



سنجش از دور & GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران | سال ششم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۳
Iranian Remote Sensing & GIS | Vol.6, No.2, Summer 2014

۴۸-۳۱

شبیه‌سازی پویایی جمعیت به منظور مدل‌سازی جدایی‌گزینی سکونت با استفاده از مدل‌های عامل‌مبنا و GIS

نفسیه محمدی^{۱*}، محمدسعیدی مسگری^۲، علیرضا وفايي نژاد^۳

۱. کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
۲. دانشیار دانشکده نقشه‌برداری (ژئوماتیک)، قطب علمی فناوری اطلاعات مکانی، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
۳. استادیار دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۱/۱۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۴/۱۲

چکیده

در مقاله حاضر به منظور بررسی کاربرد مدل‌های عامل‌مبنا در شبیه‌سازی پدیده جدایی‌گزینی سکونت، مدلی رستری با ترکیب GIS و تکنیک‌های Agent-Based و بر مبنای نظریه Schelling ارائه شد و روی داده‌های ناحیه‌ای از تهران ارزیابی گردید. با مطالعه سوابق، دلایل و روند شکل‌گیری این پدیده در شهرهای مختلف دنیا و تهران، نوع غالب جدایی‌گزینی در تهران اجتماعی - اقتصادی تشخیص داده شد. در فرض اولیه، افراد جامعه به چهار گروه اجتماعی - اقتصادی تقسیم شدند و برای هر یک از آنها ویژگی‌ها و رفتارهایی تعیین شد. پارامترهای مؤثر بر جدایی‌گزینی در قالب مجموعه‌ای از عوامل اقتصادی، اجتماعی و محیطی با روش AHP وزن‌دهی شدند و میزان تأثیر آنها در تصمیم‌گیری‌های هر گروه تعیین گردید. نقشه‌های مربوط به هر شاخه در محیط ArcGIS تولید و طبق سلسله‌مراتب چینش زیرمعیارها با یکدیگر تلفیق شدند. مدل پیشنهادی با برنامه‌نویسی در محیط Netlogo تکمیل شد. اطلاعات مکانی در قالب نقشه‌های تولیدشده، در محیط Netlogo فراخوانی و آنالیزهای مربوط به تصمیم‌گیری عامل‌ها در قالب توابع موجود در این محیط انجام شد. الگوی جدایی‌گزینی در منطقه مطالعه‌شده در بازه سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۵ شبیه‌سازی شد. تأثیر دو پارامتر مهم شعاع همسایگی و سطح رضایت عامل‌ها در این الگو بررسی شد و مدل با استفاده از این دو پارامترهای دیگری چون نرخ رشد جمعیت، اندازه پیکسل‌ها، قیمت املاک، تعداد عامل‌ها، سهم هر گروه از عامل‌ها از کل جمعیت، مقادیر عدم‌تجانس گروه‌های مختلف نسبت به هم و پرستیز محله‌ها کالیبره شد. اعتبارسنجی مدل به روش تعیین درصد پیکسل‌های صحیح برآورده‌شده انجام گرفت و صحتی معادل ۶۲/۵ درصد را نشان داد.

کلیدواژه‌ها: جدایی‌گزینی سکونت، مدل عامل‌مبنا، شبیه‌سازی.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، خیابان امام خمینی، بین خوش و قصرالدشت، بن‌بست منفرد، پلاک ۴، طبقه همکف. شماره تماس: ۰۹۱۲۴۷۸۸۱۸۷

۱- مقدمه

یکی از این پدیده‌های منفی موجود در زندگی اجتماعی جدایی‌گزینی سکونتی است که طبق نظر کارشناسان از عوامل مهم ایجاد محرومیت‌های اجتماعی در شهرهاست. در کشورهای در حال توسعه با توجه به رشد بی‌رویه شهرنشینی و توجه نکردن به مؤلفه‌های کیفیت زندگی شهری، این موضوع حساسیت بیشتری دارد (Afrough, 1998). ادیبی در «مقدمه‌ای بر جامعه‌شناسی شهری»، جدایی‌گزینی سکونتی را با عنوان جدایی مکانی خوانده و آن را تمرکز گروه‌های انسانی در مکان‌های مختلف شهری برشمرده است که در نتیجه عملکرد نیروهای گوناگون اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی به وجود می‌آید (Mansoureh, 2002). بنابراین جدایی‌گزینی سکونتی در مفهوم عام خود به تفکیک مکانی و فیزیکی میان گروه‌های اجتماعی براساس محل سکونت‌شان اشاره دارد که الگوی محیطی زندگی آنها در سطح همسایگی را شکل می‌دهد. فی‌توسا^۱ و همکاران (۲۰۱۰) جدایی‌گزینی را پدیده‌ای ماکرو می‌دانند که در نتیجه انتخاب‌های سکونتی تعداد زیادی از افراد در سطح میکرو پدید می‌آید. این انتخاب‌ها ضمن آنکه بر الگوی جدایی اجتماعی - فضایی شهر اثر می‌گذارند، خود نیز از آن تأثیر می‌پذیرند. توماس شلینگ^۲ جدایی‌گزینی سکونتی را الگوی مکانی سکونت طبقات اجتماعی مختلف می‌داند که در آغاز از تمایلات معتدل آنها برای سکونت در همسایگی افراد طبقه خودشان ناشی می‌شود ولی به تدریج و به‌طور ناباورانه‌ای از سطح همسایگی به سطح شهر گسترش می‌یابد. در مدل او افراد جامعه در مقابل هر ناهمگونی و عدم‌تجانس میان تمایلات‌شان با ساختار و ترکیب همسایگان مستقیم‌شان، از مکان خود جابه‌جا می‌شوند. مبنای نظری این مدل، احساس رضایتمندی^۳ افراد از محل سکونت‌شان است و دو مؤلفه مهم نوع همسایه‌ها و شعاع همسایگی به‌عنوان عوامل اثرگذار در تصمیم‌گیری‌ها در نظر گرفته شده‌اند (Crooks, 2009; Schelling, 1971). پیدایش جدایی در سکونتگاه‌های

شهری مولود ساختارهای غلط اقتصادی، اجتماعی و اقتصادی گوناگون است که با شدت و ضعفی متفاوت از آنها تأثیر می‌پذیرد. عوامل محیطی، به شرایط طبیعی زمین^۴ و تسهیلات و محدودیت‌های محیطی - همچون مؤلفه‌های وابستگی^۵ و ناسازگاری^۶ - برای سکونت در یک منطقه اشاره دارند. عوامل اجتماعی به خصوصیات فکری، فرهنگی و عرفی جامعه انسانی اشاره دارند که در فرایند شکل‌گیری و تکامل خصوصیات کالبدی شهر مؤثر هستند. عوامل اقتصادی، مجموعه مؤلفه‌های اقتصادی فردی و اجتماعی را دربرمی‌گیرند که در انتخاب‌های سکونتی افراد نقش دارند (Mansoureh, 2002). در صورتی که جدایی‌گزینی به جدایی کامل گروه‌ها و اقشار اجتماعی منجر شود، تعامل‌ها و تماس‌های درون‌گروهی شدت پیدا می‌کند و در مقابل ارتباطات خارجی آنها کاهش می‌یابد. در نتیجه، مشارکت مدنی دچار اختلال می‌شود و فرهنگ محلی و محدود جایگزین آن می‌شود که پیامد آن نیز قطبی‌شدن فضای اجتماعی جامعه، ایجاد فاصله اجتماعی و رشد فرهنگ منفعل و تبعی است. از سوی دیگر، دوگانگی فضایی و قطبی‌شدن فضای شهر سبب ایجاد و افزایش شکاف‌های اجتماعی - اقتصادی میان طبقات اجتماعی می‌شود و خواه‌ناخواه روند توزیع ناعادلانه امکانات را در سطح شهر تسریع و تشدید می‌کند. این پدیده در تهران نیز - به‌عنوان کلان‌شهر در حال توسعه - به‌طرز محسوس به چشم می‌خورد و عمده‌ترین نمود آن توزیع نابرابر امکانات و تسهیلات شهری در مناطق مختلف شهر است.

1. Feitosa

2. Thomas Schelling

3. Satisfaction

۴. Suitability: مناسب‌بودن محیط برای کاربری مسکونی

۵. Dependency: دسترسی مناسب به آن دسته از مکان‌ها و تسهیلات شهری که کیفیت زندگی به آنها وابسته است.

۶. Incompatibility: ناسازگاری کاربری مسکونی با مجموعه مکان‌ها و کاربری‌هایی که وجود آنها در همسایگی محل سکونت مزاحمت ایجاد می‌کند؛ از جمله همسایگی با بیمارستان، مدرسه و مراکز نظامی.

عامل‌مبنا ابزار مناسبی برای مطالعه تأثیر پارامترهای مختلف در فرایندهایی است که در چند سطح یا چند مقیاس اجرا می‌شوند. از جمله آنها، فرایندهای حوزه اجتماعی است که از سطح افراد جامعه در پایین‌ترین سطح تعاملات انسانی تا سطح تحرکات اجتماعی و سیاست‌های حکومتی و ملی و در نهایت پویایی کل جامعه در بالاترین سطح آن را شامل می‌شود (Castle & Crooks, 2006).

