

مطالعه تطبیقی کارایی مدل توسعه شهری عامل مبنا و سلول‌های خودکار زنجیره مارکوف در شبیه‌سازی توسعه شهری نیشابور

دکتر حسن محمودزاده^{۱*}، افسانه نقدبیشی^۲

چکیده

در دهه‌های اخیر، بر اثر رشد سریع و بدون برنامه شهرها، مدیریت شهری با مسائل متعددی، از جمله مدل‌ها و الگوهای گسترش شهری و انتخاب گزینه‌های بهینه در مکان‌یابی روبه‌رو شده‌است. شهر نیشابور به‌عنوان دومین شهر پرجمعیت استان خراسان رضوی شناخته می‌شود. با توجه به کاهش باران و رخ‌دادن خشکسالی، کشاورزی رونق خود را از دست داده و اکثر جمعیت روستاها به شهر مهاجرت کرده‌اند. این عوامل باعث رشد سریع شهر در چند سال اخیر شده‌است. از آنجایی که توسعه هر شهر نیازمند امکانات و زیرساخت‌های مناسب برای پیشرفت آن است؛ بنابراین شناخت درجهت توسعه شهر و سرعت رشد آن باعث پیش‌بینی بهتر زیرساخت‌ها و امکانات مورد نیاز است.

پژوهش توسعه شهری توسط مدل عامل مبنا با استفاده از عوامل تأثیرگذار بر توسعه شهری نیشابور صورت پذیرفته است. این عوامل شامل: موقعیت غالب اجتماعی، مسیر دسترسی، عناصر مطلوب، کیفیت دسترسی به خدمات، حریم سبز و حریم مسیل و نوع کاربری در نظر گرفته شده‌است. مدل عامل مبنا مجموعه‌ای از عامل‌های مستقل با اهداف و قابلیت‌هایی که در تعامل با یکدیگر هستند تشکیل شده‌است. برای اعتبارسنجی مدل از روش مارکوف-سلولی خودکار بر اساس تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ و ۸ و برای مدت ۱۷ سال استفاده شده‌است. بر اساس نتایج شبیه‌سازی توسعه شهری با استفاده از مدل عامل مبنا مساحت منطقه شهری از سال ۲۰۱۸ تا سال ۲۰۳۵ با نرخ رشد ۱۹/۸ درصد افزایش یافته است و در مدل مارکوف-سلولی خودکار مساحت منطقه شهری از سال ۲۰۱۸ تا سال ۲۰۳۵ با نرخ رشد ۲۳/۱ درصد افزایش پیدا خواهد کرد. بر این اساس، این نتایج با یکدیگر تفاوت چندانی ندارند. نتایج بیان‌کننده آن است که در اجرای این دو مدل برای توسعه شهر نیشابور، مدل عامل مبنا نشان‌دهنده تأثیر زیاد عامل طبقه غالب اجتماعی است و اعتبار مدل عامل مبنا در مقایسه آن با روش مارکوف-سلولی خودکار دقت قابل‌قبولی دارد.

جغرافیا و توسعه، شماره ۶۴، پاییز ۱۴۰۰
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۱
صفحات: ۲۴۴-۲۴۳



واژه‌های کلیدی:

توسعه شهری، مدل‌سازی عامل مبنا، مدل مارکوف-سلولی خودکار، نیشابور.

مقدمه

(صادقی و همکاران، ۱۳۹۰: ۲). به‌منظور به‌دست‌آوردن درک بهتر درباره سیستم‌های شهری محققان روش‌های مدل‌سازی و شبیه‌سازی را به خدمت می‌گیرند؛ اما به‌دلیل پیچیدگی‌های سیستم‌های شهری، روش‌های قبلی کارآمد نیستند (Batty, 2005: 1375). مدل‌سازی عامل مبنا، از قراردادن اجزا یا عامل‌های ساده در کنار هم به‌منظور ایجاد رفتارهای پیچیده استفاده می‌کند؛ از این‌رو این سیستم‌ها به‌عنوان یک روش پایین به بالا شناخته می‌شوند (Macal, North, 2004: 104). مدل‌های تغییر کاربری زمین اغلب از طریق درجه تطابق آن‌ها با الگوهای موجود کاربری زمین سنجیده می‌شوند، نه با درجه منطقی بودن فرایندهایی که این الگوها را شکل می‌دهند.

در قرون اخیر، افزایش توسعه شهرها و رشد شهرنشینی که موجب رشد بسیار زیاد جمعیت شهری شده‌اند، مسائل مرتبط با شهرها را به میزان بسیار زیادی گسترده و پیچیده کرده است (Acevedo et al, 1996: 149). شهرها ترکیب پیچیده‌ای از عناصر اجتماعی، اقتصادی، مکانی و... هستند که این عناصر تأثیرات گوناگونی بر روی فرایند رشد شهری دارند و ارتباط متقابل این عناصر بسیار پیچیده است (Jun Feng, 2003: 30). پیچیدگی سیستم‌های شهری، استفاده از مدل‌های قدیمی برای مدل‌سازی را سخت می‌کند؛ زیرا آن‌ها ایستا، خطی، تجمعی، به‌هم‌پیوسته و براساس تئوری سیستم‌های ساده بالا به پایین هستند

به‌طور کلی یک مدل چندعاملی یکپارچه، تکنولوژی سیستم اطلاعات جغرافیایی و داده‌های سنجش‌ازدور و تعامل میان عوامل مؤثر را توصیف می‌کند. فرایند ارزیابی از داده‌های سنجش‌ازدور و نرم‌افزار ArcGIS به‌عنوان سیستم‌عامل شبیه‌سازی استفاده می‌کند. از طریق این مدل، شبیه‌سازی فضای برنامه‌ریزی شهری و تصمیم‌گیری برای توسعه شهری ایجاد شده‌است. نتایج این ارزیابی‌ها می‌تواند مشکلات ناشی از مدیریت برنامه‌ریزی شهری غیرساختاری را شناسایی کرده و روند و منطق شهری و برنامه‌ریزی تصمیم‌گیری فضایی می‌تواند بهبود یابد (Zhang et al, 2013: 751)

شهر نیشابور از نظر جمعیتی به‌عنوان دومین شهر استان خراسان رضوی شناخته می‌شود. استعدادهای و قابلیت‌هایی زیادی که در شهر وجود دارد باعث رشد سریع و پرشتاب آن در چند سال اخیر شده‌است. از آنجایی که توسعه هر شهر نیازمند فراهم‌ساختن امکانات و زیرساخت‌های مناسب برای پیشرفت آن است، شهر نیشابور نیز از این قاعده مستثنا نیست؛ بنابراین شناخت درجهت توسعه شهر و سرعت رشد آن باعث پیش‌بینی هرچه‌بہتر زیرساخت‌ها و امکانات موردنیاز هست. در این پژوهش تلاش شده‌است توسعه شهری نیشابور توسط مدل عامل مینا با استفاده از عوامل تأثیرگذار بر توسعه شهری همانند عوامل موقعیت غالب اجتماعی، مسیر دسترسی، عناصر مطلوب، کیفیت دسترسی به خدمات، حریم سبز و حریم مسیل و نوع کاربری برای مدت ۱۷ سال، شبیه‌سازی بررسی شود. برای اعتبارسنجی این روش از مدل زنجیره مارکوف-سلولی خودکار براساس تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ و ۸ استفاده و تفاوت نتایج این دو مدل بررسی می‌شود.

پیشینه تحقیق

در دهه‌های اخیر، بر اثر رشد روزافزون جمعیت، نیازهای خدماتی و به‌ویژه مسکونی، مدیریت شهری با

مسائل متعددی، از جمله مدل‌ها و الگوهای رشد شهری و انتخاب گزینه‌های بهینه در مکان‌یابی‌ها مواجه شده‌است. مدل‌های توسعه شهری در واقع نمایشی ریاضی از سیستم‌های توسعه شهری هستند. همچنین این مدل‌ها، جنبه‌های مختلف توسعه سیستم شهری را در قالب ساده‌تر بیان می‌کنند (کمپجانی، ۱۳۹۴: ۴۳). مشکل اساسی مدل‌های کلاسیک، در نظر نگرفتن شهرها به‌عنوان سیستم‌های پویا و تمرکز بر روی مدل‌سازی شهری در یک نقطه و در یک زمان معین بود؛ بنابراین روش‌های کلاسیک با توجه به پویایی شهری نمی‌توانستند به‌خوبی پاسخگوی پرسش‌های پژوهشگران باشند؛ از سوی دیگر چون این مدل‌ها اطلاعات و مشاهدات را در طول زمان مورد بررسی قرار نمی‌دادند، امکان پیش‌بینی تغییرات در آینده برای آن‌ها امکان‌پذیر نیست. زاویه دید در سیستم‌های کلاسیک به‌صورت بالا به پایین است که با واقعیت موجود در مسائل شهری همخوانی ندارد و باعث ایجاد مشکلات می‌شود؛ به‌عبارت‌دیگر مدل‌های کلاسیک در بیان پویایی‌های شهری، جزئیات مکانی و بیان روابط اجتماعی-اقتصادی ضعیف هستند (قانع، ۱۳۸۹: ۱۹، ۲۲).

بسیاری از محققان تاریخچه مدل عامل مینا را مربوط به بیش از ۴۰ سال پیش و نظریه ماشین‌های سلولی متعلق به «استانسیلا اولام»^۱ می‌دانند (فیروزی و همکاران، ۱۳۹۶: ۹ به نقل از: Wolfarm, 2002). با گذشت زمان و گسترش کاربردها، به تدریج ناکارآمدی‌های اولیه مدل عامل مینا برطرف شد و این مدل در زمینه‌های مرتبط با مکان، از جمله مدل‌سازی توسعه شهری و کاربری اراضی، کارایی‌های زیادی پیدا کرد (Torrens, 2003: 206).

