

توسعه یک راهکار عامل مبنا برای مدل سازی تغییرات کاربری اراضی

مینا صوفی^۱، سعید بهزادی^{۲*}، حسین آقامحمدی زنجیرآباد^۳

^۱ کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم های اطلاعات مکانی - دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست - دانشگاه

علوم و تحقیقات تهران
mina.soufi@gmail.com

^۲ استادیار گروه مهندسی نقشه برداری - دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

behzadi.saeed@gmail.com

^۳ استادیار دانشکده محیط زیست - دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات تهران

hossein.aghamohammadi@gmail.com

(تاریخ دریافت تیر ۱۳۹۶، تاریخ تصویب آبان ۱۳۹۶)

چکیده

حفظ الگوهای منسجم و مطلوب توسعه شهری از مشکلات اکثر شهرهای ایران می باشد و تنها راهکار ایده آل و مطلوب توسعه شهری همگون، برنامه ریزی برای نحوه استفاده از زمینهای شهری برای حال و آینده شهرهاست؛ چرا که برنامه ریزی کاربری اراضی شهری یکی از محورهای اصلی برنامه ریزی شهری است که همراه با برنامه ریزی شبکه، فضای سبز، تاسیسات شهری و غیره، استخوان بندی اصلی شهر و نحوه توسعه آنی شهر را مشخص می کند. نحوه رویکرد و چگونگی برنامه ریزی کاربری اراضی شهری نقش اساسی در کیفیت و کارایی برنامه های جامع شهری خواهد داشت. در سال های اخیر به منظور حل مشکلات موجود در نحوه رویکرد و چگونگی برنامه ریزی کاربری اراضی شهری استفاده از تکنولوژی عامل مبنا رشد قابل ملاحظه ای پیدا کرده است. عامل ها با تجمیع و ادغام تصمیم گیری های فردی الگوهای حاصله را تولید می کنند.

در این تحقیق، یک مدل عامل مبنای پویا در محیط GIS، برای مدل سازی رشد شهری با توجه به تغییرات کاربری اراضی توسعه داده شده است. به منظور مدل سازی تغییرات کاربری اراضی از عامل های محدودیت های فیزیکی، تناسب (سازگاری) و محدوده حفاظتی استفاده شده است. مدل توسعه داده شده دارای محیطی منعطف با قابلیت تغییر پارامترها و مقادیر اولیه با هدف مدل سازی رشد شهری است و رشد شهری شهر تهران در بازه زمانی ۵ ساله مورد بررسی قرار گرفته است. عامل های این مدل قطعات زمین، محدودیت های فیزیکی، تناسب و محدوده حفاظتی می باشد. این عامل ها می توانند در هر گام زمانی وضعیت خود را از توسعه نیافته به توسعه یافته تغییر دهند. تصمیم عامل برای تغییر وضعیت خود بر مبنای معیارهای شایستگی مشخص شده و محدودیت های لحاظ شده انجام می شود و در این میان ویژگی های مرتبط عامل نیز مورد ارزیابی قرار می گیرند.

واژگان کلیدی: مدل سازی عامل مبنا، کاربری اراضی، برنامه ریزی شهری، GIS

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

گسترش روزافزون صنعت در ابعاد مختلف حیات بشر از جمله امرار معاش، چالشی را در زندگی سنتی و فعالیتهای مرتبط با آن از جمله کشاورزی به وجود آورده است. توسعه کشاورزی مکانیزه از یک سو و تجمع ثروت و انواع امکانات اجتماعی و رفاهی در شهرها از سوی دیگر سبب شکل گیری روندی از مهاجرت از روستاها به شهرها و از شهرهای کوچکتر به شهرهای بزرگتر شده است. این روند همراه با رشد طبیعی جمعیت منجر به کمبود فضای شهری در شهرهای مهاجرپذیر و در نتیجه گسترش فیزیکی شهر و تغییر کاربری این اراضی شده است. با توجه به اینکه در کشور ما سختی کار کشاورزی و عدم پول کافی از دلایل عمده مهاجرت به شهر می باشد. همچنین با بررسی انجام شده در مقالات مختلف همانند مقاله آقای Liang و مرکز آمار ایران دلایل دیگری به شرح ذیل اشاره شده است:

جستجوی کار دیگر یا کار بهتر، تحصیل، استفاده از تسهیلات و امکانات، ازدواج، تبعیت از خانوار (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۲)، کارآموزی، زندگی با دوستان و خویشاوندان، بزنشستگی، وابستگی مهاجران، ازدواج، از مهم ترین دلایل مهاجرت هستند [۱].

از مهمترین مسائل زندگی امروزی، نحوه استفاده از زمین شهری است که نظارت بر چگونگی تفکیک اراضی موثرترین عامل در اجرای ضوابط منطقه بندی شهرها به مناطق مسکونی، صنعتی، تجاری، اداری و ضوابط مربوط به استفاده از اراضی شهری می باشد. ارزیابی چگونگی تقسیم و کاربری این اراضی شاید منعکس کننده تصویر گویا از منظر و سیمای شهری و همچنین چگونگی تخصیص فضای شهری به کاربردهای مختلف شهر در طی زمان و در جهت رسیدن به اهداف توسعه ای شهری باشد [۲].

کاربری اراضی^۱ از دو کلمه، کاربری و اراضی تشکیل شده است. اراضی به کلیه امکانات طبیعی یا خصوصیات و شرایط طبیعی یک محل نظیر اقلیم، زمین شناسی، خاک، توپوگرافی هیدرولوژی و ... اطلاق می شود. کاربری یعنی استفاده از امکانات طبیعی موجود بر حسب نیازهای انسانی که ممکن است منطبق بر استعداد اراضی و به

شیوه های علمی یا به روش سنتی و احتمالاً تخریب کننده اراضی باشد [۳].

از آنجا که جلوگیری از پدیده گسترش کاربری های شهری بدون انجام امور زیربنایی و برنامه ریزی بلندمدت امکان پذیر نیست، هم اینک این پدیده به عنوان یک واقعیت، پذیرفته شده است. بر همین اساس، متولیان امور شهری سعی بر آن دارند تا از یک سو مناطق بهینه برای گسترش کاربری های شهری را تعیین نمایند و از سوی دیگر با برنامه ریزی صحیح، توسعه را به مسیر دلخواه هدایت نمایند. با این وجود، تغییرات کاربری اراضی یک سیستم پیچیده به شمار می رود و همین امر سبب شده است که پیش بینی روند واقعی گسترش کاربری های شهری بسیار دشوار باشد [۴].

به همین دلیل، مدل سازی و شبیه سازی گسترش کاربری های شهری ابزاری سودمند و حیاتی در دست کارشناسان است تا با دیدی باز، مسیر واقعی این گسترش را با توجه به شرایط موجود مشاهده نموده، تمهیداتی برای سوق دادن آن به مسیر مطلوب بیندیشند. این دلایل موجب شده است که روش های چندی برای مدل سازی و شبیه سازی گسترش کاربری های شهری مورد آزمون و استفاده قرار گیرند [۵].

بنابراین، تحقیقات در این زمینه همچنان ادامه دارد و همواره مدل های جدید با در نظر گرفتن جنبه های گوناگون مسأله در جهت رفع کاستی های موجود ارائه می شوند.

هم اکنون بیشتر کشورهای توسعه نیافته و یا اکثر کشورهای در حال توسعه همچون ایران، با پدیده افزایش جمعیت رو به رو هستند [۶]. که آهنگ این رشد در ایران یکنواخت نیست؛ این بدین معناست که در شهرها شاهد رشد سریع هستیم و این رشد در روستاها کمتر و گاهی منفی نیز هست [۷].

شهر تهران به دلیل موقعیت خاص جغرافیای سیاسی، گستردگی خدمات شهری و پایتخت بودن، به عنوان بزرگترین و جذاب ترین شهر کشور در طی سال های اخیر توسعه ای سریع و متفاوت از سایر شهرها را تجربه کرده و می کند. در این بین مدل عامل-مبتنا^۲ به دلیل ماهیت پایین به بالا، قابلیت شبیه سازی تصمیم گیری و تنوع و انعطاف پذیری بالا از جایگاه ممتازی در بین روش های

^۲ Agent- Base Model

^۱ Land Use

مورد استفاده برخوردار شده است و مدل‌های زیادی تا کنون با استفاده از این روش در حوزه مورد بحث، پیاده‌سازی و به کار گرفته شده‌اند[۸].

به منظور دستیابی به اهداف یک تحقیق، انتخاب روش صحیح پژوهش از اهمیت بسیاری برخوردار است. انتخاب روش صحیح یک تحقیق، به منظور دستیابی به اهداف آن پژوهش اهمیت بسزایی دارد. برای اجرای این تحقیق، در مرحله نخست، با جستجو در منابع اطلاعاتی داخلی و خارجی، به مطالعه و تحقیق در زمینه تغییرات کاربری اراضی و تغییرات آن و همچنین مدل‌سازی عامل‌های پرداخته شده است. در مرحله بعد به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، محیط‌های مختلف مدل‌سازی و نحوه عملکرد آنها بررسی و مقایسه شده و از میان آنها محیط نرم‌افزاری سیستم اطلاعات مکانی جهت پیاده‌سازی انتخاب گردیده است. پس از ورود داده‌های جمع‌آوری شده و پیاده‌سازی مدل، سناریوهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته و پس از نتیجه‌گیری، پیشنهادات مورد نظر جهت بهبود نتایج، ارائه گردیده است.

