

مدل‌سازی تأثیرات حاشیه‌نشینی بر تغییرات شهر ارومیه و پیش‌بینی توسعه فیزیکی شهر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تا افق ۱۴۱۰

حسن محمودزاده* - دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه تبریز
کبری درخشانی - دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تبریز
سحر مؤمنی - دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تبریز

تأیید نهایی: ۱۳۹۶/۱۲/۰۲ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۱۹

چکیده

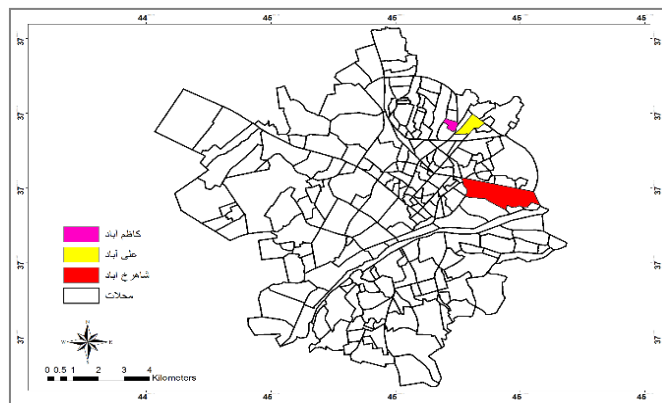
رشد سریع شهرنشینی یکی از چالش‌های برنامه‌ریزان شهری در قرن ۲۱ است. شهرنشینی سریع در ایران، هجوم مهاجران به شهرها و نبود برنامه‌ای کارا برای اسکان مهاجران سبب ایجاد مناطق حاشیه‌ای پیرامون شهرها، گسترش شهر به پیرامون و تخریب اراضی کشاورزی و باغ‌ها شده است. با توجه به این مسئله، پایش و مدیریت نحوه رشد کالبدی شهر امری ضروری است. پژوهشگران برای مهار گسترش‌های خارج از برنامه، مدل‌های پایش و پیش‌بینی مختلفی ارائه داده‌اند. پژوهش حاضر به تصویرسازی رشد حاشیه‌نشینی با تحلیل لکه‌های رشد حاشیه‌نشینی برای اولین بار در بازه زمانی ۳۲ ساله، با استفاده از تصاویر چندزمانه و مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار پرداخته است. هدف این نوشتار بررسی فرایند گسترش کالبدی شهر ارومیه بین سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۹۵ و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی تا افق ۱۴۱۰ است. برای اجرای مدل، تصاویر ماهواره لندست ۵، ۷ و ۸ سال‌های ۱۳۶۳، ۱۳۷۱، ۱۳۸۱، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۵ شهر ارومیه تهیه شد. سپس با استفاده از نرم‌افزارهای ENVI، IDRISI، ArcGIS میزان تغییرات کاربری اراضی محاسبه و در نهایت دو مدل مذکور اجرا شد. نتایج نشان می‌دهد مساحت اراضی ساخته‌شده شهری از ۲۰۱۶۰۵۵ هکتار در سال ۱۳۶۳ به ۶۳۱۸/۸ هکتار در سال ۱۳۹۵ افزایش یافته است. اراضی باغ و کشاورزی نیز از ۲۵۷۱/۲۰ هکتار در سال ۱۳۶۳ به ۶۲۸۰۷۹ هکتار در سال ۱۳۹۵ کاهش یافته است. همچنین در نیمی از اراضی بایر ساخت‌وساز صورت گرفته است. نتایج شبیه‌سازی نیز نشان می‌دهد اراضی ساخته‌شده شهری تا افق ۱۴۱۰ به ۷۵۲۳/۰۱ (۸۶/۵۸ درصد) محدوده طرح جامع خواهد رسید. مساحت باغ‌ها و اراضی کشاورزی به ۶۱۹۰۶ و اراضی بایر نیز به ۵۴۶،۳۳ هکتار کاهش خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی: توسعه فیزیکی، حاشیه‌نشینی، زنجیره مارکوف، سلول‌های خودکار، شهر ارومیه.

مقدمه

شهرنشینی مؤلفه‌ای مهم در تغییر شکل سرزمین‌های جهان است (پیکت، ۲۰۱۱: ۳۳۱-۳۸۲). شکل‌گیری انقلاب صنعتی به‌عنوان نقطه آغازین توسعه شهرنشینی، سبب گسترش نافرجام شهرها و تخریب محیط طبیعی شده است (پورمحمدی، ۱۳۸۱: ۳۴). به‌طور کلی رشد و توسعه شهری امری اجتناب‌ناپذیر است و به‌طور طبیعی افزایش جمعیت، ناگزیر شهرها را توسعه می‌دهد (مجتهدزاده، ۱۳۸۲: ۱۸۴)، اما با شروع قرن ۱۹ و صنعتی‌شدن جوامع، رشد و توسعه کالبدی (فیزیکی) شهرها علاوه بر عوامل طبیعی از عوامل انسانی نیز متأثر شده است (دهاقانی، ۱۳۷۳: ۲۲). این رشد و توسعه در قالب توسعه کالبدی لجام‌گسیخته و بدون برنامه که یکی از معضلات اصلی ساختار شهری (اقتصادی و اجتماعی) کشورهای درحال توسعه است، خود را نشان داده است (کرم، ۱۳۸۴: ۹۴). در این میان، باید توجه داشت که رشد شهر به تدریج موقعیت در معرض خطر را تغییر می‌دهد و با رشد نامناسب میزان انسان‌ها و دارایی‌های در معرض تهدید افزایش می‌یابد (چاردن، ۱۹۹۹: ۲۰۰)؛ به این معنا که رشد کندسازهای ساخت دست بشر اعم از ساختمان‌ها، راه‌ها و بسیاری از تأسیسات متناسب با نیاز بشر بیشتر می‌شود. اگر این رشد به‌صورت اصولی انجام نشود، انسان‌ها و دارایی‌های بسیاری در معرض خطر قرار می‌گیرند. رشد شهر باید بتواند ایمنی، بهداشت، رفاه و محیط سالم را برای شهروندان فراهم کند. توسعه نامتناسب می‌تواند مخاطره‌آمیز و پرهزینه باشد و شهر را با مشکلاتی مانند نابودی زمین‌های مرغوب، تخریب باغ‌ها و زمین‌های زراعی به نفع ساخت‌وساز، هم‌جواری‌های نامناسب کاربری‌ها، کاهش فضاهای طبیعی، کاهش کیفیت آب و ساخت‌وسازهای بی‌برنامه روبه‌رو کند. همچنین اگر این روند رشد سریع و بی‌برنامه باشد، ضمن افزایش محدوده شهرها در مکان‌های نامساعد طبیعی و نابودی مراکز طبیعی، شهر را نیز از شکل متقارن خود خارج می‌کند و سبب اسکان غیررسمی و گرانی زمین شهری می‌شود (رهنما، ۱۳۸۷: ۶۱)؛ بنابراین بی‌توجهی به مدیریت توسعه در نظام برنامه‌ریزی شهری تأثیرات مخربی خواهد داشت.

شهر ارومیه به‌عنوان مرکز استان آذربایجان غربی در دوره بعد از اصلاحات اراضی مانند بسیاری از شهرهای بزرگ کشور شاهد مهاجرت‌های روستا-شهری بوده است. از سال ۱۳۴۳ به بعد اصلاحات ارضی و مهاجرت وسیع به این شهر سبب پیدایش محله‌هایی مانند کاظم‌آباد، علی‌آباد، شاه‌رخ‌آباد و برخی حاشیه‌نشینی‌ها شد. در سال ۱۳۵۰ در اثر تزریق درآمد نفتی در اداره شهرها توسعه شهر ارومیه نیز حالتی جهش‌گونه یافت؛ در نتیجه توسعه در شمال، جنوب و جنوب غربی اتفاق افتاد و وسعت شهر به ۱۴۰۰ هکتار رسید. سال ۱۳۵۷-۱۳۶۶ وقوع جنگ و ناآرامی‌ها در جنوب و غرب استان مهاجرت به شهر ارومیه را تشدید کرد و وسعت شهر به ۲ برابر افزایش یافت. تعداد محله‌های نابسامان نیز رشد قابل‌توجهی کردند. در سال‌های ۱۳۶۶-۱۳۷۵ با وجود آهنگ کند افزایش جمعیت، رشد سطح شهر و توسعه کالبدی آن شدید بود. مساحت شهر در سال ۱۳۷۵ به حدود ۷ هزار هکتار رسید؛ یعنی در فاصله بیست سال وسعت شهر پنج برابر شد (مهندسان مشاور معماری و شهرسازی، ۱۳۸۹: ۱۵). براین اساس برای به‌حداقل‌رساندن پیامدهای نامطلوب توسعه و رشد فیزیکی شهر لزوم هدایت آگاهانه و سازمان‌دهی شهر امری ضروری است. امروزه بررسی رشد شهری با استفاده از فناوری‌هایی مانند سنجش‌ازدور انجام می‌شود و با این فناوری می‌توان با هزینه و زمان کمتر، طیف وسیعی از پروژه‌ها را در سطح جهانی، منطقه‌ای، ملی، استانی و محلی به نتیجه رساند. در این میان، تصاویر با بازه‌های زمانی متفاوت اطلاعات مناسبی را درباره تغییرات پوشش گیاهی، گسترش شهر و کاربری اراضی به‌دست می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت محله‌های حاشیه‌نشین بعد از اصلاحات ارضی
منبع: نگارندگان

در پژوهش حاضر، برای اولین بار به تصویرسازی رشد حاشیه‌نشینی با استفاده از تحلیل لکه‌های این رشد در بازه زمانی ۳۲ ساله، با استفاده از تصاویر چندزمانه، تغییرات شهر ارومیه پرداخته شده است. بدین صورت ابتدا کاربری‌های اراضی استخراج و سپس با مقایسه این کاربری‌ها در دوره‌های زمانی مختلف، نسبت تغییرات طی سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۹۵ ارزیابی شده است. سپس رشد شهری برای افق ۱۴۱۰ شبیه‌سازی و پیش‌بینی شده است. برای رسیدن به این هدف با تصاویر سنجش‌ازدور از مدل سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف رشد استفاده شد. از سلول‌های خودکار به دلیل سادگی، انعطاف‌پذیری، برخورداری از قابلیت درک شهودی و شفافیت و به‌ویژه توانایی مواجه‌شدن با ابعاد مکانی و زمانی فرایند توسعه شهری در شبیه‌سازی رشد شهری استفاده شده است (زارعی و آل شیخ، ۱۳۹۱: ۴). همچنین دلیل به‌کارگیری مدل زنجیره مارکوف، تعیین مقدار کمی تغییراتی است که احتمال دارد در برخی نقاط در آینده رخ دهد؛ بنابراین ماتریس احتمال انتقال، احتمالی را که هر کلاس کاربری به دیگر کلاس‌ها تغییر خواهد کرد ثبت می‌کند.