اکنون چند دهه است که در دنیا از مدل‌های عامل‌مبنا در شبیه‌سازی پدیده‌های دینامیک پیچیده در حوزه‌های اجتماعی، زیست‌محیطی، جغرافیایی و مانند اینها استفاده می‌شود. اما متأسفانه هنوز تعداد این‌گونه کاربردها و تحقیقات در کشور ما بسیار اندک است. به‌عنوان مثال در زمینه جدایی‌گزینی سکونتی، تمامی تحقیقات انجام‌شده صرفاً مربوط به حوزه علوم اجتماعی و روش‌های مربوط به آن است و این نخستین بار است که با روش شبیه‌سازی عامل‌مبنا به تجزیه و تحلیل این پدیده پرداخته می‌شود. در تحقیق حاضر از نتایج این مطالعات برای شناخت مؤلفه‌های مؤثر بر تصمیمات سکونتی افراد جامعه استفاده‌شده است. از جمله این مطالعات می‌توان به تحقیق منصوره اعظم (۱۳۸۱) اشاره کرد. اما در این حوزه تحقیقات خارجی متعددی مشخصاً با به‌کارگیری مدل‌های عامل‌مبنا صورت گرفته است که از آن میان می‌توان به مدل‌های ارائه‌شده از سوی کِروک^۲ (۲۰۰۹) و باتی و جیانگ^۳ (۲۰۰۸) در محیط‌های Netlogo و Repast اشاره کرد. البته نخستین مدل عامل‌مبنا در این زمینه را شلینگ (۱۹۷۱) ارائه کرد و با توجه به اثبات نظر او در خصوص نقش دو عامل شعاع همسایگی و درصد عامل‌های هم‌نوع در تصمیم‌گیری‌ها، اکثر تحقیقات بعدی که در حوزه جدایی‌گزینی صورت گرفت بر پایه تعریف وی و تأثیر این دو فاکتور بر الگوی شکل‌گیری این پدیده بود. علاوه بر تحقیقات آزمایشگاهی صرف، افرادی همچون

این موضوع تا جایی که کف عدالت برای همه فراهم شود مشکل تلقی نمی‌شود اما مشکل شهرهای کشورهای در حال توسعه این است که این‌گونه تفاوت‌های قومی، اجتماعی، و اقتصادی سبب ظهور کمبودهایی در برخی محله‌های شهر و وفور بیش از حد امکانات در برخی دیگر از محله‌ها شده است. مدیران برای وضع قوانین و اعمال سیاست‌های صحیح و پیشگیرانه در این زمینه نیازمند اشراف و آگاهی بر وضع موجود شهر هستند و باید امکان پیش‌بینی قابل اطمینان رشد این پدیده در آینده شهر برای‌شان وجود داشته باشد. یکی از روش‌های دستیابی به چنین آگاهی‌ای، به‌کارگیری مدل‌هایی است که پویایی شهر و پدیده‌های شهری را به‌خوبی به‌تصویر بکشد.

مدل‌سازی مؤثر چنین فرایندهای پیچیده‌ای نه در مقیاس ماکرو بلکه در مقیاس میکرو و فقط از طریق فرایند پایین به بالا - یعنی شبیه‌سازی تصمیمات گرفته‌شده از سوی افراد جامعه - امکان‌پذیر است. یکی از روش‌های مدل‌سازی که با توجه به رویکرد پایین به بالا و توانایی آن در شبیه‌سازی فرایند تصمیم‌گیری و تعاملات محلی اعضای جامعه در هر دو بعد مکان و زمان، کاربرد زیادی در آنالیز و مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده پویا یافته است، مدل‌سازی عامل‌مبنا (Mahdavi et al., 2007). شبیه‌سازی عامل‌مبنا محیطی شامل اعضای اتوماتیک به نام عامل^۱ را پیشنهاد می‌کند که در آن تعامل بین عامل‌ها تعریف شده است و آنها می‌توانند پیش از تصمیم‌گیری برای عکس‌العمل بعدی، اطلاعات وضع موجود را ارزیابی کنند (Batty & Jiang, 2008). اجزای اصلی این مدل‌ها عامل‌ها، محیط و تعاملات میان آنهاست و ارتباط بین عامل‌ها با یکدیگر و بین عامل‌ها با محیط، در مدل تعریف می‌شود (Castle & Crooks, 2006). شبیه‌سازی‌های چندعامله برای نمایش تحرکات مکانی و زمانی پدیده‌ها کاملاً توصیه شده است، چراکه امکان کشف ارتباطات بین عامل‌ها - تعاملات در سطح میکرو- و پدیده‌های حاصل از آن - نتایج در سطح ماکرو- را فراهم کرده است (Batty & Jiang, 2008). مدل‌های

1. Agent
2. Crooks
3. Batty & Jiang

حاصل برای بخشی از شمال غرب شهر تهران انجام گرفت.

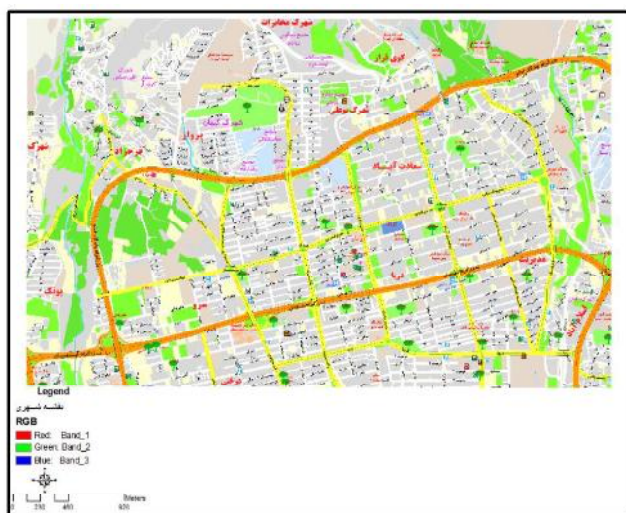
در این مقاله پس از معرفی کوتاهی از مفهوم جدایی‌گزینی و مدل‌سازی عامل‌مبنا در بخش ۱، در بخش ۲ با معرفی عوامل اجتماعی، اقتصادی و محیطی مؤثر بر شکل‌گیری این پدیده در تهران، مدلی برای شبیه‌سازی جدایی‌گزینی ارائه می‌شود. در ادامه در بخش ۳ تحلیل‌های انجام‌گرفته روی مدل و نتایج شبیه‌سازی ارائه شده‌اند، و در پایان نتیجه‌گیری و پیشنهادها در بخش ۴ ارائه می‌شوند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مطالعه‌شده

مدل پیشنهادی روی داده‌های یکی از نواحی منطقه ۲ تهران آزمون شد. منطقه مطالعه‌شده در راستای شرقی - غربی حد فاصل بزرگراه‌های چمران و یادگار امام و در راستای شمالی - جنوبی حدفاصل بزرگراه یادگار امام و بولوار دریا است. این محدوده از نظر محلی شامل محله‌های سعادت‌آباد، کوی فراز، مدیریت، دریا، سرو، شهرک پرواز، فرحزاد و اسلام‌آباد است.

بنسون و ایتزاک^۱ (۲۰۰۱) و مهدوی (۲۰۰۷) مدل‌هایی را بر مبنای نظریه شلینگ برای شبیه‌سازی الگوی جدایی‌گزینی شهرهای مختلف ارائه و با استفاده از داده‌های واقعی آنها را کالیبره کردند. فی‌توسا (۲۰۱۰) برای شبیه‌سازی الگوی جدایی‌گزینی فضایی در یکی از شهرهای برزیل، آن را به دو نوع کاملاً متفاوت اقتصادی و قومی - نژادی تفکیک کرد و معتقد است که شرایط شکل‌گیری و الگوی آنها کاملاً متفاوت است. در تحقیق حاضر علاوه بر دو پارامتر مذکور، عوامل اجتماعی، اقتصادی و محیطی دیگری که بر پایه مطالعات موجود در مورد تهران مؤثر تشخیص داده شدند نیز در مدل‌سازی وارد شدند و دینامیک‌بودن برخی از آنها نیز به‌نوعی در نظر قرار گرفت. در این تحقیق کوشش شده است به جنبه مکانی‌بودن پدیده جدایی‌گزینی توجه شود و نقش و وزن عوامل اجتماعی، اقتصادی و محیطی با رویکرد مکانی در ایجاد الگوی جدایی‌گزینی مورد بررسی قرار گیرد. از این‌رو از برخی داده‌ها و توابع تحلیلی GIS در شبیه‌سازی محیط شهری استفاده شد. به‌منظور کاربردی‌کردن مدل از داده‌های جمعیتی و مکانی - هندسی واقعی برای کالیبره کردن استفاده شد و شبیه‌سازی پویایی جمعیتی و الگوی جدایی‌گزینی



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۱

منبع: سازمان فناوری اطلاعات شهرداری تهران، ۱۳۹۱

1. Beneson & Itzhak

سرانجام طبقه چهارم شامل گروهی است که اکثرشان دارای شرایط مشابه یا بدتر از گروه سوم است ولی به علت تعلق به گروهی خاص (از نظر ملیتی یا قومی) تمایل نسبی به ایجاد گتوی اجتماعی دارند. هریک از این گروه‌ها در تصمیم‌گیری‌ها تابع تمایلات و ویژگی‌های خود هستند؛ اما همه افراد به‌طور ذاتی تمایل به انتخاب سکونتگاهی با شرایط بهتر دارند و برای یافتن آن در محیط جست‌وجو می‌کنند و در صورتی که از محل سکونت فعلی‌شان ناراضی باشند جابه‌جا می‌شوند. انتخاب هر عامل روی انتخاب‌های همسایگانش اثر می‌گذارد و ممکن است باعث جذب یا دفع سایرین از آن محل شود. محیط نیز بر اساس امکانات و شرایط خود دارای درجات مطلوبیت متفاوتی است و اصولاً هر جا که مطلوبیت بالاتر باشد قیمت هم بالاتر است. بنابراین به‌طور کلی همه اقشار نمی‌توانند در همه‌جای محیط سکونت کنند بلکه محدودیت‌هایی برای هر طبقه وجود دارد که ممکن است صرفاً اقتصادی یا اقتصادی - اجتماعی باشد.

داده‌های استفاده‌شده برای بازسازی شرایط محیطی در نرم‌افزار ArcGIS آماده‌سازی شدند و سپس به‌صورت لایه‌های رستری در محیط شبیه‌سازی Netlogo فراخوانی شدند. عامل‌ها در محیط Netlogo ساخته شدند و طبق قوانینی که در همان محیط برایشان طراحی و نوشته شد جابه‌جا می‌شوند. خلاصه مراحل انجام شده در شکل ۲ نشان داده شده است.

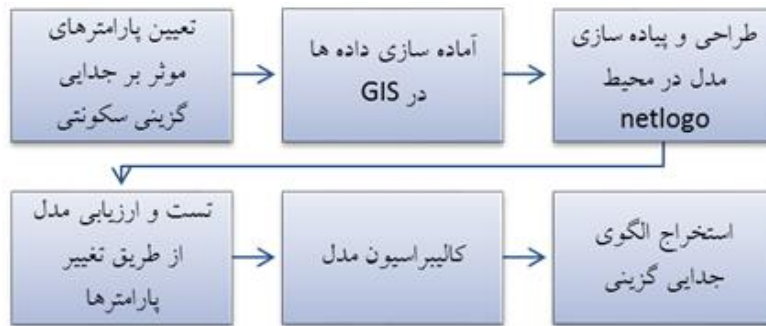
۲-۲-۱- پارامترهای به‌کار گرفته‌شده در مدل پیشنهادی

در تهران به‌عنوان پایتخت کشوری در حال توسعه، اقتصاد نقش بسیار مؤثری در ساختار و الگوی توسعه دارد. از این‌رو انتخاب محل سکونت تا حد زیادی تابع پارامترهای اجتماعی - اقتصادی است که عملاً چیزی به نام طبقه اجتماعی - اقتصادی را در این شهر شکل داده است. عدم تمایل و ناتوانی در خرید دو عاملی هستند که انتخاب محل سکونت به‌طور عمده تابع آنهاست.

وجود دو رود دره در که و فرحزاد در شرق و غرب این منطقه از ویژگی‌های بارز محیطی آن است. از لحاظ پوشش جمعیتی، طبق آخرین سرشماری مرکز آمار در سال ۱۳۸۵، حدود ۳۷ درصد جمعیت ساکن در آن از طبقه بالا، ۴۷ درصد متوسط و مابقی طبقه فقیر و مهاجر هستند که با مرز تقریباً محسوسی از یکدیگر که از گذشته همواره وجود داشته و به تبع شرایط اقتصادی کنونی شدت یافته است، سکونت دارند. نرخ رشد ۴/۵ درصدی جمعیت در این منطقه از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۵ در مقایسه با نرخ متوسط ۳ درصدی در کل تهران نشان‌دهنده قابلیت این منطقه در جذب جمعیت است و سبب تغییرات محسوس محیطی و اجتماعی در آن شده است؛ که از آن جمله می‌توان به ایجاد بزرگراه‌های مهمی چون یادگار امام و نیایش و تبدیل تدریجی کوی فراز به محله‌ای مرفه‌نشین اشاره کرد.

۲-۲-۲ مدل پیشنهادی برای شبیه‌سازی جدایی‌گزینی

مدل پیشنهادی برای نمایش الگوی جدایی‌گزینی بر اساس تصمیم‌گیری افراد در انتخاب بهترین موقعیت سکونت است. این تصمیم‌گیری بر اساس پارامترهای اجتماعی - اقتصادی، فیزیکی و زیست‌محیطی صورت می‌گیرد. یک فرض اساسی در این مدل، که با الهام از شرایط موجود در منطقه در نظر گرفته شده، تقسیم افراد جامعه بر اساس پارامترهای اجتماعی - اقتصادی به چهار طبقه است. طبقه نخست شامل گروهی است که اکثر آنها دارای درآمد خوب و سطح تحصیلات متوسط و بالاترند و شغل‌های تخصصی در رده‌های بالا یا مشاغل کلان دارند. طبقه دوم متعلق به گروهی است که اکثرشان دارای درآمد متوسط و سطح تحصیلات متوسط و بالاترند و شغل‌های تخصصی در رده‌های پایین‌تر و در قالب کارمندی یا تجارت‌های خرد دارند. طبقه سوم نشانگر گروهی است که اکثرشان دارای درآمد پایین و سطح تحصیلات متوسط و پایین‌ترند و مشاغل غیرتخصصی و خدماتی و کارگری دارند؛ و



شکل ۲. خلاصه مراحل انجام شده در تحقیق برای مدل سازی پدیده جدایی گزینی



شکل ۳. سلسله مراتب فاکتورهای مؤثر در جدایی گزینی

بدین منظور برای هر طبقه اجتماعی - اقتصادی تابعی با نام «مطلوبیت قیمت ملک» در نظر گرفته شده است که نشان می دهد هر طبقه اجتماعی - اقتصادی براساس ویژگی های خود تمایل بیشتری به سکونت در محدوده قیمتی تقریباً مشخصی در منطقه دارد و در سایر نقاط منطقه اگر از لحاظ کلاس اجتماعی پایین تر از طبقه او باشد تمایلی به سکونت ندارد و اگر بالاتر از طبقه او باشد چون قیمت بالاتر است توانایی خرید آن وجود ندارد. لذا تابع مورد نظر برای مدل کردن این پدیده در ساده ترین حالت ممکن یک تابع گسسته

این دو عامل نتیجه مجموعه ای از مؤلفه های اجتماعی، اقتصادی و محیطی اند که وزن هریک برای طبقات مختلف اجتماع متفاوت است. در این تحقیق عوامل مؤثر بر جدایی گزینی سکونتی به صورت سلسله مراتب شکل ۳ در نظر گرفته شد. ساختار این نمودار بدین صورت طراحی شده است که ابتدا قیمت ملک و کلاس اجتماعی ساکنان - با شاخص هایی چون نوع شغل، درآمد، و تحصیلات به عنوان فرامعیاری برای تعیین مناطق قابل سکونت هر گروه از لحاظ توانایی خرید و تمایل به خرید ملک در آن منطقه در نظر گرفته شد.

خطی مطابق رابطه (۱) در نظر گرفته شد که حدود آن از طریق مشورت با تعدادی از کارشناسان املاک و بازدید از منطقه و پرس‌وجو از ساکنان تعیین شد. رابطه (۱)

$$f(x) = \begin{cases} f_1 & x \leq a \\ f_2 & a < x < b \\ f_3 & x \geq b \end{cases}$$

که در آن x قیمت واقعی هر ملک و a و b مرز قیمتی است که هریک از طبقات به‌ترتیب توانایی و تمایل به خرید ملکی در آن محدوده قیمتی را ندارند. f_1 ، f_2 و f_3 توابع خطی درجه ۱ از x هستند.

سپس سایر مؤلفه‌ها که در انتخاب بهترین مکان از میان گزینه‌های موجود نقش مهمی دارند، به دو دسته کلی اجتماعی و محیطی تقسیم شدند. زیرمعیارها و شاخص‌های در نظر گرفته‌شده برای هریک از این معیارها براساس مطالعات انجام‌شده و مشورت با صاحب‌نظران و نیز داده‌های موجود و قابل دسترسی انتخاب شدند. معیارهای محیطی به سه زیرمعیار کلی تناسب، وابستگی و ناسازگاری تقسیم شدند که هر یک از آنها دارای شاخص‌های هستند. زیرمعیار تناسب شامل مجموعه‌ای از پارامترهای زیست‌محیطی است که میزان مناسب‌بودن ملک را برای کاربری مسکونی تعیین می‌کند. مؤلفه‌های این زیرمعیار با توجه به شرایط منطقه مطالعه‌شده و میزان اهمیت و نقش پارامترهای مختلف شیب، فاصله از رودخانه و آلودگی‌های هوا و صوتی (که شاخص ترافیک معابر منطقه برای نمایش آنها برگزیده شد) در نظر گرفته شد. دومین زیرمعیار - یعنی وابستگی - در برگیرنده مفهوم دسترسی به امکانات شهری است. آن دسته از دسترسی‌های شهری که نقش مهمی در انتخاب ملک به‌عنوان محل سکونت دارند به‌عنوان پارامترهای این زیرمعیار در نظر گرفته می‌شوند. این زیرمعیار شامل ۱۴ مورد از مکان و کاربری‌های مهم شهری همچون مدرسه، مراکز درمانی، مراکز تجاری، و نیز شبکه معابر اصلی است که شاخص در نظر گرفته‌شده برای آنها

فاصله شعاعی از هریک از آنهاست و نزدیکی بیشتر به این مکان‌ها شرایط ملک را برای سکونت مطلوب‌تر می‌کند. در نهایت زیرمعیار ناسازگاری در برگیرنده مفهوم ناسازگاری میان کاربری مسکونی با سایر کاربری‌هاست. این زیرمعیار شامل ۱۰ مورد از مکان‌ها و کاربری‌های شهری است که وجود آنها در همسایگی محل سکونت مزاحمت ایجاد می‌کند و شرایط ملک را برای سکونت نامطلوب‌تر می‌سازد، مانند همسایگی با بیمارستان، مدرسه و پمپ‌بنزین. بدیهی است برخی از این مکان‌ها - همچون مدرسه - نقشی دوگانه دارند و در زیرمعیار وابستگی نیز حضور دارند. شاخص این زیرمعیار فاصله شعاعی از هریک از این مکان‌هاست و اثر آن منفی در نظر گرفته شده است.

برای معیار اجتماعی سه زیرمعیار در نظر گرفته شد که در انتخاب آنها لزوم در نظر گرفتن شاخص‌های اجتماعی که بتوانند ساختار کلی جدایی‌گزینی سکونتی را نشان دهند و دسترسی‌نداشتن به داده‌های واقعی اجتماعی - جمعیتی نقش دارند. یکی از این زیرمعیارها حس تعلق خاطر و آشنایی با محله است. سیک هونگ و همکاران حس تعلق و دلبستگی به مکان را حس تعلق تعریف می‌کنند که به مکانی مشخص وجود دارد و می‌تواند متمایز از وابستگی‌های اجتماعی، نژادی، جنسی و مذهبی باشد (Ghalambor-Dezfuli, 2011). این حس سبب می‌شود که افراد در انتخاب‌های بعدی‌شان نزدیکی به محل فعلی را به‌عنوان پارامتری مثبت در نظر بگیرند. بنابراین شاخص این زیرمعیار می‌تواند فاصله میان گزینه انتخابی با محل سکونت فعلی باشد. زیرمعیار دیگر، حس تعلق به یک گروه اجتماعی مشخص است، که شاخص آن در اکثر مدل‌های موجود به‌صورت درصد همسایگان هم‌نوع یک عامل در شعاعی مشخص از آن در نظر گرفته شده است. در مدل پیشنهادی با رویکردی منفی‌گرایانه و تاحدودی الهام از مدل بنسون و اومر^۱ (۲۰۰۱) حضور همسایگان

1. Benenson & Omer

برشمرده است که از داده‌های اجتماعی و محیطی موجود قابل استخراج و پیش‌بینی نیست و نوعی جنبه روانی و احساسی برای شهروندان دارد. این مؤلفه به صورت امتیاز بین صفر تا ۱، براساس نظر کارشناسان املاک، برای هریک از محله‌های منطقه مورد مطالعه تعیین شد.

۲-۲-۲- اجزای مدل پیشنهادی

الف) محیط

در مدل پیشنهادی، محیط به صورت رستری با ابعاد ۲۵×۲۵ متر است و در انتخاب آن ظرفیت قابل سکونت منطقه و جمعیت ساکن در آن در نظر گرفته شده است. هر پیکسل محیط به صورت عاملی مدل شده است که مکان و بیشتر ویژگی‌های آن ثابت است اما برخی از ویژگی‌هایش در طول زمان تغییر می‌کند. ویژگی‌های پیکسل‌ها را می‌توان چنین برشمرد:

- کاربری: نشان‌دهنده اشغال شدن آن پیکسل به وسیله طبقه اجتماعی ۱، ۲، ۳ یا ۴ است.
- ممنوعیت: مقدار صفر برای این ویژگی به معنای سکونت‌پذیر و ۱ به معنای سکونت‌ناپذیر یا ممنوع است.
- ارزش: مقدار کمی مجموعه شاخص‌های معیار محیطی
- پرستیژ: مقدار کمی شاخص پرستیژ
- قیمت: مقدار کمی قیمت واقعی ملک
- ظرفیت: مقدار عددی تعداد طبقات هر ملک
- مطلوبیت^۱: میزان مناسب بودن هر پیکسل برای سکونت هریک از طبقات چهارگانه عامل‌ها محیط از نظر قیمت به پنج بخش کلی گران، متوسط، ارزان، متوسط بالا و متوسط پایین تقسیم می‌شود. به منظور ساده‌سازی مدل، تمامی ویژگی‌های محیط در طول مدت اجرای مدل ثابت در نظر گرفته شده است، اما به منظور نزدیک کردن شرایط به واقعیت

غیرهمنوع نیز به صورت اثر منفی و با عنوان عدم تجانس منظور شده است. در واقعیت نیز وجود همسایه‌هایی از طبقه اجتماعی پایین‌تر در همسایگی خانواری از طبقه بالاتر برای شخص نامطلوب است و از ارزش آن ملک در نظر او کاسته می‌شود؛ در حالی که وجود همسایه‌ای از طبقه اجتماعی بالاتر به عنوان پارامتر مثبت در انتخاب ملک در نظر گرفته می‌شود. شاخص این زیرمعیار، میزان تجانس موجود در شعاع همسایگی مشخص از عامل مورد نظر است، که عبارت است از تفاضل میزان عدم تجانس از تعداد همسایگان هم‌نوع آن طبقه. این مفهوم در روابط (۲) و (۳) نشان داده شده است:

رابطه (۲)

$$dissonance(j) = \sum f_i^* w_i^j$$

که در آن f_i تعداد همسایگان نوع i ام، w_i^j (با مقادیر صفر تا یک) میزان عدم تجانس عامل نوع j با همسایه نوع i و $dissonance(j)$ میزان عدم تجانس موجود در شعاع همسایگی مشخصی از عامل نوع j است.

رابطه (۳) $Similarity(j) = n - dissonance(j)$

که در آن n تعداد همسایگان موجود در شعاع همسایگی مشخصی از عامل نوع j و $similarity(j)$ میزان مشابهت و تجانس موجود در همسایگی اوست. زیرمعیار سوم پرستیژ است. هم‌اکنون برخی از محله‌های شهر با وجود داشتن مشکلات بسیار که به طور منطقی باید سبب کاهش قیمت املاک آنها می‌شد، همچنان قیمت بالایی دارند و مورد اقبال زیاد مشتریان هستند. در مدل پیشنهادی، ممکن است بالا بودن قیمت ملک آن را از محدوده توان خرید یک طبقه اجتماعی خارج کند. لذا نیاز به پارامتری بود تا به کمک آن بتوان افزایش تمایل به خرید املاکی با قیمت بالاتر را در یک محله توجیه کرد. پارامتر در نظر گرفته شده پرستیژ محله است که قهقایی (۱۳۸۹) در مدلی که برای تعیین قیمت املاک براساس پارامترهای اجتماعی، فیزیکی، زیست محیطی و اقتصادی ارائه کرده آن را تلفیقی از برخی مؤلفه‌های اجتماعی - محیطی

1. Utility

مناسب خود را بیابد یا نه. در صورت موفقیت، این عدد صفر باقی خواهد ماند و در هر بار شکست یکی به آن افزوده می‌شود. آخرین ویژگی عامل «شادمانی» است که بیان‌کننده رضایتمندی یا عدم‌رضایت عامل از محل سکونت فعلی آن است. عامل‌ها دارای توانایی حرکت‌اند. این حرکت جهشی است و عامل می‌تواند از پیکسل خود به هر پیکسلی در سراسر مدل جابه‌جا شود. در این مدل، پیکسل‌های محیط نیز نقش عامل‌های بسیار ابتدایی passive را ایفا می‌کنند که فقط قادر به عکس‌العمل‌های بسیار محدودی به حضور عامل‌ها در آنها هستند.

ج) تعاملات

تعاملات در هر مدل عامل‌مبنا شامل تعاملات میان عامل‌ها و تعاملات عامل‌ها با محیط است. تعامل میان عامل‌ها در این مدل شامل نقش حضور عامل‌های سایر گروه‌ها در میزان تجانس موجود در همسایگی یک عامل است. همان‌طور که قبلاً اشاره شد یکی از شاخص‌های اجتماعی مورد نظر هر عامل، میزان تجانس^۱ موجود در همسایگی آن است. به عبارت دیگر هر عامل ترجیح می‌دهد در همسایگی او عامل‌هایی از نوع خودش سکونت داشته باشند و با همسایگانی که از سایر گروه‌ها - به‌ویژه طبقات اجتماعی پایین‌تر از خودش هستند - عدم‌تجانس^۲ دارد. در این مدل عدم‌تجانس میان گروه‌های مختلف، متفاوت و مطابق جدول‌های ۱ و ۲ براساس نمونه‌برداری میدانی در نظر گرفته شده است. a تا h دارای مقادیر بین صفر و یک است که پس از جمع‌آوری پاسخ‌های میدانی براساس جدول ۲ - که به‌صورت مقادیر کیفی جمع‌آوری شد - طبق جدول ۱ مقادیر کیفی به مقادیر کمی یعنی اعداد بین صفر تا ۰/۹۵ تبدیل شد.

1. Fail factor
2. happiness
3. similarity
4. dissonance

موجود و بازسازی بهتر آن، مناطق متوسط بالا و متوسط پایین که به ترتیب میان طبقات اول و دوم، و دوم و سوم مشترک‌اند، به‌عنوان مناطق در حال رشد در نظر گرفته شدند. در صورتی که عاملی از طبقه بالاتر در پیکسلی سکونت کند، قیمت و پرستیژ آن پیکسل و همسایگانش افزایش می‌یابد. این مناطق از نظر توانایی خرید می‌توانند از سوی دو دسته از گروه‌ها انتخاب شوند، اما با گذشت زمان با رشد کیفیت زندگی و قیمت در آن منطقه تمایل گروه اجتماعی بالاتر به آن بیشتر می‌شود.

ب) عامل‌ها

هر عامل نشان‌دهنده یک خانوار شهری است. عامل‌ها براساس طبقات اجتماعی - اقتصادی موجود در منطقه مطالعه‌شده به چهار گروه تقسیم می‌شوند. این عامل‌ها از نوع active هستند و مطابق طبقه‌بندی اجتماعی - اقتصادی منطقه و با درک محیط، به سایر عامل‌ها عکس‌العمل نشان می‌دهند. عامل‌ها دارای چهار ویژگی سن، گروه، ضریب سرخوردگی^۱، و رضایت یا شادمانی^۲ هستند. «سن» هر عامل عددی بین ۱ تا ۵۰ است که در ابتدای ورود آن به مدل به‌طور تصادفی به آن اختصاص داده می‌شود و در هر پیوند مدل یک واحد به آن افزوده می‌شود. سن لزوماً نشان‌دهنده سن طبیعی سرپرست خانوار نیست، بلکه منظور مدت زمان گذشته از تشکیل یک خانوار است که پیش از ورود به مدل صفر و به‌محض ورود عددی مثبت خواهد بود. این ویژگی محدودیت‌هایی را در جابه‌جایی و حضور عامل‌ها در محیط ایجاد می‌کند. مثلاً عامل‌ها از یک سنی به بعد دیگر تمایلی به جابه‌جایی محل سکونت‌شان ندارند و اگر سن‌شان از حد معینی که تقریباً معادل متوسط طول عمر جامعه است بیشتر شود به اصطلاح می‌میرند و از مدل حذف می‌شوند. «گروه» عددی بین ۱ تا ۴ است که نشان‌دهنده طبقه‌ایست که عامل به آن تعلق دارد. ضریب سرخوردگی، عدد صحیح مثبت و مشخصه‌ایست که در تعاملات میان عامل‌ها و محیط نشان می‌دهد که آیا عامل توانسته است محل سکونت

۴ و ۵ صدق کنند انتخاب و بررسی می کنند، سپس نخستین گزینه مناسب را انتخاب و در آن سکونت می کنند.

رابطه (۴) $forbidden_i < 1$

رابطه (۵) $> ndensity_i$

Forbidden همان ویژگی ممنوعیت پیکسل ها و z شماره پیکسل است. منظور از رابطه (۴) این است که پیکسل انتخابی نباید در مناطق ممنوعه باشد. n تعداد عامل هایی است که در یک پیکسل سکونت دارند و منظور از رابطه (۵) این است که پیکسل انتخابی باید با توجه به تعداد طبقات پارسل های شهری و ظرفیت در نظر گرفته شده است.

برای انتخاب گزینه مناسب، دو مفهوم تعریف و به کار گرفته می شود: نخست، سطح مطلوبیت پیکسل ها که همان ویژگی میزان کارایی آنها برای سکونت عامل های طبقات مختلف است؛ و دوم سطح رضایتمندی^۱ عامل هاست که عبارت است از درصدی از رضایتمندی که عامل هر گروه از محل سکونت خود توقع دارد و اگر سطح سودمندی پیکسلی از این حد پایین تر باشد، آن را انتخاب نمی کند. این سطح در دنیای واقعی معمولاً برای هر یک از طبقات اجتماعی - اقتصادی متفاوت است. در مدل، عاملی که می خواهد نخستین بار وارد محیط شود - با توجه به گروه خود و براساس وزن هایی که برای هر یک از شاخص های محیطی، اجتماعی و قیمت ملک در نظر گرفته شده است - گزینه ها را ارزیابی می کند و اگر سطح سودمندی گزینه ای بالاتر از سطح رضایتمندی مورد نظر عامل باشد آن را انتخاب می کند و در آن ساکن می شود. سطح سودمندی یک پیکسل از رابطه (۶) به دست می آید.

رابطه (۶)

$$u^j(i) = W_{ies} * (W_{ien} * env_i^j + W_{iS} * socio_i^j) + W_{iec} * bp_i^j$$

1. satisfaction

جدول ۱. مقادیر کیفی و کمی عدم تجانس بین گروه ها با سطح اطمینان ۹۵ درصد

مقدار کیفی	متوسط مقدار کمی	بازه در نظر گرفته شده
بسیار ناچیز	۰/۰	۰/۰
خیلی کم	۰/۰۵	(۰/۰۲۹ ، ۰/۰۷۱)
کم	۰/۲	(۰/۱۶۱ ، ۰/۲۳۹)
متوسط	۰/۵	(۰/۴۰۲ ، ۰/۵۹۸)
زیاد	۰/۸	(۰/۷۶۱ ، ۰/۸۳۹)
خیلی زیاد	۰/۹۵	(۰/۹۲۹ ، ۰/۹۷۱)

جدول ۲. جدول نمونه گیری عدم تجانس بین گروه ها

گروه اول	گروه دوم	گروه سوم	گروه چهارم
گروه اول	۰/۰	a	C
گروه دوم	۰/۰	۰/۰	E
گروه سوم	۰/۰	۰/۰	F
گروه چهارم	G	h	K

به جز گروه چهارم، هر عامل با عامل های هم گروه و گروه های بالاتر خود عدم تجانس ندارد و عدم تجانس آن با عامل های گروه های پایین تر نیز مقادیر متفاوتی است که از نمونه برداری میدانی و نیز مشاوره با کارشناسان املاک حاصل شده است. آنچه به طور کلی تعامل عامل با محیط قلمداد می شود، شامل دو مرحله است: نخست، درکی که عامل از محیط دارد و دوم، عکس العملی که به آن نشان می دهد. همین رابطه به طور معکوس در مورد محیط نسبت به عامل هم وجود دارد. در این مدل ورود عامل های اولیه به محیط تصادفی است، و تعداد مشخصی از هر گروه از عامل ها به طور تصادفی در مدل ساکن می شوند. پس از استقرار این عامل ها، عامل های بعدی یکی یکی در هر پرپود مدل و براساس نرخ رشد جمعیت و سهم هر گروه از کل جمعیت، به مدل وارد می شوند. این عامل ها برای ورود به محیط، آن را به صورت محدود بررسی می کنند. بدین ترتیب که به طور تصادفی تعدادی پیکسل را که در شرایط روابط

نقل مکان انتخاب می‌کند. دسته دوم تعاملات میان عامل و محیط، به عکس‌العمل محیط در برابر عامل‌ها بازمی‌گردد که محدودتر از دسته نخست است. در این حالت برخی از ویژگی‌های پیکسل‌ها به تبع حضور عامل‌ها در آنها تغییر می‌کند. شرایط مدل حاضر بدین صورت است که برای هر یک از پیکسل‌های محیط، ویژگی کاربری براساس حضور حداکثر عامل‌هایی از یک نوع در آن تغییر می‌کند. مثلاً اگر حداکثر عامل‌هایی که در یک پیکسل سکونت دارند از گروه ۱ باشند، کاربری آن پیکسل ۱ و رنگ آن قرمز خواهد شد. همچنین براساس افزایش حضور عامل‌های گروه بالاتر در اطراف یک پیکسل، مقدار پرستیژ برای آن پیکسل نیز افزایش خواهد یافت.

مراحل توضیح داده شده در این بخش در شکل ۴ خلاصه شده است.

۲-۳- آماده‌سازی داده‌ها در GIS

داده‌های مورد استفاده در مدل، شامل اطلاعات سرشماری سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۸۵، شبکه معابر و کاربری‌های موجود در طرح تفصیلی تهران، مکان‌ها و پارسل‌های شهری سال ۱۳۸۰ هستند. با توجه به رویکرد رستری مدل و استفاده از آنالیز AHP برای وزن‌دهی به فاکتورها و معیارهای در نظر گرفته شده، ابتدا نقشه‌های مورد نیاز برای هر مؤلفه در محیط ArcGIS تولید و نرمالایز شدند و سپس براساس وزن‌های اختصاص یافته به هر مؤلفه و طبق رابطه (۷) با یکدیگر تلفیق شدند. در وزن‌دهی به مؤلفه‌ها، طبقه اجتماعی ساکنان منطقه در نظر گرفته شد و وزن‌دهی برای هر یک از گروه‌های چهارگانه معرفی شده جداگانه انجام گرفت؛ زیرا در واقعیت نیز مؤلفه‌های گوناگون تأثیر متفاوتی در انتخاب‌های سکونتی طبقاتی مختلف اجتماع دارند.

که در آن i نشان‌دهنده گروه‌های چهارگانه عامل‌ها و j نشان‌دهنده شماره پیکسل است. W_{ies} وزن مربوط به معیارهای غیراقتصادی برای عامل‌های گروه i ام و W_{iec} وزن معیار محیطی و اجتماعی است. env_i^j و $socio_i^j$ به ترتیب تابعی از کلیه شاخص‌های محیطی گروه نخست و شاخص‌های اجتماعی در پیکسل i ام است. bp_i^j تابعی از قیمت واقعی ملک است که توانایی خرید ملک i از گروه i را نشان می‌دهد و در رابطه (۱) به آن اشاره شد. در نهایت $u^j(i)$ سطح سودمندی پیکسل j را برای عاملی از گروه i ام نشان می‌دهد. env_i^j و $socio_i^j$ طبق رابطه (۷) محاسبه می‌شوند.

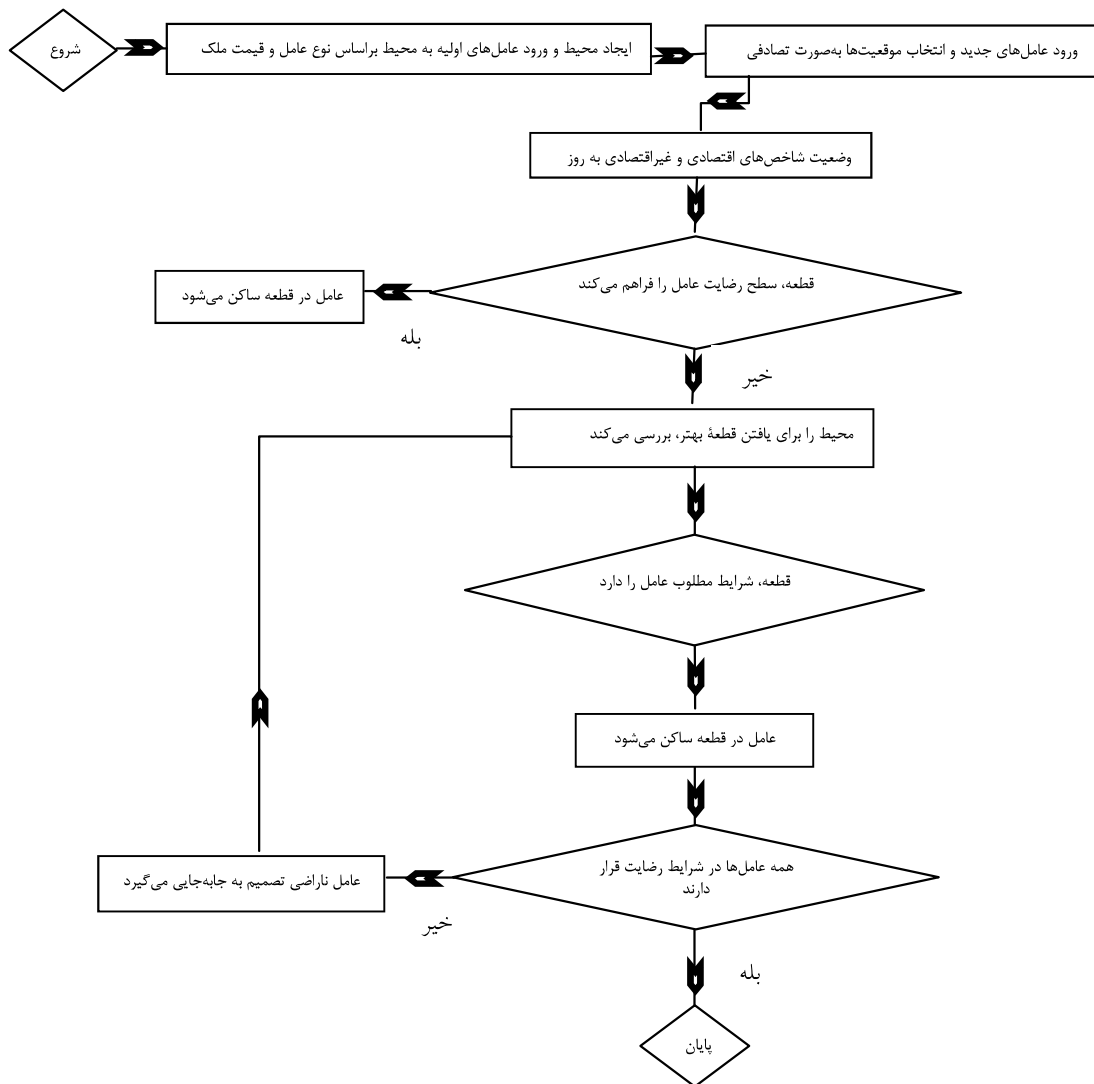
$$cr = \sum w_k * f_k \quad \text{رابطه (۷)}$$

که در آن f شاخص k ام معیار w و cr وزن آن نسبت به سایر شاخص‌های آن معیار است. به این ترتیب عامل از بین گزینه‌هایی که در اختیارش قرار داده شده، نخستین گزینه‌ای را که در آن رابطه (۸) برقرار است انتخاب می‌کند و در آن ساکن می‌شود.

$$utility_i^j > satisfaction_i^j \quad \text{رابطه (۸)}$$

در انتهای هر پریود، مدل رابطه (۸) برای همه عامل‌ها بررسی می‌شود و عامل‌های ناراضی - یعنی عامل‌هایی که این رابطه برای آنها صدق نمی‌کند - تصمیم به جابه‌جایی می‌گیرند. برای جابه‌جایی این عامل‌ها تعدادی پیکسل که در شرایط روابط (۴) و (۵) صدق می‌کنند به‌طور تصادفی انتخاب می‌شوند و به‌عنوان گزینه در اختیار آنها قرار می‌گیرند. عامل، شرایط هر گزینه را طبق رابطه (۶) بررسی می‌کند و از بین گزینه‌هایی که در رابطه (۸) صدق می‌کنند یکی را که در آن سطح سودمندی از بقیه بالاتر است برای

نقیسه محمدی و همکاران



شکل ۴. مراحل اجرایی مدل

جدول ۳. وزن‌های کیفی شاخص‌های معیار اجتماعی

طبقه اول	تعلق به طبقه اجتماعی	تعلق به محله	پرستیژ	طبقه دوم	تعلق به طبقه اجتماعی	تعلق به محله	پرستیژ
تعلق به طبقه اجتماعی	۱	۱	۲	تعلق به طبقه اجتماعی	۱	۱	۲
تعلق به محله	-	۱	۲	تعلق به محله	-	۱	۲
پرستیژ	-	-	۱	پرستیژ	-	-	۱
طبقه سوم	تعلق به طبقه اجتماعی	تعلق به محله	پرستیژ	طبقه چهارم	تعلق به طبقه اجتماعی	تعلق به محله	پرستیژ
تعلق به طبقه اجتماعی	۱	۰/۵	۱	تعلق به طبقه اجتماعی	۱	۰/۱۲۵	۰/۱۱۱
تعلق به محله	-	۱	۲	تعلق به محله	-	۱	۰/۵
پرستیژ	-	-	۱	پرستیژ	-	-	۱

سازگار بودن با فضای رستری، مدل پیشنهادی پیاده‌سازی شد و تمامی بخش‌های مدل تحت یک ماژول کدنویسی شد. به منظور ایجاد تمایز میان عامل‌های گروه‌های مختلف، عامل‌های گروه اول تا چهارم به ترتیب با رنگ‌های قرمز، سبز، آبی و سیاه نمایش داده شدند. به منظور بالابردن انعطاف‌پذیری مدل و به کارگیری آن برای کل شهر و نیز امکان تولید و بررسی سناریوهای مختلف روی آن، تعدادی از پارامترها به کمک ابزار slider محیط پیاده‌سازی به صورت تغییرپذیر به دست کاربر طراحی شد. پارامترهای مذکور عبارت‌اند از: تعداد عامل‌ها، شعاع همسایگی، نرخ رشد جمعیت و میزان سطح رضایت مطلوب عامل‌های هر طبقه.

۳- بحث

مهم‌ترین چالش‌های مدل‌های عامل‌مبنا، اعتبارسنجی درونی و کالیبراسیون مدل است که در نهایت دقت خروجی نهایی مدل را رقم می‌زند. در این بخش در خصوص دو چالش مذکور در مورد مدل حاضر بحث و بررسی می‌شود.

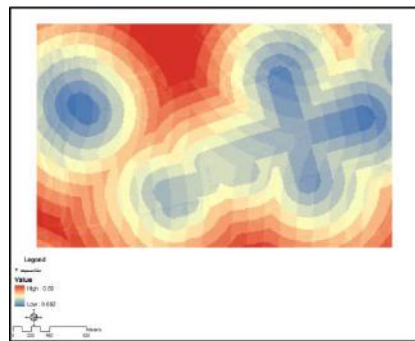
۳-۱- اعتبارسنجی درونی مدل

پس از پیاده‌سازی مدل، نوبت تست استحکام مدل است که اعتبارسنجی درونی خوانده می‌شود. در این مرحله بررسی می‌شود که با تغییر پارامترهای مختلف مدل، رفتار آن تا چه حد مطابق انتظار است. بدین منظور رفتار مدل پیشنهادی در حین تغییر دو پارامتر مهم شعاع همسایگی و سطح رضایت عامل‌ها - که پارامترهای اساسی اکثر مدل‌های موجود جدایی‌گزینی هستند - بررسی شد.

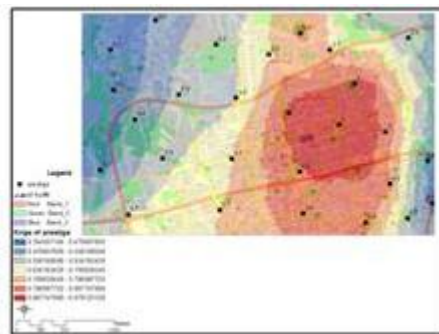
۳-۱-۱- تغییر شعاع همسایگی

در مدل پیشنهادی، اثر پارامترهای اجتماعی «حس تعلق به گروه اجتماعی خاص» و «پرستیژ» در

یک نمونه از وزن‌دهی کیفی برای مؤلفه‌های معیار اجتماعی در جدول ۳ و نمونه‌ای از نقشه‌های زیرمعیار مناسب از معیار محیطی در شکل ۵ ارائه شده‌اند. در خصوص قیمت ملک، یک نمونه‌برداری نقطه‌ای در منطقه مورد مطالعه انجام شد و یک نقشه رستری با استفاده از انترپلاسیون ارزش نقاط برای کل منطقه تهیه گردید. در مورد فاکتور پرستیژ نیز با کمک کارشناسان املاک منطقه به هر یک از نقاط نمونه، عددی بین ۰/۱ و ۱ به عنوان پرستیژ محله تخصیص یافت که در آن فاکتورهای مختلفی از وضع ظاهری و امکانات محله تا سطح اجتماعی - اقتصادی ساکنان در نظر گرفته شده بود. این مقادیر با روش انترپلاسیون به کل منطقه تعمیم داده شد و نقشه مرتبط تهیه گردید.



شکل ۵. نقشه مناسب مربوط به طبقه اجتماعی ۳



شکل ۶. نقشه رستری پرستیژ

۲-۴- پیاده‌سازی مدل

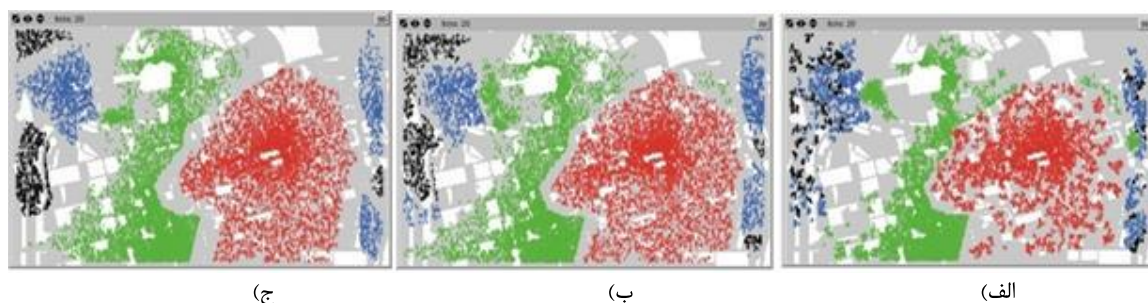
با توجه به سادگی و کاربرپسند بودن محیط Netlogo

فاکتور نهایی انتخاب او در نظر گرفته شده‌اند. در مدل پیشنهادی به دلیل در نظر گرفتن پارامترهای محیطی و اجتماعی مختلف، دیگر همسایگان به تنهایی نقش مهمی را ایفا نمی‌کنند بلکه رضایتمندی عامل از مجموعه پارامترها به تصمیم‌گیری او در خصوص سکونت یا نقل مکان می‌انجامد. از این رو مؤلفه سطح رضایتمندی عامل‌ها تعریف شد و ملاک عمل قرار گرفت. طبیعی است که هر چه سطح رضایتمندی مورد نظر عامل‌ها بالاتر باشد، انتخاب‌های آنها هم به مناطق مرغوب‌تر محدود می‌شود و تجمع آنها در این مناطق بیشتر می‌شود. از سویی، مرزهای تفکیک بین گروه‌ها نیز واضح‌تر و مشخص‌تر و جدایی‌گزینی شدیدتر می‌شود. برعکس، هر چه سطح رضایت پایین‌تر در نظر گرفته شود، پخش‌شدگی عامل‌ها در سطح محیط بیشتر است و اختلاط بین گروه‌ها در مرزها دیده می‌شود. این موضوع را می‌توان در سه بخش شکل ۸ مشاهده کرد.

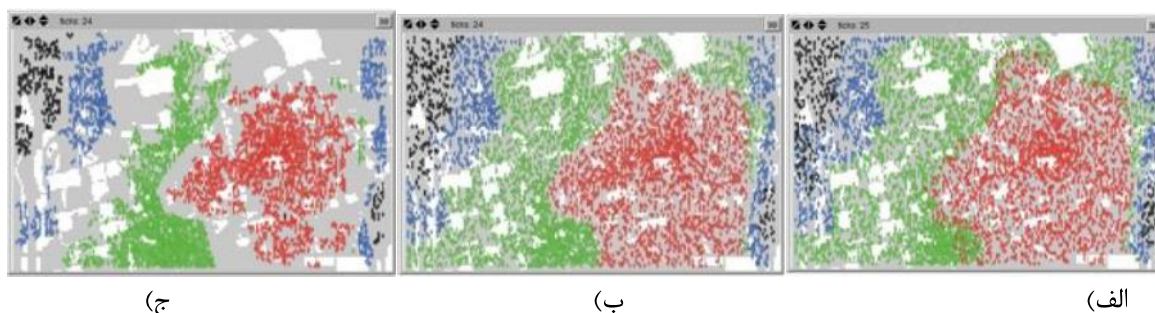
همسایگی مفهوم دارد. از این رو انتظار می‌رود که تغییر شعاع همسایگی در تصمیم‌گیری عامل‌ها و در نتیجه الگوی جدایی‌گزینی به دست آمده تأثیر داشته باشد. در سه بخش شکل ۷ الگوی جدایی‌گزینی عامل‌ها برای شعاع‌های همسایگی ۲، ۱۰ و ۲۰ پارسل در سطح رضایتمندی ۷۰ درصد قابل مقایسه‌اند. با مقایسه این شکل‌ها، تفکیک‌های شدیدتر و مشخص‌تری در هر شکل در مقایسه با شکل قبلی به خوبی دیده می‌شود. مطابق انتظار، با افزایش شعاع، تعداد بخش‌های تفکیک‌شده کمتر و ساختار آنها منسجم‌تر می‌شود. افزون بر فاصله میان بخش‌های تفکیک‌شده، طبقات مختلف نیز بیشتر می‌شوند که دلیل آن اعمال غربال اجتماعی و اثر همسایگان در شعاع بزرگ‌تری از اطراف عامل است.

۳-۱-۲- تغییر سطح رضایتمندی عامل‌ها

در اکثر مدل‌هایی که تاکنون برای جدایی‌گزینی تهیه شده‌اند، درصد همسایگان هم‌نوع یک عامل به‌عنوان



شکل ۷. الگوی جدایی‌گزینی برای سطح رضایت ۷۰ درصد و شعاع‌های همسایگی مختلف: (الف) شعاع ۲، (ب) شعاع ۱۰، و (ج) شعاع ۲۰



شکل ۸. الگوی جدایی‌گزینی حاصل از رضایتمندی (الف) ۲۰، (ب) ۵۰ و (ج) ۸۰ درصدی عامل‌ها در شعاع همسایگی ۲

۳-۲- کالیبراسیون مدل

دومین موضوعی که در مورد تمامی مدل‌های عامل‌مبنا مطرح است، کالیبراسیون مدل است. برای اینکه بتوان به نتیجه‌ی پیش‌بینی مدل از آینده - که هدف اصلی هر مدلی است - اعتماد کرد، لازم است پیش از اجرای مدل شرایط دنیای واقعی را روی پارامترها اعمال کنیم و مقادیر آنها را به گونه‌ای برگزینیم که نتایج مدل تا حد امکان به واقعیت نزدیک شوند. به این کار کالیبراسیون مدل گفته می‌شود (Crooks et al., 2008). در مدل پیشنهادی، پارامترهایی که برای تطابق با واقعیت، تغییراتی روی آنها انجام شد عبارت‌اند از شعاع همسایگی، سطح رضایت، تعداد عامل‌ها، سهم هر گروه از عامل‌ها از کل جمعیت، اندازه‌ی پیکسل‌ها، حدود تابع قیمت، مقادیر عدم‌تجانس گروه‌های مختلف نسبت به هم و میزان افزایش قیمت و پرستیژ.

برای انتخاب بهترین شعاع همسایگی، نتایج خروجی مدل با شعاع‌های ۰، ۲، ۱۰، ۲۰ و ۲۵ پیکسل نسبت به الگوی جدایی‌گزینی موجود در منطقه مقایسه و شعاع ۲۰ انتخاب شد. درخصوص سطح رضایت نیز همین رویکرد به‌همراه توجه به تعداد عامل‌های ناراضی حذف‌شده از مدل دنبال شد و درنهایت سطوح رضایتمندی ۶۴، ۶۲ و ۵۴ به‌ترتیب برای گروه اول، دوم، و سوم و چهارم برگزیده شد. تعداد عامل‌ها، نرخ افزایش آنها در هر پیوند مدل و سهم هر گروه نسبت به کل جمعیت، با توجه به آمار سال‌های مبنا و مقصد

استخراج گردید. اندازه‌ی پیکسل‌های محیط با توجه به مدل مساحت پیکسل‌های منطقه و تعداد طبقات پارسل‌ها که ظرفیت سکونتی منطقه را تعیین می‌کنند و نیز در نظر گرفتن تأثیر اندازه‌ی پیکسل‌ها در حجم محاسبات ۲۵ متر انتخاب شد. حدود تابع قیمت برای هر گروه از عامل‌ها از طریق پرسشنامه‌هایی که کارشناسان املاک منطقه آنها را تکمیل کردند تعیین گردید و پرستیژ محله‌ها نیز به همین روش تعیین شد. نمونه‌ای از تابع قیمت مربوط به عامل‌های طبقه‌ی دوم مطابق رابطه (۹) است.

رابطه (۹)

$$f(x) = \begin{cases} 25 \times price - 13 / 75 & x \leq 0 / 58 \\ 0 / 75 & 0 / 58 < x < 0 / 75 \\ -37 / 5 \times price + 28 / 875 & x \geq 0 / 75 \end{cases}$$

مقادیر عدم‌تجانس گروه‌های مختلف نسبت به هم از مدل مقادیر به‌دست آمده از ۳۰ پرسشنامه حاوی جدول‌های ۱ و ۲ که افرادی از طبقات اجتماعی گوناگون آن را تکمیل کرده بودند، استخراج شد و جدول ۴ به‌دست آمد. با این حال به‌دلیل کوچک‌بودن جامعه‌ی آماری، عدم‌اطمینان درخصوص نتایج، و مشاهده‌ی اختلاط زیاد در برخی گروه‌ها - به‌ویژه در لبه‌ها و مرزها- برای بهبود نتایج سه سناریو روی مقادیر جدول ۴ اعمال شد.

جدول ۴. مقادیر اولیه‌ی عدم‌تجانس عامل‌های گروه‌های مختلف

گروه اول	گروه دوم	گروه سوم	گروه چهارم
۰/۰	۰/۰۵	۰/۸	۰/۹۵
۰/۰	۰/۰	۰/۲	۰/۸
۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰۵
۰/۸	۰/۸	۰/۲	۰/۰

1. mode

جدول ۵. مقادیر نهایی عدم‌تجانس عامل‌های گروه‌های مختلف

گروه اول	گروه دوم	گروه سوم	گروه چهارم
۰/۰	۰/۲	۰/۸	۰/۹۵
۰/۰	۰/۰	۰/۵	۰/۸
۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۲
۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۵	۰/۰



شکل ۹. الگوی جدایی‌گزینی حاصل از مدل پیشنهادی



شکل ۱۰. الگوی جدایی‌گزینی وضع موجود منطقه

در سناریوی نخست، همه عدم‌تجانس‌های غیرصفر یک درجه بالاتر از حد کیفی نظرسنجی در نظر گرفته شد. در سناریوی دوم، عدم‌تجانس فقط در مرزهای گروه‌ها یعنی بین گروه اول و دوم، گروه دوم و سوم، و گروه سوم و چهارم یک درجه تشدید شد. در سناریوی سوم، شرایط سناریوی دوم پیاده شد، ضمن اینکه عدم‌تجانس گروه چهارم با هر سه گروه نیز یک درجه تشدید شد. با مقایسه خروجی‌های مدل با واقعیت، در نهایت در شبیه‌سازی منطقه مطالعه‌شده از سناریوی سوم استفاده گردید که مقادیر آن در جدول ۵ ارائه شده است.

۳-۳- اعتبارسنجی مدل

منظور از اعتبارسنجی، تعیین درصد صحت خروجی مدل است. به منظور اعتبارسنجی، مدل سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۸۵ به عنوان سال‌های مبدأ و مقصد انتخاب شد و از اطلاعات سرشماری و پارس‌های شهری سال ۱۳۸۵ به عنوان رفرنس مقایسه استفاده گردید. برای اعتبارسنجی نتیجه مدل طبق نظر پانتیوس و مالانسون^۱ (۲۰۰۵) به هریک از پیکسل‌ها براساس گروه حداکثر ساکنان آن، شماره گروه اختصاص یافت. سپس پیکسل‌های رستر مرجع نیز بر همین اساس ارزش‌دهی شد و با هم‌پوشانی این دو نقشه در ArcGIS درصد پیکسل‌های صحیح برآورد شده نسبت به کل پیکسل‌ها محاسبه گردید. به این ترتیب صحت مدل کالیبره‌شده ۶۲/۵ درصد برآورد شد.

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق مدلی برای شبیه‌سازی الگوی جدایی‌گزینی سکونتی با استفاده از ترکیب GIS و مدل‌های Agent-Based ارائه شد. برای ساخت این مدل ابتدا پارامترهای مؤثر بر جدایی‌گزینی در تهران که ترکیبی از عوامل اقتصادی، اجتماعی و محیطی هستند، تعیین شدند و میزان تأثیر هریک از آنها با

1. Pontius & Malanson

خواهد بود. لذا پیشنهاد می‌شود به هریک از انواع معیارها یک ماژول جداگانه اختصاص یابد و تغییرات پارامترهای هر معیار با زمان، در ماژول مربوط به آن طراحی شود و در نهایت ارتباط این ماژول‌ها با یکدیگر و با ماژول جمعیت که مربوط به افراد جامعه یا همان عامل‌های مدل است نیز تعریف شود.

استفاده از این گونه مدل‌ها در فرایندهای تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری در نهادهایی چون شهرداری‌ها که جایگاه مهمی در نحوه توزیع امکانات شهری، چگونگی کیفیت زندگی شهری و شکل‌گیری الگوی سکونتی در شهرها دارند، می‌تواند به کاهش معضلات ناشی از پدیده‌هایی چون جدایی‌گزینی سکونتی و پیشگیری از گسترش الگوی نامناسب سکونت در جوامع شهری کمک شایانی کند.

۵- منابع

Afrough, E., 1998, **Space & Social Inequalities**, Tarbiyat modares University publications, 20.

Batty, M. & Jiang, B., 1999, **Multi Agent Simulation: New approaches to exploring space-time dynamics within GIS**, working paper series, paper 10, Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA), University College London (UCL), PP. 1467-1298

Benenson, I. & Omer, I., 2001, **Agent-Based Modeling of Residential Distribution**, Department of Geography and Human Environment University Tel Aviv.

Castle, C. & Crooks, A., 2006, **Principles and Concepts of Agent-Based Modelling for Developing Geospatial Simulations**, Working papers series, paper 110, ISSN 1467-1298, Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA), University College London (UCL).

روش AHP معین شد. نحوه تأثیرگذاری هریک از پارامترها در نقاط مختلف محیط به وسیله نقشه‌های رستری در محیط ArcGIS تعیین و آنگاه با برنامه‌نویسی در نرم‌افزار Netlogo مدل موردنظر تهیه شد. استحکام مدل مذکور با تغییر پارامترهای شعاع همسایگی و سطح رضایتمندی عامل‌ها ارزیابی شد و مشخص گردید که رفتار مدل مطابق انتظارات ذهنی مدل‌ساز است. آنگاه مدل با استفاده از داده‌های واقعی کالیبره شد و شبیه‌سازی الگوی جدایی‌گزینی برای بخشی از منطقه دو تهران صورت گرفت. اعتبار مدل به‌روش شمارش تعداد پیکسل‌های صحیح، ۶۲/۵ درصد برآورد شد.

به‌منظور دستیابی به مقادیر مناسب برای کالیبراسیون مدل، کاهش میزان دقت مدل در شرایطی که سطح رضایت جامعه بیش از ۷۰ درصد و کمتر از ۴۰ درصد در نظر گرفته شد، و نیز نزدیکی میزان دقت‌ها در شرایطی که سطح رضایت در محدوده ۵۰ تا ۷۰ تغییر داده شد، نشان داد که در مجموع همه افراد جامعه به سطح رضایتی در حد متوسط اکتفا می‌کنند. نتایج آزمون مدل با شعاع‌های همسایگی گوناگون نشان داد که به‌طور متوسط شعاع ۲۰ پیکسل - معادل ۵۰۰ متر - در اطراف محل سکونت یک خانوار - که تقریباً معادل ابعاد تعریف ذهنی محله برای اکثر افراد جامعه است - ملاک تصمیم‌گیری‌های سکونتی افراد قرار می‌گیرد.

نتایج مدل نشان دادند با وجود آنکه جدایی‌گزینی سکونتی ذاتاً پدیده‌ای پیچیده و چندوجهی است که مدل‌سازی آن نیاز به مطالعات گسترده در وجوه اجتماعی، اقتصادی، تاریخی و فرهنگی هر منطقه دارد، اما با در نظر گرفتن مؤلفه‌های محدودی از سه دسته معیار اجتماعی، اقتصادی و محیطی، می‌توان واقعیت را تا حد مناسبی شبیه‌سازی کرد. اگر بتوان پارامترهای محیطی، سطح رضایت عامل‌ها و تغییرات قیمت املاک را در طول زمان - که در این مدل به‌منظور ساده‌سازی از آنها صرف‌نظر شده است - از طریق طراحی مدل در قالب چند ماژول پیاده‌سازی کرد، قطعاً نتایج ملموس‌تر

- Crooks, A., Castle, C. & Batty, M., 2008, **Key Challenges in Agent-based Modelling for Geo-spatial Simulation**, ELSEVIER, Computers, Environment and urban systems, 32 (6), PP. 417-430. Oxford: Pergamon, Elsevier.
- Crooks, A., 2009, **Constructing and Implementing an Agent-based Model of Residential Segregation Through Vector GIS**, Taylor & Francis, International Journal of Geographical Information Science, Vol. 24, No. 5, PP. 661-675.
- Feitosa, F., 2010, **Urban Segregation as a Complex System: An Agent-based Simulation Approach**, Ph.D. thesis in university of Bonn, Switzerland.
- Mahdavi, B., O'Sullivan, D. & Davis, P., 2007, **An Agent-based Microsimulation Framework for Investigating Residential Segregation Using Census Data**, L. Oxley & D. Kulasiri (Eds.), MODSIM07 International Congress on Modelling and Simulation.
- Mansoureh-Azam, A., 2002, **State of Residential Segregation in Tehran**, Humanities magazine of AlZahra University, No. 44, PP. 25-50.
- Pontius Jr, R.G. & Malanson, J., 2005, **Comparison of the Structure and Accuracy of Two Land Change Models**, International Journal of Geographical Information Science, 19(2), PP. 243-265.
- Schelling, T.C., 1971, **Dynamic Models of Segregation**, Journal of Mathematical Sociology, Vol. 1, PP. 143-186.