۱-۱- پیشینه تحقیق

توماس شلینگ^۱ (۱۹۷۱) نخستین فردی بود که از مدل‌سازی عامل‌مبنا در علوم اجتماعی استفاده کرد. وی در این زمینه پیشگام بود. شلینگ مدلی برای تفکیک اقامتی ارائه کرد که هدف آن بررسی مستدل این مسأله بود که چگونه افراد خنثی و بی‌طرف می‌توانند غیرعادلانه محلاتی تفکیک‌شده ایجاد کنند. طبق گزارش‌های اولیه، این مدل بر روی کامپیوتر اجرا نشد و دانشجویان خود به صورت دستی محاسبات مربوط به آن را انجام دادند. ابزارهای مدل‌سازی عامل‌مبنا از آن زمان تاکنون پیشرفت‌هایی قابل توجهی داشته‌اند[۹].

از اواخر دهه ۱۹۸۰ تحقیقات و مدل‌سازی با استفاده از عامل‌ها در زمینه کاربری اراضی و تغییرات کاربری اراضی شروع گردید[۵]. با بکارگیری عامل‌ها در زمینه‌های مختلف به تدریج ضعف‌های اولیه مدل‌های عامل-مبنا در زمینه‌های مرتبط با مکان در مدل‌سازی شهری و کاربری اراضی از بین رفت و موفقیت‌های قابل توجهی در این زمینه حاصل شد[۱۰].

برای نخستین بار اوتر^۲ و همکاران در سال ۲۰۰۱ میلادی برای بررسی گسترش کاربری زمین از مدل عامل‌مبنایی استفاده کردند که ترکیبی از چندین نوع عامل بود[۱۱].

در سال ۲۰۰۴ پارکر و مرتسکی^۳ مدل عامل‌مبنای تغییر کاربری (مدل SLUDGE) را طراحی کردند که میزان تأثیرات دوری از شهر و میزان هزینه حمل و نقل بر الگوی توسعه شهری و کاربری اراضی را مورد بررسی قرار می‌دهد. در این مدل کاربران زمین عامل‌ها هستند و تصمیمات کاربران زمین مدل عامل‌مبنا است. در این مدل ترکیب کاربری‌ها و الگوی کاربری‌ها بر اساس تصمیمات استفاده‌کنندگان از زمین شکل می‌گیرد. این مدل نشان می‌دهد که ادغام کاربری‌های شهری و روستایی موجب گسترش فشرده شهر و یا توسعه پراکنده آن می‌شود[۱۲].

در سال ۲۰۰۹ میلادی دیگو والبوئنا^۴ و همکاران از مدل‌سازی عامل‌مبنا برای تعیین کاربری زمین در سطح منطقه‌ای استفاده کرد. مزیت بسیار مهم این مدل وسعت منطقه انتخاب می‌باشد که در مقیاس منطقه‌ای بکار گرفته شده است و قصد بر این است که انواع راهبردهای تصمیم‌گیری توسط عامل‌ها پیاده‌سازی شود[۱۳].

در سال ۲۰۱۱ در فونیکس ایالات متحده آمریکا به منظور شبیه‌سازی رشد شهری مدل عامل‌مبنایی توسعه داده شد. در این مدل به وسیله عامل، دیدگاه‌های مختلف مقامات دولتی، طرفداران محیط زیست و استفاده‌کنندگان از زمین شبیه‌سازی می‌شود. برای شبیه‌سازی رفتار عامل‌ها و تصمیم‌گیری مدل، ساختار باور-تمایل-قصد برای عامل‌ها در نظر گرفته شده است. در این مدل سه سناریوی کلی توسعه، اولویت توسعه اقتصادی و حفاظت از محیط زیست مورد بررسی قرار گرفت. در این مدل هم از مدل رگرسیون فضایی و هم از سیستم‌های چند عامله برای شبیه‌سازی توسعه آینده شهر استفاده می‌کند. این مدل با داده‌های بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ تنظیم و کالیبراسیون شد و برای شبیه‌سازی ده سال آینده شهر مورد استفاده قرار گرفت[۱۴].

^۲ Otter

^۳ Parker and Meretsky

^۴ Simulated Land-Use Dependent on Edge-Effect

^۵ Diego Valbuena

^۱ Thomas Schelling

در سال ۱۳۹۱ حسینی و همکاران، مدل عامل-مبنایی را جهت شبیه‌سازی گسترش اراضی شهری در قزوین پیاده‌سازی کردند. در مدل توسعه داده شده با استفاده از داده‌های سال ۱۳۸۴ برای شبیه‌سازی گسترش اراضی شهری در سال ۱۳۸۹ استفاده کردند و نتایج را با داده‌های واقعی مربوط به همین سال را با یکدیگر مقایسه و ارزیابی قرار دادند. مدل طراحی شده دارای ساختار سلولی بوده و توسعه‌دهندگان زمین عامل‌ها می‌باشند. در این مدل عامل‌ها به پنج دسته با اهداف مختلف دسته‌بندی شده‌اند که برای توسعه قابلیت رقابت با یکدیگر را دارند و همچنین سه فاکتور ارزش زمین، جذابیت و سطح دسترسی برای مدل‌سازی استفاده شده است. مدل فوق در محیط سامانه اطلاعات مکانی (GIS) و با ادغام نرم‌افزار NetLogo اجرا شد. این مدل توانست درصد توسعه شهری سال ۱۳۸۹ را با میزان شاخص کاپای ۷۸/۱۷ درصد، پیش‌بینی کند [۱۵].

در سال ۱۳۹۱ بهزادی و آل‌شیخ مدلی عامل‌مبنا ساختار باور-تمایل-قصد جهت بررسی مسائل مکانی ارائه کردند. در این مدل مفاهیم مکانی در محتوای معماری (باور-تمایل-قصد) عامل لحاظ شده است و به عنوان نمونه مدل مکانی عامل‌مبنایی بر اساس این معماری طراحی و برای آنالیز برنامه‌ریزی کاربری شهری بکار گرفته شده است. روش پیشنهادی بر روی یکی از مناطق شهرداری شهر تهران مورد استفاده قرار گرفت. عامل در این مدل پارامترهای مناسب، سازگاری، وابستگی، تمایل مالک و سرانه را برای برنامه‌ریزی کاربری شهری در نظر می‌گیرد [۱۶].

همچنین در سال ۲۰۱۳ مسگری یک مدل عامل‌مبنا برای تصمیم‌گیری و ارائه پیشنهاد جهت هدایت صحیح املاک به تغییر کاربری ارائه کرد. در این تحقیق دو پارامتر سازگاری و وابستگی بکار گرفته شده است. در این روش، ناحیه تحت برنامه‌ریزی به زون‌هایی برای اجرای سیاست‌ها و اهداف طرح‌های جامع تقسیم می‌گردد. هر ناحیه با کاربری‌های منحصر به فردی شناخته می‌شود و برای هر ناحیه یک طرح کاربری زمین همراه با محدودیت‌ها و قواعد استفاده و ساختمان‌سازی ایجاد می‌شود. مسگری در این تحقیق به جهت ساده‌سازی، تنها کاربری‌های موجود در منطقه را مد نظر قرار داده است. همچنین جهت اعتبارسنجی عامل دیگری با عنوان عامل تغییر کاربری

تعریف کرده است. این عامل در هر اجرا درصدی از پلاک‌ها را جهت تغییر کاربری انتخاب و کاربری آن‌ها را به اولویت اول کاربری آن‌ها تغییر می‌دهد. از اهداف این تحقیق ایجاد اولویت کاربری و نیز ایجاد یک محیط پویا که در آن بر اثر تغییر کاربری یک پلاک اولویت کاربری پلاک‌های همسایه تغییر کند [۱۷].

۲- روش اجرای تحقیق

از نظر مفهومی، در فرایند مدل‌سازی عامل‌مبنا دستوریهایی به عامل‌های مجازی داده می‌شود تا اجازه تعامل با یکدیگر را پیدا کنند. مدل عامل‌مبنا در برگزیده یک توالی از فعالیت‌هایی است که از مرحله شناخت تصمیم‌گیری شروع شده و با ارائه پیشنهاد پایان می‌پذیرد. مدل‌های عامل‌مبنا علل شکل‌گیری الگوها را مورد کاوش و بررسی قرار می‌دهند. الگوها ویژگی‌های کیفی ناشی از تصمیمات فردی عامل‌ها هستند [۹].

مدل‌سازی عامل‌مبنا را می‌توان ذاتاً روشی برای شناسایی و تعیین عواقب احتمالی رفتارهای گروه‌ها و افراد در سطح سیستم در نظر گرفت [۹].

مدل‌سازی عامل‌مبنا در ترکیب با داده‌های مکانی این امکان را در اختیار محقق قرار می‌دهد تا طیف گسترده‌ای از مسائل را مورد بررسی قرار دهد [۹].

مدل‌سازی عامل‌مبنا به مدل‌سازان امکان می‌دهد تا قوانین رفتاری افراد یا گروه‌ها را مشخص و موقعیت‌ها یا زمینه‌هایی را که افراد در آن‌ها مستقر هستند را شناسایی کنند. به علاوه، این نوع مدل‌سازی باعث می‌شود مدل‌سازان بتوانند قوانین فوق را به دفعات متعدد در زمینه‌ها و شرایط مناسب اجرا کنند و بدین ترتیب، دستاوردها و نتایج احتمالی آن‌ها در سطح سیستم را مورد شناسایی قرار دهند [۹].