مبانی نظری

توسعه فیزیکی (کالبدی)

شهر فرایندی پویا و مداوم است که طی آن محدوده‌های فیزیکی و فضاهای کالبدی آن در جهات افقی و عمودی از حیث کمی و کیفی افزایش می‌یابند. اگر این روند سریع و بی‌برنامه باشد، ترکیب فیزیکی مناسبی برای فضاهای شهری به‌وجود نمی‌آید و سیستم‌های شهری با مشکلات عدیده‌ای مواجه می‌شوند (روستا و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۸۵). می‌توان گفت توسعه فیزیکی شهرها، افزایش کمی و کیفی کاربری‌ها و فضاهای کالبدی (مسکونی، تجاری، مذهبی، ارتباطی و...) یک شهر در ابعاد افقی و عمودی است که در طول زمان انجام می‌گیرد (بمانیان و محمودنژاد، ۱۳۸۷: ۲۲).

سلول‌های خودکار (اتومات)

اصطلاح اتومات را اولین بار آلن تورینگ، ریاضیدان انگلیسی در دهه ۱۹۳۰ ارائه کرد (بنسون و تورنز، ۲۰۰۴: ۱۳۲). سلول‌های خودکار را اولام و فون نویمان در دهه ۱۹۴۰ در رشته کامپیوتر مطرح کردند. این مدل چارچوبی برای بررسی رفتار سیستم‌های پیچیده مانند رشد شهری است (تورنز، ۲۰۰۰: ۶). مدل سلول خودکار از پنج عنصر اصلی شبکه سلول، مجموعه‌ای از وضعیت‌های مجاز، همسایگی تعریف‌شده توسط شبکه، قوانین انتقال و زمان تشکیل شده است (بتی و تورنز، ۲۰۰۱: ۱۶۳-۱۶۸).

۱. شبکه سلول: فضایی است که CA^۱ در آن وجود دارد. یک سلول زیرواحدی از شبکه یا شبکه هندسی منظم است که می‌تواند به صورت سلول خودکار تک‌بعدی به منظور اهداف خطی (مدل‌سازی ترافیک شهری) دوبعدی، مدل‌سازی توسعه شهری و تغییرات کاربری اراضی سه‌بعدی و مدل‌سازی ارتفاع ساختمان ایجاد می‌شود. بعد سه سلول خودکار به دلیل سختی در طراحی مدل و ساختار، کمتر مدنظر قرار گرفته است (جباری و احمدی، ۱۳۹۲: ۷۲). شبکه CA در طول زمان تغییر می‌کند (سالیوان، ۲۰۰۱: ۳ نو).
۲. وضعیت: این عنصر ویژگی‌های سیستم را تعریف می‌کند. هر سلول در هر لحظه می‌تواند تنها یک وضعیت از میان مجموعه وضعیت‌ها را به خود بگیرد. در مدل‌سازی تغییرات کاربری و توسعه شهری وضعیت‌های سلول‌ها نشان‌دهنده انواع کاربری‌هایی مانند جنگل، مرتع و... است (کاظم و همکاران، ۱۳۹۴: ۵۱).
۳. همسایگی: همسایگی در بردارنده خود سلول و تعدادی سلول دیگر در شعاع خاصی از سلول مورد آزمایش است. همچنین به مجموعه‌ای از سلول‌ها اطلاق می‌شود که سلول موردنظر با آن‌ها تعامل دارد. به دنبال روابط متقابل سلول مورد آزمایش و همسایه آن و متأثر از قوانین انتقال، سلول به وضعیت‌های مختلف تغییر می‌یابد (روستایی و هادوی، ۱۳۹۳: ۹). در یک فضای دوبعدی دو نوع همسایگی اصلی وجود دارد: همسایگی فون نویمان، چهار سلولی و همسایگی مور هشت سلولی. همسایگی به عنوان حوزه نفوذ جغرافیایی تعریف شده است (توبلر، ۱۹۷۹: ۳۷۹-۳۸۶).
۴. قانون: وضعیت آینده سلول را در زمان‌های مختلف نشان می‌دهد. به عبارتی بیان‌کننده روند مدل‌سازی سیستم است و در نتیجه در موفقیت روش مدل‌سازی مناسب ضروری است (وایت، ۱۹۹۷: ۱-۱۸). در مدل سلول‌های خودکار وضعیت سلول براساس برخی قوانین وابسته به سلول‌های همسایه قبلی است (وایت و همکاران، ۱۹۹۷: ۱).
۵. زمان: زمان در CA ناپیوسته است. سلول‌ها نیز از T به T+1 تکامل می‌یابند (سالیوان و تورنز، ۲۰۰۰: ۱). مدل‌سازی شهری در فضای سلولی را ابتدا توبلر با تعریفی که از جغرافیای سلولی ارائه داده است، وارد مطالعات شهری کرد. براین اساس سلول‌های خودکار ابزاری مناسب برای مدل‌سازی دینامیک مکانی هستند (دیتزل، ۲۰۰۴: ۴۷۹-۴۹۲). با وجود مزایای مدل سلول‌های خودکار، این مدل نیز محدودیت‌هایی دارد و برای شبیه‌سازی واقعی و پویایی شهری به اندازه کافی قدرتمند نیست؛ بنابراین برای رفع محدودیت‌های این مدل در پژوهش حاضر از ترکیب آن با مدل زنجیره مارکوف استفاده شده است. بنیان‌گذار این مدل آندره آندرویچ مارکوف، آماردان و ریاضی‌دان بزرگ روسی است که این روش را در سال ۱۹۰۵ برای توصیف اصل حرکت سیکلوئیدی (زنجیره‌ای) به صورت سلسله آزمایش‌های زنجیره‌ای ابداع کرد (قهرمانی، ۱۳۸۳: ۷۷). در روش زنجیره‌های مارکوف، تصاویر ماهواره‌ای پوشش زمین براساس ماتریس احتمال، تغییرات را تجزیه و تحلیل می‌کنند. روش زنجیره‌های مارکوف تصاویر پهنه‌بندی کاربری اراضی را تحلیل و یک خروجی به شکل ماتریس احتمالی تغییرات و یک تصویر خروجی از ماتریس احتمالی تغییرات برای سال افق را ارائه می‌دهد، اما این مدل نیز به تنهایی قادر به شرح کمیت حالت‌های تبدیل میان انواع کاربری نیست و تنها توانایی آشکارسازی میزان تبدیل بین انواع کاربری‌های گوناگون را دارد (سنگ‌لی، ۲۰۱۱: ۹۳۸-۹۴۸)؛ بنابراین در این مورد نیز استفاده از مدل‌های مناسب در کنار استفاده از مدل زنجیره مارکوف ضروری است.

پیشینه پژوهش

در این بخش نمونه‌هایی از پژوهش‌های داخلی و خارجی مرتبط با مدل‌سازی رشد و توسعه شهری با تصاویر ماهواره‌ای بررسی شده‌اند.

شریف‌زاده مقدم (۲۰۱۳) در فرایند مکانی و زمانی شهرنشینی در کلان‌شهر بمبئی هند به بررسی تغییرات کاربری اراضی شهری بین سال‌های ۱۹۷۳-۲۰۱۰ با استفاده از مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار پرداخته است. براساس نتایج این پژوهش، بالاترین نرخ رشد شهری بین سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۹۰ رخ داده است. همچنین بیشترین میزان توسعه به سمت شمال در امتداد زیرساخت‌های اصلی ترافیک و بیشترین تخریب در اراضی باز، بایر و گندم‌زار بوده است. افزون بر این، بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ نرخ رشد شهری کاهش یافته است.

پورتاس (۲۰۱۴) در بررسی پویایی فضایی رشد شهری با ادغام مدل‌ها در استفاده از زمین (مورد مطالعه: مونترال سانتیاگو ۲۰۱۰-۲۰۴۵) به تجزیه و تحلیل سناریوهای پویایی شهری با مدل فضایی پرداخته است. در این پژوهش از مدل‌های زنجیره مارکوف، رگرسیون لجستیک و سلول‌های خودکار استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد الگوی رشد شهری به صورت توسعه نیمه‌شهری است و براساس پیش‌بینی، شهر سانتیاگو از سال ۲۰۱۰-۲۰۴۵، برابر ۹۳ هزار هکتار (۴۳ درصد) رشد خواهد کرد.

بین‌آی (۲۰۱۵) تحول و تکامل شهری را با مدل سلول‌های خودکار به کمک تصاویر چندزمانه بررسی کرده است. با استفاده از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست به مدل‌سازی تحول شهری در طول زمان با تلفیق سلول‌های خودکار و شبکه‌های عصبی پرداخته است و با دقت بالاتر، الگوی توسعه فضایی شبیه‌سازی شده است.

آکین (۲۰۱۶) با استفاده از سلول‌های خودکار رشد افقی شهری در آدانای ترکیه مدل‌سازی کرده و به مقایسه مدل‌های زنجیره مارکوف، اسلوت، رگرسیون درختی، رگرسیون لجستیک، شبکه عصبی مصنوعی برای مدل‌سازی رشد شهری پرداخته است. درنهایت براساس نتیجه این مقاله مدل اسلوت دقیق‌ترین مدل میان مدل‌های کاربردی معرفی شده است.

زراعی و آل‌شیخ (۱۳۹۱) در مدل‌سازی توسعه شهری با استفاده از اتوماسیون سلولی و الگوریتم ژنتیک (منطقه مورد مطالعه: شهر شیراز) با تلفیق اتوماسیون سلولی و الگوریتم ژنتیک، فرایند توسعه شهری شیراز را بین سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۰۰ پیش‌بینی کرده‌اند. براساس این پژوهش، مدل‌سازی مناسب‌ترین محل برای توسعه شهر شمال غرب شهر شیراز است.