تاکنون پژوهش‌های داخلی و خارجی زیادی در زمینه مدل‌سازی و شبیه‌سازی توسعه شهری انجام گرفته است؛ از جمله تأثیرگذارترین تحقیقات در این

با مقیاس منطقه‌ای است. نتیجه این بررسی نشان داده که دقت مدل عامل مبنا در تخمین توسعه‌های صورت‌گرفته مناسب است و با توجه به ابعاد شبیه‌سازی، مدل به‌خوبی توانسته مناطقی را که دارای توسعه سریع شده‌اند، تشخیص دهد.^۲

قانعی (۱۳۸۹) در بررسی توسعه مدل عامل مبنا به‌منظور تخصیص کاربری‌های شهری بیان کرد: با توجه به اینکه مدل‌سازی نوعی خلاصه‌سازی از جهان واقعی است. مسلماً هیچ مدلی نمی‌تواند همه اجزای جهان را در نظر بگیرد و همواره بخش خاصی که مورد نظر طراح است، لحاظ می‌شود. این خلاصه‌سازی ارتباط مستقیم با اهداف و زمان و نیز هزینه صرف‌شده در طراحی دارد. برای مسئله تغییر کاربری اراضی در مدل پیشنهادی این تحقیق از مدل‌های عامل مبنا و نرم‌افزارهای نت‌لوگو^۳ و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده‌است. القورشی^۴ و همکاران (۲۰۱۶) گسترش رشد شهر و تغییرات پوشش زمینی در پنج شهر عربستان را با استفاده از تصاویر لندست برای سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۴ مورد تحلیل قرار دادند. برای ایجاد نقشه پوشش زمین از طبقه‌بندی و تجزیه و تحلیل تصویر با استفاده از روش شیء‌گرا^۵ و روش‌های مدل‌سازی زنجیره مارکوف^۶ و سلولی خودکار^۷ و نقشه‌های شبیه‌سازی شده استفاده کردند. آچمد^۸ و همکاران (۲۰۱۵) مجموع هفت متغیر یا عوامل مؤثر بر رشد شهری، از جمله دو جامعه اقتصادی و پنج عامل بیوفیزیکی مربوط به ساحل باندا آچه-اندونزی^۸ را شناسایی و مورد بررسی قرار دادند. بدین‌منظور برای تسهیل تجزیه و تحلیل از رگرسیون لجستیک استفاده کردند.

پژوهش می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: صفویان و همکاران (۱۳۹۶) برای تعیین مکان‌ها و جهت‌های مناسب برای توسعه آتی شهر مشکین‌شهر براساس اصول آمایش سرزمین، از تعیین اراضی مناسب توسعه شهری از طریق متغیرهای طبیعی با استفاده از روش وزن‌دهی افزایشی ساده^۱، در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند. محمودزاده و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک میزان تغییرات کاربری اراضی شهری و توسعه آتی شهر مهاباد را با در نظر گرفتن معیارهای خطوط انتقال نیرو، مخاطراتی (گسل، زمین‌لغزش)، سازندهای زمین‌شناسی، رودخانه و شیب در بازه زمانی ۱۳۹۳-۱۳۶۵ و توسعه آن تا سال ۱۴۲۰ با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و ۵ مورد بررسی قرار داده‌اند. احمدی‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) تلاش کردند با تلفیق مدل سلولی خودکار و زنجیره مارکوف و تکنیک‌های پردازش شیء‌گرا، مدلی مناسب در جهت مدل‌سازی فرایند رشد شهری ایجاد و با استفاده از آن به پیش‌بینی فرایند توسعه شهری بیرجند بین سال‌های ۱۹۸۶ و ۲۰۱۰ پردازند. کمیجانی و همکاران (۱۳۹۴) پژوهشی با هدف مدل‌سازی رشد و توسعه شهری، با بهینه‌سازی نحوه توزیع کاربری‌های اراضی شهری به‌منظور درک پویای سیستم شهری را در شهر مشهد انجام دادند. بدین‌منظور از تلفیق سیستم‌عامل مبنا و سامانه اطلاعات مکانی بهره گرفته شده‌است. حسینعلی و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی توسعه مدل عامل مبنا، برای شبیه‌سازی گسترش کاربری اراضی شهری در شهر قزوین بیان کرده‌اند: «پس از تنظیم پارامترهای مدل پیاده‌سازی شده، به شاخص کاپایی برابر با ۷۸/۱۷ درصد در پیش‌بینی صحیح مناطق توسعه‌یافته دست یافت که مقدار قابل توجه و مناسبی به شمار می‌رود. از ویژگی‌های دیگر این مدل، پیاده‌سازی آن روی یک منطقه وسیع و

2-Netlogo

3-Abdullah F. Alqurashi

4-Object Based Image Analysis (OBIA)

5-Marcov Chain (MC)

6-Cellular Automated (CA)

7-Ashfa Achmad

8-Banda Aceh, Indonesia

1-Simple Additive Weighting (SAW)

در جهت شبیه‌سازی و مدل‌سازی کاربری اراضی هستند. در تحقیقات پیشین، تنها عامل‌های اساسی و وابسته به زمین در نظر گرفته شده‌اند. اهمیت و ضرورت این بررسی در این است که بتوان تعداد عامل بیشتری که تعدادی از این عوامل وابسته به سلیقه شخص است را در نظر گرفت.

محدوده پژوهش

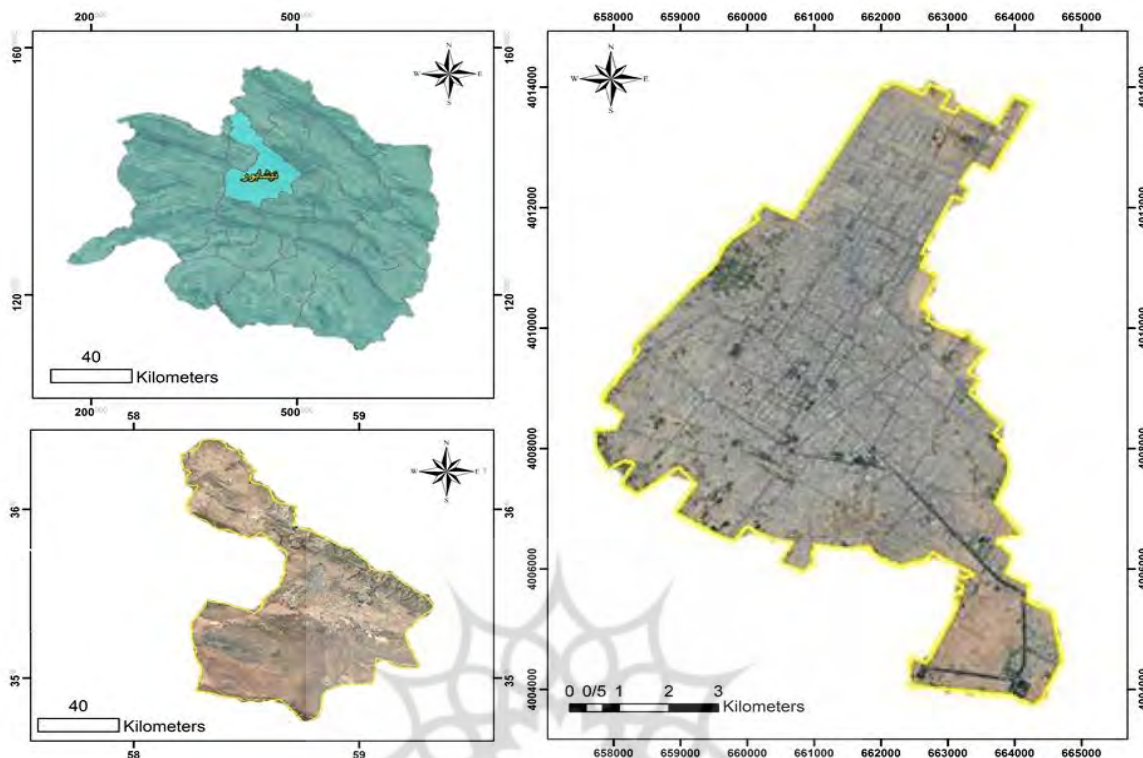
شهر نیشابور یکی از شهرهای بخش مرکزی استان خراسان رضوی است که بین ۵۸' و ۱۹ دقیقه تا ۵۹' و ۳۰ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۵' و ۴۰ دقیقه تا ۳۶' و ۳۹ دقیقه عرض جغرافیایی در حاشیه شرقی کویر مرکزی ایران واقع شده‌است. شهر نیشابور پس از شهر مشهد به‌عنوان دومین شهر پرجمعیت خراسان رضوی شناخته‌شده و خود شامل ۴ بخش، ۷ شهر و ۱۳ دهستان است.

شهر نیشابور از شمال به رشته‌کوه بینالود و شهر قوچان، از مغرب به شهر اسفراین و شهر سبزوار، از جنوب به شهر کاشمر و تربت حیدریه و از شرق به شهر مشهد محدود است. وسعت شهر نیشابور بالغ بر ۸۷۲۲ کیلومتر مربع بوده که معادل ۲/۹ درصد وسعت استان و ۵۳/۰ درصد وسعت کل کشور است (شکل ۱).

مالیک^۱ و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند در بسیاری از شهرهای در حال توسعه، شهرنشینی سریع در حال گسترش است. به همین علت با ایجاد یک مدل مبتنی بر عامل^۲ سبک که در آن عامل‌های تصمیم‌گیری ناهمگن و تحت شرایط خاصی با یکدیگر تعامل داشته باشد را بررسی کردند. لی و لیو^۳ (۲۰۰۷) برای شبیه‌سازی توسعه مسکونی در شهر گوانگژو^۴، در جنوب چین که به‌صورت سریع رشد کرده است از مدل‌سازی مبتنی بر عامل استفاده کرده‌اند. نتیجه این بررسی نشان می‌دهد که شهرهای چین در حال انتقال سریع و تغییرات در اندازه‌های فیزیکی و ساختارهای عملکردی هستند. لیو^۵ و همکاران (۲۰۰۶) محققان دانشگاه سان یات سن^۶ در چین یک سیستم اطلاعات جغرافیایی خلاقانه ارائه دادند: چارچوب ترکیب سیستم چند عامل و سلولی خودکار، شبیه‌سازی شرایط زمین با چند عامل: رفتار، تصمیم‌گیری فضایی و قوانین در روند توسعه سناریوهای برنامه‌ریزی مختلف شهری این نظریه، نقص در روند شبیه‌سازی سیستم اطلاعات جغرافیایی را تا حد زیادی جبران کرد.

پارکر و همکاران (۲۰۰۲) بیان می‌کنند که هفت روش متداول مدل‌سازی در جهت تغییر کاربری اراضی وجود دارد که هر یک دارای نقاط قوت و ضعف هستند و هر یک با توجه به مزایا و معایب خود می‌توانند در جهت حل برخی مسائل با توجه به شرایط آن‌ها مورد استفاده قرار بگیرند. این ۷ روش عبارت‌اند از: مدل‌های عامل مینا، مدل سلول خودکار، روش‌های آماری، مدل‌های خبره، مدل‌های تکاملی، مدل‌های سیستمی و مدل‌های ترکیبی؛ بنابراین این محققان نشان داده‌اند که سیستم‌های عامل مینا، ابزاری مناسب

1-Ammar Malik
2-Agent Based Model (ABM)
3-Li, Liu
4-Guangzhou
5-Liu et al
6-Sun Yat-sen



شکل ۱: موقعیت شهر نیشابور

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

از دست داده و اکثر جمعیت این روستاها به شهر مهاجرت کرده‌اند. این امر باعث رشد سریع شهر نیشابور شده‌است.