عامل‌ها معمولاً معرف تصمیم‌گیران در مدل‌های عامل‌مبنا هستند. به معنای دقیق کلمه، عامل‌ها در موقعیت‌ها و شرایط مختلف از خود سازگاری و تغییرپذیری نشان می‌دهند. عامل‌ها اغلب اجزایی به صورت جداگانه قابل‌شناسایی و تا حدودی منفصل و متمایز هستند. البته، عامل‌ها نباید کاملاً از یکدیگر جدا باشند. مرزهای پیرامون عامل‌ها می‌تواند پراکنده و

غیرمتمرکز باشد و عامل‌ها نیز می‌توانند میزان قابل توجهی از اطلاعات را با یکدیگر به اشتراک بگذارند [۹].

عامل‌ها علاوه بر این که به صورت محدود عقلانی هستند، تنها می‌توانند از اطلاعات محلی استفاده کنند. در این مورد خاص، صفت محلی به معنای به هم پیوستگی فیزیکی نیست و بیشتر بر این نکته تأکید دارد که هر عامل دارای یک محیط پیرامونی محدود و بالقوه متغیر است که می‌تواند اطلاعات را از آن به دست آورد. محیط پیرامونی عامل‌ها می‌تواند هم شامل منابع اطلاعاتی که از نظر جغرافیایی نزدیک هستند باشد و هم منابع از راه دور از جمله سامانه تلفنی، پیام‌های فوری، ایمیل و شبکه جهانی وب را در بر بگیرد. محل و محیط پیرامونی تأثیرات متداولی را بر عامل‌ها بر جا می‌گذارد و باعث می‌شود تا هر عامل از تعداد محدودی منبع اطلاعاتی برخوردار باشد و هیچ یک از عامل‌ها نیز نتوانند فوراً و همیشه از همه چیز اطلاع پیدا کنند [۹].

عامل‌ها به طور کلی و به مرور زمان با تجربیات خود انطباق می‌یابند و از آن‌ها درس‌هایی می‌آموزند. این یادگیری می‌تواند عمیق باشد زیرا عامل‌ها قادر به تدوین راهبردهای رفتاری کاملاً جدید هستند. از سوی دیگر، این یادگیری می‌تواند سطحی نیز باشد زیرا عامل‌ها پارامترهای ساده‌ای که تعیین‌کننده کنش‌ها و اقدامات بعدی آن‌ها است را شناسایی و مشخص می‌کنند. به گفته جان کستی^۱، انطباق مستلزم برخورداری از «قوانین و قوانین تغییر قوانین» است. دشواری و پیچیدگی «قوانین و قوانین تغییر قوانین» به موقعیت و شرایط مدل‌سازی شده بستگی دارد. گاه با وجود آن که مدل‌ها به شکل عامل‌مبنا ساختار بندی می‌شوند، عامل‌های تصمیم‌گیر خود فاقد کیفیت لازم برای انطباق و یادگیری هستند. در چنین شرایطی، شبیه‌سازی را مدل پیش‌عاملی و تصمیم‌گیران را پیش‌عامل‌ها می‌نامند [۹].

محیط نیز یکی از عواملی است که نقش و تأثیر مهمی در مدل‌های عامل‌مبنا دارد. بر خلاف عامل‌ها، محیط تصمیم‌گیری نمی‌کند. با این وجود، محیط ماهیتی تعاملی دارد زیرا می‌تواند به مرور زمان تکامل یابد و تغییر کند. علاوه بر این، محیط می‌تواند به عنوان نوعی حافظه یا ذخیره‌ساز اطلاعات مربوط به عواقب رفتارهای پیشین

عامل‌ها عمل کند؛ عواقبی که ممکن است بر تصمیم‌گیری‌های آینده آن‌ها تأثیر بگذارند [۹].

از نظر مفهومی، در فرایند مدل‌سازی عامل‌مبنا دستوراتی به عامل‌های مجازی داده می‌شود تا اجازه تعامل با یکدیگر را پیدا کنند. عامل‌ها ممکن است حیوان، تانک، زمین، کامیون تحویل مرسوله یا هر شیء مجزایی باشند. الگوها بر اساس تصمیمات و کنش‌های عامل‌ها در مکان و زمان ایجاد می‌شوند. بر خلاف بسیاری از تکنیک‌های مدل‌سازی که نخست الگوها را کمی‌سازی و سپس از نو خلق می‌کنند، مدل‌های عامل‌مبنا علل شکل‌گیری الگوها را مورد کاوش و بررسی قرار می‌دهند. الگوها ویژگی‌های کیفی ناشی از تصمیمات فردی عامل‌ها هستند [۹].

برنامه‌نویسی شیء‌گرا (OOP) پایه و بنیان قدرتمندی برای ساختن مدل‌های عامل‌مبنا به شمار می‌رود. اشیاء درون سیستم‌های برنامه‌ریزی شیء‌گرا اجزای نرم‌افزاری مجزایی هستند که با استفاده از روش‌های خاص خود داده‌ها را با توابع در هم می‌آمیزند. داده‌های عامل می‌توانند ویژگی‌های متصل یا منفصلی باشند که ممکن است بر کنش‌های عامل‌ها یا تعاملات بین آن‌ها تأثیر بگذارند. کنش‌ها و اقدامات عامل‌ها را می‌توان به گونه‌ای برنامه‌ریزی کرد که به صورت مقارن (هر یک از عامل‌ها کنش‌ها و اقدامات خود را در مراحل زمانی منفصل تعیین‌شده انجام می‌دهد) یا غیرمقارن (کنش‌ها و اقدامات عامل‌ها با توجه به ساعت یا کنش‌ها و اقدامات سایر عامل‌ها زمان بندی می‌شود) روی دهند. اقدامات عامل‌ها طیف گسترده‌ای را شامل می‌شود. این اقدامات می‌توانند ماهیتی کاملاً واکنشی داشته باشند (عامل‌ها تنها زمانی دست به اقدام و کنش می‌زنند که یک محرک خارجی از جمله اقدامات و کنش‌های سایر عامل‌ها مسبب آن شود) و یا حتی هدفمند (به منظور دستیابی به یک هدف خاص) باشند. پژوهش‌های انجام یافته در حوزه هوش مصنوعی چارچوب‌هایی برای فرایند یادگیری توسط عامل‌ها در اختیار ما قرار داده است. عامل‌های هدفمند در قالب این چارچوب‌ها بازخوردهایی درباره کنش‌ها و اقدامات پیشین خود دریافت می‌کنند و بدین ترتیب، توانایی خود در تحقق اهداف مورد نظر را ارتقا می‌بخشند. علاوه بر این، پژوهش‌های فوق باعث شده‌اند تا دریابیم که چگونه اقدامات و کنش‌های جمعی عامل‌های متعددی که در راستای منافع خود عمل می‌کنند به ایجاد مجموعه‌ای از

^۱ John Casti, 1998

الگوها می‌انجامد که سلامت جمعی عامل‌ها را تقویت یا تضعیف می‌کنند [۹].

تلفیق GIS و مدل سازی عامل مبنا مزایای قابل توجهی دارد. نخست اینکه با استفاده از ساختار برداری GIS دیگر نیازمند تحمیل محدودیت‌های مکانی بر شبیه سازی و ساده سازی مفهوم مکان وجود ندارد. از طرفی سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی فعلی ماهیت استاتیک دارند، از این رو تلفیق این دو با یکدیگر توانایی‌های GIS برای مدل سازی پدیده‌های پویا را بهبود خواهد بخشید. این موضوع گویای این مطلب است که مدل داده‌های مکانی می‌توانند با پروسه‌های مکانی-زمانی ادغام شوند و این نکته در کاربردهای شهری که در آنها فرایندها و فرم‌ها حائز اهمیت هستند بسیار مفید است. ابزارهای موجود در نرم افزار GIS در توصیف فرایندهای زمانی-مکانی ضعیف است و از طرفی مدل سازی عامل مبنا از لحاظ مکانی دارای نقص است. از سوی دیگر، برای انجام شبیه سازی یک پدیده پیچیده جمع آوری و نگهداری داده‌ها با دقت و صحت بالا ضروری است. نرم افزار GIS این قابلیت را دارد که محیطی فراهم کند که در آن جمع آوری داده‌ها و حفظ تمامیت آنها به طور مناسبی صورت گیرد. بنابراین در این تلفیق هر یک نقاط قوت خود را در اختیار دیگری قرار می‌دهد. با ادغام یک سامانه اطلاعات جغرافیایی در مدل سازی عامل مبنا می‌توان از نقاط قوت هر دو بهره برد. به عبارت دیگر، می‌توان از ویژگی‌ها و امکانات پویای مدل سازی شیء‌گرا در یک مدل عامل مبنا و ویژگی‌ها و امکانات مدل سازی مکانی یک سامانه اطلاعات جغرافیایی برای درک دقیق تر ماهیت پدیده‌ای که قصد مدل سازی آن است، استفاده کرد.

مدل سازی عامل مبنا درصدد است تا رابطه بین الگوهای مکانی مشاهده شده و فرایندهای تشکیل دهنده آن‌ها را بررسی کند [۵].

پر واضح است که جمعیت افزوده شده نیاز به فضای اسکان دارد. بخشی از جمعیت اضافه شده، با افزایش تراکم در فضای شهری جبران می‌شود و از آنجایی که شهرها ظرفیت پذیرش جمعیتی معین را دارند، مازاد جمعیت افزوده شده به دلیل کمبود فضای شهری، منجر به گسترش ساخت و ساز و افزایش کاربریهای شهری اعم از مسکونی و تجاری در فضای اطراف (حاشیه) شهرها می‌شود. به دلیل رشد سریع و بدون برنامه ریزی شهری،

عموماً توسعه مناطق شهری، مطابق با استانداردهای شهرسازی نبوده و عدم فراهم نمودن تسهیلات و خدمات مورد نیاز و همچنین وقوع کاربری‌های ناسازگار در مجاورت یکدیگر و اختلاط نامناسب کاربری‌ها، موجب پایین آمدن سطح کیفیت و کارایی کاربریها و فعالیتهای مرتبط گردیده و لزوم برنامه ریزی کاربری شهری را دوچندان کرده است [۱۸].

به جهت نقش مهم منابع طبیعی و استفاده صحیح از زمین، نقش طراحان شهری و متخصصان محیط زیست، در این معقوله حائز اهمیت است و برای رسیدن به اهداف ذکر شده، روش‌هایی را ارائه نموده‌اند. با توجه به اینکه شهر پدیده‌ای دینامیک و پویاست، دارای ابعاد مکانی-زمانی می‌باشد که همواره در حال تغییر است. چنانچه بتوان این خصیصه را در قالب مدلی گنجانده که بوسیله آن بتوان این روند را تحلیل کرد، نتایج حاصله برای برنامه ریزی بسیار باارزش خواهد بود. از آنجایی که از وظایف مهم برنامه ریزان شهری، نظم بخشیدن به فضاهای شهری به جهت دسترسی به امکانات و خدمات شهری و توزیع مناسب کاربری‌های مختلف شهری است، بر همین اساس روش‌های مختلفی جهت توزیع مناسب کاربری‌های مختلف شهری ارائه شده که در آن از تحلیل‌های مختلف GIS استفاده شده است. استفاده از سیستم اطلاعات مکانی به عنوان ابزاری قدرتمند برای ارزیابی و تجزیه و تحلیل مسئله می‌تواند نقش مؤثری در تصمیم سازی بهینه ایفا نماید. با توجه به پیچیدگی مسئله مدل سازی عامل مبنا، ادغام آن در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، می‌تواند نقش ارزشمندی در حل مسائل مطرح شده ایفا کند [۱۸].

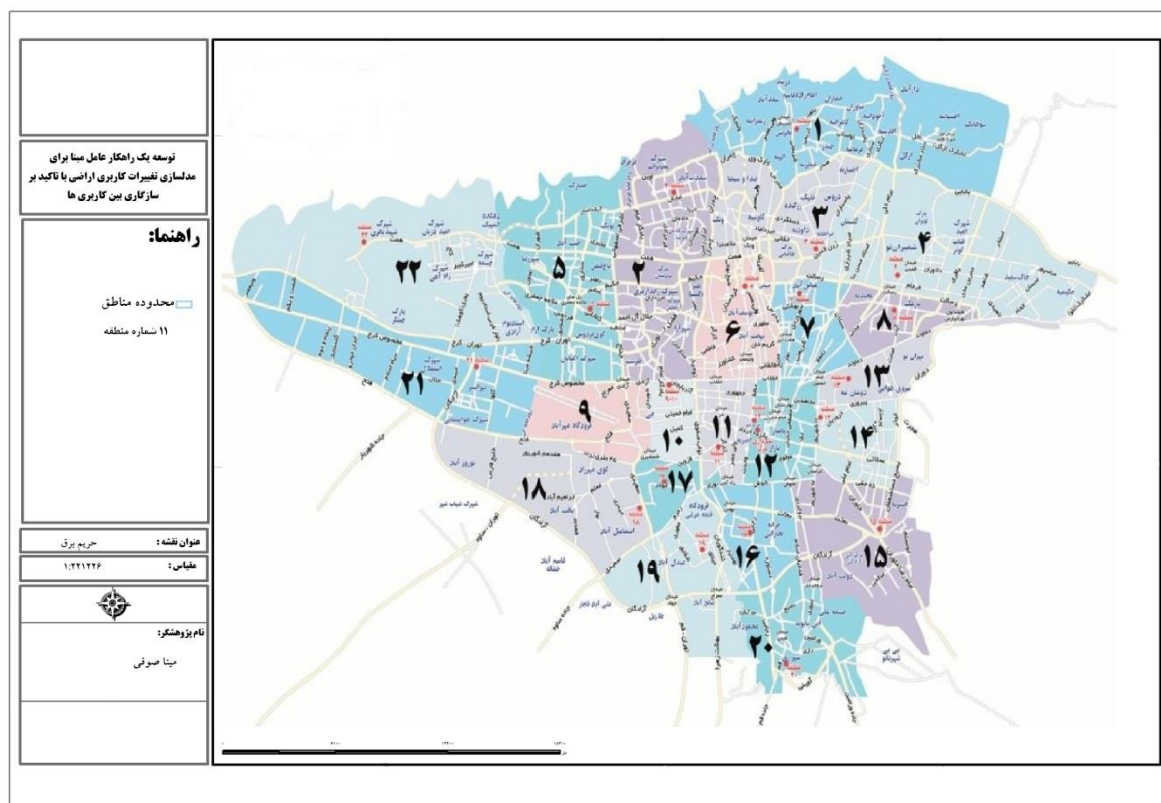
در این تحقیق سعی شده است تا با ارائه راه کاری دقیق برای مدل سازی تغییرات کاربری اراضی، بتوان با توجه به تغییرات رخ داده در گذشته، تغییرات آتی را تا حد امکان پیش بینی نمود.

۲-۱- محدوده مورد تحقیق

استان تهران به مرکزیت شهر تهران، با وسعتی حدود ۱۲،۹۸۱ کیلومتر مربع، بین ۳۴ تا ۳۶٫۵ درجه عرض شمالی و ۵۰ تا ۵۳ درجه طول شرقی واقع شده است. این شهر در حدود ۷۳۰ کیلومتر مربع مساحت دارد. شهرداری تهران از دیدگاه تأمین نیازمندی‌ها و اداره بهتر سطح شهر

در این تحقیق هدف بر این است با استفاده از مدل عامل مبنا پیش‌بینی توسعه شهری با استفاده از داده‌های موجود حاصل گردد تا بتوان برای توسعه‌های آتی مورد استفاده قرار گیرد. در شکل ۱ منطقه مورد مطالعه مشخص گردیده است. (مقیاس تمامی نقشه‌ها ۱:۲۰۰ می‌باشد).

را به ۲۲ منطقه شهرداری و ۱۱۲ ناحیه بخش کرده که شهر ری و تجریش را نیز شامل شده است. استان تهران در دامنه جنوبی بخش مرکزی رشته کوه‌های البرز قرار دارد. این استان از ارتفاعات بلند، زمین‌های مرتفع و زمین‌های نسبتاً پست و کم‌ارتفاع تشکیل شده است [۱۹].



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه

۲-۲- روند کار

پس از تهیه اطلاعات مورد نیاز، ورود داده‌ها و مدل‌سازی در دستور کار قرار گرفت. در این مدل‌سازی مشخص نمودن شاخص‌ها و پارامترها، آماده سازی لایه‌های اطلاعاتی، مشخص نمودن فاکتورهای تأثیرگذار در مسائل کاربری زمین و ورود اطلاعات به محیط شبیه‌سازی دارای اهمیت بسزایی است. به منظور حفظ سادگی مدل نیازی به تفکیک توسعه انواع مختلف کاربری اراضی نیست (به عنوان مثال، توسعه تجاری در برابر توسعه مسکونی). این مدل رشد شهری یک مدل مبتنی بر شایستگی است. عامل‌های قطعه زمین در هر گام زمانی (سال) وضعیت فعلی خود را ارزیابی می‌کنند و بر اساس وضعیت و محیط فعلی خود و مجموعه‌ای از معیارهای شایستگی تصمیم به تغییر دادن وضعیت توسعه خود (تغییر از وضعیت توسعه‌نیافته به یکی از دو وضعیت توسعه یافته) یا حفظ آن می‌گیرند.

از آنجا که در این تحقیق اولویت با طراحی بهینه مدل است سعی بر آن بوده تا از داده‌های مناسب و از منابع مطمئن موجود تهیه شوند. لذا از داده‌های به روز شده سازمان مدیریت بحران شهر تهران استفاده شده است. به دلیل کامل بودن داده‌ها، مدل‌سازی برای کل شهر تهران در نظر گرفته شده است. همانطور که پیش‌تر بیان شد، با استفاده از میان‌افزار Agent Analyst امکان مدل‌سازی عامل مبنا در محیط نرم‌افزار Esri ArcGIS امکان‌پذیر می‌باشد. در طراحی مدل از یک toolkit به نام Repast استفاده شده است. Repast شامل مجموعه‌ای از کلاس‌های اصلی برای تولید، اجراء، نمایش و ذخیره اطلاعات شبیه‌سازی شده عامل مبنا می‌باشد که محققین دانشگاه شیکاگو این مجموعه را ارائه کرده‌اند. استفاده از Repast این امکان را فراهم می‌آورد تا مدل‌های پیچیده آسانتر پیاده‌سازی شوند [۲۰].

عامل های قطعه زمین بر اساس این معیارها قوانین رفتاری زیر را برای تغییر وضعیت خود از توسعه نیافته به توسعه یافته در نظر می گیرند:

- در صورتی که نسبت مساحت غیر قابل احداث قطعه زمین به کل مساحت آن از یک مقدار آستانه از پیش تعیین شده فراتر رود (به دلیل پاره ای محدودیت های فیزیکی)، عامل توسعه نخواهد یافت. (یعنی مساحت قسمت بایر یک قطعه زمین کمتر از مقدار آستانه تعریف شده باشد).
- چنانچه قطعه زمین دارای مالکیت عمومی باشد، احتمال توسعه یافتن آن بسیار اندک خواهد بود. (قطعه زمین هایی که مالکیت عمومی دارند، دارای کاربری هستند. در این تحقیق، زمین های بایر و فاقد کاربری برای مدل سازی در نظر گرفته شده اند).
- در صورتی که قطعه زمین فاقد دسترسی مستقیم یا با واسطه (از طریق قطعات زمین همجوار یا همسایگی) به جاده محلی باشد، توسعه نخواهد یافت. (فاقد دسترسی به راه اصلی).
- چنانچه فاصله قطعه زمین با یک جاده اصلی بالاتر از مقدار آستانه از پیش تعیین شده باشد، احتمال توسعه یافتن آن کمتر خواهد بود.
- چنانچه قطعه زمین در یک منطقه حفظ کاربری اراضی قرار گرفته باشد، احتمال توسعه یافتن آن کمتر خواهد بود.
- چنانچه درصد بزرگی از قطعات زمین همجوار قطعه زمین مورد نظر توسعه یافته باشند، احتمال توسعه یافتن آن بیشتر خواهد بود.

لازم به ذکر است در این مدل سازی عامل تعریف شده پارسل های بایر شهرداری شهر تهران (سال ۱۳۹۰) می باشد که زمین های بایر را توسعه نیافته و زمین های غیربایر را توسعه یافته در نظر گرفته شده اند و به منظور افزایش سرعت و کارایی مدل، لایه توسعه نیافته به عنوان ورودی لحاظ شده است. تعداد زمین های بایر ۱۳۶۰۵ قطعه می باشد.

در این تحقیق نشان داده خواهد شد که چگونه می توان از داده های سامانه اطلاعات جغرافیایی که نشان دهنده تأثیر محدودیت های زیست محیطی و سیاست گذاری بر فرایند

توسعه هستند برای تأثیرگذاری بر تصمیم گیری های عامل های چندضلعی^۱ استفاده کرد. در این مدل، عامل های قطعه زمین در هر گام زمانی وضعیت توسعه خود را با توجه به قوانین رفتاری و روابطشان با محیط تعیین و مشخص می کنند.

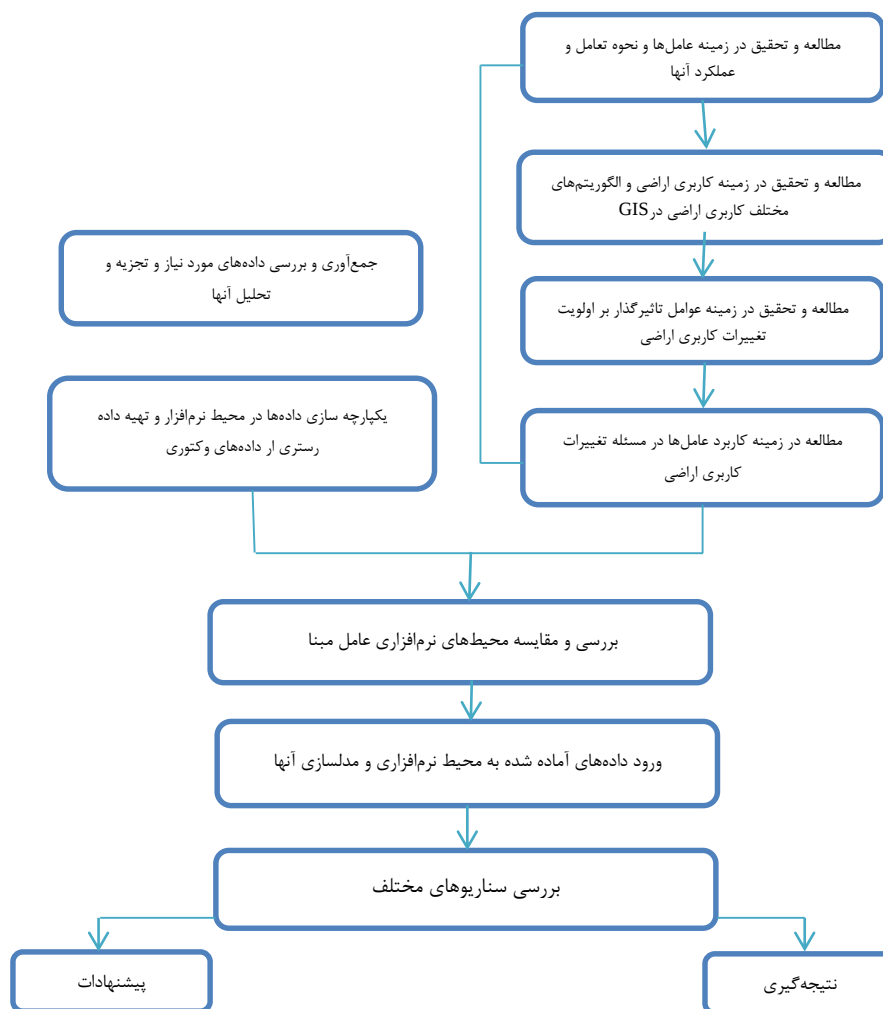
در این مطالعه، سه فاکتور مهم به منظور توسعه قطعه زمین در نظر گرفته شده است که تمامی فاکتورها با توجه به قوانین جاری در امر شهرسازی شهر تهران لحاظ شده اند. این شاخص ها در قالب دو نقشه رستری و برداری مورد استفاده قرار گرفته اند که هر یک از این نقشه ها حاصل ادغام چندین فاکتور هستند. داده اصلی مورد نیاز در مدل، داده رستری ارزش زمین است تا به سیستم وارد گردد. بنابراین ابتدا می بایست رستر مربوط به ارزش زمین و رستر سایر داده ها تهیه گردد. بر اساس سیاست های بومی زمین در تهران در کنترل مسائل کاربری زمین عوامل زیادی تأثیرگذار هستند. در این مدل سازی تنها معیارهای زیر که بر تصمیم گیری عامل قطعه زمین برای تغییر وضعیت توسعه خود تأثیر می گذارند، لحاظ می شوند:

- محدودیت های فیزیکی از جمله شیب زیاد (بالاتر از ۲۰ درصد)، وجود مناطق حائل جریان آب (حریم رودخانه)، وجود خط گسل (حریم گسل)، حریم پست برق، ارتفاع و مناطق سیل خیز. نواحی برخورد از این محدودیت های فیزیکی غیرقابل احداث در نظر گرفته می شوند.
- معیارهای شایستگی (تناسب) از جمله مالکیت (خصوصی در برابر عمومی)، دسترسی به جاده های محلی، فاصله تا جاده های اصلی، مراکز صنعتی، آموزشی، بهداشتی و درمانی، و فاصله تا شهر و

۱ عامل های چندضلعی: عامل های چندضلعی نماینده واحدهایی ثابت در محیط (مرزهای معرف کدهای پستی) هستند. عامل های چندضلعی خود تغییر نمی کنند و در واقع تغییر وضعیت آنها توسط آنچه که این عامل ها میزبان آن هستند انجام می شود. تغییر می تواند توسط عاملی تجمعی (به عنوان مثال، ساکنان یک منطقه یا محله) که از نظر مکانی به عامل چندضلعی (به عنوان مثال، منطقه مربوط به یک کدپستی خاص) پیوند خورده است، انجام شود. ساکنان می توانند بین مناطق پستی مختلف جابجا شوند [۱].

مسلماً در نظر گرفتن پارامترهای بیشتر موجبات دقیق‌تر شدن نتایج را به دنبال خواهد داشت. در این مدل‌سازی، پارامتر تناسب (سازگاری) به صورت لایه رستری است و پارامترهای محدوده حفاظتی و محدودیت فیزیکی به صورت وکتوری مورد استفاده قرار گرفته است. مراحل اجرای تحقیق در قالب نمودار زیر ارائه می‌گردد:

- تمهیدات و سیاست‌های حفظ کاربری اراضی از جمله در نظر گرفتن مواردی همچون حیات وحش، توجه به فضای سبز، نظامی، تاریخی و باستانی، فرودگاه و گورستان (به طور مثال آیا قطعه زمین مورد نظر در گذرگاه‌های حیات وحش تحت حفاظت قرار گرفته است یا خیر).
- وضعیت توسعه قطعات زمین همجوار (همسایگی)



شکل ۲- نمودار مراحل اجرای تحقیق

ترکیب شوند. وزن این پارامترها با استفاده از کارشناس مربوطه در مرکز مدیریت بحران شهر تهران و براساس میزان اهمیت هر پارامتر در مدل‌سازی بکار گرفته شده است. پس از وزن‌دهی به پارامترها، نقشه‌های رستری (با بکارگیری جعبه ابزار در محیط نرم افزار ArcGIS با استفاده از دستور Polygon to raster) بدست می‌آید که در آن هر سلول دارای اطلاعات مربوط به ارزش پارسل می‌باشد.

۲-۳- پیاده سازی

در ابتدا داده‌های خام تهیه شده از مراکز دولتی که بصورت برداری بودند در محیط نرم‌افزار ArcGIS، لایه رستری آنها تهیه گردید. پس از تهیه نقشه‌های رستری مربوط به هر کدام از شاخص‌های ذکر شده، لازم است این نقشه‌ها با وزن مناسبی

لازم به ذکر است جهت ترکیب لایه‌ها از روش AHP مکانی با ابزار Weight Overlay در محیط نرم‌افزار ArcGIS استفاده شده است. از بعضی فاکتورهای مهم در این مدل سازی استفاده شده است. این فاکتورهای مهم و تأثیرگذار در قالب سه پارامتر دسته‌بندی شده است (میزان بافر در نظر گرفته شده برای هر یک از فاکتورها با استفاده از کارشناس سازمان مدیریت بحران شهر تهران لحاظ شده است). که هر یک در جداول زیر آورده شده است. به منظور توسعه یافتن یک قطعه زمین بایر، می بایست تمامی محدودیت‌های فیزیکی و سازگاری در نظر گرفته شده در جدول زیر لحاظ گردد که مجموع هر یک از این محدودیت‌ها شاخص ۱۰۰ را نشان می‌دهد.

جدول ۱- جداول شاخص‌ها و میزان بافر و وزن مقادیر هر یک از آنها

محدودیت فیزیکی	میزان بافر و حریم
حریم رودخانه	۳۰ متر
حریم گسل	۱ کیلومتر
حریم پست برق	۵۰ متر
حریم راه‌ها	۲۰ متر
شیب	۲۵ درصد
ارتفاع	۱۵
مجموع	۱۰۰
تناسب یا سازگاری	وزن (ارزش)
دسترسی به راه اصلی	۳۰
دسترسی به خدمات شهری	۲۰
حمل و نقل عمومی	۱۰
مراکز صنعتی	۰
مراکز آموزشی	۱۰
مراکز بهداشتی درمانی	۱۰
مسکونی	۲۰
مجموع	۱۰۰
محدوده حفاظتی	بایتری (۰ یا ۱)
حیات وحش	(۰ یا ۱)
فضای سبز	(۰ یا ۱)
مراکز نظامی	(۰ یا ۱)
اماکن تاریخی باستانی	(۰ یا ۱)
فرودگاه	(۰ یا ۱)
گورستان	(۰ یا ۱)
محدوده حفاظتی	(۰ یا ۱)

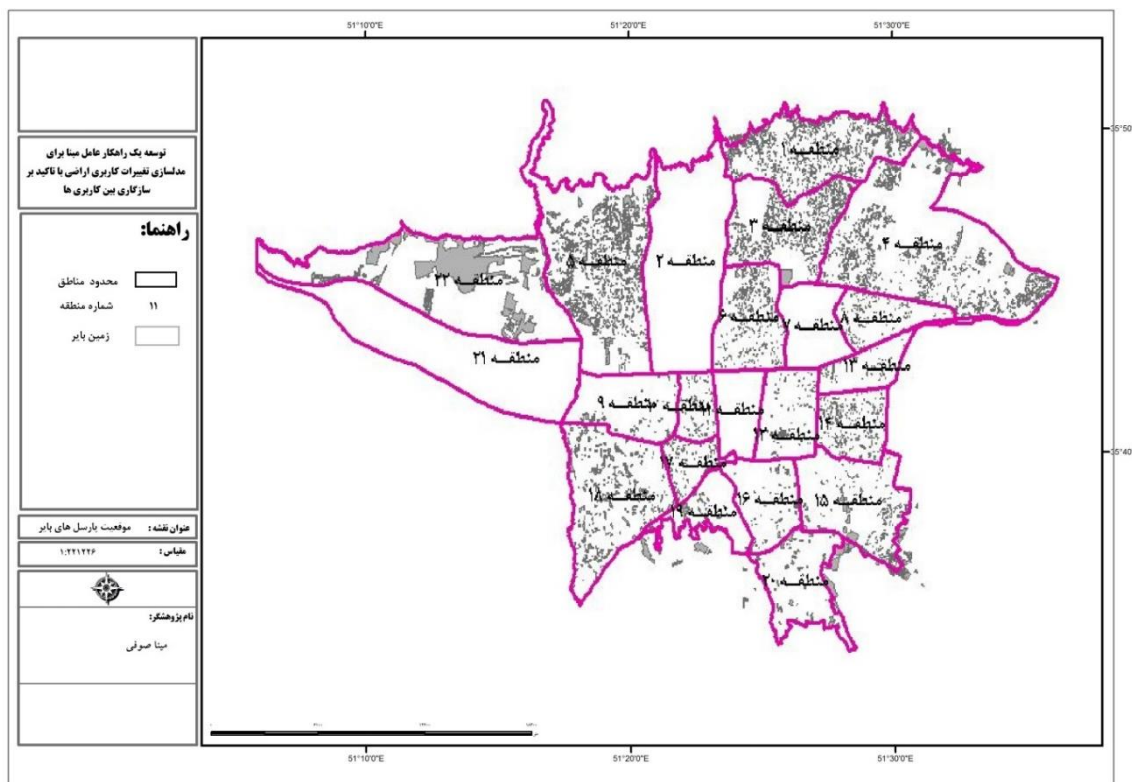
از تلفیق لایه محدودیت فیزیکی و محدوده حفاظتی به روش باینری در محیط نرم‌افزار ArcGIS یک لایه واحد بدست آمده که محدوده‌ها در منطقه مورد مطالعه را به دو

دسته تقسیم کرده است. مراکزی که با لحاظ شدن دو پارامتر محدودیت فیزیکی و محدوده حفاظتی برای توسعه یافتگی شایستگی دارند و مراکزی که شایستگی توسعه یافتگی را ندارند. مراکز قرمز نشان‌دهنده مراکزی هستند که برای توسعه یافتگی صلاحیت ندارند و مراکز سبز مراکزی هستند که در طی سالیان آینده صلاحیت توسعه یافتگی دارند. نقشه ۳ توسعه با فاکتور محدودیت فیزیکی و حفاظتی را نمایش می‌دهد.

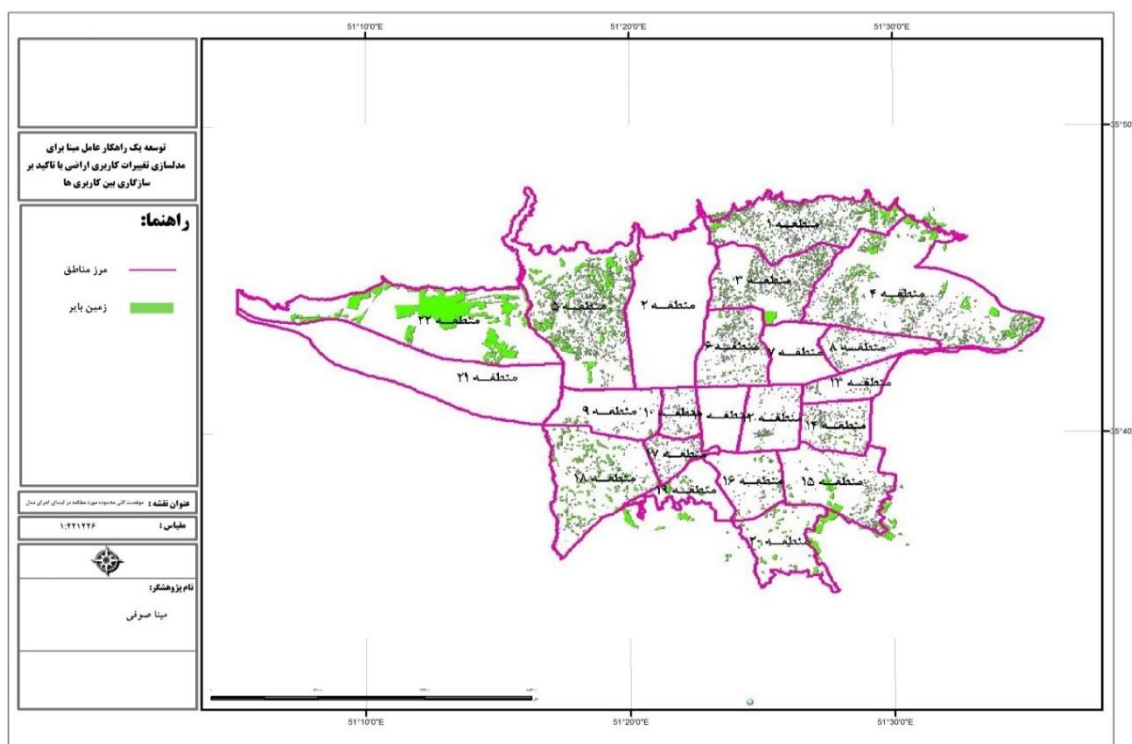
معیارهای مربوط به پارامتر تناسب با روش وزن‌دهی AHP در محیط نرم‌افزار ArcGIS ارزش‌دهی شده است. که در قالب یک عامل رستری در اجرای مدل بکار گرفته شده است. شکل ۴ نقشه فاکتور تناسب در محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

لایه ورودی به مدل، لایه زمین (پارسل‌های شهری شهر تهران) در نظر گرفته شده است که پارسل‌های بایر (فاقد کاربری) در اجرای مدل بکار گرفته شده‌اند. در شکل ۵ پارسل‌های بایر شهر تهران نمایش داده شده است. در نهایت در طراحی مدل عامل مبنا، دو شاخص در نظر گرفته شده است. یکی عامل تناسب و دیگری عامل محدودیت فیزیکی و حفاظتی است. لایه ورودی به مدل، لایه زمین (پارسل‌های بایر) در نظر گرفته شده است. هر قطعه زمین یا پارسل با عامل تناسب سنجیده می‌شود. حداقل تناسب در این مدل ۱۰۰ در نظر گرفته شده است. در پارامتر تناسب هر چه میزان Threshold (آستانه) بالاتر در نظر گرفته شود، محدودیت بیشتر می‌شود. نحوه ارزش گذاری هر پارسل بدین صورت است که ابتدا ارزش هر سلول مرحله به مرحله در هر گام زمانی با توجه به پارامترهای معرفی شده به مدل سنجیده می‌شود. چنانچه هر سلول ارزش لازمه از هر پارامتر را کسب کند وارد مرحله بعدی می‌شود. در غیر اینصورت آن سلول در آن مرحله از ادامه باز خواهند ماند. هر گام زمانی معرف یک سال است. در این تحقیق، گام زمانی ۵ ساله در نظر گرفته شده است و حداکثر ساین پیکسل‌ها ۲۰۰۰۰ در نظر گرفته شده است.

با مشخص نمودن تعداد گام اجرای برنامه و میزان حداکثر ساین قطعه زمین‌ها، مدل را اجرا کرده و شاهد تغییرات در پارسل‌ها خواهیم بود. لازم به یادآوری است که با تغییر هر یک از این مقادیر میتوان نتایج متفاوتی را حاصل کرد. شکل ۶ نمایی از موقعیت کلی محدوده تحت مطالعه در ابتدای اجرای مدل را نشان می‌دهد.



شکل ۵- نقشه پارسل های بایر در محدوده مورد مطالعه



شکل ۶- نمایش موقعیت کلی محدوده مورد مطالعه در ابتدای اجرای مدل عامل مبنا

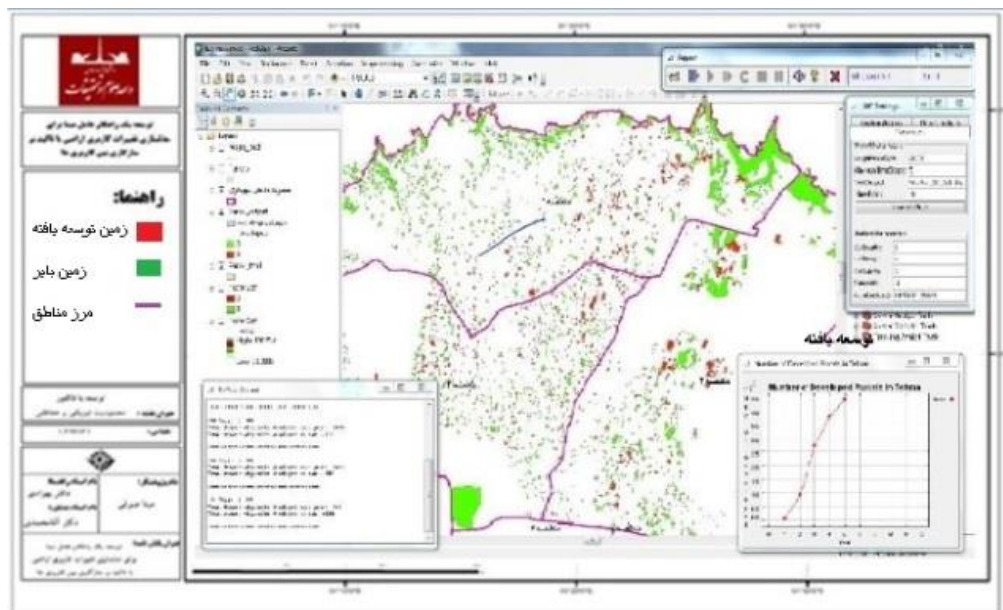
۳- تجزیه تحلیل نتایج بدست آمده

در ابتدای اجرای مدل فرض بر این است که تمامی این پارسل ها صلاحیت توسعه یافتگی را دارند. در ادامه روند

اجرای مدل، مشخص خواهد شد که از تمامی این پارسل ها کدامیک برای توسعه یافتگی شایستگی لازمه را دارند و رنگ آنها قرمز خواهد شد. در ادامه اجرای مدل، وضعیت هر یک از پارسل ها بررسی می شود. شکل ۷ وضعیت پارسل ها در آخرین

درآمده‌اند و این گویای این مطلب است که این تعداد پارسل‌ها امتیاز لازم برای توسعه‌یافتگی را داشته‌اند.

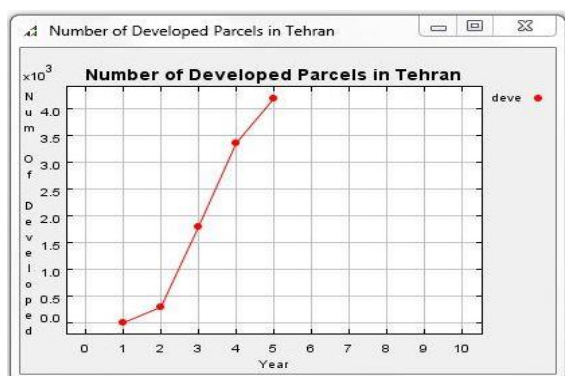
بازه زمانی تعریف شده برای مدل را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشخص است تعدادی از پارسل‌ها به رنگ قرمز



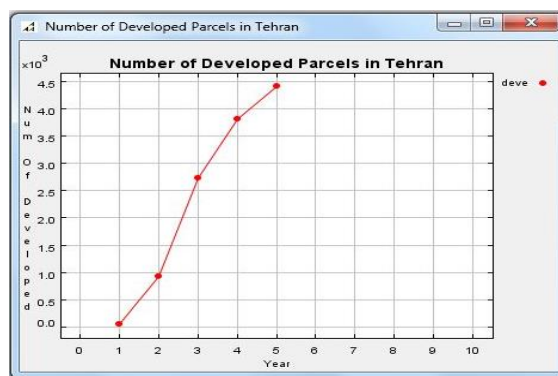
شکل ۷- نمایش موقعیت کلی محدوده مورد مطالعه در بازه زمانی ۵ ساله

شبیه‌سازی پدیده‌های پیچیده‌ای در ارتباط هستیم که عناصر سازنده آنها با یکدیگر روابط غیرخطی و پیچیده دارند. از این رو شکل آینده پدیده غیرقابل پیش‌بینی است. در این مدل برای آزمایش صحت مدل، مقدار تناسب اولیه تغییر داده شده است. مقدار تناسب اولیه که ۱۰۰ در نظر گرفته شده بود به ۵۰ تغییر داده شد. شکل ۹ روند افزایش تعداد پارسل‌های توسعه یافته در ۵ گام زمانی با مقدار تناسب ۵۰ را نشان می‌دهد.

با مقایسه نتایج و خروجی‌های هر بازه زمانی می‌توان نتیجه گرفت که در هر سال بر تعداد پارسل‌هایی که شایستگی توسعه‌یافتگی را دارند افزوده می‌شود. این پویا بودن از ویژگی‌های مدل‌های عامل مبنا است که در مسائلی چون مسائل شهری که پویا و جاری هستند بسیار کاربردی است. شکل ۸ تعداد پارسل‌های توسعه یافته شهر تهران در طی ۵ سال با مقدار تناسب اولیه (۱۰۰) را بصورت نمودار نشان می‌دهد.



شکل ۹- روند تغییر تعداد پارسل‌های توسعه یافته در ۵ گام زمانی اجرا با مقدار تناسب ۵۰



شکل ۸- روند تغییر تعداد پارسل‌های توسعه یافته در ۵ گام زمانی اجرا با مقدار تناسب ۱۰۰

مدل با هر دو مقدار تناسب در بازه زمانی ۵ ساله اجرا شده است. از تعداد کل پارسل‌های بایر موجود که ۱۳۶۰۵ قطعه می‌باشد در گزارش سمت راست تصویر که مربوط به

همانطور که پیش‌تر اشاره شد از نقاط ضعف مدل‌های عامل مبنا، دشواری معتبرسازی آن است. البته تا حدودی این مسئله طبیعی است، چون در این نوع مدل‌سازی‌ها با

جدول ۲- جدول شاخص ها و میزان بافر و وزن مقادیر هر یک از آنها

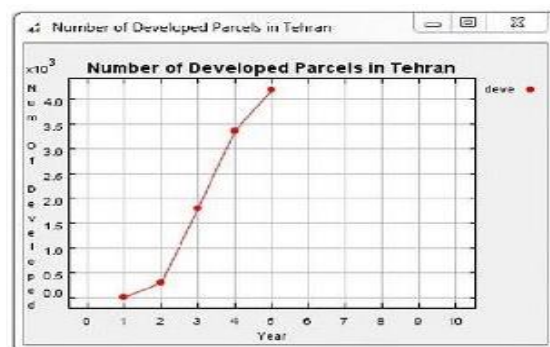
مجموع پارسل ها (۱۳۶۰۵)	آستانه (۵۰)
۲	تعداد پارسل های توسعه یافته در این سال (سال اول)
۲	تعداد کل پارسل های توسعه یافته تا کنون (سال اول)
۲۸۹	تعداد پارسل های توسعه یافته در این سال (سال دوم)
۲۹۱	تعداد کل پارسل های توسعه یافته تا کنون (سال دوم)
۱۴۹۹	تعداد پارسل های توسعه یافته در این سال (سال سوم)
۱۷۹۰	تعداد کل پارسل های توسعه یافته تا کنون (سال سوم)
۱۵۶۸	تعداد پارسل های توسعه یافته در این سال (سال چهارم)
۳۳۵۲	تعداد کل پارسل های توسعه یافته تا کنون (سال چهارم)
۸۴۰	تعداد پارسل های توسعه یافته در این سال (سال پنجم)
۴۱۹۲	تعداد کل پارسل های توسعه یافته تا کنون (سال پنجم)
مجموع پارسل ها (۱۳۶۰۵)	آستانه (۱۰۰)
۵۰	تعداد پارسل های توسعه یافته در این سال (سال اول)
۵۰	تعداد کل پارسل های توسعه یافته تا کنون (سال اول)
۸۷۶	تعداد پارسل های توسعه یافته در این سال (سال دوم)
۹۲۶	تعداد کل پارسل های توسعه یافته تا کنون (سال دوم)
۱۸۰۶	تعداد پارسل های توسعه یافته در این سال (سال سوم)
۲۷۳۲	تعداد کل پارسل های توسعه یافته تا کنون (سال سوم)
۱۸۰۴	تعداد پارسل های توسعه یافته در این سال (سال چهارم)
۳۸۱۶	تعداد کل پارسل های توسعه یافته تا کنون (سال چهارم)
۶۰۸	تعداد پارسل های توسعه یافته در این سال (سال پنجم)
۴۴۲۴	تعداد کل پارسل های توسعه یافته تا کنون (سال پنجم)

۴- نتیجه گیری و پیشنهادات

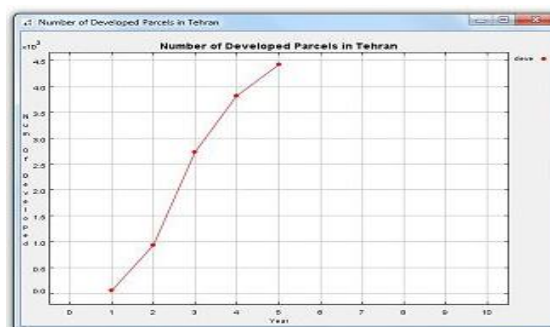
مدل ارائه شده در این تحقیق از قاعده خلاصه سازی که پیشتر به آن اشاره شد مستثنی نیست. این مدل یک چارچوب کلی برای توسعه شهری می باشد. هر یک از اجزاء این چارچوب قابلیت تغییر را دارند تا با نگرش دقیق تر و با انتخاب جزئیات بیشتر تصویر مناسب و بهتری از پدیده توسعه شهری را ارائه دهند. همچنین همواره امکان اضافه کردن پارامترهای جدید به مدل وجود دارد تا در صورت انتخاب صحیح و منطقی، صحت و کارایی نتایج مدل افزایش یابد.

در بخش اول طراحی مدل، ورود داده ها مطرح می شود که صحت داده ها حائز اهمیت است. داده های رستر مربوط به قطعات زمین (پارسل ها) یک مدل ساده است که در آن

مقدار تناسب ثانویه تعریف شده (۵۰) برای مدل است در هر سال تعداد پارسل های توسعه یافته نسبت به تعداد پارسل ها در تصویر سمت چپ که مربوط به مقدار تناسب اولیه (۱۰۰) است متفاوت است. این نشان می دهد که با تغییر در هریک از پارامترهای در نظر گرفته شده برای مدل، می توان نتایج متفاوتی را بدست آورد. و این مطلب صحت و درستی مدل را نشان می دهد. شکل ۱۰ مقادیر مربوط به دو مقدار تناسب را نشان می دهد.



میزان تناسب ثانویه (۵۰)



میزان تناسب اولیه (۱۰۰)

شکل ۱۰- نمودار مربوط به میزان تناسب اولیه و ثانویه در بازه زمانی ۵ ساله

در جدول شماره ۲ تعداد پارسل های توسعه یافته به تفکیک هر گام زمانی و با هر دو مقدار تناسب اولیه و ثانویه نمایش داده شده است.

بررسی نمودارهای هر گام زمانی، نشان می دهد در هر اجزاء و با هر دو مقدار تناسب، تعداد پارسل های توسعه یافته به سمت بیشتر شدن پیش می روند و روند تغییر هر دو معیار صعودی می باشد.

با تغییر در هریک از پارامترهای بکارگرفته شده درمدل، شکل شهر و نحوه توسعه شهر تغییر خواهد کرد. این خصیصه موجب می‌گردد تا محیط مناسبی جهت آزمایش سناریوهای گوناگون و ارزیابی تأثیر هر پارامتر بر آینده شهر فراهم گردد و کاربر می‌تواند با متوقف کردن مدل در هر گام، شاهد تغییرات باشد.

امروزه سیاست‌های حاکم بر جوامع مانع از توسعه شهری نیستند. بنابراین ابزارهایی مورد نیاز است تا قادر به مدل‌سازی چنین پدیده‌های پیچیده‌ای باشند. مدل‌سازی عامل مبنا به جهت داشتن دیدگاه فردگرا، انعطاف‌پذیری و قابلیت انطباق با محیط و الگو گرفتن از آن و پویا بودن می‌تواند گزینه مناسبی برای مدل‌سازی رشد شهری درنظر گرفته شود. با توجه به نوپا بودن این روش، نیازمند است تحقیق و بررسی بیشتری به جهت برطرف کردن نقاط ضعف و بارز کردن نقاط قوت آن صورت گیرد.

پارامترهایی در نظر گرفته شده است. مسلماً ارزش این پارسل‌ها وابسته به این سه پارامتر نمی‌باشد و پارامترهای دیگری نیز در این خصوص دخالت دارند. از جمله می‌توان پارامترهای اجتماعی مانند میزان درآمد افراد را نیز لحاظ کرد. در این تحقیق به دلیل محرمانه بودن اطلاعات مربوط به میزان درآمد افراد، از این پارامتر صرفه‌نظر شده است و تنها به سه پارامتر مطرح شده اکتفا شده است.

به لحاظ فرضیات در نظر گرفته شده در مدل حاضر، سعی بر آن بوده تا این فرضیات بیانگر روال منطقی حاکم بر جهان واقعی باشند. هر چند در برخی از موارد ساده‌سازی‌هایی صورت گرفته است. به عنوان مثال در مورد تغییر ارزش قطعات زمین، عمر ملک، تورم و سیاست‌های دولت در نظر گرفته نشده است. چرا که برخی از این سیاست‌ها و تصمیمات تابع برخی از قوانین قراردادی هستند که تأثیرات چشمگیری بر روند تغییر ارزش زمین دارند.

مراجع

- [1] Liang, Z, "The age of migration in china." Population and Development Review. Vol.27, No .3, 2001.
- [2] Seifodini, "Dictionary of Urban and Regional Planning." Shiraz University Press, page 16, (in Persian), 2005.
- [3] <http://www.fao.org>, 1981.
- [4] Batty, M., Cities and Complexity, Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models and Fractals. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2005.
- [5] Parker, D.C., Manson, S.M., Janssen, M.A., Hoffman, M.J., and Deadman, P., "Multi-agent systems for the simulation of land use and land cover change: A review. Annals of the Association of American Geographers." 2003.
- [6] www.un.org/esa/population
- [7] www.amar.org.ir
- [8] Tayebi, "Prediction and evaluation of land use change." Thesis Master. College of Engineering. University of Tehran. Department of Surveying Engineering, (in Persian), 2009.
- [9] KEVIN M. JOHNSTON, Esri. "AGENT ANALYST" Agent-Based Modeling in ArcGIS, Esri Press REDLANDS/CALIFORNIA, 2013.
- [10] Van Huyssteen, W., "Downward Causation." In Encyclopedia of Science and Religion. New York: MacMi 11 an, 2003.
- [11] Otter H.S., Veen A. van der and Vriend H.J. de, ABLOOM: Location behaviour, spatial patterns, and agent-based modelling. JASSS journal of artificial societies and social simulation, Vol4. No.4, 2001.
- [12] Parker D. C. and Meretsky V., "Measuring Pattern Outcomes in an Agent Based Model of Edge-Effect Externalities Using Spatial Metrics, Agriculture Ecosystems and Environment." Vol.101, pp: 233-250, 2004.
- [13] Valbuena, D., Verburg, P.H., Bregt, A.K., and Ligtenberg, A. "An agent-based approach to model land-use change at a regional scale.", Landscape Ecology, 2010.

- [14] G. Tian, Y. Ouyang, Q. Quan, and J. Wu, "Simulating spatiotemporal dynamics of urbanization with multi-agent systems—A case study of the Phoenix metropolitan region, USA", *Ecological Modelling*, vol. 222, 2011.
- [15] Hosseinali, F., Alesheikh, A. A., and Nourian, F., "Agent-based modeling of urban land-use development, case study: Simulating future scenarios of Qazvin city," *Cities*, 2012.
- [16] Behzadi, S. and Alesheikh, A. A., "Introducing a novel model of belief–desire–intention agent for urban land use planning." *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2013.
- [17] Asgarimehrabadi, M.H., Saadi, M., Alimohammadi, A. and Khatibi, S., "International Conference on Civil Engineering Architecture & Urban Sustainable Development." Tabriz, Iran, 2013.
- [18] Masuda J.R. and Garvin, T., "Whose heartland? The politics of place in a Rural urban interface, *Journal of Rural Studies*.", Volume 24, Issue 1, 2008.
- [19] <https://www.wikipedia.org>
- [20] Macal, C.M., and North, M., Tutorial on Agent-Based Modelling and Simulation. *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*. M. E. Kuhl, N. M. Steiger, F. B. Armstrong, and J. A. Joines, eds, 2005.