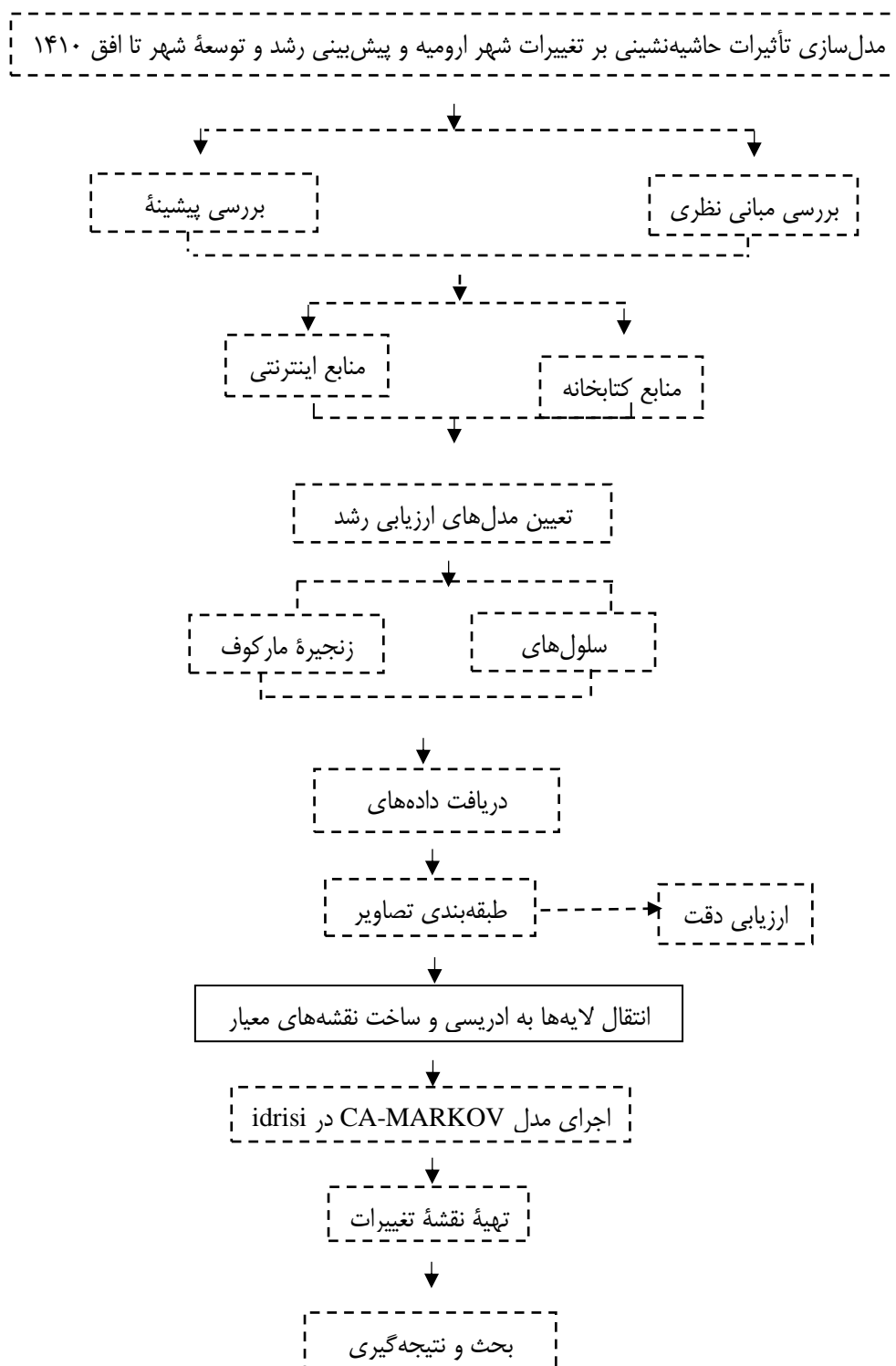
عسگریان و همکاران (۱۳۹۲) به پیش‌بینی رشد مکانی و توسعه پراکنده شهر ساری با به‌کارگیری مدل سلول‌های خودکار-مارکوف و شاخص آنتروپی شانون با تلفیق روش ارزیابی چندمعیاره و مدل سلول‌های خودکار-مارکوف به بررسی روند گسترش و میزان توسعه پراکنده شهر ساری پرداخته‌اند. براساس این پژوهش، وسعت کاربری مسکونی این شهر از سال ۱۳۷۱ هم‌سو با رشد جمعیت افزایش یافته است و گسترش آن تا سال ۱۴۱۰ و عبور از مرز ۲۸۰۰ هکتار ادامه خواهد داشت.

معبودی و حکیمی (۱۳۹۴) در تحلیل تغییرات کاربری اراضی و شبیه‌سازی گسترش شهری شهرهای میانه‌اندام (مطالعه موردی: شهر خوی) تغییرات کاربری اراضی این شهر را در سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۹۰ بررسی کردند. همچنین تغییرات را تا سال ۱۴۰۰ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و مدل زنجیره‌ای مارکوف-سلول‌های خودکار پیش‌بینی کردند و نتیجه گرفتند که اراضی ساخته‌شده شهری طی سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۹۰ افزایش و اراضی کشاورزی و باغ‌ها در همین سال‌ها به ترتیب کاهش یافته است و این روال تا افق ۱۴۰۰ ادامه خواهد داشت.

بررسی پیشینه پژوهش در مطالعات داخلی و خارجی نشان می‌دهد که با توجه به اهمیت رشد و توسعه شهری برای مدیران و برنامه‌ریزان شهری، پژوهشگران سعی می‌کنند از به‌روزترین داده‌های سنجش‌ازدور استفاده کنند که دلیل این امر هزینه‌های پایین تهیه این داده‌ها از مدل‌هایی است که دقت و نتیجه بهتری دارند. روش پژوهش معبودی و حکیمی

به دلیل نوآوری در بررسی رشد شهرهای میانه‌اندام و همچنین استفاده از فرایند پژوهشی شفاف بر سایر مطالعات ارجح‌تر است؛ بنابراین در مقاله حاضر نیز کوشش شده است از مزیت‌های روش کار آن‌ها استفاده شود.

روش پژوهش



شکل ۲. نمودار مدل مفهومی پژوهش

سنجش از راه دور و تصاویر ماهواره‌ای به‌طور گسترده‌ای در میان برنامه‌ریزان شهری شناخته شده است و برنامه‌ریزان و مدیران شهری آن را ابزاری مفید برای استخراج اطلاعات محیط‌زیست شهری، تهیه نقشه پوشش زمین و تغییرات کاربری اراضی، توصیف مورفولوژی شهر و تجزیه و تحلیل آن، توزیع پوشش گیاهی و خصوصیات آن، رشد جمعیت شهری و مشکلات ناشی از آن، برای نظارت و کنترل الگوهای رشد شهری و مدیریت بحران می‌دانند (پتینو و دوک، ۲۰۱۳: ۱-۱۷). به‌دلیل کاربرد گسترده تصاویر ماهواره‌ای در محیط‌های شهری در پژوهش حاضر نیز برای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی رشد فیزیکی شهر ارومیه از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه لندست ۵ و ۷ و ۸ سال‌های ۱۹۸۴، ۱۹۹۲، ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۶ استفاده شد. مشخصات تصاویر استفاده‌شده در جدول ۲ آمده است.

مراحل کلی انجام پژوهش شامل موارد زیر است:

۱. طبقه‌بندی و آشکارسازی تغییرات: طبقه‌بندی تصویر شامل مراحل زیر است:

تولید تصویر رنگی کاذب با استفاده از باندهای ۴۳۲ از سال‌های مورد نظر؛

مشخص کردن کاربری‌ها مورد نظر برای استخراج روی تصویر؛

نمونه‌برداری از کاربری‌ها؛

انتخاب نوع طبقه‌بندی: برای انجام طبقه‌بندی از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال^۱ استفاده شده است؛

تهیه تصویر طبقه‌بندی از کاربری‌ها؛

آزمون دقت طبقه‌بندی.

در توضیح مراحل بالا و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، پیکسل‌های تشکیل‌دهنده تصاویر و اختصاص دادن یا معرفی کردن هریک از پیکسل‌ها به کلاس یا پدیده‌ای خاص را طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای می‌گویند (هادوی، ۱۳۹۲: ۲۱). برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و استخراج کاربری‌ها و اطلاعات مورد نظر از آن‌ها روش‌های مختلفی وجود دارد. به‌طور کلی طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به شکل نظارت‌نشده یا نظارت‌شده انجام می‌شود (فیضی‌زاده و حاجی میررحیمی، ۱۳۸۷: ۶).

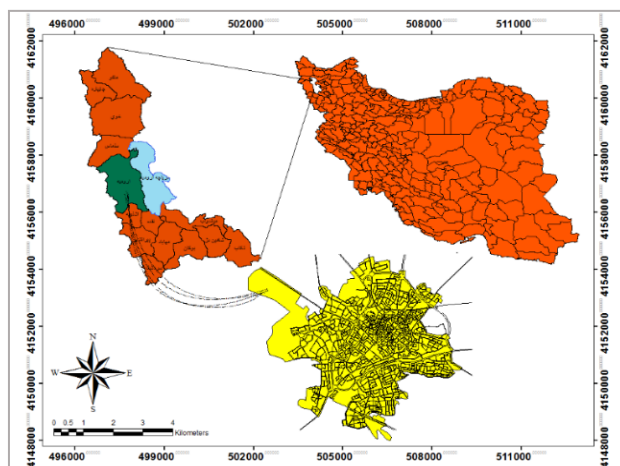
۲. تهیه نقشه‌های کاربری اراضی: جهت تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر سنجنده TM ماهواره‌ای لندست ۵، تصاویر سنجنده ETM ماهواره‌ای لندست ۷ و تصاویر سنجنده OLI_TIRS لندست ۸ استفاده شده است. نقشه کاربری اراضی طی فرایند طبقه‌بندی تصاویر به‌دست می‌آید.

۳. تحلیل زنجیره مارکوف: این تحلیل تغییرات کاربری اراضی را از یک دوره به دوره دیگر نشان می‌دهد. از نقشه اجرای مدل زنجیره مارکوف به‌عنوان پایه‌ای برای تهیه نقشه شبیه‌سازی تغییرات آینده استفاده می‌شود (عزیزی قلاتی، ۱۳۹۵: ۶۲).

۴. اجرای مدل CA-Markov

منطقه مورد مطالعه

شهر ارومیه مرکز استان آذربایجان غربی، دهمین شهر پرجمعیت ایران در غرب دریاچه ارومیه در موقعیت جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی است که در ۲۰ کیلومتری مرکز شهر قرار گرفته است. براساس نخستین سرشماری عمومی نفوس و مسکن کشور که در سال ۱۳۳۵ انجام شد، جمعیت شهر ارومیه ۶۷,۶۰۵ نفر بود که در سال ۱۳۸۵ به ۶۰۴,۰۰۰ و در سال ۱۳۹۰ به ۶۶۷,۴۹۹ نفر افزایش یافت.



شکل ۳. نقشه موقعیت منطقه تحت مطالعه

بحث و یافته‌ها

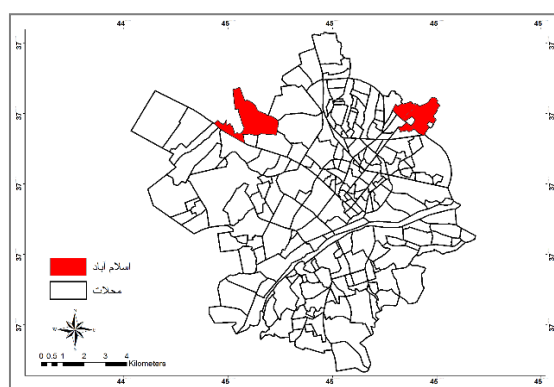
الگوی گسترش کالبدی شهر ارومیه

مهاجرت روستاییان به شهرها از دلایل اصلی شهرنشینی شتابان در ایران است؛ به طوری که این شهرها از ۱۹۹ شهر در سال ۱۳۵۵ به ۱۰۱۲ شهر در سال ۱۳۸۵ افزایش یافته‌اند (منصوریان و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۴-۲۶). براساس برخی برآوردها جمعیت ایران در سال ۱۴۰۰ به حدود ۹۰ تا ۱۰۰ میلیون نفر خواهد رسید که حدود ۷۰ درصد آن ساکن شهرها خواهند بود. شهر ارومیه مانند سایر شهرهای بزرگ و مهم کشور با داشتن نقش نخست شهری همواره به صورت مهاجرپذیری عمل کرده است. این مهاجرپذیری به شرح زیر است:

سال‌های ۱۳۴۰-۱۳۵۷

از سال ۱۳۴۳ به بعد و در پی انجام اصلاحات ارضی در کشور و تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم آن، سبب هجوم جمعیت مهاجر به ارومیه و پیدایش محله‌های نابسامانی مانند علی‌آباد، کاظم‌آباد، شاهرخ‌آباد شد. مهاجرت اقوام کردزبان به سوی شهر ارومیه و شکل‌گیری و رشد مجتمع‌های بدون شکل و قواره مهاجرنشین در منطقه طرزلو.

بخش بزرگ حاشیه‌نشین در منطقه شمالی شهر به نام اسلام‌آباد که در زمین‌های بایر بدون مالک و ساخت‌وساز غیرقانونی و خارج از ضوابط و مجوز شهرداری در این قسمت از شهر ایجاد شده است.



شکل ۴. نقشه منطقه حاشیه‌نشین اسلام‌آباد در شمال شهر

منبع: نگارندگان

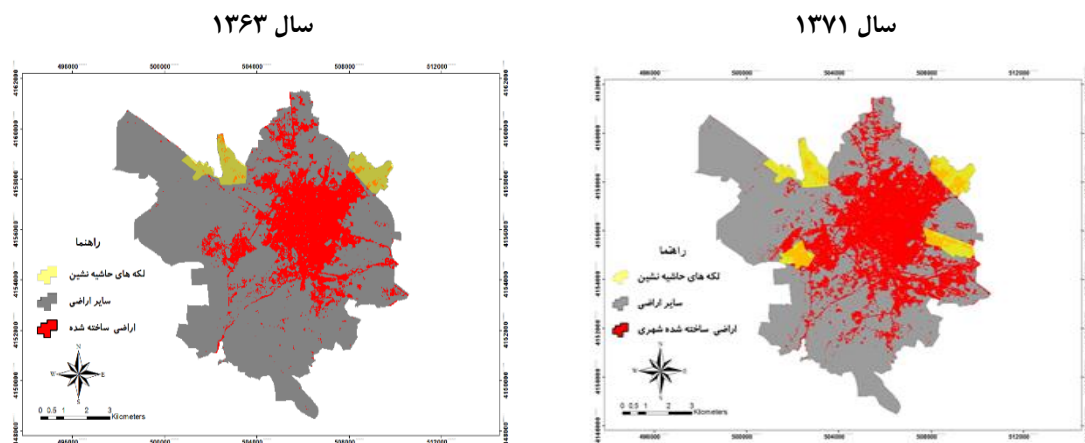
سال‌های ۱۳۵۷-۱۳۶۸

به دلیل ناآرامی ناشی از وقوع جنگ تحمیلی، ناآرامی‌هایی مهاجرت روستاییان و ساکنان مناطق ناامن مرزی در جنوب و غرب استان و ایجاد حاشیه‌نشینی در محله‌های اسلام‌آباد، سنگر.

حومه‌نشینی به موازات رشد شهر که در اثر آن گروهی از ساکنان بافت قدیمی و مرکزی شهر به دلیل کمبود فضا یا استفاده از مزایای بخش‌های نوساز، محل مسکونی خود را به بخش‌های پیرامونی شهر ترک می‌کنند. غیر از روند شدید مهاجرت و نرخ بالای افزایش جمعیت، تغییر نکردن در الگوی سنتی سکونت، نبود فرهنگ آپارتمان‌نشینی و ایجاد ساخت‌وسازهای مرتفع از عوامل اصلی به‌شمار می‌روند.

سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۸۵

ایجاد ساختمان‌هایی با طبقات محدود سبب گسترش افقی شهر شده است.



شکل ۵. روند گسترش فیزیکی شهر ارومیه طی سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۷۱

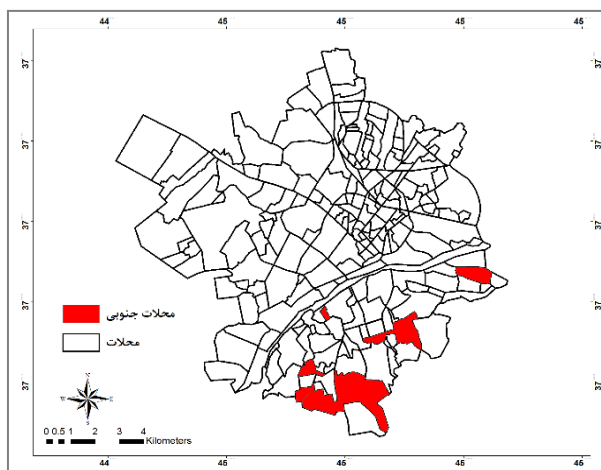
منبع: نگارندگان

سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۹۰

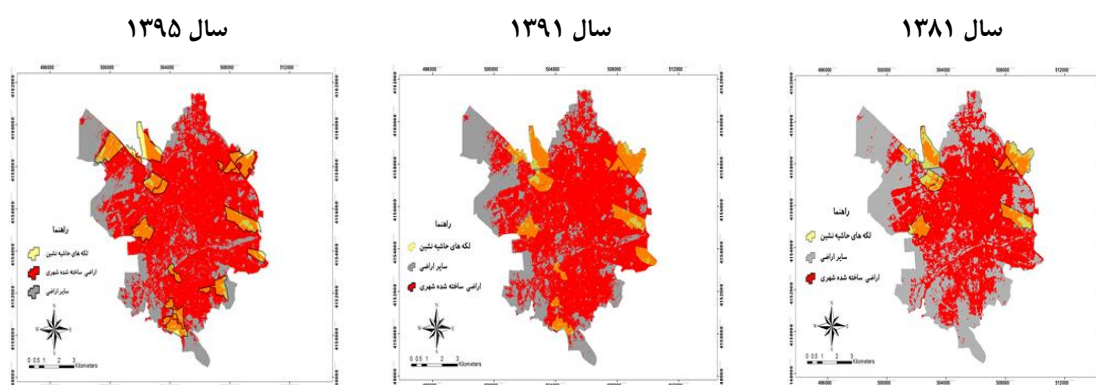
ایجاد یا ادامه ساخت‌وساز در شهرک‌ها و مجتمع‌های مسکونی در قالب تعاونی‌های اصناف و گروه‌های مختلف مانند داری، بهزیستی، بازرگانی و کارمندان شهرداری، ثبت‌احوال و...

رشد و توسعه شهری در این دوره در بخش‌های شمال باختری و پس از روستای الواج با نام‌های شهرک فجر ۲، شهرک شهریار و تعاونی والدین شاهد زمین مورد نیاز برای ساخت‌وسازهای شهری را فراهم کرده است.

رشد شهر در بخش‌های جنوب و جنوب باختری نیز با شتاب فراوان در ادامه دهه پیشین در حال پیشرفت است. ایجاد تعاونی‌های مسکن گمرکات، ژاندارمری، اداره راه و ترابری، دانشگاه، شهرداری، فرهنگیان، فرهنگ ۲ و شهرک‌های بهداری و فرشته از جمله بافت‌های مسکونی شاخصی هستند که در بخش‌های جنوبی شهر ایجاد شده‌اند.



شکل ۶. محله‌های حاشیه‌نشین ایجاد شده در جنوب شهر طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۹۰
منبع: نگارندگان

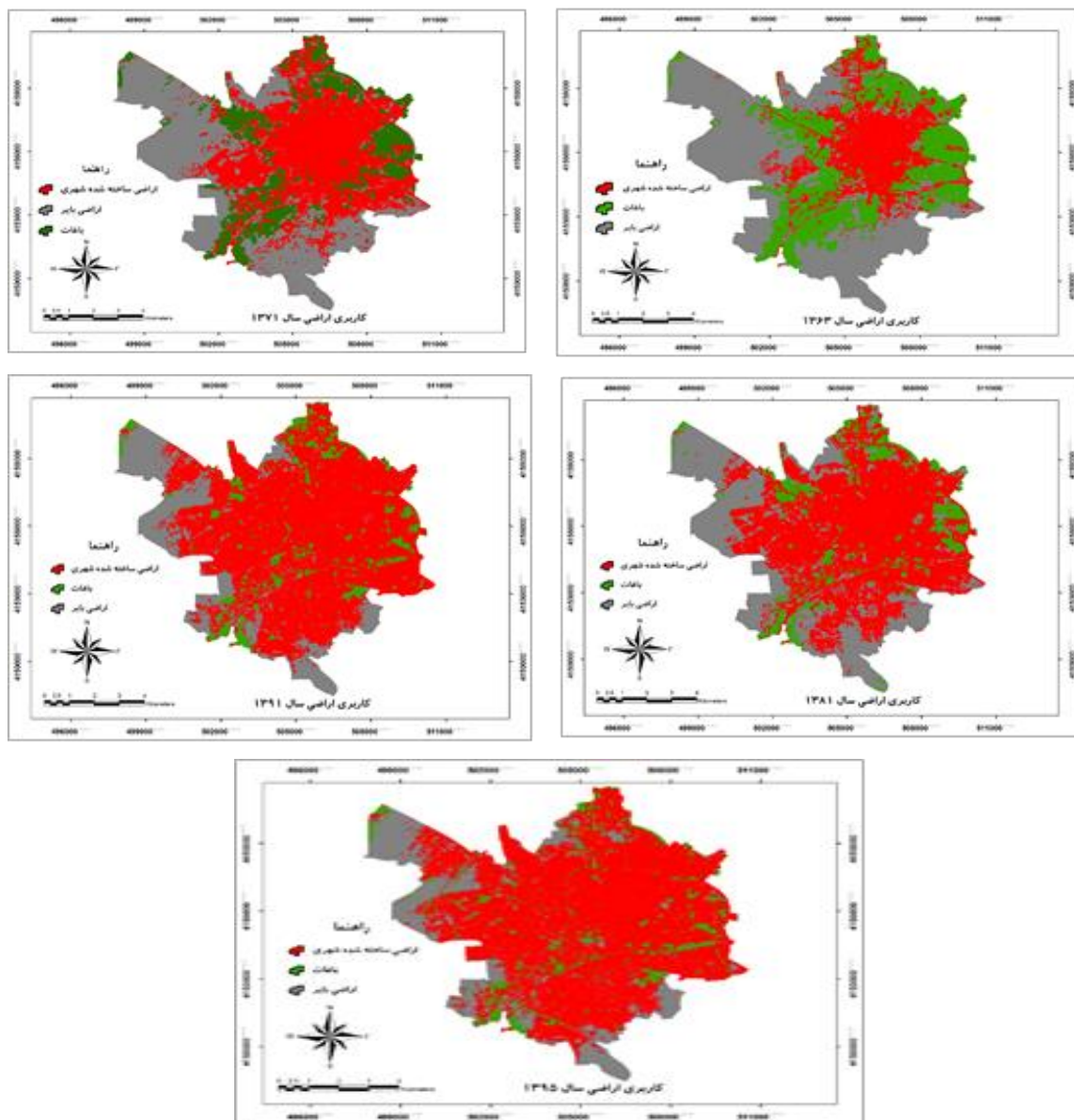


شکل ۷. روند گسترش فیزیکی شهر ارومیه طی سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۹۱، ۱۳۹۵
منبع: نگارندگان

پیدایش شماری از مناطق وجود آبادی‌های روستایی در مقیاس بسیار کوچک چندخانواری به‌عنوان هسته‌های شکل‌گیری جوامع مهاجر و در پیدایش شماری دیگر وجود زمین‌های ناهموار بدون مالک شخصی در نزدیکی شهر نقش اساسی داشته‌اند. نکته مهم درباره موضوع سکونت مهاجران نقش مهم هم‌بستگی قومی و مذهبی مهاجران در انتخاب محل‌های سکونت آن‌هاست. نواحی غرب و شمال شهر، کردنشین و مناطق شرقی شهر را آذری‌زبانان تشکیل داده‌اند (نظریان و همپانژاد، ۱۳۹۲: ۴۰-۵۰).

الگوی تغییرات کاربری اراضی شهر ارومیه

در پژوهش حاضر برای مدل‌سازی تأثیرات حاشیه‌نشینی بر تغییرات شهر ارومیه، پیش‌بینی رشد و توسعه شهری و ارزیابی توسعه کالبدی شهر از تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده است. نتایج آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی که بیانگر رشد فیزیکی شهر است، در طول دوره تحت مطالعه (۱۳۶۳-۱۳۹۵) در جدول ۱ و شکل ۸ آمده است.



شکل ۸. نقشه کاربری اراضی شهر ارومیه در دوره مطالعه (۱۳۶۳، ۱۳۷۱، ۱۳۸۱، ۱۳۹۱، ۱۳۹۵)
منبع: نگارندگان

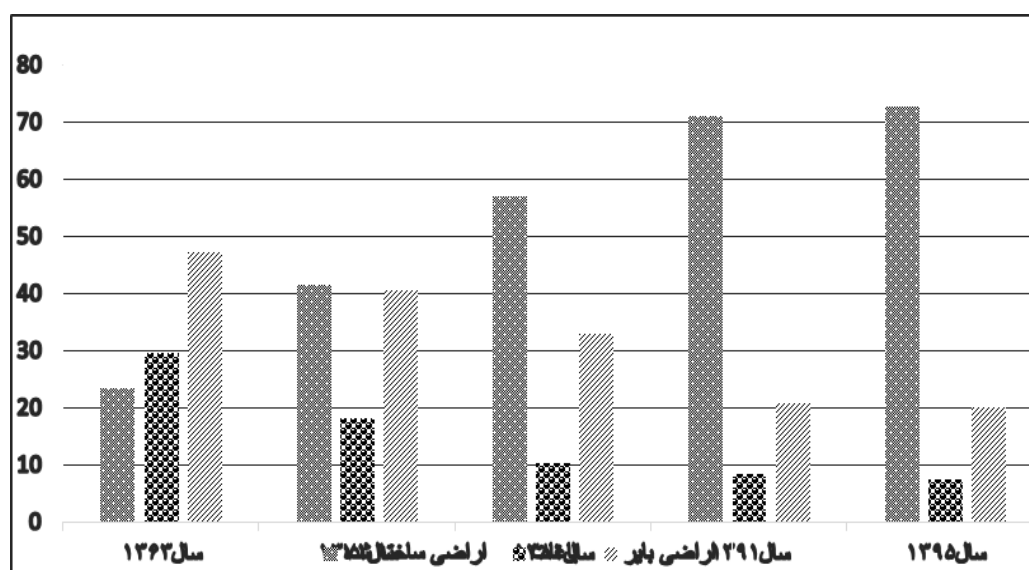
نتایج ارزیابی تغییرات کاربری‌ها نشان می‌دهد بیشترین تغییرات به کاربری اراضی ساخته‌شده شهری مربوط است؛ به طوری که این کاربری از ۲۰۱۶/۵۷ هکتار در سال ۱۳۶۳ به ۳۶۰۸/۲۴ هکتار در سال ۱۳۷۱، از ۴۹۵۳/۲۱ هکتار در سال ۱۳۸۱ به ۶۱۶۹/۳۱ هکتار در سال ۱۳۹۱ و به ۶۳۱۸/۷۸ هکتار در سال ۱۳۹۵ رسیده است. براساس جدول ۴ درصد اراضی ساخته‌شده شهری سیر صعودی داشته است؛ به طوری که از ۲۳۰۲۱ درصد در سال ۱۳۶۳ به ۷۲۰۷۲ درصد در سال ۱۳۹۵ رسیده است و این نشان‌دهنده رشد و توسعه فیزیکی بی‌وقفه شهر ارومیه در ۳۲ سال اخیر بوده است.

با توجه به شکل ۹، مقدار کاربری باغ‌ها داخل و پیرامون شهر از ۲۹/۵۹ درصد در سال ۱۳۶۳ به ۷/۲۴ درصد در سال ۱۳۹۵ کاهش یافته که این مقدار به نفع ساخت‌وسازهای شهری بوده است. همچنین مقدار اراضی بایر شهر در ۳۲ سال اخیر از ۴۷/۲ درصد در سال ۱۳۶۳ به ۲۰/۰۴ درصد در سال ۱۳۹۵ کاهش داشته و تقریباً نیمی از اراضی بایر شهر از سال ۱۳۶۳ تا سال ۱۳۹۵ به محدوده کاربری‌های شهری اضافه شده است.

جدول ۱. مساحت انواع کاربری و پوشش زمین در طول پنج دوره مورد مطالعه (۱۳۶۳-۱۳۷۱-۱۳۸۱-۱۳۹۱-۱۳۹۵)

کاربری	سال ۱۳۶۳		سال ۱۳۷۱		سال ۱۳۸۱		سال ۱۳۹۱		سال ۱۳۹۵	
	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد
اراضی ساخته شده	۲۰۱۶۰۵۵	۲۳۰۲۱	۳۶۰۸۰۲۴	۴۱۰۵۳	۴۹۵۳۰۲	۵۷۰۰۱	۶۱۶۹۰۳	۷۱	۶۳۱۸۰۸	۷۲۰۷۲
شهری	۲۵۷۱۰۲	۲۹۰۵۹	۱۵۷۳۰۵	۱۸۰۱۱	۸۸۰۰۵۴	۱۰۰۱۴	۷۲۳۰۳۳	۸۰۳۳	۶۲۸۰۷۹	۷۰۲۴
باغ‌ها	۴۱۰۱۰۱۹	۴۷۰۲	۳۵۰۷۰۲	۴۰۰۳۶	۲۸۵۴۰۲	۳۲۰۸۵	۱۷۹۶۰۳۱	۲۰۰۶۷	۱۷۴۱۰۳۵	۲۰۰۰۴
اراضی بایر	۸۶۸۸۰۹۴	۱۰۰	۸۶۸۸۰۹۴	۱۰۰	۸۶۸۸۰۹۴	۱۰۰	۸۶۸۸۰۹۴	۱۰۰	۸۶۸۸۰۹۴	۱۰۰
مجموع	۸۶۸۸۰۹۴	۱۰۰	۸۶۸۸۰۹۴	۱۰۰	۸۶۸۸۰۹۴	۱۰۰	۸۶۸۸۰۹۴	۱۰۰	۸۶۸۸۰۹۴	۱۰۰

منبع: نگارندگان

شکل ۹. مساحت کاربری اراضی شهری ارومیه در طول پنج دوره (۱۳۶۳، ۱۳۷۱، ۱۳۸۱، ۱۳۹۱، ۱۳۹۵)
منبع: نگارندگان

شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهر

به‌منظور شبیه‌سازی روند تغییرات کاربری اراضی و رشد فیزیکی شهر از نرم‌افزار Idrisi استفاده شده است. با توجه به اینکه روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی تغییرات کاربری و پوشش اراضی وجود دارد، در پژوهش حاضر برای پیش‌بینی تغییرات احتمالی کاربری اراضی برای افق زمانی سال ۱۴۱۰ با مقایسه نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۳، ۱۳۷۱، ۱۳۸۱، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۵ از مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار برای برآورد میزان رشد فیزیکی شهر، شبیه‌سازی و پیش‌بینی روند تغییرات کاربری‌ها در سال‌های آتی استفاده شده و سال ۱۴۱۰ به‌عنوان افق پیش‌بینی در این تحقیق مدنظر قرار گرفته است.

فرایند مربوط به پردازش تصاویر و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی از طریق نرم‌افزار ENVI انجام شد. سپس برای شبیه‌سازی، روند تغییرات کاربری اراضی و رشد فیزیکی شهر به نرم‌افزار IDRISI منتقل شد. با توجه به اینکه در پژوهش حاضر از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۷ و ۸ استفاده شد و این تصاویر به‌صورت زمین مرجع در اختیار کاربران قرار گرفت، تصحیح هندسی تصاویر انجام نشد.

جدول ۲. مشخصات تصاویر استفاده شده

ردیف و گذر	نوع ماهواره	نوع سنجنده	سال دریافت	قدرت تفکیک مکانی	قدرت تفکیک رادیومتریک
Path/Row ۱۶۹-۳۴	Landsat5	TM	۱۹۸۴	۳۰	۸ بیت
Path/Row ۱۶۹-۳۴	Landsat5	TM	۱۹۹۲	۳۰	۸ بیت
Path/Row ۱۶۹-۳۴	Landsat7	ETM	۲۰۰۲	۳۰	۸ بیت
Path/Row ۱۶۹-۳۴	Landsat7	ETM	۲۰۱۲	۳۰	۸ بیت
Path/Row ۱۶۹-۳۴	Landsat8	OLI_TIRS	۲۰۱۶	۳۰	۱۱ بیت

همچنین به دلیل اینکه فصل منتخب برای برداشت تصویر روزهای آفتابی بود، سایر تصحیحات نیز به دلیل نبود نویز یا خطای خاصی انجام نشد. سپس تصاویر برای طبقه‌بندی آماده شدند. برای طبقه‌بندی تصویر از الگوریتم حداکثر احتمال استفاده شد. در این روش طبقه‌بندی، هر پیکسل به کلاسی انتساب داده می‌شود که بیشترین احتمال تعلق به آن کلاس را دارد (فاطمی و رضایی، ۱۳۸۹: ۲۱۵). بعد از مشخص شدن نوع و روش طبقه‌بندی گام بعدی تعیین تعداد کلاس‌های مورد نظر است که تعداد آن‌ها با توجه به نوع تصاویر ماهواره‌ای و سطوح کاربری و پوشش اراضی متفاوت است. سپس در محدوده مورد مطالعه ۳ کلاس اراضی ساخته شده شهری، اراضی بایر و باغ‌ها تعریف شد. بدین ترتیب استخراج کلاس‌های اراضی در محیط ENVI انجام شد. تصاویر سال‌های مورد مطالعه پس از طبقه‌بندی ارزیابی شدند تا در صورت پذیرش طبقه‌بندی بتوان از آن‌ها در اجرای مدل‌ها استفاده کرد. برای ارزیابی دقت و صحت نتایج از ماتریس خطا استفاده شد که مواردی مانند صحت کلی و ضریب کاپا را در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد. ضریب کاپا دقت طبقه‌بندی را در مقایسه با حالتی که یک تصویر به صورت تصادفی طبقه‌بندی شود به دست می‌دهد. مقدار صفر برای کاپا به این معناست که طبقه‌بندی بدون هیچ ضابطه‌ای و کاملاً تصادفی انجام شده است. مقادیر بالای صفر تا ۱ سطحی از دقت را نشان می‌دهد و مقدار ۱ به معنای طبقه‌بندی کاملاً صحیح براساس نمونه‌های گرفته شده است. مقادیر منفی کاپا به معنای ضعف طبقه‌بندی و نتایج بسیار بد است (زارعی و آل‌شبخ، ۱۳۹۱: ۸).

جدول ۳. ضرایب کاپای طبقه‌بندی تصاویر

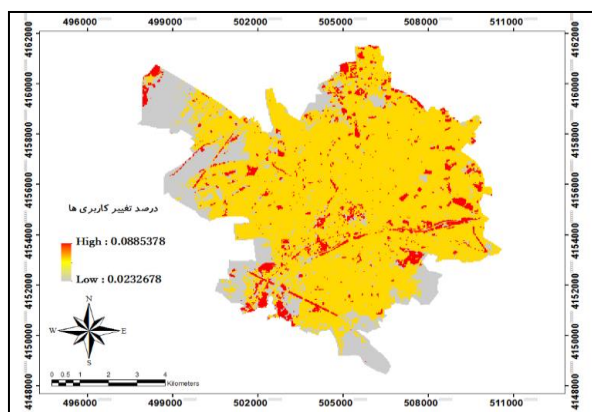
سال‌های مورد بررسی	۱۳۶۳	۱۳۷۱	۱۳۸۱	۱۳۹۱	۱۳۹۵
صحت کلی (درصد)	۹۸/۰۷	۹۹/۷۱	۹۷/۱۸	۹۸/۱۱	۹۹/۲۶
تصاویر ضریب کاپا	۰/۹۶	۰/۹۹	۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۹۶

در نهایت نقشه‌های حاصل از کلاس‌ها به‌عنوان ورودی مدل CA-Markov به محیط IDRISI منتقل شدند. به‌منظور انجام مدل زنجیره مارکوف نقشه سال ۱۳۶۳ به‌عنوان نقشه مبنا و نقشه سال ۱۳۹۵ به‌عنوان پیرو و هر دو نقشه به‌عنوان ورودی مدل زنجیره مارکوف در نظر گرفته شدند. همچنین با توجه به ده سال پیش‌بینی تغییرات برای سال ۱۴۱۰ انجام شد و ماتریس احتمالی تغییرات به‌دست آمد. نتیجه زنجیره‌های مارکوف به‌عنوان ورودی مدل سلول‌های خودکار استفاده می‌شود.

مدل زنجیره مارکوف

زنجیره مارکوف براساس روش احتمالاتی است و با در نظر گرفتن گذشت زمان تغییرات ایجاد شده در کاربری‌ها را نشان

می‌دهد. براساس این تحلیل مشخص می‌شود که در زمان مورد نظر کاربری‌های مربوط چه میزان تغییر می‌کنند (احدژاد، روشی و حسینی، ۱۳۹۰: ۱۵). اساس این روش به این صورت است که ابتدا دو نقشه کاربری اراضی به صورت رستری به عنوان ورودی مدل تهیه شده‌اند. همچنین فاصله زمانی بین دو تصویر و فاصله زمانی پیش‌بینی نیز در مدل در نظر گرفته می‌شود. خروجی مدل نیز به صورت ماتریس احتمالاتی است که میزان احتمال تغییرات را در یک کاربری و نیز تبدیل آن به سایر کاربری‌ها نشان می‌دهد (احدژاد و همکاران، ۲۰۰۹: ۶). در شکل ۱۰ نقشه حاصل از اجرای مدل زنجیره مارکوف آمده است.



شکل ۱۰. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی شهر ارومیه با روش زنجیره مارکوف تا سال ۱۴۱۰
منبع: نگارندگان

جدول ۴. احتمال تغییر کاربری‌های مورد مطالعه تا افق ۱۴۱۰ با استفاده از مدل زنجیره مارکوف

کاربری	اراضی ساخته‌شده شهری	باغ‌ها	اراضی بایر
اراضی ساخته‌شده شهری	۸۲،۹۵	۱۰،۸۷	۶،۱۸
باغات	۷۸،۹۴	۱۲،۰۲	۸،۰۸۵
اراضی بایر	۷۰،۸۶	۲،۳۳	۲۶،۸۱

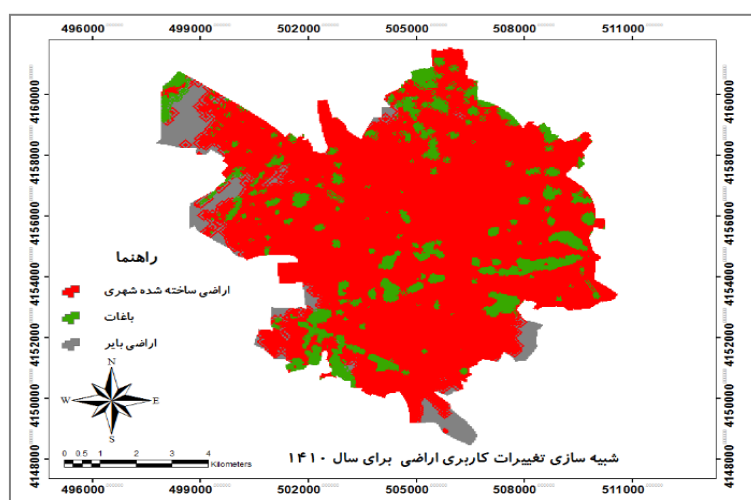
با توجه به جدول ۴ احتمال تغییر کاربری باغ‌ها و اراضی بایر به اراضی ساخته‌شده تا سال ۱۴۱۰ به ترتیب ۷۸،۹۴ و ۷۰،۸۶ درصد است؛ به این معنا که اگر روند رشد شهری مطابق گذشته ادامه پیدا کند، در ۷۸،۹۴ درصد از اراضی باغ‌های شهر و ۷۰،۸۶ درصد اراضی بایر ساخت‌وساز صورت می‌گیرد. این میزان رشد بسیار زیاد است و در صورتی که بدون برنامه‌ریزی ادامه پیدا کند، بسیاری از باغ‌های حاشیه شهر و اراضی بایر تخریب خواهد شد.

مدل ترکیب زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار

با اجرای مدل مارکوف چند تصویر احتمال ایجاد می‌شود. این تصاویر که از ماتریس احتمال انتقال به دست آمده‌اند، ممکن است هر نوع پوشش زمین در هر موقعیت مکانی را در آینده ایجاد کنند. اگرچه احتمالات انتقال در هر کاربری با دقت فراوانی همراه است، اطلاعاتی از توزیع مکانی مربوط به کاربری‌ها وجود ندارد؛ بنابراین مدل تصادفی مارکوف هیچ اطلاعات وابستگی مکانی ندارد (عزیزی قلاتی، ۱۳۹۵: ۶۳). در مقابل شبکه خودکار به دلیل داشتن ماهیت دینامیک مدلی مناسب برای عملیات شبیه‌سازی است. این مدل منطقه مورد مطالعه را به صورت شبکه‌ای از سلول‌های مشابه در نظر می‌گیرد. همچنین در این شبکه برای هر سلول وضعیتی مشخص می‌شود که متأثر از کنش و واکنش‌های میان سلول و همسایگان آن است و براساس قوانین تعریف‌شده برای مدل به صورت خودکار تغییر می‌کند. در نتیجه با اجرای این مدل

در بستر زمان می‌توان آینده را پیش‌بینی کرد (میرباقری، ۱۳۸۵: ۲)؛ بنابراین برای رفع مشکلات این دو روش، از روش CA-Markov استفاده شده است.

درنهایت با استفاده از مدل ترکیبی سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف با بهره‌گیری از نقشه احتمال گسترش شهری و با توجه به وضعیت سابق کلاس‌های کاربری‌ها (نقشه سال ۱۳۹۵) رشد شهری برای سال ۱۴۱۰ پیش‌بینی شده است.



شکل ۱۱. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی شهر ارومیه با روش ترکیب زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار تا سال ۱۴۱۰
منبع: نگارندگان

جدول ۵. سطح و سهم کاربری اراضی شهر ارومیه (۱۳۶۳-۱۳۹۵) و پیش‌بینی برای سال ۱۴۱۰

کاربری	سال ۱۳۶۳		سال ۱۳۹۵		سال ۱۴۱۰	
	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد
اراضی ساخته شده	۲۰۱۶/۵۵	۲۳/۲۱	۶۳۱۸/۸	۷۲/۷۲	۷۵۲۳/۰۱	۸۶/۵۸
باغ‌ها	۲۵۷۱/۲۰	۲۹/۵۹	۶۲۸/۷۹	۷/۲۴	۶۱۹/۶۰	۷/۱۳
اراضی بایر	۴۱۰۱/۱۹	۴۷/۲	۱۷۴۱/۳۵	۲۰/۰۴	۵۴۶/۳۳	۶/۲۹
مجموع	۸۶۸۸/۹۴	۱۰۰	۸۶۸۸/۹۴	۱۰۰	۸۶۸۸/۹۴	۱۰۰

منبع: نگارندگان

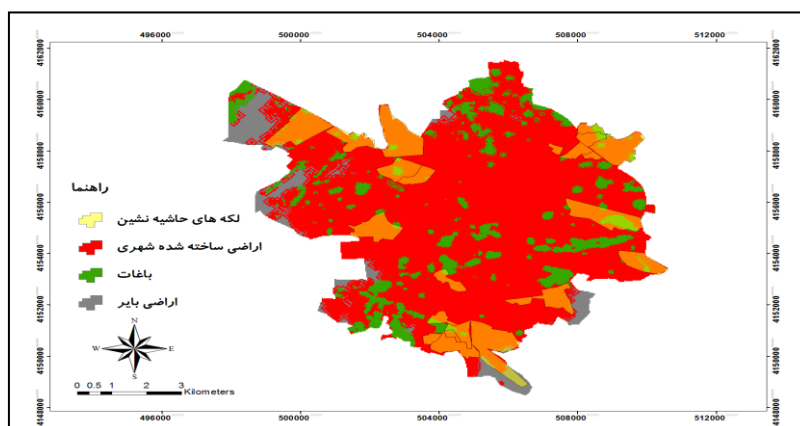
در جدول ۵ که نتایج کمی مدل ترکیبی سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف را نشان می‌دهد، با توجه به وضعیت سابق کلاس‌های کاربری‌ها (نقشه سال ۱۳۹۵) رشد شهری برای سال ۱۴۱۰ پیش‌بینی شده است. براساس جدول ۵ اراضی ساخته شده تا افق ۱۴۱۰ به ۸۶/۵۸ درصد خواهند رسید و باغ‌های شهر از ۷/۲۴ به ۷/۱۳ درصد کاهش خواهند یافت. اراضی بایر نیز با کاهش محسوس از ۲۰/۰۴ به ۶/۲۹ درصد خواهند رسید. همچنین براساس جدول ۶ این احتمال وجود دارد که با توجه به روند رشد شهری در دهه‌های قبل تا افق ۱۴۱۰ مناطق حاشیه‌نشین ۲۱۶۰/۲۲ هکتار رشد کنند.

شکل ۱۲ هم‌پوشانی مناطق حاشیه‌نشین شکل گرفته در طول سال‌های مورد بررسی را با نقشه مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار نشان می‌دهد. براین اساس رشد در مناطق مذکور با سرعت در حال پیش‌روی است.

جدول ۶. میزان رشد و توسعه مناطق حاشیه‌نشین شهر ارومیه طی سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۹۵ و برآورد احتمال رشد مناطق تا سال ۱۴۱۰

سال‌های مورد بررسی و افق پیش‌بینی شده	۱۳۶۳	۱۳۷۱	۱۳۸۱	۱۳۹۱	۱۳۹۵	۱۴۱۰
مساحت مناطق حاشیه‌نشین	۴۱/۷۰	۲۸۹/۴۸	۴۹۷/۴۵	۸۱۰/۴۶	۱۰۹۴/۶۲	۲۱۶۰/۲۲

منبع: نگارندگان



شکل ۱۲. هم‌پوشانی مناطق حاشیه‌نشین با نقشه پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی شهر ارومیه به روش ترکیب زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار تا سال ۱۴۱۰
منبع: نگارندگان

نتیجه‌گیری

الگوی توسعه فیزیکی هر شهر تأثیری اساسی بر پایداری یا ناپایداری توسعه آن دارد؛ از این رو مدیران و برنامه‌ریزان شهری باید به‌منظور هدایت این الگو از الگوی گسترش فیزیکی و فضایی موجود شهرها شناخت کافی داشته باشند. شهر ارومیه به‌دلیل داشتن بستر بسیار مساعد طبیعی (زمین‌های بسیار مطلوب کشاورزی و منابع آب فراوان)، توسعه شبکه ارتباطی و پدیده مهاجرت در سال‌های اخیر شاهد رشد سریع جمعیت بوده است. این رشد سبب ایجاد سکونتگاه‌های نابسامان و حاشیه‌نشینی و درنهایت الحاق اراضی پیرامونی به شهر و شهرک‌سازی‌های تعاونی شده است که جز رشد لجام‌گسیخته کالبد شهر نتیجه‌ای نداشته است. مروری بر پژوهش‌های مرتبط با رشد و گسترش فیزیکی شهر ارومیه نشان می‌دهد از قابلیت‌های تصاویر ماهواره‌ای و مدل‌های مربوط به این نوع داده‌ها برای بررسی میزان رشد فیزیکی شهر کمتر استفاده شده است. در این پژوهش با استفاده از اطلاعات موجود در تصاویر نشان داده شده است که حاشیه‌های شکل‌گرفته در اطراف شهر در دوره‌های زمانی مختلف یکی از عوامل اصلی رشد بافت فیزیکی شهر در طول دهه‌های گذشته بوده است. این شکل از رشد و گسترش شهر سبب نابودی اراضی کشاورزی و به‌طور مشخص باغ‌های منطقه شده است. میزان اراضی ساخته‌شده شهری نیز از ۲۰۱۶۰۵۵ هکتار در سال ۱۳۶۳ به ۶۳۱۸۰۸ هکتار در سال ۱۳۹۵ افزایش یافته است و از ۲۳،۲۱ درصد سهم اراضی ساخته‌شده شهری به ۷۰،۲۰۷۲ درصد رسیده است. به عبارت دیگر محدوده شهر در طول این دوره پنج برابر رشد کرده است. زمین مورد نیاز برای این مقدار رشد از باغ‌های داخل شهر و اراضی بایر اطراف شهر تأمین شده است؛ به‌طوری‌که مساحت اراضی باغ و کشاورزی اطراف شهر از ۲۹،۵۹ درصد در سال ۱۳۶۳ به ۷،۲۴ درصد در سال ۱۳۹۵ کاهش یافته است. همچنین در طول دوره مورد مطالعه (۳۲ سال اخیر) در نیمی از اراضی بایر اطراف شهر ساخت‌وساز صورت گرفته است. در نتیجه این مقدار از ۴۱۰۱۰۱۹ هکتار (۴۷،۲ درصد) به

۱۷۴۱۰۳۵ هکتار (۲۰۰۰۴ درصد) کاهش یافته است. همچنین می‌توان گفت شهر ارومیه در بازه زمانی ۱۳۶۳-۱۳۹۵ در همه جهات رشد و گسترش داشته است، اما جهات اصلی گسترش شهر در قسمت‌های جنوب و غرب و جنوب شرقی شهر صورت گرفته است. دلیل این امر وجود روستاهای نزدیک به شهر در قسمت‌های جنوب، غرب و جنوب شرقی شهر است که به مرور زمان به شهرک تبدیل شده‌اند و سرانجام با اضافه‌شدن به محدوده شهر سبب رشد شهر در این قسمت‌ها شده‌اند. با توجه به اینکه در قسمت‌های جنوب شهر بیشترین مقدار اراضی کشاورزی و باغ‌ها وجود داشته است، این مقدار به کاربری شهری تغییر کرده است. همچنین در قسمت جنوب شرقی نیز بیشترین استفاده از اراضی بایر شهر شده است. با توجه به نقشه پیش‌بینی تغییرات برای سال ۱۴۱۰ اراضی ساخته‌شده شهری افزایش پیدا خواهد کرد، اما نکته مهم این است که مساحت باغ‌ها و اراضی کشاورزی با توجه به اینکه در دوره‌های قبل بسیار استفاده شده است، کاهش اندکی خواهد داشت و این بدان معناست که در حال حاضر بسیاری از اراضی کشاورزی و باغ‌های شهر ارومیه نابود شده‌اند.

همچنین بررسی نحوه گسترش شهر در این بازه زمانی نشان‌دهنده رشد در هسته‌های اولیه حاشیه‌نشینی‌ها و سکونتگاه‌های روستایی اطراف شهر است که با ادامه روند توسعه شهر گسترش یافته و در نهایت به بدنه اصلی شهر متصل شده است. با توجه به نکات ذکرشده، تصاویر ماهواره‌ای شهر ارومیه، نقشه‌های ارائه‌شده نتایج و پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

با توجه به رشد بی‌رویه شهر، ساخت‌وسازهای قارچ‌گونه و حاشیه‌نشینی‌های دوره‌های اخیر لازم است نظارت شهرداری دقیق‌تر و جدی‌تر اعمال شود.

پایش بهنگام توسعه فیزیکی شهر و به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای با توان تفکیک بهتر برای طبقه‌بندی نقشه‌های پوشش زمین در پژوهش‌های بعدی.

به‌دلیل پویابودن فرایند تغییرات کاربری اراضی در طی زمان پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی ضمن استفاده از مدل‌های دینامیکی مانند CA-Markov، عوامل فیزیکی و اقتصادی اجتماعی و عوامل سیاسی و مؤثر بر تغییرات کاربری نیز در نظر گرفته شوند.

منابع

۱. احدنژاد روشتی، محسن و سید احمد حسینی، ۱۳۹۰، ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات و پراکنش افقی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی (نمونه موردی: شهر تبریز در مقطع زمانی ۱۳۶۳-۱۳۸۹)، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال دوم، شماره ۴، صص ۱-۲۰.
۲. بمانیان، محمدرضا و هادی محمودنژاد، ۱۳۸۷، نظریه‌های توسعه کالبدی شهر، چاپ اول، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، تهران.
۳. پورمحمدی، محمدرضا و رسول قربانی، ۱۳۸۱، شیوه‌های حفاظت از باغ‌ها و اراضی کشاورزی و آثار آن بر تراکم شهری در ایران، دوفصلنامه علمی-پژوهشی معماری، شهرسازی، صغه، سال چهاردهم، شماره ۳۸، صص ۲۳-۳۴.
۴. رهنما، محمدرحیم و غلامرضا عباس‌زاده، ۱۳۸۷، اصول و مبانی مدل‌های سنجش فرم کالبدی شهر، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.
۵. روستا، زهرا و همکاران، ۱۳۹۲، ارزیابی روند توسعه فیزیکی شهر شیراز و تأثیر شرایط فیزیوگرافیک بر روند تغییرات کاربری اراضی، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال بیست‌وچهارم، شماره ۱، صص ۱۸۳-۲۰۰.
۶. روستایی، شهرپور و فرامرز هادوی، ۱۳۹۳، شبیه‌سازی رشد شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: شهر زنجان)، کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط‌زیست و گردشگری، صص ۱-۱۲.
۷. زارعی، رضا و علی اصغر آل‌شیخ، ۱۳۹۱، مدل‌سازی توسعه شهری با استفاده از اتوماسیون سلولی و الگوریتم ژنتیک (منطقه مورد مطالعه: شهر شیراز)، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال سوم، شماره ۱۱، صص ۱-۱۶.
۸. عزیزی قلاتی، سارا و همکاران، ۱۳۹۵، پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف (مطالعه موردی: منطقه کوهمره سرخی استان فارس)، سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال هفتم، شماره ۱، صص ۵۹-۷۱.
۹. فاطمی، سید باقر و یوسف رضایی، ۱۳۸۹، مبانی سنجش‌ازدور، چاپ دوم، انتشارات آزاده، تهران.
۱۰. فیضی‌زاده، بختیار، ۱۳۸۷، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا (مطالعه موردی: شهرک اندیشه)، همایش ژئوماتیک، صص ۲.
۱۱. قهرمانی، جعفر، ۱۳۸۳، کاربرد زنجیره مارکوف در برنامه‌ریزی نیروی انسانی (رویکردی کاربردی برای مدیران منابع انسانی در سازمان‌های اجتماعی)، مجله تحول اداری، دوره هفتم، شماره ۴۳-۴۴، صص ۷۶-۹۳.
۱۲. کرم، عبدالامیر، ۱۳۸۴، تحلیل تناسب زمین برای توسعه کالبدی در محور شمال غرب شیراز با استفاده از رویکرد ارزیابی چندمعیاری (MCE) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، نشریه پژوهش‌های جغرافیایی، دوره سی‌وهفتم، شماره ۵۴، صص ۹۳-۱۰۶.
۱۳. مجتهدزاده، غلامحسین، ۱۳۸۲، برنامه‌ریزی شهری در ایران، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه پیام‌نور، تهران.
۱۴. مشهدی‌زاده دهقانی، ناصر، ۱۳۷۳، تحلیلی از ویژگی‌های برنامه‌ریزی شهری در ایران، دانشگاه علم و صنعت، تهران.
۱۵. منصوریان، حسین و همکاران، ۱۳۹۲، پویایی فضایی-زمانی نظام شهری ایران (۱۳۳۵-۱۳۹۵)، پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، دوره اول، شماره ۱، صص ۲۱-۴۲.
۱۶. مهندسان مشاور معماری و شهرسازی، ۱۳۸۹، طرح تجدیدنظر طرح جامع شهر ارومیه بررسی و شناخت شهر، وزارت مسکن و شهرسازی سازمان مسکن و شهرسازی استان آذربایجان غربی.
۱۷. میرباقری، بابک و عباس علی‌محمدی سراب، ۱۳۸۵، شبیه‌سازی نحوه گسترش کاربری شهری با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و مدل سلول‌های خودکار (مورد مطالعاتی: شهرستان اسلام‌شهر)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.

۱۸. نظریان، اصغر و الناز همپانژاد، ۱۳۹۲، تحلیل فرایند رشد و تکوین شهر ارومیه با بهره‌گیری از هم‌پوشانی عکس‌های هوایی در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال دهم، شماره ۳۹، صص ۳۷-۵۲.
۱۹. هادوی، فرامرز و همکاران، ۱۳۹۲، ارزیابی و پیش‌بینی گسترش افقی شهر قزوین با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی، طی دوره ۱۹۸۶-۲۰۱۱، فصلنامه اقتصاد و مدیریت شهری، شماره ۵، صص ۱۵-۲۷.
۲۰. جباری، محمدکاظم و سیمین احمدی، ۱۳۹۲، مدل‌سازی توسعه شهری با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سلول‌های خودکار، چاپ اول، نشر آذر کلک، زنجان.
21. Ahadnejad M., and Hoseini A., 2011, Assessment and Predict of Change and Landspace Dispersion by Using Sevral Time Satelife Image and Geographic Information System in Tabriz City 1984-2010, Journal of Research in Urban Planning, Vol. 2, No. 4. PP. 1-20. *(In Persian)*
22. Bmanian M., and Mahmoudnejad, H., 2008, Theory of Urban Development, Publication of Municipal and Village Administrations of Iran, Tehran, Vol. 1. *(In Persian)*
23. Pour-Mohammadi, M., and Ghorbani, R., 2002, Gardens and Agricultural Land Conservation Practices and Its Impact on Urban Congestion in Iran, Journal of Architecture Urban Planning Quarterly, Vol. 14, No. 38. PP. 23-34. *(In Persian)*
24. Rahnema M., and Abbaszade GH., 2008, Principles of Measurement Models the Physical Form of the City, Publications University of Mashhad, Mashhad. *(In Persian)*
25. Roustai, Z., Monavari, S. M., Darvishi, M., Falahati, F., and Morovati, M., 2013, Evaluating Trend of Physical Urban Expansion of Shiraz City and Physiographic Conditions Effect on Land Use Changes, Geography and Environmental Planning Journal, Vol. 49, No. 1, PP. 183-200. *(In Persian)*
26. Roustai, SH., and Hadavi F., 2014, Urban Growth Modeling Using Satellite Images in Zanjan, International Conference on Sustainable Development, Strategies and Challenges with a Focus on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism, PP. 1-12. *(In Persian)*
27. Zarei R., and AL Sheikh A., 2012, Urban Development Modeling by Using Cellular Automation and Genetic Algorithm in Shiraz, Research and Urban Planning of Journal, Vol. 3, No.11. PP.1-16. *(In Persian)*
28. Azizi Ghalati, S. et al., 2016, Perdicit the Spatial Vertiations in Landuse by Using Markov Chain Model in Kuhhmarreih Sorkhi Region in Fars Provin, Remot Sensing and Geographical Information System in Natural Sources, Vol. 7, No. 1, PP. 59-71. *(In Persian)*
29. Ftemi, B., and Rezaei, Y., 2010, Remot Sensing Fundition, Edition 2, Azad Publication Tehran. *(In Persian)*
30. Feizizade B., 2008, Landuse Change Detection by Using Image Base Way in Andishe Towny, Geomatic Conference, PP. 2. *(In Persian)*
31. Ghahramani J., 2004, Application of Markov Chain in Manpower Planning (Functional Approach to Human Resource Managers in Social Organizations), Journal of Administrative Change, Vol. 7, No. 43-44, PP. 76-93.
32. Karam, A., 2005, Analysis of Land Suitability for Physical Development at the Heart of the North West of Shiraz Using Multi Criteria (MCE) Evaluation in GIS, Journal of Geographical, Vol. 37, No. 54. PP. 93-106. *(In Persian)*
33. Mojtahzade, Gh., 2003, Urban Planning in Iran, Edition.4, University Poblication Payam Nour (PNU), Tehran. *(In Persian)*
34. Mojtahedi Zade Dehaghani N., 1994, An Analysis of the Characteristics of Urban Planning in Iran, University of Science and Industry. *(In Persian)*
35. Mansourian H., et al, 2013, Dynamic Spatial - Temporal Urban System of Iran (1956-2016), Geographical Urban Planning Research, Vol. 1, No. 1, PP. 21-42.

36. Engineers Architecture and Urbanism, 2010, The Revised Master Plan Assessment Plan Urmia City, Department of Housing and Urban Development, Housing and Urban Development West Azerbaijan Province. (*In Persian*)
37. Mir Bagheri, B., Ali Mohammadi Sarab, A., 2006, The Expansion of Urban Land Use Simulation Data Using Remote Sensing and Cellular Automata Model (Case Study: City of Islam Shahr), Masters Thesis, Shahid Beheshti University, PP. 2. (*In Persian*)
38. Nazarian, A., and Hmpanzhad, E., 2013, Explanation and Analysis of the Physical Growth and Development Process of Urmia Based on Applying Overlapped Aerial Images in GIS Software, Geographical Territory, No. 39. PP. 37-52. (*In Persian*)
39. Hadavi F., et al, 2013, Evaluating and Predicting Horizontal Expansion of the City of Qazvin Emphasizing the Land-Use Changes From 1986 to 2011, Urban Economics and Management, No. 5. PP. 15-27. (*In Persian*)
40. Jabbari, M. K., and Ahmadi, S., 2012, Modeling Urban Development Using the Geographic Information System (Gis) and Cellular Automata, Azar Klk, Zanjan. (*In Persian*)
41. Ahadnejad, M., Maruyama, Y., and Yamazaki, F., 2009, Evaluation and Forecast of Human Impacts Based on Land Use Changes Using Multi-Temporal Satellite Imagery and GIS: A Case Study on Zanjan, Iran, J. Indian Soc. Remote Sensing, No. 37, PP. 659-669. (*In Persian*)
42. O'Sullivan, D and Torrens, P. M., 2001, Cellular Automata and Urban Simulation, Where Do We Go From Environment and Planning B: Planning and Design, Vol. 28, PP. 163-168.
43. Benenson, I., and Torrens, P. M., 2004, Geosimulation, Automata-Based Modeling of Urban Phenomena, England.
44. Chardon, Anne-Catherine, 1999, Ageographic Approach of the Global Vulnerability in Urban Area: Case of Manisales, Colombian Andes, Vol. 49, No. 2, PP. 197-212.
45. Dietzel, C., and Clarke, K. C., 2004, Spatial Differences in Multi-Resolution Urban Automata Modeling, Transactions in GIS, Vol. 8, No. 4, PP. 479-492.
46. Pickett, S. T. A., et al., 2011, Urban Ecological Systems: Scientific Foundation and a Decade of Progress, Journal of Environmental Management, No. 92, PP. 331-382.
47. Sang, L., Zhang, C., Yang, J., Zhu, D., and Yun, W., 2011, Simulation of Land Use Spatial Pattern of Towns and Villages Based on CA-Markov Model, Mathematical and Computer Modelling, Vol. 54, No. 3, PP. 938-943.
48. Sullivan, D., 2001, Exploring Spatial Process Dynamics Using Irregular Cellular Automaton Models, Geographical Analysis, Vol. 33, No. 1, PP. 1-18.
49. Sullivan, D., and Torrens, P. M., 2000, Cellular Models of Urban Systems, Center for Advanced Spatial Analysis, University College London.
50. Tobler, W., 1979, Cellular Geography, Philosophy in Geography, Vol. 20, PP. 379-386.
51. Torrens, P. M., 2000, How Cellular Models of Urban Systems Work, CASA Working Paper Series, P. 28, available online at: www.casa.ucl.uk, pp.5-68.
52. White, R., Engelen, G., and Uljee, I., 1997, The Use of Constrained Cellular Automata for High-Resolution Modelling of Urban Land-Use Dynamics, Vol. 24, No. 3, PP. 1-18.