روش تحقیق

روش تحقیق استفاده‌شده در این پژوهش، توصیفی-تحلیلی، مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای، اسنادی و پیمایش‌های میدانی و مدلی خواهد بود. در این پژوهش برای بررسی توسعه شهری نیشابور از روش مدل عامل مبنا استفاده شده‌است.

مدل مارکوف-سلولی خودکار

مدل مارکوف-سلولی خودکار تلفیقی از سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف است. زنجیره مارکوف و سلولی خودکار هر دو در واقع مدل دینامیک گسسته در زمان و موقعیت‌اند. مشکل ذاتی زنجیره مارکوف این

شهر نیشابور در دامنه‌های بلندی‌های بینالود در شمال شرق ایران جای گرفته، از مهم‌ترین مراکز تاریخی، گردشگری، صنعتی برای کشور و منطقه هست و نمادی از تاریخ و فرهنگ ایران به شمار می‌آید. نیشابور در ۷۷۰ کیلومتری شرق تهران و ۱۲۷ کیلومتری غرب مشهد واقع شده و مسیر بین‌المللی ریلی و جاده‌ای از این شهر عبور می‌کند. نیشابور همچنین از طریق جاده‌های محلی با شهرهای کاشمر، فیروزه، قوچان، کدکن، عشق‌آباد و تربت‌حیدریه ارتباط دارد. در سرشماری سال ۱۳۹۵ جمعیت نیشابور ۴۵۱۷۸۰ نفر بوده است که از این تعداد ۲۹۳۷۷۶ نفر (۶۵ درصد) در مناطق شهری و ۱۵۷۹۹۳ نفر (۳۵ درصد) در مناطق روستایی زندگی می‌کنند.

در حدود ۸۰۰ روستا در اطراف شهر نیشابور وجود داشته است که با توجه به کاهش باران در سال‌های اخیر و رخ دادن خشکسالی، کشاورزی رونق خود را

ندارد؛ این یک فرض مشخص از فرایندهای مارکوف است. احتمال جابه‌جایی از حالت i به حالت j احتمال انتقال P_{ij} نامیده می‌شود و برای هر ترتیبی از سری حالات داده می‌شود. این احتمال‌ها می‌تواند به شکل ماتریس انتقال p نشان داده می‌شود (قربانی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۲).

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nn} \end{bmatrix}$$

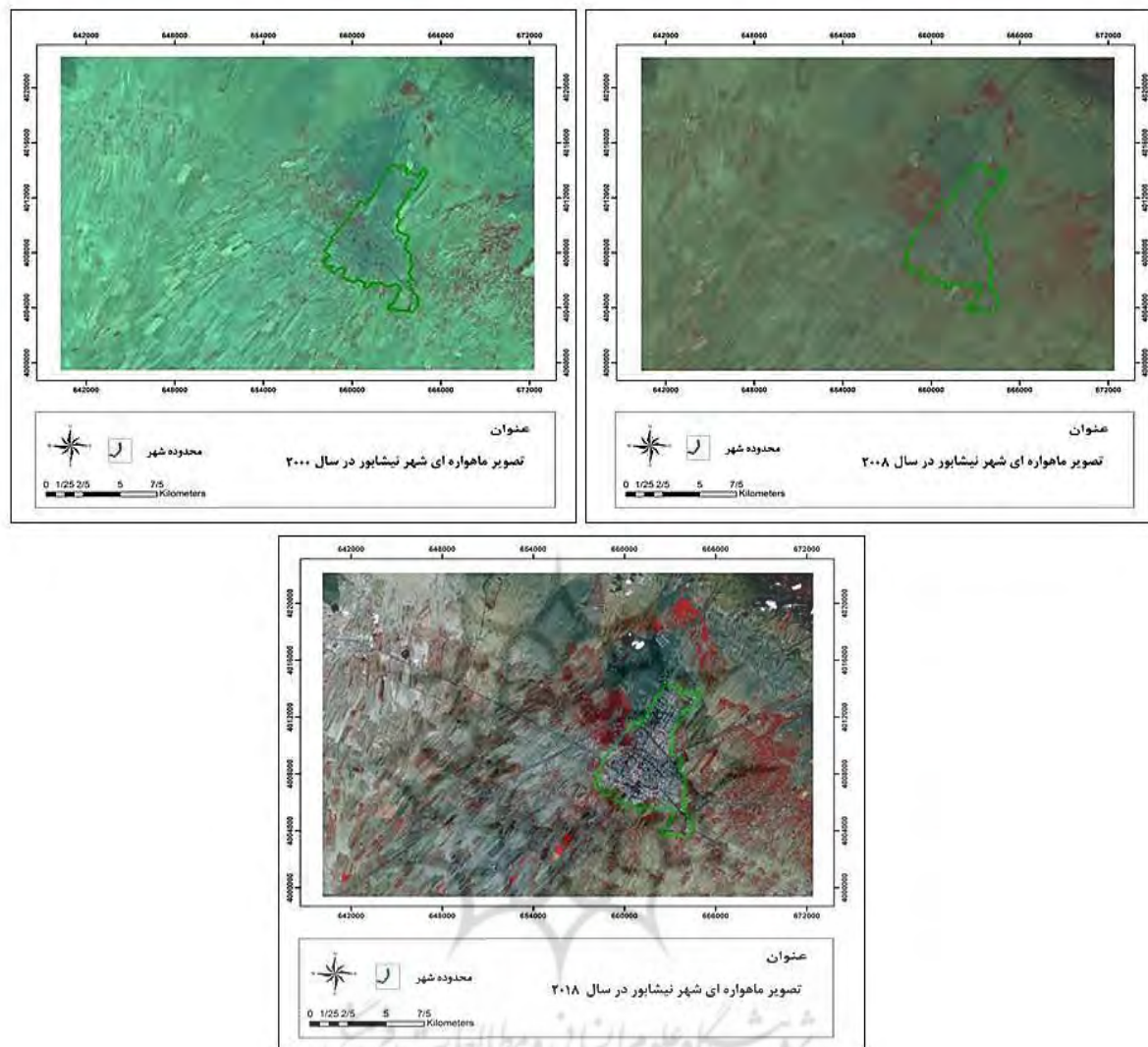
– آماده‌سازی داده‌های موردنیاز در مدل

مارکوف – سلولی خودکار:

تصاویر طبقه‌بندی شده مورد استفاده، تصاویر لندست سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ با سیستم مختصات و سیستم بیضوی همه تصاویر WGS84 و UTM زون ۴۰ و ترکیب باندی ۴۳۲ و ۵۴۳ (ترکیب رنگی مادون قرمز) است (شکل ۲).

است که اطلاعات و موقعیت مکانی را در نظر نمی‌گیرد. احتمال تبدیل ممکن است روی هر گروه پایه با صحت و دقت همراه باشد؛ اما فاقد دانش و آگاهی از توزیع مکانی تصادفی درون گروه کاربری زمین است و به عبارتی مؤلفه مکانی در خروجی مدل وجود ندارد. به همین سبب از سلول‌های خودکار برای اضافه کردن مشخصه مکانی به مدل استفاده می‌شود (حیدری‌زادی و محمدی، ۱۳۹۵: ۶۱).

تحلیل زنجیره مارکوف به روش‌های تحلیلی فرایندهای احتمالی تعلق دارد. مارکوف یک فرایند احتمالی با مشخصات خاص است که آن را از دیگر فرایندهای احتمالی تمیز می‌دهد. برای یک سیستم بهره مجموعه‌ای از حالات گسسته (یا کلاس‌ها) S_1 و S_2 و ... و S_n (انواع مختلف کاربری زمین) وجود دارد. این فرایند در یک‌زمان معین تنها می‌تواند یکی از این حالات را داشته و به‌طور پیاپی از یک حالت به حالت دیگر جابه‌جا شود. احتمال این جابه‌جایی به حالات کنونی بستگی داشته و به حالت‌های قبلی بستگی

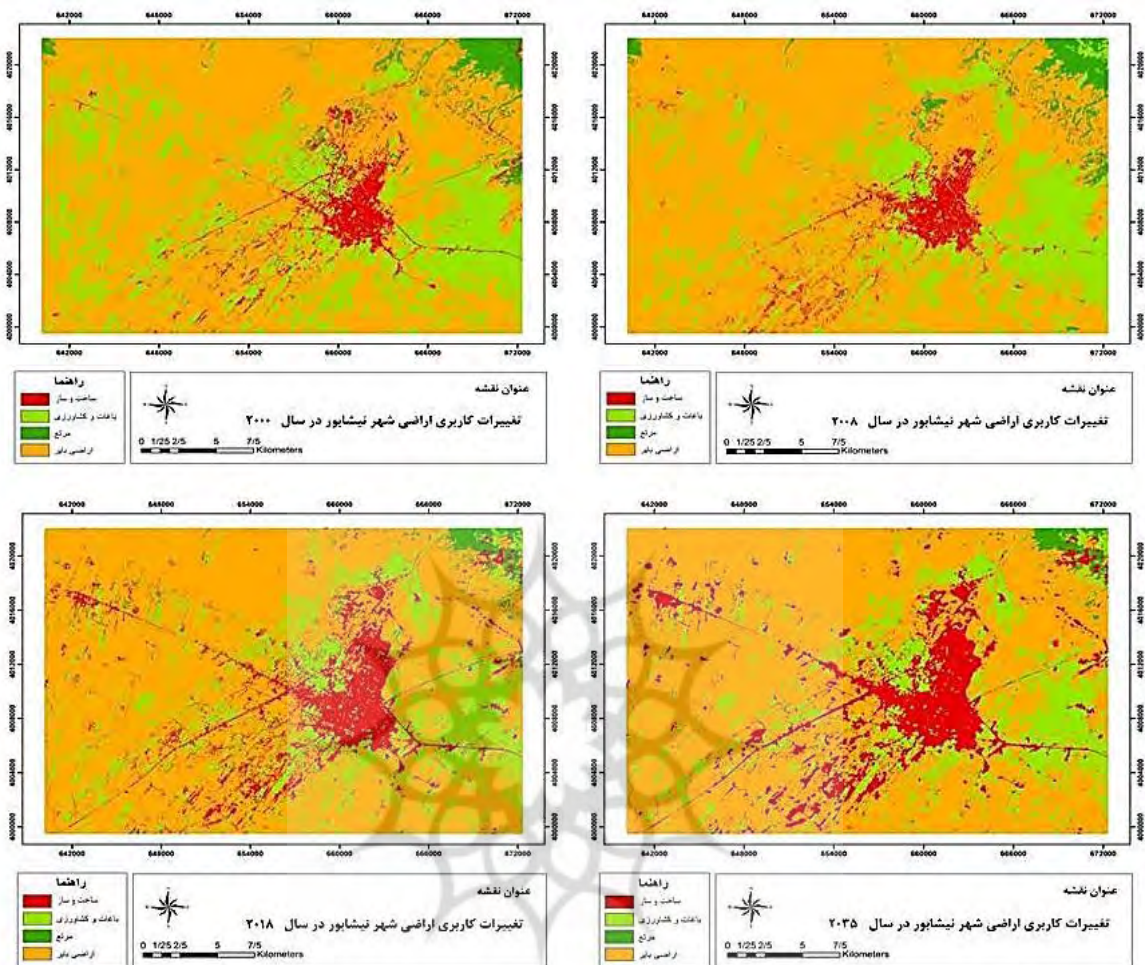


شکل ۲: تصاویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۰، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

پس از وارد کردن تصاویر به ادیسی مدل مارکوف- سلولی خودکار بر روی تصاویر طبقه‌بندی شده اجرا شد که نتیجه نهایی آن به صورت زیر به دست آمد. نتایج طبقه‌بندی تصاویر و شبیه‌سازی مارکوف شکل ۳ است:

در مدل مارکوف- سلولی خودکار تصاویر مورد استفاده توسط نرم‌افزار انووی به لایه کاربری اراضی با کلاس‌های: کشاورزی و باغات، زمین‌های بایر، زمین‌های شهری و روستایی و مرتع طبقه‌بندی شدند. پس از طبقه‌بندی تصویر برای ارزیابی دقت روش انجام شده، ماتریس خطا^۱ ایجاد و دقت کلی محاسبه شد. سپس نقشه‌های کاربری اراضی به فرمت قابل استفاده در نرم‌افزار ادیسی تبدیل شدند.



شکل ۳: تغییرات کاربری اراضی نیشابور در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ و پیش‌بینی سال ۲۰۳۵

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

در اینجا با بررسی مساحت انتقال‌یافته بین بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ و مدل زنجیره مارکوف-سلولی خودکار مساحت ۴ طبقه پوشش زمین در کاربری‌های موردنظر در سال ۲۰۳۵ پیش‌بینی شد. براساس این مدل مساحت کاربری‌های اراضی در سال ۲۰۳۵ نیشابور در جدول‌ان‌شان داده می‌شود.

جدول ۱: درصد تغییرات کاربری‌ها در سال ۲۰۱۸ و ۲۰۳۵

ردیف	کاربری زمین	۲۰۱۸	۲۰۳۵	تغییرات در افق ۲۰۳۵ به درصد
۱	ساخت‌وساز	۱,۳۴۰/۰۳۴	۳,۲۳۰/۰۳۴	۲۳/۱
۲	باغات و کشاورزی	۵,۶۸۰/۱۶۷	۴,۹۹۰/۱۷۳	-۱۱/۸
۳	مرتع	۴۱۱/۸۴۰	۳۰۲/۰۴۰	-۳۶/۳
۴	اراضی بایر	۱۷,۷۰۰/۲۱۳	۱۶,۴۱۰/۸۲۸	-۰/۵۹

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

- مدل عامل مبنا

مدل‌های عامل مبنا یک رهیافت جدید در مدل‌سازی هستند که با سیستم‌های پیچیده سازگارند. این مدل‌ها با تمرکز بر عوامل جزئی یک سیستم و شبیه‌سازی رفتار آن‌ها می‌توانند الگوهای کلان یک فرایند را نمایان سازند. هنگامی که عوامل جزئی یک سیستم توزیع شده باشند و تعاملات آن‌ها به صورت مکانی الگویی را تشکیل دهند، آنگاه روش عامل مبنا به‌عنوان یک چارچوب ایده‌آل برای مدل‌سازی مطرح می‌شود (بیچندی و کریمی، ۱۳۹۴: ۱۱).

«در ابتدا لازم است عوامل شناسایی شوند؛ عوامل می‌توانند حیوانات، تروریست‌ها، قطعات زمین، کامیون‌های حمل بار یا هر چیزی که «تصمیمی می‌سازد» عملی انجام می‌دهد یا تغییر حالت می‌دهد، باشد. تصمیم‌سازی به این معنی به کار می‌رود: عوامل «این» عمل را به‌عنوان متضاد «آن» عمل انجام می‌دهند. مرحله بعد مربوط به کارکرد عوامل است؛ بدین مفهوم که آیا آن‌ها عملی را انجام می‌دهند یا عملی را انجام نمی‌دهند. یک عامل حیوانی ممکن است بدود، راه برود، بخورد یا بخوابد. یک قطعه زمین ممکن است از زمین کشاورزی به زمین ساخته‌شده تغییر یابد.

کنش یا رفتار یک عامل مبتنی بر آیت‌های زیر است:
- وضعیت و حالت آن عامل که ممکن است فیزیکی یا ذهنی باشد یا هر مقیاس دیگری که بر تصمیم‌گیری آن عامل تأثیرگذار است.

- روابط متقابل آن عامل با سایر عوامل

- روابط متقابل عامل با جهان خارج

داده‌های مدل عامل مبنا مربوط به شهر نیشابور هستند که دارای بعضی نواحی متراکم جمعیتی (مراکز شهری و روستایی) و نواحی خالی از سکنه است. جمعیت مهاجر یا افزایش‌یافته، بر روی نواحی خالی از سکنه فشار می‌آورد تا مسکونی شوند. در مدل

توسعه شهری، هریک از انواع کاربری‌های زمین (اداری، فرهنگی، ورزشی، آموزشی و...) به‌عنوان یک عامل در نظر گرفته شده‌است؛ اما برای جلوگیری از پیچیدگی زیاد، از داده‌راه‌ها در این مدل استفاده نشده و فاصله مستقیم در شبیه‌سازی استفاده شده‌است. همچنین وزن عامل‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی محاسبه شده‌است که در توسعه و در انتها در اعتبارسنجی مدل تأثیر می‌گذارد.

- مراحل ایجاد سیستم شبیه‌سازی عامل مبنا

مراحل ایجاد شبیه‌سازی در این پژوهش به‌صورت زیر است:

تعریف اکستنشن سیستم اطلاعات جغرافیایی در نرم‌افزار نت‌لوگو

وارد کردن لایه‌های ساخته‌شده در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی به نت‌لوگو

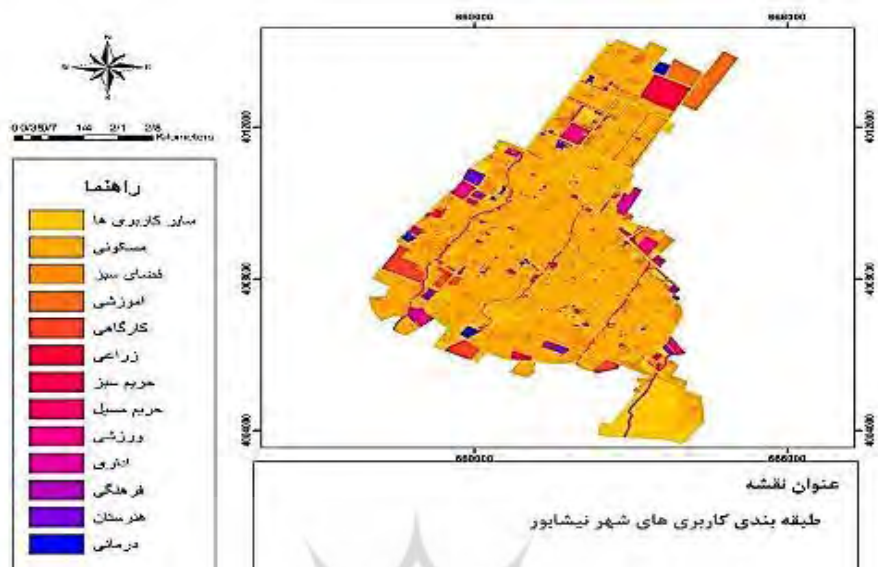
تعریف قواعد نمایش لایه و تنظیمات مربوط به نمایش عرصه‌ها

تعریف قوانین توسعه شهری

تعریف قواعد خروجی نهایی

- آماده‌سازی داده‌های موردنیاز در مدل عامل مبنا

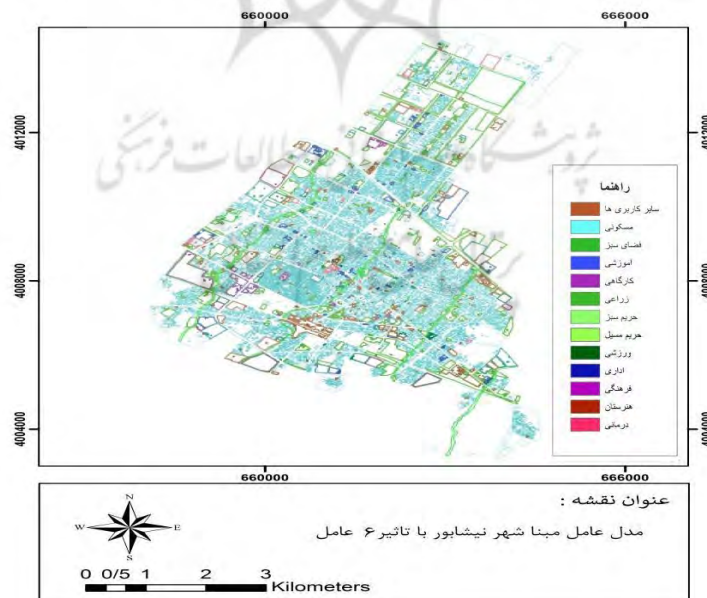
داده‌های موردنیاز برای شبیه‌سازی در این پژوهش شامل لایه‌های املاک مسکونی، مراکز آموزش عالی و آموزش عمومی، فضای سبز، مراکز درمانی، زمین‌ها و سالن‌های ورزشی، ادارات و مراکز تجاری، فرهنگ‌سراها و مراکز فرهنگی، هنرستان‌ها، حریم‌های اطراف فضای سبز و بوستان‌ها، حریم کال‌ها و مسیرها، زمین‌های زراعی داخل شهر، کارگاه‌های صنعتی و تعمیرگاه‌ها و سایر کاربری‌ها مانند تأسیسات و پارکینگ‌ها هستند. این لایه‌ها براساس طرح تفصیلی نیشابور در نرم‌افزار ArcGIS ساخته و به نرم‌افزار نت‌لوگو منتقل شده‌اند (شکل ۴).



شکل ۴: طبقه‌بندی عوامل در نرم‌افزار ArcGIS

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

نرم‌افزار نت‌لوگو^۱ توانایی پشتیبانی از داده‌های تغییرات دیگری در لایه‌ها نیست. داده‌ها در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی را دارند و احتیاج به نت‌لوگو به صورت زیر نمایش داده می‌شوند (شکل ۵):



شکل ۵: نمایش داده‌ها در نرم‌افزار نت‌لوگو

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

نرم افزار نت لوگو

دسترسی به ابزارهای مدل سازی عامل مینا و طیفی از مسائل که این ابزارها را به کار برده اند، به سرعت در دو دهه گذشته توسعه یافته است. به دلیل دامنه وسیع کنش هایی که عوامل می توانند به عهده بگیرند، بعضی برنامه ها نیاز به تعریف آن کنش ها دارند. مدل های عامل مینا از زبان های برنامه نویسی شیء گرا، از جمله: ++C، جاوا یا Objective-C استفاده می کنند. جدا از سیستم اطلاعات جغرافیایی، چندین برنامه قابل دسترس برای شرکت در ساخت مدل های عامل مینا وجود دارد که نت لوگو یکی از آنها است (Gilbert & Blankes, 2002:7197). نت لوگو به وضوح به منظور کاهش احتیاجات برنامه نویسی در ساخت مدل طراحی شده است و به طور معمول برای آموزش به کار می روند. این نرم افزار یک محیط تجسمی گرافیکی همراه با مجموعه ای محدود از عملکردهای سطح بالا ایجاد می کند که می تواند به آسانی برای

ساخت رفتارهای عامل ها در یک فضای اقلیدسی استفاده شود (Gilbert & Blankes, 2002:7197) وقتی یک مدل عامل مینا تولید می کنید، ابتدا عوامل باید شناسایی و تعیین شوند. تعیین عوامل یک مرحله مهم و کلیدی در فرایند مدل سازی است. عوامل اولیه براساس کتاب برنامه ریزی توسعه شهری (پورمحمدی، ۱۳۹۵: ۶۰-۳۵) انتخاب و در غالب پرسشنامه در محدوده مکانی پژوهش توزیع شده است. جامعه آماری در این پژوهش تعداد خانوار شهر نیشابور هستند. براساس این فرمول تعداد ۳۸۳ پرسشنامه برای جامعه آماری نیشابور مورد نیاز است. برای توزیع پرسشنامه، ابتدا توسط نرم افزار ArcGIS محل توزیع تصادفی پرسشنامه توسط ابزار هوات^۱ محاسبه شد. در ادامه برای بررسی میزان پایایی سوالات پرسشنامه، از روش آلفای کرونباخ استفاده شده است. اگر ضریب آلفا بیشتر از ۰/۷ باشد، آزمون از پایایی قابل قبولی برخوردار است (جدول ۲).

جدول ۲: مقادیر آلفای کرونباخ محاسبه شده برای هر عامل

ردیف	عامل	آلفای کرونباخ
۱	موقعیت غالب اجتماعی	۰,۸۴۱
۲	نوع کاربری	۰,۸۱۸
۳	حریم سبز و حریم مسیل	۰,۸۰۳
۴	عناصر مطلوب	۰,۸۳۱
۵	مسیر دسترسی	۰,۸۲۹
۶	کیفیت دسترسی به خدمات	۰,۸۰۸

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

- موقعیت طبقه غالب اجتماعی

این معیار بیان کننده عواملی همچون آشنابودن به منطقه، نزدیکی به خانواده و دوستان و مردم شبیه به خود است. شهر به سمتی توسعه پیدا می کند که قشر قوی تر (پولدارتر؟) در آن قسمت حضور دارد (شهر تحت تأثیر اجتماع است).

- کیفیت دسترسی به خدمات

برخورداری از خدمات ارائه شده در شهر مانند دسترسی به آب، برق و گاز یا مناسب بودن منطقه

این مقادیر نشان می دهد پایایی پرسشنامه حاضر در سطح قابل قبولی است. وزن عوامل نیز براساس روش AHP و نرم افزار اکسپورت چویس محاسبه شده است. برای ارزیابی اعتبار، از CR استفاده شده است. مقدار CR به دست آمده برای وزن معیارها ۰/۰۱۸ است که کوچکتر از ۰/۱ و نشان می دهد مقادیر وزن های محاسبه شده از پایداری مناسب برخوردار است. براین اساس ۶ عامل با بیشترین تأثیر در مدل توسعه شهری وجود دارد:

برای خرید، مدرسه و... عاملی است که بر روی توسعه تأثیر می‌گذارد و به دو دسته مراکز برخوردار یا کم‌برخوردار از خدمات تقسیم‌بندی می‌شوند.

- عناصر مطلوب

شهرها به سمتی توسعه پیدا می‌کنند که محیط اطراف آن دسترسی مناسبی به مناطق طبیعی و فرهنگی (پارک‌ها و تفریحگاه‌ها) داشته باشد یا اطراف ملک فضای باز و راحتی وجود داشته باشد.

- مسیر دسترسی

مناطق نزدیک به محل کار و مدرسه خوب یا مناطقی که به خیابان‌های اصلی دسترسی راحتی دارند، از اولویت بالایی برای توسعه برخوردارند.

- فاصله از مسیل‌ها و حریم سبز

حریم مسیل‌ها و فضای سبز در شهرها از نظر ساخت‌وساز غیرقانونی است و ساختن ملک در حریم این مناطق غیرقانونی و بدون مجوز است.

- نوع کاربری زمین

استفاده از زمین یکی از مهم‌ترین عواملی است که در توسعه شهر در نظر گرفته می‌شود. این عامل محیط پایه‌ای برای بقیه عوامل ایجاد می‌کند؛ مثلاً احتمال توسعه در برخی از انواع استفاده از زمین مانند استخر زمین کشاورزی یا محدوده کارگاهی بسیار پایین است. عامل‌ها و نوع زیرعامل‌ها در جدول ۳ نمایش داده شده‌اند (پورمحمدی، ۱۳۹۵: ۶۰-۳۵).

جدول ۳: عامل‌ها، زیرعامل‌ها و خصوصیات آن‌ها

ردیف	نوع عامل	زیرعامل	ویژگی‌ها و خصوصیات
۱	موقعیت غالب اجتماعی	املاک مسکونی	نزدیک املاک مسکونی دیگر- حداکثر فاصله از مسیل‌ها
۲	مسیر دسترسی	آموزشی	هم‌جوار با پارک‌های عمومی- ورزشی- فضای سبز حداقل ۵۰۰ متر فاصله از محدوده کارگاهی و صنعتی
۳			هم‌جوار با پارک و ورزشی حداقل ۵۰۰ متر از محدوده کارگاهی و صنعتی مزاحم
۴		اداری	۲ درصد از مساحت هر منطقه ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر فاصله از یکدیگر
۵	عناصر مطلوب	فضای سبز	شعاع عملکرد مفید: ۲ تا ۳ کیلومتر هم‌جوار با مراکز فرهنگی و آموزشی
۶	کیفیت دسترسی به خدمات	مراکز درمانی	در فاصله ۶۵۰ تا ۷۵۰ متری از مناطق مسکونی هم‌جوار با فضای سبز و کاربری‌های مرکزی شهر حداقل ۱ کیلومتر از محدوده کارگاهی و صنعتی
۷		ورزشی	نزدیک به مراکز آموزشی و فضای سبز حداقل مساحت ۱۰۰۰ مترمربع
۸		فرهنگی	هم‌جوار با فضای سبز و آموزشی
۹	حریم سبز و حریم مسیل	حریم سبز	حداکثر فاصله از مناطق دیگر
۱۰		حریم مسیل	حداکثر فاصله از مناطق دیگر
۱۱	نوع کاربری	زمین‌های زراعی	توسعه املاک مسکونی در آن ممنوع است
۱۲		محدوده کارگاهی	حداکثر فاصله از مناطق دیگر
۱۳		سایر کاربری‌ها	حداکثر فاصله از مناطق دیگر

- اگر قطعه زمین در فاصله بیشتر از ۵۰۰ متری از محدوده کارگاهی قرار داشت، آنگاه احتمال توسعه زیاد است.

- اگر قطعه زمین در نزدیکی حریم سبز و حریم مسیل قرار داشت، آنگاه احتمال توسعه پایین است.

- و ...

مقایسه مدل مارکوف-سلولی خودکار و مدل عامل مبنا:

به طور خلاصه، مزایا و معایب دو مدل مارکوف-سلولی خودکار و عامل مبنا را می توان به صورت (جدول ۴) بیان کرد:

در سیستم شبیه سازی شده این پژوهش عامل ها، هم از نظر تصمیم گیری و هم از نظر تعامل به صورت ساده در نظر گرفته شدند. قوانین و پایگاه منطق عامل های استفاده شده در این پژوهش به صورت قانون مبنا هستند و به صورت اگر- آنگاه بیان می شوند. در این مورد تصمیمات با استفاده از قوانین اگر- آنگاه به عنوان بهترین عمل انتخاب می شوند (هوشنگی و آل شیخ، ۱۳۹۶: ۶۵)؛ بنابراین قواعد زیر برای تغییر وضعیت عامل قطعه زمین از وضعیت توسعه نیافته به توسعه یافته به کار برده شد:

- اگر قطعه زمین در مجاورت فضای سبز، اماکن ورزشی و فرهنگی قرار داشت، آنگاه احتمال توسعه آن زیاد است.

جدول ۴: مقایسه دو روش مارکوف-CA و عامل مبنا

عامل مبنا		مارکوف-CA	
نقطه ضعف	توانمندی	نقطه ضعف	توانمندی
سختی نمایش خروجی ها و توجیه ارتباطات	توانایی بالا در حل پیچیدگی های مکانی، زمانی و رفتاری	توانایی ضعیف در نمایش مکانی	رویکرد غیرمتمرکز و پویا
پتانسیل بالا در زمینه انتشار خطا	مدل سازی جامع رفتار فردی و نحوه تعامل آن با محیط	عدم توانایی در بازتاب بازخوردهای سیستم	سادگی و پیچیدگی حداقلی
وابستگی به داده ورودی	ایجاد ارتباط بین الگوهای مکانی و فعالیت های انسانی	عدم توانایی در اعمال تأثیرات اجتماعی و اقتصادی در تصمیم گیری	شکل گیری اتصال ها براساس فرایند
دشواری نسبی در زمینه برنامه نویسی و امکانات سخت افزاری مورد نیاز	انعطاف به مراتب بالاتر و استقلال از مقیاس	وابستگی به مقیاس	سهولت نسبی در نمایش نتایج
	استقلال از مقیاس توانایی شبیه سازی در محیط برداری	اعمال قواعد جابه جایی به صورت همسان به تمامی سلول ها	انعطاف پذیری قابل قبول
	مدل سازی فرایند کل به جز	عدم توانایی در مدل سازی رفتار فردی	نزدیکی با سیستم اطلاعات مکانی و سنسجش از دور

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

کرده و میزان تغییرات را در پاسخ ها مشاهده کنیم؛ بنابراین اگر اثر تغییر ورودی در خروجی مدل ناچیز بود، می توان نتیجه گرفت که آن ورودی اثر مهمی در مدل ندارد و صحت آن چندان مهم نیست (هوشنگی و آل شیخ، ۱۳۹۶: ۶۵). همچنین روش های دیگری نیز برای اعتبارسنجی مدل عامل مبنا وجود دارد. مدل های عامل مبنا در مقایسه با سایر مدل های

اعتبارسنجی مدل عامل مبنا

منظور از اعتبارسنجی، آن است که یک مدل در زمینه کاربردی دارای محدوده ای از دقت رضایت بخش باشد. برای اینکه بتوانیم از نتایج حاصل از مدل عامل مبنا اطمینان حاصل کنیم، ضروری است با ثابت نگه داشتن پارامترها و شرایط داخلی مدل را چندین مرتبه و با ورودی های مختلف اجرا

تحلیل یافته‌ها

در این پژوهش سعی شده است تا از عامل به‌عنوان یک ابزار قوی در مدل‌سازی و شبیه‌سازی توسعه شهری و تغییرات کاربری اراضی شهری استفاده شود. بر همین اساس پژوهشی انجام گرفت که در آن دو مدل عامل مبنا و مارکوف-سلولی خودکار مورد استفاده قرار گرفتند.

نتیجه نهایی مدل

همان‌طور که بیان شد، مدل عامل مبنا از سال ۱۹۶۰ توسعه‌یافته و از نظر تعداد و محبوبیت رو به افزایش است. برتری ویژه این مدل‌ها نسبت به روش‌های قدیمی (مثل ماشین‌های سلولی خودکار، مدل زنجیره مارکوف، مدل مارکوف-سلولی خودکار و مدل رگرسیون لجستیک) این است که این مدل‌ها قادر به وارد کردن اثر انسان‌ها به‌عنوان عاملان اصلی توسعه شهر و تأثیرگذار بر محیط اطراف براساس سبک زندگی هستند و همچنین مدل‌های عامل-مبنا به دلیل ماهیت پایین به بالا قابلیت شبیه‌سازی تصمیم‌گیری و تنوع و انعطاف‌پذیری بالا از جایگاه ممتازی در بین روش‌های مورد استفاده برخوردار است (سرمدیان، ۱۳۹۶: ۲).

در مدل عامل مبنا طراحی شده هر پارسل به‌عنوان یک عامل توسعه‌گر و تعامل‌پذیر به‌منظور بررسی از نظر ۶ عامل یادشده در نظر گرفته شد. در این طراحی، وظیفه هر عامل جمع‌آوری اطلاعات از محیط اطراف و همسایه‌ها و محاسبه امکان توسعه با توجه به وزن‌های محاسبه‌شده است که در ادامه، عامل با استفاده از مجموعه قواعد یادشده، اولویت توسعه را برای سلول‌های هدف می‌سنجد. هر عامل بسته به نوع خود، تعداد مشخصی از مناطق را مورد بررسی قرار می‌دهد. عامل به‌صورت اتفاقی و براساس احتمال وارد یک منطقه می‌شود. وقتی عامل وارد یک سلول می‌شود، میزان مطلوبیت آن سلول و

شبیه‌سازی شده تفاوت‌های بسیاری در توسعه مدل، کاربرد و اعتبارسنجی دارند. اخیراً روش‌های اعتبارسنجی متعددی برای مدل‌سازی عامل-مبنا مورد بحث قرار گرفته است. بسته به میزان دسترسی به پدیده واقعی مورد بررسی و پیچیدگی مدل، روش‌های اعتبارسنجی زیر ارائه شده است:

- مقایسه نتایج مدل‌سازی عامل-مبنا با داده‌های واقعی؛ این روش یک مقایسه ساده و روشن است که می‌تواند با مشکل دسترسی به کل داده‌های واقعی در مورد پدیده مورد مطالعه همراه باشد.

- مقایسه نتایج مدل‌سازی عامل-مبنا با نتایج مدل‌های ریاضی؛ از معایب این روش، ساخت و توسعه مدل‌های ریاضی است و اینکه تدوین و فرمول‌بندی سیستم‌های پیچیده ممکن است دشوار باشد.

- استفاده از سایر شبیه‌سازی‌های مربوط به یک پدیده یکسان یا مقایسه مدل به مدل؛ این روش دو مدل متفاوت را برای بررسی یک مسئله و پاسخ به یک پرسش مشترک و ارزیابی شباهت‌ها و تفاوت‌های دو مدل به کار می‌گیرد (علی‌جانی و سرمدیان، ۱۳۹۶: ۳).

در این پژوهش از دو روش برای اعتبارسنجی مدل عامل مبنا استفاده شده است.

۱- تغییر در پارامترهای مدل (استفاده از ۶ عامل و ۵ عامل)

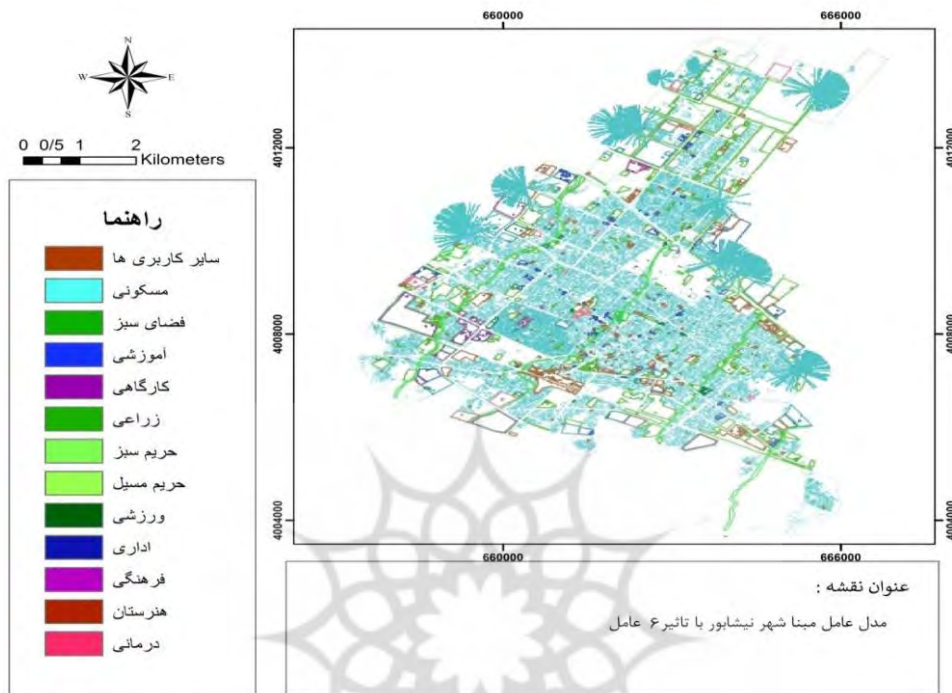
۲- مقایسه نتایج مدل عامل مبنا با مدل مارکوف-سلولی خودکار

- اعتبارسنجی مدل مارکوف

برای بررسی دقت مدل مارکوف-CA از روش جداول متعامد^۱ استفاده شد. در این جدول به‌صورت یک‌به‌یک هر طبقه با طبقه دیگر مقایسه شده و سطح تغییرات مشخص می‌شود. مقدار ضریب کاپا در این طبقه‌بندی ۰/۷۵ است که قابل قبول هست.

مکان می‌کند و به همین صورت به جست‌وجوی خود ادامه می‌دهد (شکل ۶).

همه همسایگان قابل‌توسعه آن را بررسی و ذخیره می‌کند. سپس به یکی از سلول‌های همسایه نقل



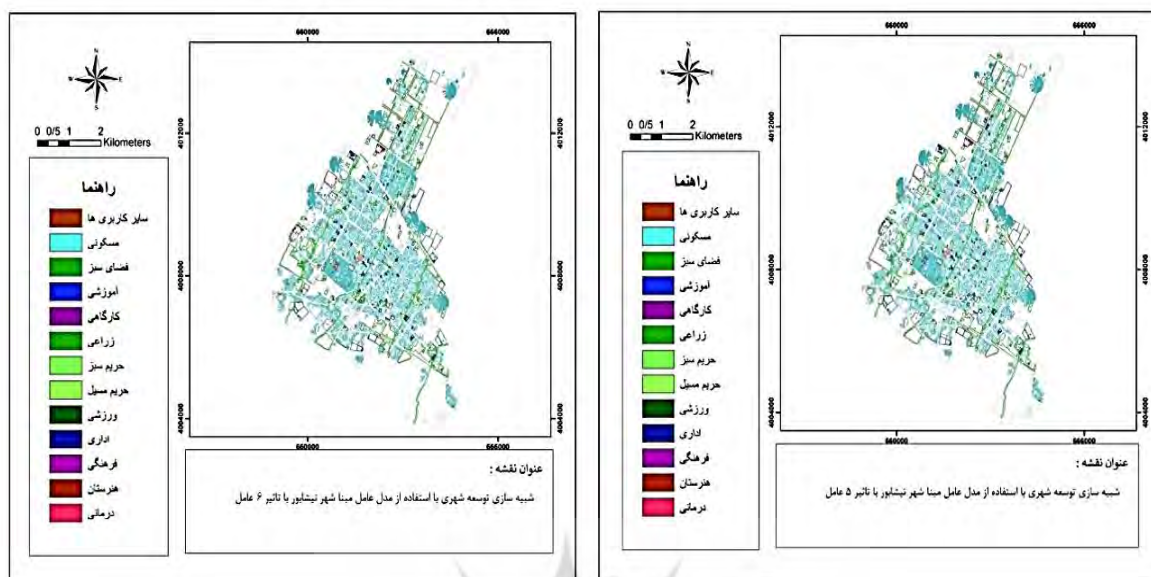
شکل ۶: شبیه‌سازی توسعه شهری در نرم‌افزار نت‌لوگو تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

- تغییر در پارامترهای مدل (استفاده از ۶ عامل و ۵ عامل):
در اجرای این مدل از ۶ عامل استفاده شد که نتایج نشان‌دهنده تأثیر زیاد عامل طبقه غالب اجتماعی است. برای رد یا تأیید اعتبار مدل، مدل با حذف یکی از عوامل نیز اجرا شد که این حذف باعث کمتر شدن کدهای نوشته‌شده و در نتیجه کاهش حجم داده‌ها و کاهش مدت‌زمان اجرای برنامه شد؛ اما نتیجه کلی مدل اختلاف زیادی با اجرای مدل با ۶ عامل نداشت. تعداد عوامل‌ها باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که بهترین نتیجه را به ما بدهد و همچنین پیچیدگی کدها نیز کمتر شود (شکل ۷).

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، در انتهای شبیه‌سازی مساحت منطقه شهری از ۱۴۰۸/۱۱۱ مترمربع (براساس طرح تفضیلی شهرداری) در سال ۲۰۱۸ به ۱/۷۴۹/۷۵۵ مترمربع با نرخ رشد ۱۹/۸ درصد در سال ۲۰۳۵ و در مدل مارکوف-سلولی خودکار مساحت منطقه شهری از ۱/۳۴۰/۰۳۴ مترمربع در سال ۲۰۱۸ به ۳/۲۳۰/۰۳۴ مترمربع در سال ۲۰۳۵ با نرخ رشد ۲۳/۱ درصد خواهد رسید. بر این اساس نتیجه به‌دست‌آمده با نتیجه مدل مارکوف-سلولی خودکار تفاوت چندانی ندارد.

اعتبارسنجی

همان‌طور که بیان شد در این پژوهش از دو روش برای اعتبارسنجی مدل عامل مینا استفاده شده‌است.



شکل ۷: نمایش داده‌ها با ۶ و ۵ عامل در محیط نت‌لوگو

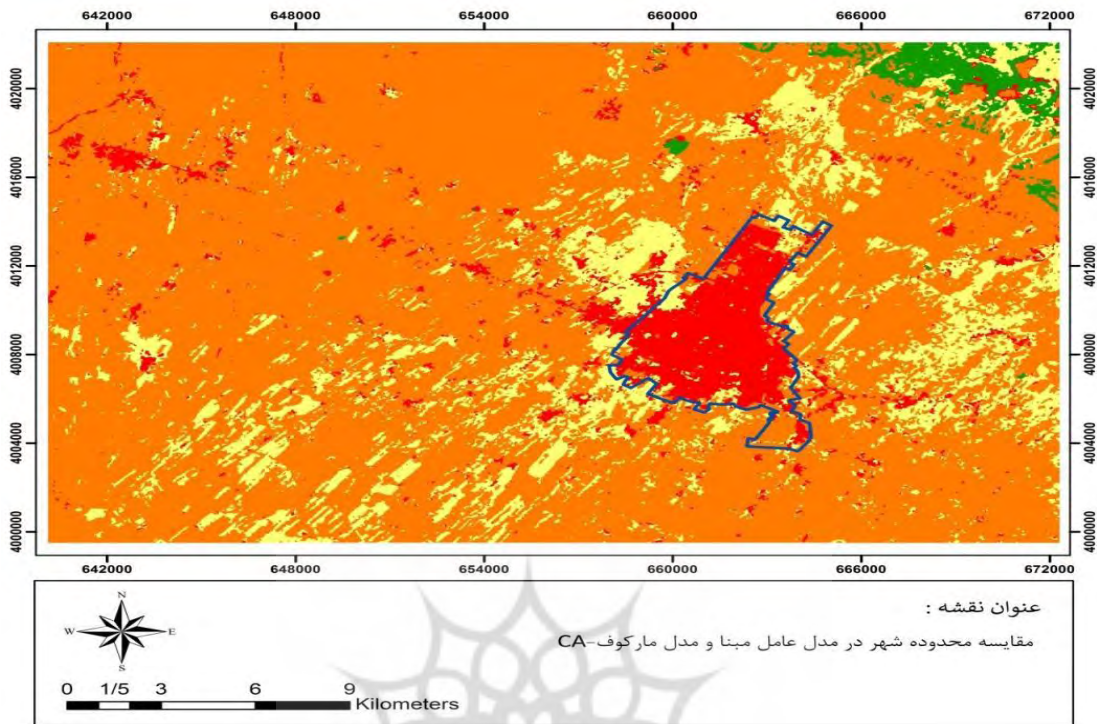
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

کاربر داده نمی‌شود؛ اما در روش مدل‌سازی، عامل مبنا در محیط مدل‌سازی کاربر می‌تواند با استفاده از تغییر در تعداد و نوع عامل‌ها یا ویژگی‌های مورد بررسی ارزیابی‌ها و نتایج مختلفی با توجه به شرایط منطقه داشته باشد. همچنین امکان مشاهده و تحلیل نتایج در هر مرحله اجرا وجود دارد (کميجانی، ۱۳۹۴: ۹۸). داده‌های ورودی در مدل عامل مبنا براساس طرح تفضیلی شهر ایجاد شده و موقعیت هر کاربری از قطعیت برخوردار است (شکل ۶)؛ در صورتی که طبقه ساخت‌وساز در مدل مارکوف- سلولی خودکار براساس داده‌های تعلیمی برداشت‌شده در طبقه‌بندی بیشترین شباهت ایجاد شده و دارای عدم قطعیت هستند و با مقایسه آن با محدوده شهر در طرح تفضیلی تفاوت‌هایی در آن‌ها مشاهده می‌شود (شکل ۸) که دقت مدل و نتیجه آن را زیر سؤال خواهد برد. براساس این نتایج، می‌توان گفت مدل عامل مبنا نقطه‌ضعف کمتری نسبت به مدل مارکوف- سلولی خودکار دارد؛ بنابراین از اعتبار بیشتری برخوردار است.

- مقایسه نتایج مدل عامل مبنا با مدل مارکوف- سلولی خودکار

با مقایسه مدل عامل مبنا و مدل مارکوف- سلولی خودکار می‌توان نتیجه گرفت:

تمرکز بر مدل پویای اولیه در داده‌های رستری GIS انواع مدل‌هایی که می‌توانستند توسعه یابند را محدود کرد. از آنجایی که در مدل‌های عامل مبنا عوامل توانایی جابه‌جایی در یک فضای پیوسته را دارند، ABMها اساساً با بسیاری از مدل‌های اولیه تفاوت دارند؛ برای مثال در یک مدل ماشین سلولی، پویایی معمولاً به وسیله مجموعه‌ای از کنش و واکنش‌های ثابت تعریف می‌شود؛ در حالی که در ABMها این کنش و واکنش‌ها در سطح یک عامل و نه به‌عنوان بخشی از فضا تعریف می‌شوند. همین باعث می‌شود فعل و انفعالات مذکور در مدل عامل مبنا بتواند به‌طور پویا تغییر یابد (فیروزی و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۳). همچنین به دلیل پیچیده بودن عملیات مارکوف، امکان مشاهده روند اجرا و تحلیل روند امکان‌پذیر نیست و امکان تغییر در سطوح داخلی به



شکل ۸: مقایسه محدوده شهر در مدل عامل مبنا و مدل مارکوف-سلولی خودکار تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

نتیجه

ما در جهانی زندگی می‌کنیم که به‌طور فزاینده‌ای پیچیدگی‌های آن در حال افزایش است و سیستم‌هایی که نیاز داریم آن‌ها را تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی کنیم، بیشتر و بیشتر به یکدیگر وابسته می‌شوند. ابزارهای مدل‌سازی سنتی مدت‌هاست که دیگر پاسخگوی نیاز نیستند؛ به‌همین دلیل در این پژوهش از مدل‌سازی عامل مبنا و مدل‌سازی مارکوف-سلولی خودکار برای شبیه‌سازی توسعه شهری استفاده می‌شود. نتایج این بررسی به‌صورت خلاصه در ادامه بیان می‌شود. نتیجه مدل عامل مبنا نشان می‌دهد رشد شهر بیشتر در جهت شمال و شمال غربی اتفاق افتاده است که نشانگر تأثیر فراوان عامل طبقه غالب اجتماعی است. براین‌اساس شهر تحت تأثیر اجتماع به سمتی رشد پیدا کرده است که

قشر قوی در آن ساکن هستند و توسعه در قسمت جنوب و جنوب شرقی که قشر ضعیف در آن ساکن هستند کمتر است. یکی دیگر از عواملی که باعث کاهش توسعه در جنوب شهر شده است، عامل نوع کاربری و حریم مسیل است. از آنجایی که در قسمت جنوب شهر محدوده‌های کارگاهی و زمین‌های زراعی بسیاری قرار دارد، توسعه شهر در جهت مخالف آن اتفاق افتاده است. از دیگر مزایای محیط مدل‌سازی عامل مبنا این است که کاربر یا مجری تصمیم‌گیری می‌تواند با استفاده از تغییر در تعداد و خصوصیات عامل‌ها یا ویژگی‌های مورد بررسی ارزیابی و دخل و تصرف‌های مختلفی با توجه به شرایط هر منطقه داشته باشد. همچنین امکان تحلیل و مشاهده نتایج در هر مرحله از روند اجرا وجود خواهد داشت. با وجود اینکه مدل‌سازی محیط‌های برداری پیچیده‌تر

منابع

- احمدی زاده، سیدسعیدرضا؛ زینب کریم زاده مطلق (۱۳۹۴). شبیه سازی رشد شهری با استفاده از سلولی خودکار و زنجیره مارکوف (منطقه مورد مطالعه: شهر بیرجند)، سیزدهمین همایش ملی ارزیابی اثرات محیط زیستی ایران. تهران. انجمن ارزیابی محیط زیست ایران.

<https://elmnet.ir/vslg?url=https%3A%2F%2Fcivilica.com%2Fdoc%2F536367%2F&type=0&id=20543898>

- بیجندی، مهرداد؛ محمد کریمی (۱۳۹۴). مدل سازی تغییر و توسعه کاربری اراضی با استفاده از عامل: فرصت ها و چالش ها، مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی ۱۳-۱.

<https://elmnet.ir/vslg?url=https%3A%2F%2Fwww.magiran.com%2Fpaper%2F1602282&type=0&id=1486621>

- محمدرضا پورمحمدی (۱۳۹۵). برنامه ریزی کاربری اراضی شهری، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت).

<https://elmnet.ir/vslg?url=http%3A%2F%2Fsamt.samt.ac.ir%2Fcontent%2F13364%2F%D8%A8%D8%B1%D9%86%D8%A7%D9%85%D9%87%E2%80%8C%D8%B1%DB%8C%D8%B2%DB%8C-%DA%A9%D8%A7%D8%B1%D8%A8%D8%B1%DB%8C-%D8%A7%D8%B1%D8%A7%D8%B6%DB%8C-%D8%B4%D9%87%D8%B1%DB%8C&type=0&id=30796928>

- حسینعلی، فرهاد؛ علی اصغر آل شیخ؛ فرشاد نوریان (۱۳۹۱). توسعه مدلی عامل مبنا برای شبیه سازی گسترش کاربری اراضی شهری (مطالعه موردی: قزوین)، مطالعات و پژوهش های شهری منطقه ای پاییز ۱۳۹۱. دوره ۴. شماره ۱۴.

<https://elmnet.ir/vslg?url=https%3A%2F%2Fwww.magiran.com%2Fpaper%2F1066536&type=0&id=923820>

از مدل های رستری هستند، به دلیل اینکه مدل های برداری به جهان واقعی نزدیکتر است، از مدل سازی برداری استفاده شد؛ بنابراین این امر سبب هماهنگی بهتر و واقعی تر بودن نتایج با شرایط محیط های شهری است و به این علت یکی از نقاط قوت این پژوهش تلقی می شود.

در پایان، به طور کلی پیوند مناسبی بین سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل عامل مبنا در نرم افزار نت لوگو وجود دارد؛ بنابراین ما به راحتی داده های ورودی را برای مدل سازی در یک محیط رستر بیس سیستم اطلاعات جغرافیایی آماده و وارد محیط شبیه سازی کردیم. نتایج این مدل به برنامه ریزان و پژوهشگران در پیش بینی نیازهای آینده شهر و مدیریت مسائل شهری کمک فراوانی می کند.

پیشنهادات

در ادامه موارد دیگر در جهت بهبود مدل و نزدیک کردن مدل به واقعیت بیان می شود:

- در نظر گرفتن مشخصات خاص برای ایجاد هر کاربری (مثلاً مساحت معین یا فاصله دسترسی های خاص)

- ترکیب عامل های مختلف برای بهبود کار - استفاده از نرم افزارهای دیگری مانند Repast یا Agent Analyst که دارای محیط اجرایی کاملاً متفاوت هستند برای پیاده سازی مدل و مقایسه نتایج با هم.

- حیدری‌زادی، زاهده؛ عبدالرضا محمدی (۱۳۹۵). پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در دشت مهران با استفاده از مدل سلول‌های خودکار- مارکوف مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، سال پنجم، شماره ۱۰، ۶۸-۵۷.
- <https://elmnet.ir/vslg?url=https%3A%2F%2Fwww.magiran.com%2Fpaper%2F1557646&type=0&id=1510411>
- سرمیدیان، فریدون (۱۳۹۶). مقدمه‌ای بر کاربرد مدل‌های عامل مبنا در کاربری اراضی پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران.
- <https://elmnet.ir/vslg?url=https%3A%2F%2Fcivilica.com%2Fdoc%2F730368%2F&type=0&id=20762788>
- صفویان، سیدتقی؛ طالب عبداللهی؛ الهام کرامتی (۱۳۹۶). ارزیابی مکانی درجهت توسعه شهری با استفاده از روش SAW و GIS (مطالعه موردی: شهر مشگین‌شهر)، چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، تهران. دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران.
- <https://elmnet.ir/vslg?url=https%3A%2F%2Fcivilica.com%2Fdoc%2F589957%2F&type=0&id=20606437>
- علیجانی، زهره؛ فریدون سرمیدیان (۱۳۹۶). مقدمه‌ای بر روش‌های اعتبارسنجی مدل‌های عامل مبنا، پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران.
- <https://elmnet.ir/vslg?url=https%3A%2F%2Fcivilica.com%2Fdoc%2F729562%2F&type=0&id=20762787>
- فیروزی، محمدعلی؛ علی شجاعیان؛ طاهره قنواتی (۱۳۹۶). تحلیل‌گر عامل؛ مدل‌سازی عامل مبنا در GIS. نارین رسانه.
- <https://elmnet.ir/vslg?url=https%3A%2F%2Fdb.ketab.ir%2Fbookview.aspx%3Fbookid%3D2168365&type=0&id=31361693>
- قانعی، محمدرضا (۱۳۸۹). توسعه یک مدل عامل مبنا به منظور تخصیص کاربری‌های شهری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. راهنما: محمد سعدی مسگری، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی- دانشکده نقشه‌برداری.
- <https://ganj.irandoc.ac.ir/#!/articles/48f2d85f632537b99d75ef47aad44072/search/98283ece2f40e2cd6945e6e970811747>
- قربانی، رسول؛ محمدرضا پورمحمدی؛ حسن محمودزاده (۱۳۹۲). رویکرد زیست‌محیطی در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی محدوده کلان‌شهر تبریز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه‌ای، ارزیابی چندمعیاری و سلول‌های خودکار زنجیره مارکوف (۱۴۱۷-۱۳۶۳). مطالعات شهری ۸، ۳۰-۱۳.
- <https://elmnet.ir/vslg?url=https%3A%2F%2Fwww.magiran.com%2Fpaper%2F1321914&type=0&id=822452>
- کمیجانی، محبوبه؛ روزبه شاد (۱۳۹۴). شبیه‌سازی روند توسعه شهری با استفاده از مدل‌سازی عامل مبنا (مطالعه موردی: شهر مشهد)، دومین کنفرانس ملی جغرافیا و زمین‌شناسی. تهران. مؤسسه اطلاع‌رسانی نارکیش.
- <https://elmnet.ir/vslg?url=https%3A%2F%2Fcivilica.com%2Fdoc%2F423552%2F&type=0&id=20425034>
- کمیجانی، محبوبه (۱۳۹۴). شبیه‌سازی رشد و توسعه بهینه شهری با استفاده از مدل‌سازی عامل مبنا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. استاد راهنما: روزبه شاد، مشاور: سعید بهزادی، دولتی- وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، دانشگاه فردوسی مشهد. دانشکده مهندسی.
- <https://ganj.irandoc.ac.ir/#!/articles/9af47bf8ae9032a61f1eb42bac742774/search/50455f088cf90b0166e03de07863ef4d>

- Batty, M (2005). Agents, cells, and cities: new representational models for simulating multiscale urban dynamics. *Environment and Planning A*, 37: 1373-1394.
<https://doi.org/10.1068%2Fa3784>
- Gilbert, N., Banks, S (2002). Platforms & methods for agent-based modeling *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(suppl 3), 7197-7198.
<https://doi.org/10.1073/pnas.072079499>
- Junfeng, J (2003). Transition Rule Elicitation for Urban Cellular Automata models. Case Study: Wuhan-China, MSc. Thesis, International institute for geo-information science and earth observation (ITC). The Netherlands
https://www.academia.edu/download/50547525/Transition_Rule_Elicitation_Methods_for_20161125-6587-13grhp8.pdf
- Liu Xiaoping, Li Xia, Ai Bin et al (2006). Multi-agent systems for simulating and planning land use development. *Acta Geographica Sinica*, 61(10): 1101- 1112. (in Chinese).
https://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotal-DLXB200610011.htm
- Macal C. M, North M. J.(2004). Agent-based modeling and simulation: ABMS examples. In *Proceedings of the 40th Conference on Winter Simulation* (PP. 808-884) .
<https://doi.org/10.1109/WSC.2008.4736060>
- Malik. Ammar, Andrew Crooks, Hilton Root and Melanie Swartz. Exploring Creativity and Urban Development with Agent-Based Modeling *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 18 (2015), (2) 12
<https://ideas.repec.org/a/jas/jasssj/2014-38-3.html>
- محمودزاده، حسن؛ خلیل دیده‌بان؛ سیدعلی صادق‌زاده‌سادات (۱۳۹۵). کاربرد تکنیک‌های دورسنجی و سیستم اطلاعات جغرافیایی با هدف شبیه‌سازی توسعه شهری (مطالعه موردی: شهر مهاباد)، *دوفصلنامه جغرافیا و توسعه فضای شهری* ۳(۲).
<https://elmnet.ir/vslg?url=https%3A%2F%2Fwww.magiran.com%2Fpaper%2F1691721&type=0&id=1681925>
- هوشنگی، نوید؛ علی اصغر آل‌شیخ (۱۳۹۶). توسعه یک سیستم شبیه‌سازی عامل- مینا در عملیات امداد و نجات. *اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*. ۷۰-۵۹.
<https://elmnet.ir/vslg?url=https%3A%2F%2Fwww.magiran.com%2Fpaper%2F1772447&type=0&id=1754235>
- Alqurashi, Abdullah F Lalit Kumar and Priyakant Sinha Urban Land Cover Change Modelling Using Time-Series Satellite Images: A Case Study of Urban Growth in Five Cities of Saudi Arabia. *Remote Sens.*(2016) 8(10), 838.
<https://doi.org/10.3390/rs8100838>
- Acevedo, W., Foresman, T. W. and Buchanan, J. T. Origins and philosophy of building a temporal database to examine human transformation processes. *Proceedings, ASPRS/ACSM Annual Convention and Exhibition, Baltimore, MD, April 22-24, .(1996), Vol. I, PP.148-161.*
<https://pubs.er.usgs.gov/publication/70202451>
- Achmad, Ashfa, Sirojuzilam Hasyim, Badaruddin Dahlan, Dwira N. Aulia. Modeling of urban growth in tsunami-prone city using logistic regression: Analysis of Banda Aceh, Indonesia. *Applied Geography* 62 (2015) 237e246.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.05.01>

- Xia Li, Xiaoping Liu (2007). Defining agents' behaviors to simulate complex residential development using multicriteria evaluation, Journal of Environmental Management 85(2007)1063-1075.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.11.006>
- Zhang Jing, Wang Ke, Song Gengxin, Zhang Zhongchu, Chen Xinming, YU Zhoulu. (2013) Application of Multi-agent Models to Urban Expansion in Medium and Small Cities: A Case Study in Fuyang City, Zhejiang Province, China, Geogra. Sci. 2013 Vol. 23 No. 6. PP.754-764.
<https://doi.org/10.1007/s11769-013-0636-3>
- Parker, D. C, T.Berger, and S. M. Manson. (2002). Agent-based models of land-use and land-cover change. LUCC Focus1 office, Indiana university
https://www.academia.edu/download/40637428/Agent-Based_Models_of_Land-Use_and_Land-20151204-31035-1rocmiq.pdf
- Torrens, P. M. (2003). Cellular automata and multi-agent systems as planning support tools. In Planning support systems in practice (PP. 205-222). Springer, Berlin, Heidelberg.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-24795-1_12#:~:text=DOI%3A-10.1007/978-3-540-24795-1_12,-Instant%20PDF%20download
- Wolfram,S (2002). A new kind of science (Vol.5,P.130). Champaign, IL: Wolfram media.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.252.4404>



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی