱:۵۰۰۰ تا ۱:۲۵۰۰۰ به وسیله ضبط‌کننده‌هایی از قبیل سیستم پانکروماتیک spot (با دقت ۱۰ متر) و IRS هندی (با دقت ۵/۸ متر)، تقریباً امکان‌پذیر شده است. در این پژوهش در نرم‌افزار Selva Idrissi با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (لندست

TM) ۱۳۷۸، ۱۳۸۴، ۱۳۹۰، ۱۳۹۵ به بررسی گسترش فیزیکی-فضایی مرند و رفتارسنجی و شبیه‌سازی گسترش فیزیکی-فضایی ۱۰ سال آینده در محدوده مورد مطالعه (۱۴۰۵) پرداخته شده است. در این پژوهش از ماتریس تغییرات کاربری و مدل زنجیره‌ای مارکوف و سلول‌های خودکار برای پیش‌بینی تغییرات پوشش زمین استفاده شده است. در مقاله حاضر بعد از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، اقدام به ارزیابی صحت تصویر طبقه‌بندی شده می‌شود که در تحقیق حاضر از ضریب کاپا استفاده شد.

## معرفی مدل‌ها

### مدل زنجیره مارکوف

مدل مارکوف (فرایند مارکوف یا زنجیره مارکوف)، مدلی است که می‌تواند از یک حالت به حالت دیگر در

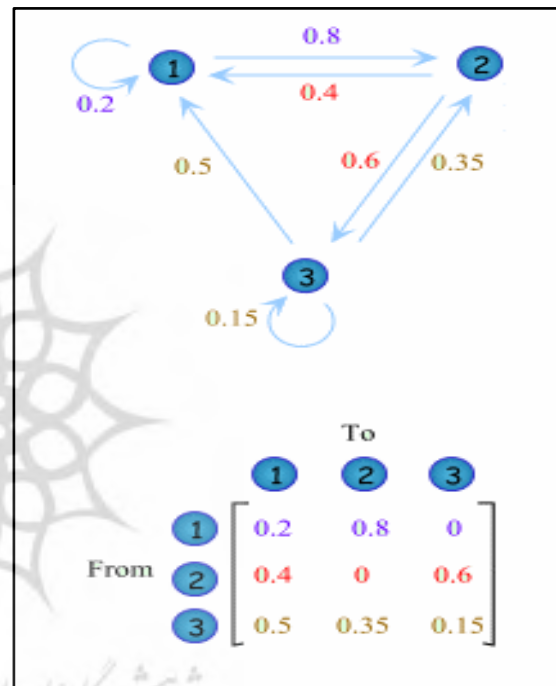
### الگوریتم طبقه‌بندی (Fuzzy ARTMAP) مبتنی بر شبکه‌های عصبی

الگوریتم (Fuzzy ARTMAP) نوعی از طبقه‌بندی تصویر به روش طبقه‌بندی سخت است که به دو صورت نظارت‌شده و نظارت‌نشده در طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای اجرا کرد. این الگوریتم مبتنی بر نظریه شدت انطباق<sup>۱</sup> براساس تحلیل شبکه عصبی است. نظریه شدت انطباق مبتنی بر شبکه عصبی را گراسبرگ<sup>۲</sup> و کارپنتر<sup>۳</sup> (Caruso, 2008). ارائه کردند که از یک نظریه بیولوژیکی پردازش اطلاعات ادراکی تکامل پیدا کرده است. شبکه‌های ART به‌ویژه برای حل معضل پایداری براساس حفظ قابل‌ملاحظه آموزش گذشته اما تطابق کافی با اطلاعات جدیدی که هر زمان ممکن است ظاهر شوند، طراحی شده‌اند (Liu, 2009). (Fuzzy ARTMAP) برای طبقه‌بندی نظارت نشده دارای دو لایه است، F1 (لایه ورودی) و F2 (لایه طبقه‌بندی). این دو لایه مدل ARTa را تشکیل می‌دهند. لایه F1 نشان‌دهنده مشخصه ورودی بردار است و از این‌رو نرون‌هایی برای هر بُعد اندازه‌گیری دارد. (Fuzzy ARTMAP) شامل دو ورودی برای تکمیل کدگذاری کردن مشخصه بردار وارد شده به منظور حفظ اطلاعات گسترده است (Li et al, 2000)؛ یعنی یک بردار ورودی n بعدی می‌تواند به شکل زیر پیش‌پردازش شود:

$$I = (a, a^c = (a_1, a_2, \dots, a_n, 1-a_1, 1-a_2, \dots, 1-a_n))$$

تعداد نرون‌های لایه F2 به صورت خودکار تعریف می‌شود؛ یعنی لایه F2 با یک نرون آغاز کرده و تعداد نرون‌ها به صورت پویا در طول روند آموزش افزایش می‌یابد. (Fuzzy ARTMAP) طراحی شده برای طبقه‌بندی نظارت‌شده دارای دو لایه اضافی یعنی لایه

مرحله زمانی بعد، مطابق با احتمالات ثابت انتقال یابد. اگر مدل مارکوف در وضعیت A قرار داشته باشد با احتمال ثابت  $P_{ij}$  در زمان آینده در وضعیت J قرار خواهد گرفت. این مدل می‌تواند از طریق دیاگرام انتقال حالت شرح داده شود. دیاگرام انتقال حالت، دیاگرامی است که تمامی حالت‌ها و احتمالات انتقال را نشان می‌دهد (Wu et al, 2006) که در شکل (۲) نمونه‌ای از دیاگرام انتقال نشان داده شده است.



شکل ۲. مثالی از دیاگرام انتقال  
(منبع: [www.sc.chula.ac.th/courseware](http://www.sc.chula.ac.th/courseware))

آنالیز زنجیره مارکوف ابزاری مناسب در جهت مدل‌سازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی است و زمانی کاربرد دارد که تغییرات موجود در چشم‌اندازها به راحتی قابل توصیف نباشند. زنجیره مارکوف یک سری از مقادیر تصادفی است که احتمال آن‌ها در فاصله زمانی داده شده به مقدار اعداد در زمان گذشته وابسته است (Cheng, J 1, 2003). در بیشتر پژوهش‌ها درجه مارکوف برابر با یک و حالت ایستایی با زمان را برای مدل مارکوف قائل بوده‌اند (Bell EJ, 1974).

1. Adaptive Resonance Theory (ART)  
2- Grossberg  
3- Carpenter

### یافته‌های تحقیق

#### تحولات جمعیتی و تأثیر آن بر گسترش فیزیکی و

#### تغییرات کاربری اراضی شهر میانه‌اندام مرند

اکثر شهرهای ایران، در مراحل اولیه شکل‌گیری، با هدف استفاده از خاک‌های مرغوب به منظور زراعت، در میان اراضی مرغوب زراعی، استقرار یافته‌اند و به مرور زمان همراه با گسترش روستاها و تبدیل آن‌ها به شهر و سپس توسعه شهرها، اراضی مرغوب، زیر پیکر شهرها مدفون شده و فعالیت‌های زراعی ناگزیر به سمت اراضی نامرغوب کشیده شده‌اند. این مسأله برای شهر مرند نیز صدق می‌کند. تا سال ۱۳۵۵ رشد و گسترش شهر مرند تدریجی و در همه جهات و به خصوص در سمت‌های جنوب و جنوب‌شرقی و بیش‌تر حول محورهای اصلی به خصوص محورهای غربی و شرقی صورت گرفته است. با پیروزی انقلاب اسلامی در این دوره گروه کثیری به شهر مهاجرت کرده و در نقاط مختلف آن سکنی گزیدند. افزایش مهاجرت به شهر نیز خود عامل دیگری در بالا رفتن رشد جمعیت شهری و افزایش ساخت‌وسازهای داخل شهر بود. در نهایت در دوره ۱۵ ساله اخیر، از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰ جمعیت شهر به ۱۲۴۳۲۳ نفر و مساحت آن به ۱۷۹۶ هکتار رسیده است. در واقع مساحت شهر به نسبت دهه ۱۳۵۵ حدود ۱۰ برابر و نسبت به دهه ۱۳۷۵، سه برابر افزایش داشته است. نکته بسیار مهم در این دوره آن است که از سال ۱۳۷۵، گسترش فیزیکی شهر با شتابی به مراتب بیش‌تر از جمعیت شهری رشد کرده و مناطق وسیعی از حوزه شهر را دربر گرفته است. در دهه ۱۳۸۵-۱۳۷۵، بیشترین گسترش فیزیکی شهر مرند نیز از لحاظ مساحت در این دوره رخ داده است؛ به طوری که مساحت شهر از ۵۹۸ هکتار در سال ۱۳۷۵ به حدود ۱۴۵۱ هکتار در سال ۱۳۸۵ رسید که در واقع بیش از دو برابر نسبت به ده سال قبل از آن افزایش

فیلد نقشه و لایه خروجی است. این دو لایه مدل ARTb را تشکیل می‌دهند. لایه‌های فیلد نقشه و خروجی هر یک متشکل از m نرون هستند که m برابر با بعد کلاس خروجی است. بین این دو لایه یک اتصال یک به یک وجود دارد. داده‌ها با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای به دست می‌آیند (Mitsova et al, 2011).

### شاخص کاپا

ضریب کاپا، صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی (حالتی که یک تصویر کاملاً به صورت تصادفی طبقه‌بندی شده باشد) محاسبه می‌کند. شاخص کاپا از رابطه (۳-۶) محاسبه می‌شود.

$$Kappa = \frac{P_o - p_c}{1 - p_c} * 100$$

که در رابطه،  $P_o$  درستی مشاهده شده، PC توافق مورد انتظار. دقت تولیدکننده، احتمال اینکه یک پیکسل در تصویر کلاسه‌بندی در همان کلاس در روی زمین قرار بگیرد و دقت کاربر، احتمال اینکه یک کلاس مشخص در روی زمین در همان کلاس بر روی تصویر طبقه‌بندی شده قرار بگیرد، است که از رابطه‌های زیر به دست می‌آید:

$$PA = \frac{ta}{ga} * 100$$

$$PA = \frac{ta}{n1} * 100$$

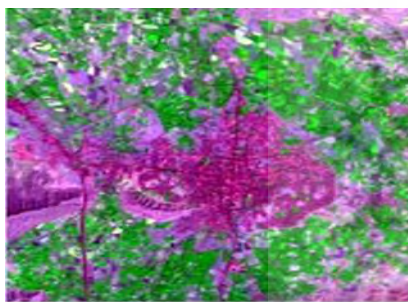
که در این رابطه‌ها PA درصد دقت کلاس a برای دقت تولیدکننده، ta تعداد پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به عنوان کلاس a، ga تعداد پیکسل‌های کلاس a در واقعیت زمینی، UA درصد دقت کلاس a برای دقت کاربر، n1 تعداد پیکسل‌های کلاس a در نتیجه طبقه‌بندی است.



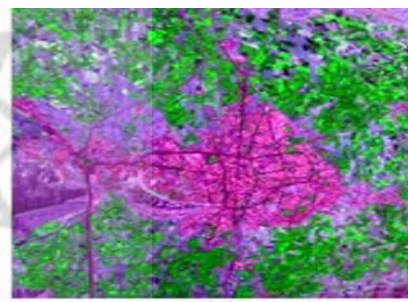
۱۳۶۷: ۱۰۶). گسترش فیزیکی شتابان شهر مرنند در طی سال‌های اخیر به دلیل تبدیل آن از شهر کوچک به شهر متوسط مقیاس سبب مسائل بیشتری برای آن شهر شده که یکی از مهم‌ترین آن‌ها، نابودی اراضی کشاورزی پیرامون آن است. این امر در تصاویر ماهواره‌ای مربوط به دوره‌های مختلف قابل مشاهده است. در جدول شماره (۳) اندازه جمعیت شهر مرنند در سه دوره ۱۳۷۵، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ آورده شده که نشان از تغییرات و رشد جمعیت در طی سال‌های اخیر در شهر مرنند است که متعاقباً سبب تغییرات در کاربری اراضی و نوع پوشش زمین در محدوده مورد مطالعه شده است (شکل شماره ۳) و (جدول شماره ۲).

یافته است. در واقع، بیش‌تر عدم تناسب مربوط به دوره‌های اخیر به‌ویژه دهه (۱۳۸۵-۱۳۷۵) است. در شکل (۳)، روند رشد و گسترش شهر طی دوره‌های مختلف نشان داده شده است.

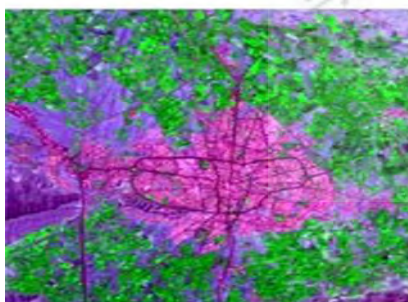
توسعه شهر در ارتباط تنگاتنگ با میزان رشد جمعیت شهری است و در این ارتباط افزایش طبیعی جمعیت شهری، میزان مهاجرت خالص به شهر، انتقال ساخت جمعیتی جوامع غیرشهری به شهر و ساخت جمعیت شهر از عوامل اساسی به شمار می‌روند. مهاجرت نیز به‌عنوان یکی معلول‌های سیاسی و اقتصادی و اجتماعی، که خود تأثیر عمده‌ای در ایجاد ساختارهای جدید اقتصادی- اجتماعی دارد، نقش عمده‌ای در توسعه فیزیکی شهرها برعهده دارد (خلیلی عراقی،



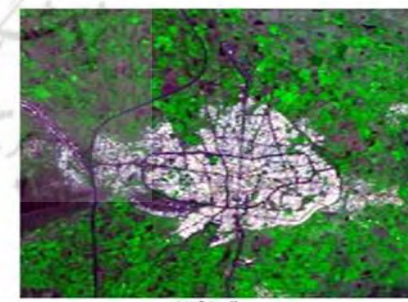
سال ۱۳۷۸



سال ۱۳۸۴



سال ۱۳۹۰



سال ۱۳۹۵

شکل ۳. تصویر ماهواره‌ای لندست TM منطقه مورد مطالعه برای سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ (منبع: earthexplorer.usgs.gov).

راهکارهای مناسبی را برای جلوگیری از این تغییرات اعمال کنند. در طی ۱۷ سال در شهر مرنند مقدار ۲۵۸ هکتار از اراضی کشاورزی به اراضی ساخته‌شده تبدیل

این مسأله توجه جدی مدیران شهری شهر مرنند را طلب می‌کند که با توجه به تغییرات صورت‌گرفته به‌خصوص از کاربری کشاورزی به کاربری ساخته‌شده

۲۳،۲۱۳۵ هکتار است که نسبت به دوره‌های قبل افزایش مساحت داشته است و کمترین سهم کاربری مرتبط است با کاربری اراضی سنگلاخی، با توجه تبدیل اراضی به اراضی ساخته شده سهم این کاربری نسبت به دوره‌های قبل کم شده است و بیشترین مساحت کاربری در سال ۱۳۹۰ اختصاص دارد به طبقه باغات که حدود ۲۲۸۸،۴۵ هکتار از محدوده را به خود اختصاص داده است. در سال ۱۳۹۵ سهم طبقه اراضی ساخته شده ۲۳۰۶ هکتار است که باز هم نسبت به دوره‌های قبل افزایش مساحت داشته است. کمترین سهم کاربری مربوط می‌شود به طبقه اراضی سنگلاخی که حدود ۳۲۷ هکتار از مساحت محدوده را دربر گرفته است و بیشترین سهم پوشش زمین مربوط به طبقه اراضی ساخته شده است که نکته بارز در دوره ۱۳۹۵ نسبت به دوره‌های قبل پیشی گرفتن سهم اراضی ساخته شده نسبت به طبقه باغات است که نشان دهنده تغییر کاربری بیشتر در این دوره است. در واقع در تمامی دوره‌ها سهم طبقه باغات بیشتر از سایر طبقات است، به غیر از دوره ۱۳۹۵ که سهم اراضی ساخته شده بیشتر از سایر طبقات است (جدول ۳ و اشکال ۴ تا ۷).

شده است. در ارزیابی کاربری اراضی و نوع پوشش زمین در محدوده مورد مطالعه، نتایج نشان داد که در سال ۱۳۷۸ بیشترین نوع پوشش زمین مربوط می‌شود به کاربری باغات (۲۴۱۰،۷۷ هکتار) که در اطراف شهر مرند جای گرفته‌اند و کمترین سهم مربوط به کاربری کشاورزی آبی (۳۵۴،۴۵ هکتار) می‌شود و در سال ۱۳۷۸ سهم کاربری اراضی ساخته شده در محدوده ۱۵۳۰،۸۹ هکتار بوده است. در سال ۱۳۸۴ با رشد جمعیت شهر مرند در نوع پوشش زمین تغییراتی صورت گرفته، که اراضی ساخته شده نسبت به سال ۱۳۷۸ رشد ملموسی داشته که مقدار آن ۱۹۸۴،۶۳ هکتار رسیده و نشان از گسترش فیزیکی شهر مرند است که حاصل مهاجرت جمعیت روستاهای اطراف شهر مرند به این شهر است و کمترین سهم کاربری در این سال مرتبط است با کاربری کشاورزی آبی (۳۲۴،۱۹ هکتار) که نسبت به سال ۱۳۷۸ نیز کاهش مساحت داشته و بیشترین مساحت مربوط می‌شود به کاربری باغات (۲۴۰۸،۷۹ هکتار)، تقریباً نسبت به سال ۱۳۷۸ تغییر چندانی نداشته است. در ادامه به بررسی کاربری اراضی محدوده در سال ۱۳۹۰ پرداخته شد که در این سال سهم کاربری اراضی ساخته شده حدود

جدول ۲. تعداد جمعیت شهر مرند در سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۵، ۱۳۹۰

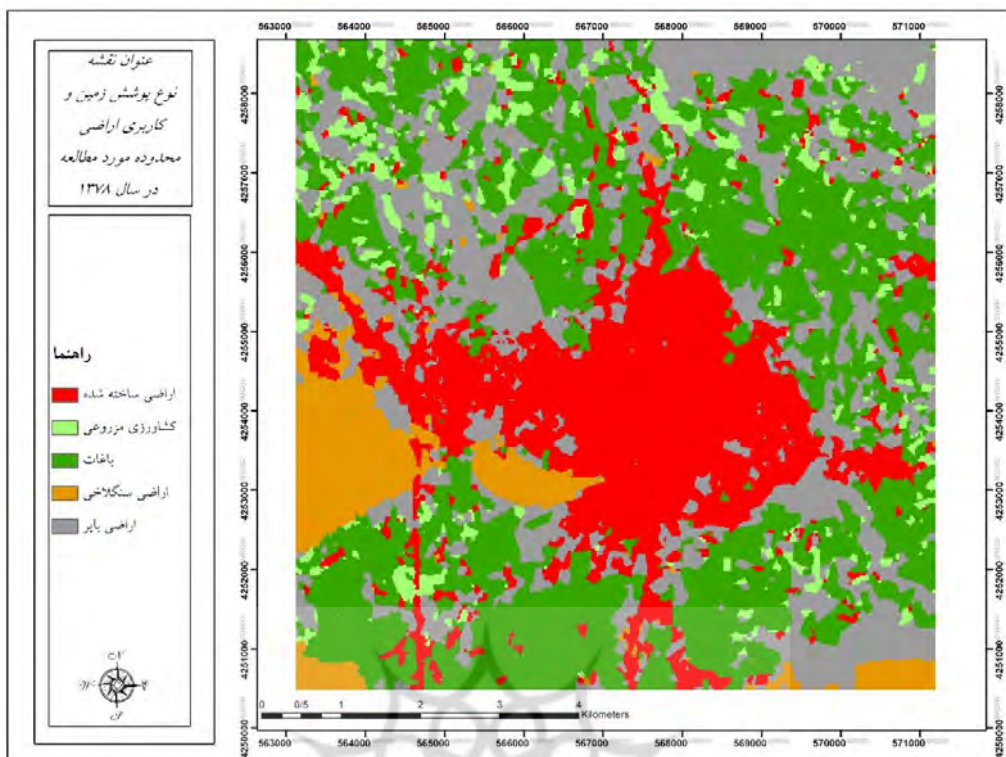
سال	سال ۱۳۷۵	سال ۱۳۸۵	سال ۱۳۹۰
جمعیت	۹۶۶۸۸	۱۱۴۸۴۰	۱۲۸۱۲۲

(منبع: مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰)

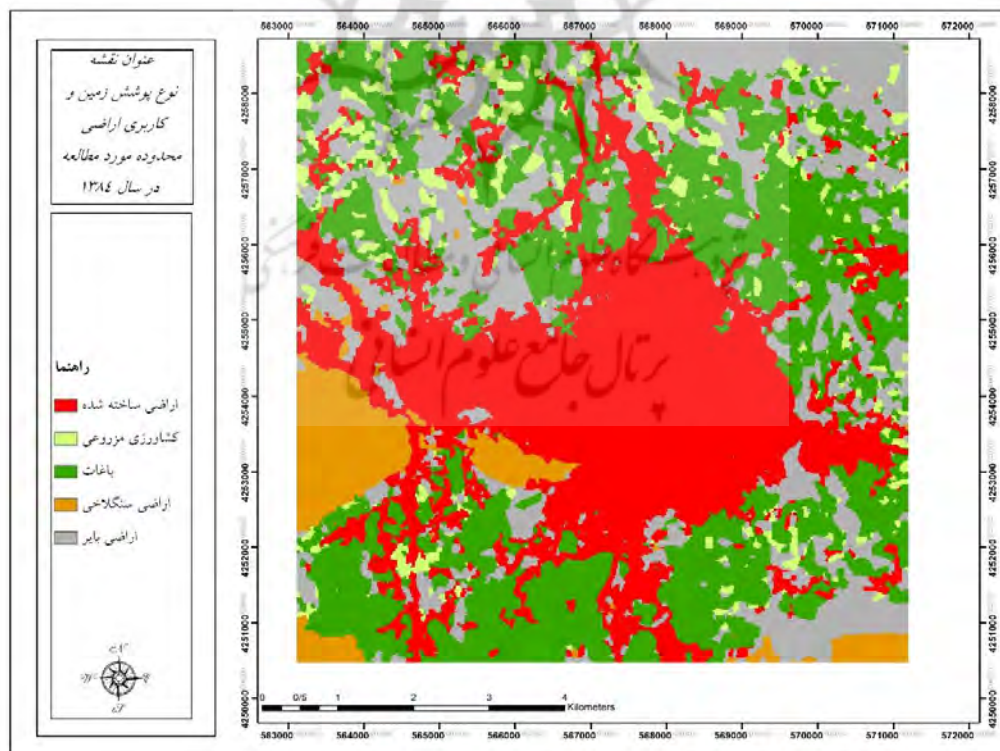
جدول ۳. مساحت کاربری‌ها در محدوده مورد مطالعه (هکتار)

ردیف	کاربری	سال ۱۳۷۸	سال ۱۳۸۴	سال ۱۳۹۰	سال ۱۳۹۵	سال ۱۴۰۵
۱	اراضی ساخته شده	۱۵۳۰،۸۹	۱۹۸۴،۶۳	۲۱۳۵،۲۳	۲۳۰۶	۲۵۶۶،۶۱
۲	کشاورزی آبی (مزروعی)	۳۵۴،۴۵	۳۲۴،۱۹	۳۴۹،۸۴	۳۴۵	۳۳۰،۱۱
۳	باغات	۲۴۱۰،۷۷	۲۴۰۸،۷۹	۲۲۸۸،۴۵	۲۲۱۵	۲۱۴۵،۷۵
۴	اراضی سنگلاخی	۴۴۲،۵۶	۳۸۳،۳۸	۳۳۵،۳۸	۳۲۷	۲۸۴،۰۸
۵	اراضی بایر	۱۸۳۷،۳۳	۱۴۷۵،۶۵	۱۴۶۷،۷۷	۱۳۸۳	۱۲۴۸،۷۸
جمع	*	۶۵۷۶	۶۵۷۶	۶۵۷۶	۶۵۷۶	۶۵۷۶

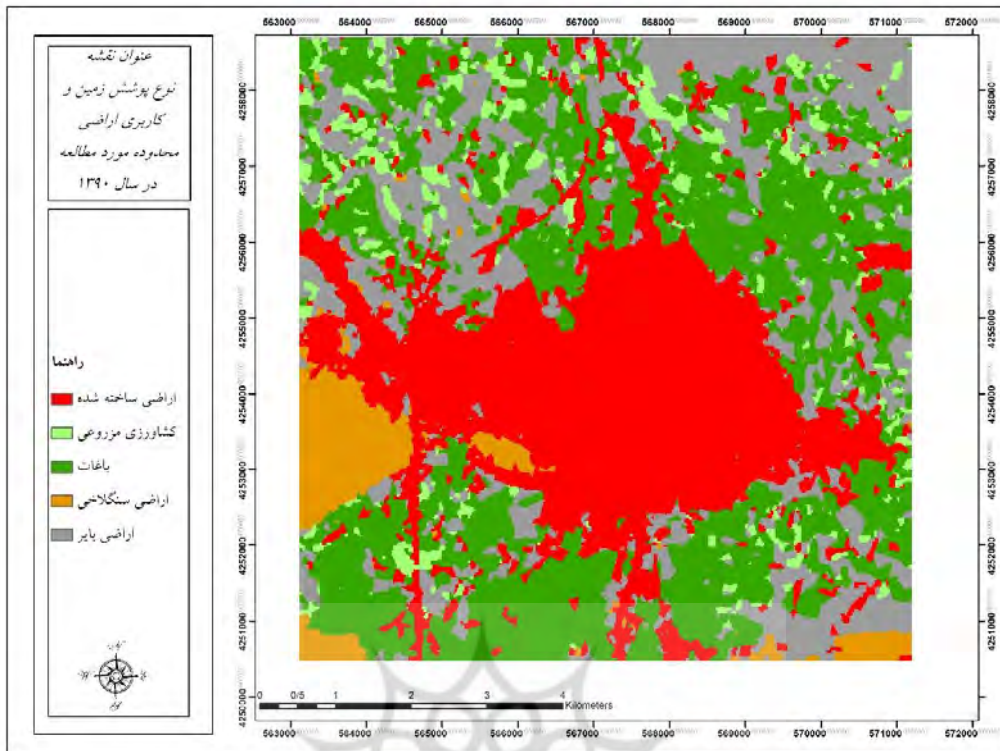
(منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۵)



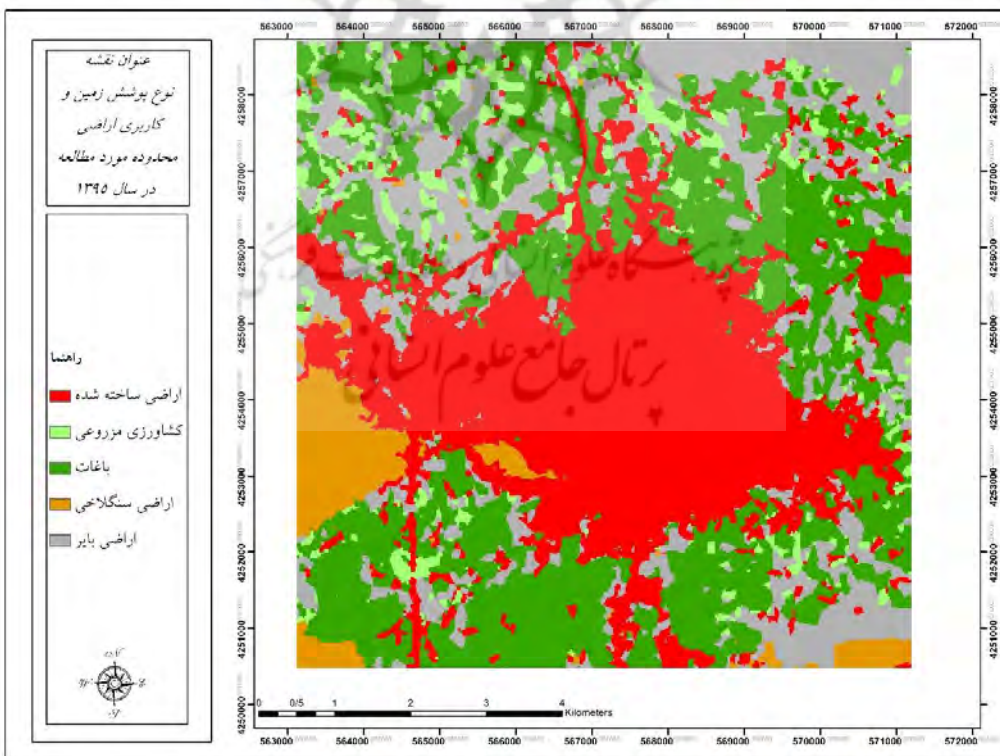
شکل ۴. نقشه کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه در سال ۱۳۷۸  
(ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶)



شکل ۵. نقشه کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه در سال ۱۳۸۴  
(ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶)



شکل ۶. نقشه کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه در سال ۱۳۹۰  
(ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶)



شکل ۷. نقشه کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه در سال ۱۳۹۵  
(ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶)

### صحت طبقه‌بندی

دقت طبقه‌بندی بیانگر سطح اعتماد به نقشه استخراج شده است. به دلیل ایرادات وارده بر دقت کلی اغلب در کارهای اجرایی که مقایسه دقت طبقه‌بندی مدنظر است، از شاخص کاپا استفاده می‌شود. چون شاخص کاپا پیکسل‌های نادرست طبقه‌بندی شده را مدنظر قرار می‌دهد. مراحل این شاخص به تفصیل در قسمت مواد و روش‌ها بیان شده است. شاخص کاپا از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$Kappa = \frac{p_o - p_c}{1 - p_c} * 100$$

نتایج مربوط به برآورد دقت طبقه‌بندی‌ها در جدول شماره (۴) آمده است. دقت طبقه‌بندی‌ها به طور کلی بیش از ۸۹ درصد و برای استفاده در مدل مارکوف مناسب است.

جدول ۴. دقت کلی و شاخص کاپا برای تصاویر مورد استفاده

سال	تصویر	دقت کلی	شاخص کاپا
۱۳۷۸	TM	٪۹۰	٪۸۸
۱۳۸۴	ETM	٪۸۹	٪۸۷
۱۳۹۰	ETM	٪۸۹	٪۸۸
۱۳۹۵	ETM	٪۹۰	٪۸۹

(منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۶)

### ارزیابی تغییرات کاربری‌ها با استفاده از تصاویر طبقه‌بندی شده

در این بخش نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی تصاویر سال‌های مورد بررسی، برای پی‌بردن به تغییرات هر یک از کاربری‌ها به سایر کاربری‌ها در محدوده مورد مطالعه با استفاده از روش جداول متعامد (Crosstab) با همدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند. جدول شماره ۵، ماتریس تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۷۸ را نشان می‌دهد که در این جدول ردیف‌ها بیانگر کاربری و پوشش زمین سال ۱۳۷۸ و ستون‌ها بیانگر کاربری سال ۱۳۹۵ است. همچنان که از جدول شماره ۳ معلوم است، در طی دوره ۱۷ ساله یعنی از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۵ بیشترین تغییرات کاربری اراضی با مقدار ۳۵،۰۶ درصد مرتبط با طبقه اراضی ساخته شده است که تغییر و تبدیل‌های صورت گرفته در سایر طبقات بیشتر در راستای اراضی ساخته شده صورت گرفته است و طبقه باغات با مقدار ۳۳،۶۸ درصد در مرتبه دوم بیشترین تغییرات است که این تغییرات بیشتر در جهت تبدیل به اراضی ساخته شده صورت گرفته است. کمترین درصد تغییرات کاربری اراضی در طی این دوره مربوط است به طبقات اراضی سنگلاخی (۴،۹۷ درصد) و کشاورزی آبی (۵،۲۵ درصد) که اراضی بایر نیز حدود ۲۱،۰۳ درصد تغییرات داشته است.

جدول ۵. نتایج حاصل از مقایسه کاربری اراضی (پوشش زمین) سال‌های ۲۰۱۵-۱۹۹۰ (واحد هکتار)

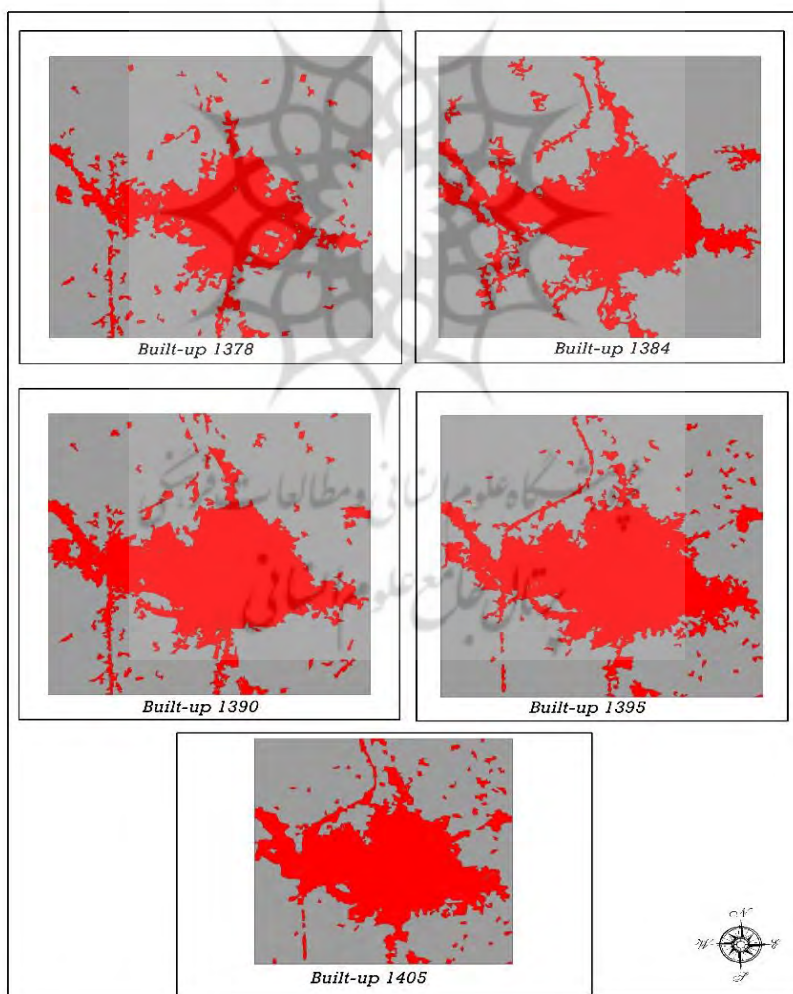
کاربری‌ها	اراضی ساخته شده	کشاورزی آبی (مزروعی)	باغات	اراضی سنگلاخی	اراضی بایر	مجموع	درصد تغییرات
اراضی ساخته شده	۱۵۳۰،۸۹	۰	۰	۰	۰	۱۵۳۰،۸۹	۲۳،۲۸
کشاورزی آبی (مزروعی)	۹،۶	۳۴۰،۲۵	۳،۲	۰،۵۶	۰،۸۴	۳۵۴،۴۵	۵،۴
باغات	۲۵۸،۶۵	۳،۸	۲۱۴۷،۹۵	۰،۳	۰،۳۴	۲۴۱۰،۷۷	۳۶،۷
اراضی سنگلاخی	۵۸،۲۷	۰،۶۷	۰،۸۹	۲۷۰،۱۷	۱۱۲،۵۶	۴۴۲،۵۶	۶،۷۲
اراضی بایر	۴۴۸،۵۹	۰،۲۸	۶۲،۹۶	۵۶،۲۴	۱۲۶۹،۲۶	۱۸۳۷،۳۳	۲۷،۹
مجموع	۲۳۰۶	۳۴۵	۲۲۱۵	۳۲۷	۱۳۸۳	۶۵۷۶	٪۱۰۰
درصد تغییرات	۳۵،۰۶	۵،۲۵	۳۳،۶۸	۴،۹۷	۲۱،۰۳	۰	٪۱۰۰

(منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۶)

به هیچ یک از طبقات تبدیل نشده است و بعد از طبقه اراضی بایر، طبقه باغات (۲۵۸,۶۵ هکتار) بیشترین تبدیل به کاربری اراضی ساخته‌شده را داشته و اراضی سنگلاخی (۵۸,۲۷ هکتار) و طبقات کشاورزی آبی (۹,۶ هکتار) کمترین تبدیل به کاربری اراضی ساخته‌شده را داشته است. نتایج به‌دست‌آمده (شکل ۸) نشان می‌دهد که بیشترین رشد اراضی ساخته‌شده در جهت توسعه فیزیکی محدوده، طی دوره ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۴ صورت گرفته که در حدود ۴۵۳,۷۴ هکتار و همچنین کمترین رشد اراضی ساخته‌شده، در دوره ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۰ صورت گرفته که حدود ۱۵۰ هکتار به مساحت طبقه اراضی ساخته‌شده افزوده شده است.

### تحلیل روند رشد اراضی ساخته‌شده محدوده مورد مطالعه

در پژوهش حاضر ابتدا برای بارزسازی اراضی ساخته‌شده از سایر کاربری‌ها و پی‌بردن به مراحل رشد و گسترش فیزیکی شهر مرند، نقشه مراحل رشد این منطقه در مقاطع زمانی ۱۳۷۸ تا سال ۱۳۹۵ تهیه شد که در (نقشه شماره ۸) نشان داده شده است. در طی این دوره بیشترین طبقه و کاربری که در جهت توسعه فیزیکی و فضایی منطقه به اراضی ساخته‌شده تبدیل شده، طبقه اراضی بایر است. در واقع حدود ۴۴۸,۵۹ هکتار از اراضی این طبقه به اراضی ساخته‌شده تبدیل شده است. قابل ذکر است که طبقه اراضی ساخته‌شده،



شکل ۸. نقشه رشد اراضی ساخته‌شده از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۵ در محدوده مورد مطالعه (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶)

### پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی (۱۴۰۵)

روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی وجود دارد که در تحقیق حاضر از دو روش زنجیره‌های مارکوف و تلفیق آن با سلول‌های خودکار استفاده شده است. برای تحلیل بهتر و دقیق‌تر پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی برای سال ۱۴۰۵ در مطالعه حاضر از روش زنجیره‌های مارکوف برای پیش‌بینی تغییرات احتمالی کاربری‌ها نسبت به همدیگر استفاده شده است. اساس این روش به این صورت است که ابتدا یک زوج از نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده برای دو مقطع زمانی مختلف با همدیگر مقایسه شده و خروجی آن به صورت یک ماتریس احتمالاتی است که نشان‌دهنده میزان احتمال تغییرات در یک کاربری و نیز تبدیل آن به سایر کاربری‌ها است. به منظور انجام روش زنجیره‌های مارکوف در این تحقیق، نقشه کاربری تهیه شده برای سال ۱۳۷۸ به عنوان نقشه پایه و نقشه کاربری سال ۱۳۹۵ به عنوان نقشه پیرو به صورت ورودی‌های مدل در نظر گرفته شده و سپس با در نظر گرفتن مدت زمان ۱۰ سال برای پیش‌بینی تغییرات، سال ۱۴۰۵ به عنوان سال پیش‌بینی تغییرات در مدل مدنظر قرار گرفت تا ماتریس تغییرات احتمالی کاربری‌ها حاصل شود. در نهایت نتایج حاصل از به کارگیری زنجیره‌های مارکوف به عنوان داده‌های ورودی برای انجام روش سلول‌های خودکار در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. جدول (۶) نتایج پیش‌بینی روند تغییرات سال ۱۴۰۵

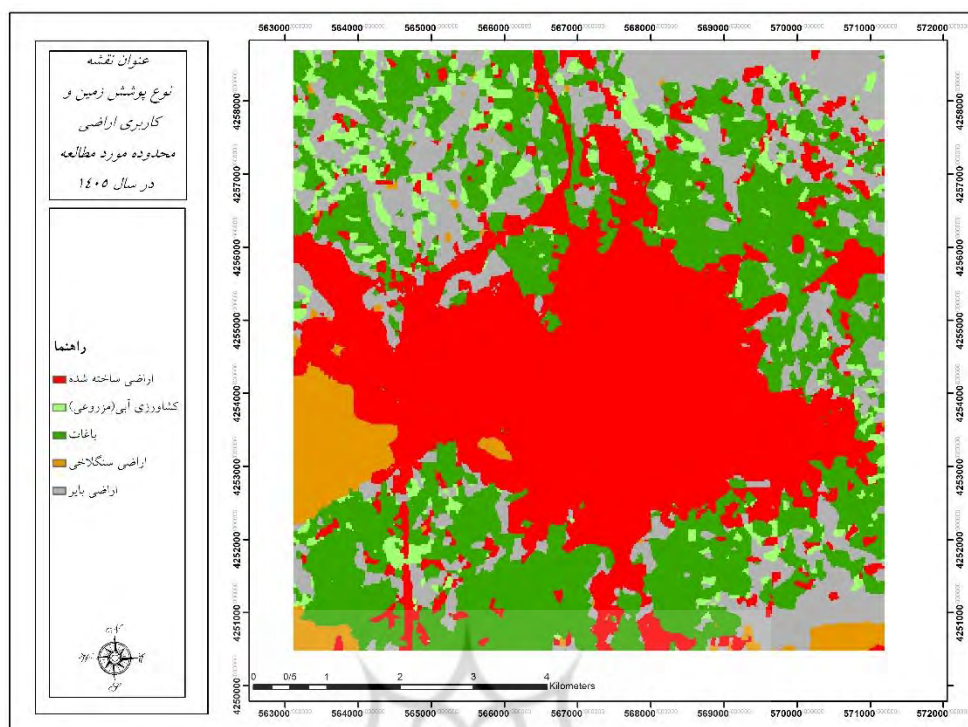
را با استفاده از زنجیره‌های مارکوف نشان می‌دهد. همچنین شکل (۹) نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده برای محدوده مورد مطالعه با استفاده از تلفیق روش‌های زنجیره‌های مارکوف و سلول‌های خودکار را نشان می‌دهد. براساس پیش‌بینی‌های انجام شده مقدار اراضی ساخته شده از ۲۳۰۶ هکتار در سال ۱۳۹۵ به ۲۵۶۶٫۶۱ هکتار در سال ۱۴۰۵ خواهد رسید (جدول ۲). بیشترین مساحت پوشش زمین در سال ۱۴۰۵ مرتبط است با اراضی ساخته شده (۳۹٫۰۳ درصد) که حدود ۲۵۶۶٫۶۱ هکتار از اراضی منطقه را اشغال می‌کند. کمترین مساحت در طی این مدت مربوط به طبقه اراضی سنگلاخی (۴٫۳۲ درصد) است که حدود ۲۸۴٫۰۸ هکتار از اراضی منطقه را دربر خواهد گرفت. در پیش‌بینی‌های انجام گرفته بیشترین طبقه اراضی ساخته شده به هیچ یک از طبقات تغییر نخواهد یافت و ۱۰۰ درصد ابقاء خواهد شد. همچنین پیش‌بینی می‌شود در ۱۰ سال آینده، بیشترین تغییرات در طبقه اراضی بایر (۲۶٫۷۵ درصد) صورت خواهد گرفت که کاربری مذکور بیشتر به اراضی ساخته شده تبدیل خواهد شد و در مرتبه بعدی اراضی باغی (۱۹٫۵۲ درصد) بیشترین تغییر در راستای اراضی ساخته شده را خواهد داشت. در واقع با توجه به نتایج به دست آمده، اراضی ساخته شده از بالاترین پایداری برخوردار بوده و در مقابل اراضی باغی و اراضی بایر از پایداری کمی برخوردار خواهند بود.

جدول ۶. احتمال تغییر کاربری‌های مورد مطالعه تا سال ۱۴۰۵ براساس روش زنجیره‌های مارکوف (درصد)\*

کاربری‌ها	اراضی ساخته شده	کشاورزی آبی (مزروعی)	باغات	اراضی سنگلاخی	اراضی بایر
اراضی ساخته شده	۱۰۰	۰	۰	۰	۰
کشاورزی آبی (مزروعی)	۰٫۷۸	۹۰٫۱۵	۸٫۶۳	۰٫۰۲	۰٫۴۲
باغات	۱۹٫۵۲	۰٫۱۴	۸۱٫۸	۰٫۰۰۶	۱٫۳
اراضی سنگلاخی	۱۱٫۷۴	۰٫۰۳۲	۶٫۹۲	۷۱٫۰۴۸	۳٫۴
اراضی بایر	۲۶٫۷۵	۰٫۱۳	۵٫۳۷	۰٫۰۰۲	۶۷٫۷۵

\* در این جدول ستون‌ها مربوط به سال ۱۴۰۵ و ردیف‌ها مربوط به سال ۱۳۹۵ است.

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶)



شکل ۹. نقشه کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه در سال ۱۴۰۵  
(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶)

### نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

شهرهای جهان، یکی پس از دیگری رشد می‌کنند؛ اما هنوز به بسیاری از مسائلی که برای توسعه شهرها ضروری است، توجه نمی‌شود. نتیجه این رشد و توسعه، با پیامدهای منفی و نامطلوبی مانند تغییر زمین‌های کشاورزی به کاربری ساخته‌شده و از بین رفتن اراضی کشاورزی مرغوب در مناطق شهری همراه شده است. اکثر شهرهای ایران، در مراحل اولیه شکل‌گیری، با هدف استفاده از خاک‌های مرغوب به منظور زراعت، در میان اراضی مرغوب زراعی، استقرار یافته‌اند و به مرور زمان همراه با گسترش روستاها و تبدیل آن‌ها به شهر و سپس توسعه شهرها، اراضی مرغوب زیر پیکر شهرها مدفون شده و فعالیت‌های زراعی ناگزیر به سمت اراضی نامرغوب کشیده شده‌اند. نقشه‌های کاربری اراضی مرند در ادوار مختلف می‌تواند به خوبی تغییرات کاربری اراضی را در

محدوده شهری آن نشان دهد که داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های در اختیار محققان در جهت تهیه نقشه کاربری اراضی است. تجزیه و تحلیل این داده‌ها می‌تواند بینش‌های صحیح در جهت تعامل انسان با محیط طبیعی فراهم کند. به خصوص استفاده از تجزیه و تحلیل تصاویر چند طیفی می‌تواند برای شناسایی پوشش زمین و شبیه‌سازی آن در آینده به مدیران و استفاده‌کنندگان برای مدیریت و برنامه‌ریزی و کاربرد سیاست‌های توسعه پایدار کمک کند. زمین اصلی‌ترین عنصر در توسعه شهری محسوب می‌شود؛ از این رو کنترل نحوه استفاده از آن و همچنین محاسبه نیاز واقعی شهر به زمین، به منظور تأمین کاربری‌های مختلف در زمان حال و تعمیم و تطبیق ارقام و کمیت‌های به دست آمده به آینده در حل مشکل زمین و مسکن و رشد مناسب شهرها مؤثر واقع می‌شود (خاکپور و همکاران، ۱۳۸۶: ۴۷). در این



از جمله: بهبودی و حکیمی (۱۳۹۴)، احدنژاد روشتی و حسینی (۱۳۹۰)، علی محمدی و همکاران (۱۳۸۸)، واحدیان بیکی و همکاران (۱۳۹۰) در زمینه تغییرات کاربری زمین و توسعه کالبدی است. برای برنامه‌ریزی خردمندان و کنترل مؤثر بر تغییرات کاربری زمین در شهر مرند پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

✓ به دلیل قرارگیری شهر مرند در اراضی حاصلخیز و در مجاورت کلان‌شهر تبریز تا حد امکان توسعه افقی شهر باید محدود شود و از ظرفیت‌های درونی شهر و قابلیت‌های توسعه میان‌افزا بهره گرفته شود؛

✓ توسعه عمودی شهر از طریق افزایش تراکم ساختمانی، بلندمرتبه‌سازی و کوچک‌سازی در توسعه کالبدی طرح جامع بایستی مورد توجه قرار گیرد؛

✓ احداث شهرک‌ها (شهرک‌های صنعتی و مسکونی) با اصول مکان‌یابی علمی صورت گیرد؛

✓ از رهیافت‌هایی که به جلوگیری از گسترش فیزیکی بی‌رویه شهر کمک می‌کند، می‌توان به گسترش درون‌بافتی شهر، اجرای طرح‌های بهسازی و نوسازی بافت فرسوده، جلوگیری از بورس‌بازی و احتکار زمین و بالاخره فراهم کردن امکانات رفاهی در روستاها برای جلوگیری از مهاجرت روستاییان به شهر اشاره کرد.

#### منابع

ابراهیم‌زاده، عیسی؛ رفیعی، قاسم (۱۳۸۸). تحلیل بر الگوی گسترش کالبدی - فضایی شهر مرودشت با استفاده از مدل‌های آنروپی شانون و هلدرن و ارائه الگوی گسترش مطلوب آتی آن، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دانشگاه تهران، دوره ۴۱، شماره ۶۹، صص ۱۳۸-۱۲۳.

ابراهیم‌زاده، عیسی؛ رفیعی، قاسم (۱۳۸۸). مکان‌یابی بهینه جهات گسترش شهری با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: مرودشت)، فصلنامه جغرافیا و توسعه، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دوره ۷، شماره ۱۵، صص ۷۰-۴۵.

تحقیق گسترش و توسعه شهر مرند به‌عنوان یکی از شهرهای مهم استان آذربایجان شرقی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. در پژوهش حاضر به بررسی روند تغییرات کاربری اراضی با مقایسه تصاویر ماهواره‌ای چهار دوره سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۴، ۱۳۹۰، ۱۳۹۵ نشان‌دهنده تغییرات زیادی در کاربری اراضی پیرامون شهر مرند است. در طی این دوره‌ها بیشترین تغییرات در اراضی بایر و اراضی باغی پیرامون شهر مرند رخ داده که بیشتر در راستای توسعه و گسترش اراضی ساخته‌شده صورت گرفته است که نشان از رشد طبیعی جمعیت و به‌ویژه افزایش مهاجرت از روستاهای اطراف به شهر مرند بوده است. مهاجرت‌پذیری شهر مرند و رشد طبیعی جمعیت آن و برخی تحولات اقتصادی و سیاسی (تبدیل شهر مرند به‌عنوان فرمانداری ویژه) باعث این گسترش و توسعه‌ها شده که در پاره‌ای از این تحولات در چارچوب طرح‌های جامع شهری یا خارج از آن تحقق یافته‌اند که در این فرایند توسعه‌هایی که در چارچوب طرح‌ها و برنامه‌ها صورت گرفته حوزه‌های پایداری را به‌وجود آورده و توسعه‌هایی که بدون برنامه و طرح و ناشی از حومه‌نشینی مهاجران و اتصال روستاهای پیرامونی است، حوزه‌های ناپایدار را به شهر مرند اضافه کرده است. افزایش بی‌سابقه قیمت زمین در این مناطق و تخریب و تغییر کاربری اراضی کشاورزی و تبدیل آن به ویلاها و اماکن مسکونی، مشخصه بارز تغییر کاربری‌های منطقه شهری مرند محسوب می‌شود. با توجه به پیش‌بینی‌های صورت‌گرفته در این مقاله، در صورت عدم برنامه‌ریزی مناسب برای این شهر با توجه به اراضی مساعد در جهت گسترش فیزیکی در پیرامون شهر مرند، در آینده‌ای نه‌چندان دور، شاهد از بین رفتن اراضی کشاورزی اطراف شهر مرند و تبدیل آن‌ها به مناطق شهری خواهیم بود. نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق مشابه و هماهنگ با نتایج پژوهش‌های قبلی

علی محمدی، عباس؛ موسیوند، علی جعفر؛ شایان، سیاوش (۱۳۸۸). پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل زنجیره‌ای مارکوف، مدرس علوم انسانی؛ برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دانشگاه تربیت مدرس، دوره ۱۴، شماره ۳، صص ۱۳۰-۱۱۷.

مدبری، مهدی (۱۳۹۶). بررسی و ارزیابی تغییر کاربری اراضی شهر قائمشهر با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تصاویر ماهواره‌ای، فصلنامه نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار، دوره ۹، شماره ۲، صص ۱۷-۱.

مرکز آمار ایران (۱۳۹۰). نتایج تفصیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن، شهرستان مرند.

معصومی، محمدتقی (۱۳۹۰). آنالیز زمانی-مکانی گسترش فیزیکی و رشد اسپرال شهری با استفاده از داده‌های چندزمانه سنجش‌ازدور و مدل‌های آماری، مطالعه موردی: شهر اردبیل، مجله دانشنامه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، دوره ۴، شماره ۴، صص ۱۰۶-۸۹.

واحدیان بیکی، لیلیا؛ پوراحمد، احمد؛ سیف‌الدینی، فرانک (۱۳۹۰). اثر توسعه فیزیکی شهر تهران بر تغییر کاربری اراضی منطقه ۵، فصلنامه نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار، دوره ۴، شماره ۱، صص ۴۶-۲۹.

Anderson, W.P., Kanaroglou, P.S., & Miller, E.J. (1996). Urban form, energy and the environment: a review of issues, evidence and policy, *Urban Studies*, 33(1), 7-35.

Bell, E. J. (1974). Markov analysis of land use change: Application of stochastic processes to remotely sensed data. *Socioeconomic Planning Sciences*, V.8, N.6, 311-316.

Caruso, G., Peeters, D., Cavailles, J., & Rounsevell, M. (2008). Space-time patterns of urban sprawl, a 1D cellular automata and microeconomic approach. Louvain, Core Discussion.

Cheng, J. (2003). Modelling Spatial and Temporal Urban Growth. Doctoral Dissertation. Netherlands: International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC).

Li, X., & Yeh, A. G. (2000). Modelling sustainable urban development by the integration of constrained cellular automata. *International*

اجدنژاد روشتی، محسن؛ حسینی، احمد (۱۳۹۰). ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات و پراکنش افقی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهر تبریز در مقطع زمانی ۱۳۸۹-۱۳۶۳)، فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، دوره ۲، شماره ۴، صص ۲۰-۱.

اقامحمدی، میثم؛ طالعی، محمد؛ کریمی، محمد؛ جوادی، قاسم (۱۳۹۵). مدل‌سازی توسعه شهری و تحلیل اثر همسایگی با استفاده از تلفیق مدل اتوماسیون سلولی و روش Majority OWA، فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دوره ۶، شماره ۱۸، صص ۳۶-۲۵.

بهبودی، محمدتقی؛ حکیمی، هادی (۱۳۹۴). تحلیلی بر تغییرات کاربری اراضی شهری و شبیه‌سازی گسترش شهری شهرهای میانه‌اندام (مطالعه موردی: شهر خوی)، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی، دانشگاه تهران، دوره ۳، شماره ۲، صص ۲۲۶-۲۱۱.

پوراحمد، احمد؛ صالحی میشانی، حیدر؛ وثوقی‌راد، لیلیا؛ رومیانی، احمد (۱۳۹۴). ارزیابی توسعه فیزیکی شهر ارومیه به‌منظور حفظ پوشش گیاهی و اراضی کشاورزی، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، دوره ۱۹، شماره ۵۴، صص ۱۰۳-۸۳.

پورمحمدی، محمدرضا؛ جمالی، فیروز؛ اصغری زمانی، اکبر (۱۳۸۷). ارزیابی گسترش فضایی - کالبدی شهر زنجان با تأکید بر تغییر کاربری زمین طی دوره ۱۳۸۴-۱۳۵۵، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دانشگاه تهران، دوره ۴۰، شماره ۶۳، صص ۴۶-۲۹.

خاک پور، براتعلی؛ ولایتی، سعداله؛ کیانژاد، قاسم (۱۳۸۶). الگوی تغییر کاربری اراضی شهر بابل - طی سال‌های ۱۳۷۸-۱۳۶۲، دوفصلنامه جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، دانشگاه فردوسی مشهد، دوره ۵، شماره ۹، صص ۶۴-۴۵.

خلیلی عراقی، منصور (۱۳۶۷). شناخت عوامل مؤثر در گسترش بی‌رویه شهر تهران، چاپ اول، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

سالنامه آماری استان آذربایجان شرقی (۱۳۹۵). سازمان برنامه بودجه، استانداری آذربایجان شرقی.

صادق‌زاده، محمد (۱۳۸۹). ساماندهی فضایی-کالبدی شهر ماکو با تأکید بر کاربری اراضی شهری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان.

- Shen, Z. (2012). *Geospatial Techniques in Urban Planning*. Springer.
- Soffianian, A., Nadoushan, M. A., Yaghmaei, L., & Falahatkar, S. (2010). Mapping and analyzing urban expansion using remotely sensed imagery in Isfahan, Iran. *World Applied Sciences Journal*, 9 (12), 1370- 1378.
- Sun, C, Zhi-feng, W., Zhi-qiang, L., Na, Y, & Jian-bing, W. (2013). Quantifying different types of urban growth and the change dynamic in Guangzhou using multi-temporal remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21, 409-417.
- Wakode, H.B., Klaus, B., Ramakar, J. & Raffig, A. (2014). Analysis of urban growth using Lands at TM/ETM data and GIS- a case study of Hyderabad, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(1), 109-121.
- Wu, Q., Li, H., Wang, R.S., Paulussen, J., He, Y., Wang, M., Wang, B, & Wang, Z. (2006). Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS, *Landscape and urban planning*, 78(4), 323-333.
- Yu, W., Zang, Sh., Wu, Ch., Liu, W, & Na, X. (2011). Analyzing and Modeling Land Use Land Cover Change (LUCC) in the Daqing City, China, *Applied Geography*, 31(2), PP. 600-608.
- [www.sc.chula.ac.th/courseware](http://www.sc.chula.ac.th/courseware).
- <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
- Journal of Geographical Information Science, 14(2), 131 – 152.
- Liu, Y. (2009). *Modelling Urban Development with Geographical Information Systems and Cellular Automata*. New York: CRC Press (Taylor & Francis Group).
- Lopez, E., Bocco, G., Mendoza, M., Velazquez, A, & Aguirre Rivera, J.R, (2006). Peasant emigration and land use change at the watershed level: A GIS-based approach in Central Mexico. *Agricultural Systems*, 90, 62-78.
- Mitsova, D., Shuster, W, & Wang X. (2011). A cellular automata model of land cover changes to integrate urban growth with open space conservation. *Landscape and Urban Planning*, 99(2), 141-153.
- Monalisha, M., Kant, K, & Subudhi, A. P., (2014). Urban sprawl mapping and land use change analysis using remote sensing and GIS (Case study of Bhubaneswar City, Orissa). Retrieved from [www.gisresources.com](http://www.gisresources.com).
- Ortega- Alvarez R, & MacGregot- Fors I. (2011). Dusting-off the file: A review of knowledge on Urban ornithology in Latin America, *Journal of landscape and Urban Planning*, Volume 101 (1), 1-10.
- Pauchard, A., Aguayo, M., Peña, E, & Urrutia. R. (2006). Multiple Effects of Urbanization on the Biodiversity of Developing Countries: The Case of a Fast-growing Metropolitan Area (Concepción, Chile), *Biological Conservation*, 127, 272-281.
- Qadeer, M. (2004). Urbanization by implosion, *Habitat International*, 28, 1-12.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی