مطالعـــات و پـــژوهش‌هـــای شـــهری و منطقـــه‌ای
ســـال چهـــارم، شـــماره چهـــاردهم، پـــاییز ۱۳۹۱

توسعهٔ مدلی عامل-مبنا برای شبیه‌سازی گسترش کاربری اراضی شهری (مطالعه موردی: قزوین)

فرهـاد حسـینعلی: دانشجوی دکتری سنجش از دور، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایـران*
علی اصغر آل‌شیخ: دانشـیار سـنجش از دور، دانشـگاه صـنعتی خواجـه نصـیرالدین طوسـی، تهـران، ایـران
فرشـاد نوریـان: دانشـیار شهرسـازی، دانشـگاه تهـران، تهـران، ایـران

دریافت: ۱۳۹۰/۷/٦ - پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۲٦، صص ۲۲-۱

چکیده

گسترش شهرها و مناطق شهری پدیده‌ای آشنا در کشـورهای در حـال توسـعه بـه شـمار مـی‌رود. افـزایش جمعیـت و مهاجرت روستاییان به شهرها دو عامل اصلی در بروز این پدیده است. وجود این عوامل باعث کم اثر شـدن اقـداماتی شـده است که؛ به صورت قهری و جبری سعی در محدود نگه داشتن کران شهرها دارند. از این رو برنامه‌ریزان همـواره بـه دنبـال مدل‌هایی بوده‌اند که گسترش کاربری اراضی شهری را به خوبی شبیه‌سازی کند تـا بتـوان بـا برنامـه‌ریـزی صـحیح از رشـد نامتوازن شهرها و پیامدهای مشکل‌ساز آن جلوگیری نموده و توسعه را به سمت و سویی مطلوب هـدایت نماینـد. تـا کنـون مدل‌های زیادی برای شبیه‌سازی گسترش کاربری اراضی شهری پیشنهاد و آزمایش شده است. گرچه این مدل‌ها دارای تنـوع زیادی هستند، صرف نظر از قدرت و دقت‌های حاصل شده، می‌توان گفت که بیشتر آنها بـر شـبیه‌سـازی گسـترش کـاربری اراضی در اطراف یک شهر متمرکز بوده‌اند بنابراین، مدل‌های منطقه‌ای که محدوده‌های وسیع‌تر از یک شهر را در نظر بگیرند نادرند. در این تحقیق یک مدل عامـل-مبنـای نـوین بـرای شـبیه‌سـازی گسـترش کـاربری اراضـی شـهری و مسـکونی در شهرستان‌های قزوین و البرز به مساحت ۱٦۲۰ کیلومتر مربع واقع در استان قزوین ایجاد و پیاده‌سـازی شـده اسـت. در ایـن مدل، توسعه‌دهندگان زمین به صورت عامل‌هایی در نظر گرفته شده‌اند که در منطقه به صورت مشخص به حرکت و کـاوش می‌پردازند و شرایط نقاط مختلف را برای توسعه سنجیده، مطلوب‌ترین آنها را توسعه می‌دهند. محیط حرکت عامل‌ها سلولی است و عامل‌های مورد استفاده که به پنج دسته با سلایق و اهداف مختلف تقسیم شده‌اند ممکن اسـت بـرای توسـعهٔ برخـی سلول‌ها وارد رقابت شوند. علاوه بر این، نظر به ماهیت مکانی مسأله، برای فراهم سازی بستر حرکت و جستجوی عامل‌ها و نیز جمع‌بندی و تحلیل نتایج به دست آمده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده گردیده است. برای سنجش عملکرد مدل از داده‌های مربوط به سال ۱۳۸٤ به عنوان ورودی مدل و از داده‌های سال ۱۳۸۹ به منظور ارزیابی نتایج استفاده شد. بـا تنظیم پارامترهای مدل، حداکثر میزان نزدیکی پاسخ‌های مدل به توسعه‌های حادث شده به دست آمد که بـر مبنـای شـاخص کاپا به اندازهٔ ٪۷۸/۱۷ محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که دقت مدل در تخمین توسـعه‌هـای صـورت گرفتـه مناسـب است و با توجه به ابعاد محیط شبیه‌سازی، مدل به خوبی توانسته است مناطقی را که دارای توسعهٔ سریع شـده‌انـد تشـخیص دهد.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی عامل-مبنا، گسترش کاربری اراضی شهری، رقابت، GIS

*نویسنده مسؤول: ۰۲۱۸۸۳۳٤۳٤۱
e-mail: frdhal@gmail.com

۱- مقدمه

۱-۱- طرح مسأله

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. توسعهٔ کشاورزی مکانیزه از یک سو و تجمع ثروت و انواع امکانات اجتماعی و رفاهی در شهرها از سوی دیگر سبب شکل‌گیری 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 شهر به محدودهٔ پیرامونی و تغییر کاربری این اراضی شده است. با توجه به اینکه کشورهای در حال توسعه نظیر ایران هم‌اینک بیشرین توسعه را در بخش صنعت و مدرنسازی دارند، این روند عمدتاً در کشورهای در حال توسعه مشاهده می‌شود.

از آنجا که جلوگیری از پدیدهٔ گسترش کاربری‌های شهری بدون انجام امور زیربنایی و برنامه‌ریزی بلندمدت امکانپذیر نیست، هم‌اینک 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 کاربری‌های شهری را تعیین نمایند و از سوی دیگر با برنامه‌ریزی صحیح، توسعه را به مسیر دلخواه هدایت نمایند. با این وجود، تغییرات کاربری اراضی یک سیستم پیچیده به شما می‌رود و همین امر سبب شده است که پیش‌بینی روند واقعی گسترش کاربری‌های شهری بسیار دشوار باشد (Batty, 2005: 23). به همین دلیل، مدل‌سازی و شبیه‌سازی گسترش کاربری‌های 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 روش‌های چندی برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی گسترش کاربری‌های شهری مورد آزمون و استفاده قرار گیرند (Parker, et al., 2003: 5). در این بین مدل عامل-مبنا[1] به دلیل ماهیت پایین به بالا، قابلیت شبیه‌سازی تصمیم‌گیری و تنوع و انعطاف‌پذیری بالا از جایگاه ممتازی در بین روش‌های مورد استفاده برخوردار شده است و مدل‌های زیادی تا کنون با استفاده از این روش در حوزهٔ مورد بحث، پیاده‌سازی و به کار گرفته شده‌اند (Parker, et al., 2003: 11). در هر صورت به دلیل گستردگی و پیچیدگی موضوع تغییر کاربری، هیچیک از مدل‌های مورد استفاده تطابق صد در صدی بر واقعیت نداشته‌اند (طیبی، ۱۳۸۸: ۸۶). بنابراین، تحقیقات در این زمینه همچنان ادامه دارد و همواره مدل‌های جدید با در نظر گرفتن جنبه‌های گوناگون مسأله در جهت رفع کاستی‌هایی موجود ارائه می‌شوند.

۱-۲- گسترش کاربری‌های شهری و ضرورت مدل‌سازی

هم‌اینک بیشتر کشورهای توسعه نیافته یا در حال توسعه از جمله ایران با پدیدهٔ افزایش جمعیت رو به

1- Agent-Based Model

رو هستند(United Nations, Population Division). اما این رشد در ایران حالتی متوازن ندارد، بدین معنی که در شهرها شاهد رشدی سریع هستیم در حالیکه در روستاها این رشد بسیار کندتر است و در بسیاری از مواقع حتی به صورت منفی در آمده است (مرکز آمار ایران). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که در این جوامع رشد جمعیت شهری بسیار سریع است.

پرواضح است که جمعیت افزوده شده نیاز به فضای اسکان دارد. گرچه بخشی از این نیاز می‌تواند با افزایش تراکم در بافتهای شهری جبران شود ولی به دلیل محدودیتهای موجود، این راهکار تکاپوی نیاز موجود را نخواهد داد و آنچه در عمل رخ می‌دهد، گسترش ساخت و ساز و افزایش کاربریهای شهری اعم از مسکونی و تجاری در فضای پیرامون شهرهاست. گسترش سریع ساخت و ساز در حومهٔ شهرها علاوه بر مشکلات اجتماعی و معضلاتی که در زمینهٔ خدمات شهری به وجود می‌آورد، معمولاً سبب از بین رفتن زمینهای کشاورزی، آلودگی محیط زیست و دست‌اندازی به منابع طبیعی می‌شود و از این رو روندی مخاطره‌آمیز قلمداد می‌گردد.

از آنجا که مهار جمعیت شهری حداقل در کوتاه مدت امکانپذیر نیست، لاجرم چنین توسعه‌هایی اجتناب‌ناپذیر هستند. بنابراین، مسئولان و دست‌اندرکاران مدیریت شهری می‌کوشند توسعه را به سمت و سوی مطلوب هدایت نمایند تا از یک سو فراهم آوردن امکانات شهری میسر گردد و از سوی دیگر کمترین آسیب به منابع طبیعی و کاربری‌های دیگر وارد آید. تجربه نشان داده است که سیاست‌های آمرانه و اجباری در هدایت توسعه و مخصوصاً در مهار و متوقف نمودن آن چندان سودبخش نیست و در شرایطی که نیازها و تمایلات توسعه‌دهندگان زمین در نظر گرفته نشده و با سیاست‌های تشویقی همراه نشود، سیاستهای کنترلی و تنبیهی به تنهایی کاری از پیش نخواهند برد (Masuda and Garvin, 2008: 114).

با این اوصاف یکی از مواردی که در برنامه‌ریزی توسعهٔ کاربری اراضی از اهمیت بسزایی برخوردار است، آگاهی از روند توسعه و عوامل شکل دهندهٔ آن است. همان‌گونه که اتخاذ و اعمال سیاست‌ها، روندی بالا به پایین و مدیریتی دارد، آگاهی و پیش‌بینی روند عملی توسعه نیازمند پردازشی پایین به بالاست که در آن رفتار تصمیم‌گیرندگان کاربری اراضی شبیه‌سازی و از تعامل فیمابین و نیز تعامل آنها با محیط، برآیند رفتار به دست آید.

مدل عامل-مبنا قادر است با در نظر گرفتن توسعه‌دهندگان زمین به عنوان عوامل هوشمند و پیاده‌سازی مواردی که در تصمیم‌گیری آنها نسبت به توسعهٔ کاربری اراضی مؤثر است، تطابق خوبی با این مسأله ایجاد نماید و با توجه به نتایج مناسبی که در شبیه‌سازی این پدیده کسب نموده به یکی از روش‌های مهم، رایج و در حال رشد در زمینهٔ مدل‌سازی و شبیه‌سازی کاربری اراضی تبدیل شده است (Parker et al., 2003: 11).

۱-۳- اهداف

در تحقیق حاضر با ایده گرفتن از فرآیند بومی جستجو برای زمین در ایران، مدلی جدید برای

شبیه‌سازی گسترش کاربری اراضی شهری با استفاده از مدل‌سازی عامل–مبنا ارائه شده است. منطقهٔ مورد مطالعهٔ این پژوهش شهر قزوین و محدودهٔ اطراف آن است. این شهر با توجه به نزدیکی به پایتخت، وجود مناطق صنعتی و کشاورزی وسیع در اطراف و نیز قرار گرفتن در مسیر شاهراه غرب و شمال غرب کشور، توسعه‌ای سریع را در سالیان اخیر تجربه کرده و می‌کند. با این وصف، در مدل حاضر روشی نوین برای جستجوی منطقه توسط عامل‌ها، حرکت آنها، انتخاب نقاط مورد نظر برای توسعه و بالاخره رقابت بر سر توسعهٔ نقاط مشترک ارائه و پیاده‌سازی شده است. بنابراین، با هدف یافتن مدلی مناسب برای پیش‌بینی توسعهٔ شهری، این مدل با استفاده از داده‌های موجود تنظیم و ارزیابی می‌شود تا بتواند برای توسعه‌های آتی نیز مورد استفاده قرار گیرد.

۱-٤- سؤال‌های تحقیق

بر اساس اهداف تدوین شده، سؤال اساسی این تحقیق این است که: مدل پیشنهادی تا چه اندازه قادر به پیش‌بینی درست روند توسعهٔ شهری است؟

۱-۵- پیشینه پژوهش

گرچه مفاهیم ساده‌ای از مدل عامل–مبنا در حدود سال ۱۹٤۰ میلادی مطرح شد، ولی این مفهوم عملاً در اوایل دههٔ ۱۹۹۰ به کار گرفته شد و سپس موارد استفاده از آن به سرعت گسترش یافت (Wooldridge, 2002). به دلیل گستردگی مفهوم «عامل[2]» پیگیری روند تاریخی آن دشوار و گسترده است. می‌توان گفت اولین تلاش‌ها برای گذر از مدل‌های ناکارآمد خرد–مبنا[3] به مدلهای عامل–مبنا در مدل‌سازی شهری در اوایل دههٔ ۱۹۷۰ میلادی صورت گرفت و منجر به طراحی ابزارهایی مانند Community Analysis Model (CAM)، Metropolis و Community Land Use Game (CLUG) گردید (Ligmann-Zielinska and Jankowski, 2007: 317). با این وجود به دلیل مبانی ضعیف، این ابزارها کارایی چندانی از خود نشان ندادند (Gimblett, 2002: 17). ضعف مدلهای اولیه در این بود که یا در مراحل اولیهٔ پیاده‌سازی عملی بودند و یا بسیار خلاصه و کلی بودند که سبب می‌شد نتوانند دارای بافتی انعطاف‌پذیر باشند (Miller, et al., 2004: 15). از سوی دیگر، تحقیقات در زمینهٔ مدلسازی کاربری و تغییرات کاربری زمین با استفاده از عامل‌ها، از اواخر دههٔ ۱۹۸۰ آغاز گردید (Parker, et al., 2003: 5) و همزمان در شاخه‌های مرتبطی نظیر تخریب جنگلها در مناطق استوایی (Lambin, 1994)، مدلهای اقتصادی کاربری زمین (Plantinga, 1999)، طراحی بوم‌شناختی زمین‌منظر[4] (Baker, 1989)، طراحی اجتماعات شهری و منطقه‌ای[5] (EPA., 2000) و پویایی کاربری و تغییرات کاربری زمین (Agarwal, et al., 2002) گسترش یافت. با گسترش کاربردها، به تدریج ناکارآمدی‌های اولیه برطرف گردید و مدل‌های عامل–مبنا در زمینه‌های مرتبط با مکان از جمله مدل‌سازی شهری و کاربری اراضی کارایی‌های

2 - Agent

3 - Rationality-Based
4 - Geological Landscape Planning
5 - Urban and Regional Community Planning

موفقیت‌آمیزی از خود بروز دادند (Torrens, 2003)(EPA., 2000) که در ادامه به چند نمونه از آنها اشاره می‌شود.

در سال ۲۰۰۱ میلادی اوتر[6] و همکاران برای بررسی گسترش کاربری زمین از یک مدل عامل-مبنا استفاده نمودند که از ترکیبی از چندین نوع عامل تشکیل یافته بود (Otter, et al., 2001). این تحقیق خود زمینه‌ساز و مبنایی برای تحقیقات بعدی در این راستا بود (Matthews et al., 2007: 1449).

لویبل و توئتزر[7] در سال ۲۰۰۳ میلادی مدلی عامل-مبنا برای شبیه‌سازی گسترش کاربری اراضی شهری در اطراف شهر وین (اتریش) ارائه نمودند. در آن مدل، عامل‌ها به عنوان افرادی در نظر گرفته شده‌اند که در اطراف شهر به دنبال مکان‌گزینی برای کاربری‌های مسکونی و تجاری هستند. عامل‌ها بر اساس نیازها و اهداف به شش دسته تقسیم می‌شوند. سپس عامل‌ها در دو مرحله برای مکان‌گزینی اقدام می‌نمایند: در مرحلهٔ اول بهترین منطقهٔ شهرداری را انتخاب می‌کنند و در مرحلهٔ دوم در منطقهٔ منتخب مکانی مناسب را می‌یابند. در نهایت، چنانچه در آن مکان و اطراف آن موقعیت سکنی یا توسعه یافتند در آن جای می‌گیرند و در غیر این صورت به منطقهٔ دیگری رجوع می‌نمایند. مدل مذکور توانست با استفاده از داده‌های سال ۱۹۶۹ میلادی توسعه‌های صورت گرفته تا سال ۱۹۹۹ میلادی را با موفقیت شبیه‌سازی نماید. سپس از آن برای پیش‌بینی توسعه در سال ۲۰۱۱ با استفاده از داده‌های سال ۱۹۹۹ استفاده گردید (Loibl and Toetzer, 2003).

پارکر و مرتسکی[8] در سال ۲۰۰۴ میلادی مدل SLUDGE[9] را برای واکاوی اثر دوری از شهر و هزینهٔ حمل و نقل بر الگوی توسعهٔ شهری و کاربری زمین طراحی نمودند. در این مدل سلول‌های خودکار[10] نمایندهٔ منظر زمین و مدل عامل-مبنا معرف تصمیمات کاربران زمین بود. در این مدل تصمیمات متخذه از سوی کاربران، کاربری زمین را تعیین می‌کند و کاربری نیز بر تصمیمات تأثیرگذار است. نتایج اجرای این مدل مشخص نمود که تقابل بین کاربری‌های شهری و روستایی موجب گسترش شهری به صورت فشرده و تقابل بین کاربران زمین سبب ایجاد توسعه‌های شهری پراکنده می‌گردد (Parker and Meretsky, 2004).

در تحقیق دیگری که در سال ۲۰۰۹ میلادی توسط دیگو والبوئنا[11] و همکاران صورت گرفت، از مدلسازی عامل-مبنا برای تعیین منظر زمین در سطح منطقه‌ای[12] استفاده شد. در این پژوهش ضمن انتخاب یک منطقهٔ بزرگ برای اجرای مدل، سعی شده است که انواع راهبردهای تصمیم‌گیری توسط عامل‌ها پیاده‌سازی شود. نویسندگان، مزیت ارزندهٔ این مدل را کار در مقیاس منطقه‌ای و در نظر گرفتن راهبردهای مختلف تصمیم‌گیری می‌دانند (Valbuena, et al., 2009).

6 - Otter
7 - Loibl and Toetzer

8 - Parker and Meretsky
9- Simulated Land-Use Dependent on Edge-Effect Externalities (SLUDGE)
10 - Cellular Automata
11- Diego Valbuena
12- Regional

در همه تحقیقات یاد شده، با استفاده از قابلیت‌های فراوان ساختار عامل–مبنا بخشی از رفتارهای انسان‌ها در ارتباط با محیط که منجر به تغییر کاربری اراضی می‌گردد مدلسازی شده است. با این وجود به دلیل پیچیدگی فوق‌العادهٔ رفتارهای انسانی، گستردگی و گوناگونی محیط و همچنین تعدد روشهای بعضاً ناشناختهٔ ارتباط بین انسان‌ها و بین انسان و محیط، می‌توان گفت مدلسازی کامل این فرآیند عملاً غیر ممکن به نظر می‌رسد. به همین دلیل در فقدان یک مدل جامع و فراگیر، محققان همواره سعی نموده‌اند مهمترین جنبه‌های تأثیرگذار بر تغییر کاربری اراضی را شناسایی نموده، با مدلسازی آنها به بهترین پاسخ‌های ممکن دست یابند. واضح است که به دلیل تفاوت پارامترهای تأثیرگذار در مناطق و محیطهای مختلف، مدلی واحد نمی‌تواند در همه جا پاسخگو باشد. بنابراین به غیر از ابزارهایی که به صورت بسته‌های نرم‌افزاری آماده، عرضه شده و کارایی متوسطی دارند، پژوهشگران برای رسیدن به حداکثر کارایی، مدل‌هایی را خاص مناطق مختلف آماده و ارزیابی می‌کنند. تنوع پارامترهای قابل استفاده به همراه انعطاف فوق‌العادهٔ مدل عامل–مبنا نیز سبب شده است که این میدان بسیار پویا بوده، همواره شاهد عرضهٔ مدل‌های جدیدی باشیم.

در ایران نیز تحقیقات متعددی در زمینهٔ گسترش شهرها از جنبه‌های مختلف انجام شده است که در اینجا به نمونه‌های چندی اشاره می‌شود. طیبی و همکاران برای مدل‌سازی توسعهٔ شهر شیراز از دو روش رگرسیون لجستیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده کردند. در این تحقیق از داده‌های سال ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ میلادی برای تنظیم و از داده‌های سال ۲۰۰۵ میلادی برای آزمایش و همچنین از شاخص عامل نسبی برای بررسی میزان درستی نتایج استفاده شده است. (طیبی و همکاران، ۱۳۸۸). کامیاب و همکاران نیز دو روش یاد شده را برای مدلسازی توسعهٔ شهری گرگان مورد استفاده قرار دادند. آنان علاوه مدلسازی دوره‌های گذشته، الگوی توسعهٔ شهری گرگان را برای چشم انداز سی ساله و با فواصل زمانی ۱۰ سال استخراج نمودند (کامیاب و همکاران، ۱۳۸۷). جوادی و همکاران از تلفیق شبکه‌های عصبی مصنوعی و ماشین سلولی جهت مدلسازی توسعهٔ شهری در شهر اصفهان استفاده نمودند. در این تحقیق مدل‌سازی در محیط سلولی و آزمایش نتایج توسط شاخص کاپا انجام گرفته است (جوادی و همکاران، ۱۳۸۷). توسعهٔ شهری اصفهان توسط اصلانی مقدم و همکاران نیز مدل‌سازی شده است. آنان بدین منظور از روش ماشین سلولی در محیط برداری استفاده نمودند (اصلانی مقدم و همکاران، ۱۳۸۸). موسوی و همکاران، از محیط GIS برای مدلسازی توسعهٔ کالبدی و تعیین مکان بهینهٔ اسکان جمعیت شهر سردشت در افق ۱۴۰۰ استفاده نمودند. آنان در این تحقیق از منطق بولین و روش تصمیم‌گیری دلفی بهره گرفتند. آنان همچنین محدودیتهای ژئومورفولوژیک و کمبودهای موجود را از مهمترین چالش‌های پیش روی توسعهٔ آتی این شهر دانستند (موسوی و همکاران، ۱۳۸۹). با این حال تحقیقاتی که در محدوده‌های فراتر از شهر و حومهٔ آن

انجام شوند معدودتر است. از این قسم می‌توان به تحقیقی که به منظور ارزیابی توان اکولوژیک منطقهٔ قزوین جهت تعیین نقاط بالقوه توسعه شهری توسط قرخلو و همکاران انجام گرفت اشاره نمود. محققین در این پژوهش با استفاده از پارامترهای متنوع اکولوژیک و زیستی، توان اکولوژیک توسعهٔ شهری قزوین را بر اساس تناسب اراضی از طریق منطق بولین در محیط GIS تعیین نموده‌اند (قرخلو و همکاران، ۱۳۸۸). در مجموع نویسندگان بر این باورند که مدلسازی توسعه‌های شهری به ویژه در ابعاد منطقه‌ای از موضوعاتی است که کماکان عرصهٔ گسترده‌ای برای پژوهش در مورد آن در ایران وجود دارد.

۱-٦- روش تحقیق

در این پژوهش مدل عامل-مبنای پیاده‌سازی شده ابتدا تنظیم و سپس با استفاده از داده‌های ورودی به اجرا درمی‌آید. تنظیم مدل با کمک داده‌های موجود و نظر کارشناسی انجام می‌شود. سپس از داده‌های سال ۱۳۸٤ برای شبیه‌سازی گسترش اراضی شهری در سال ۱۳۸۹ استفاده می‌شود و نتایج با داده‌های واقعی مربوط به همین سال مقایسه و بدین ترتیب نتایج حاصل از مدل ارزیابی می‌گردد.

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق همگی مکانی و یا مربوط به مکان هستند. عامل‌ها نیز در یک محیط مکانی به جستجوی زمین می‌پردازند. با این توصیف و با عنایت به قابلیتهای مناسبی که سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی[۱۳] (GIS) در ذخیره‌سازی، بهنگام‌رسانی، بازیابی، پردازش، تجزیه و تحلیل، یکپارچه‌سازی و نمایش انواع مختلفی از داده‌های مکان‌مرجع دارند (Alesheikh, et al., 2008: 456)(Burrough, 1986)، در این تحقیق استفاده از این سامانه جهت آماده‌سازی داده‌ها، ورود اطلاعات به نرم‌افزار و نیز تحلیل نتایج ضروری است. بنابراین، GIS بسترساز انجام این پژوهش به شمار می‌رود. شایان ذکر است که در این مطالعه، نرم افزار ArcGIS 9.3 برای آماده‌سازی داده‌ها، تحلیل و اخذ خروجی مورد استفاده قرار گرفت و از نرم‌افزار NetLogo 4.1 همراه با گسترش GIS آن، برای ورود نقشه‌ها و اجرای مدل عامل-مبنا استفاده گردید.

محققان مختلف داده‌ها و نقشه‌های مختلفی را به عنوان عوامل تأثیرگذار در توسعهٔ کاربری اراضی شهری مورد استفاده قرار داده‌اند. در این بین بعضی داده‌ها حضور ثابتی را در بیشتر این تحقیقات داشته‌اند. در برخی تحقیقات سعی شده است که تعداد نقشه‌ها و پارامترهای بیشتری مورد استفاده قرار گیرند. با این وجود، بننسُن و تُرنز[۱٤] بیان می‌کنند که استفاده از معیارها و پارامترهای بیشتر تنها مسأله را پیچیده‌تر می‌کند و کمکی به بهبود نتایج نمی‌کند (Benenson and Torrens, 2004: 49). ودل[۱۵] هم اذعان می‌کند که استفاده از نقشه‌های بیشتر به عنوان معیارهای گسترش کاربری اراضی، سبب استفاده از داده‌های وابسته و در نتیجه منجر به منحرف شدن نتایج می‌گردد (Waddell, 2001: 5).

13 - Geographical Information Systems

14- Benenson and Torrens

15 - Waddell

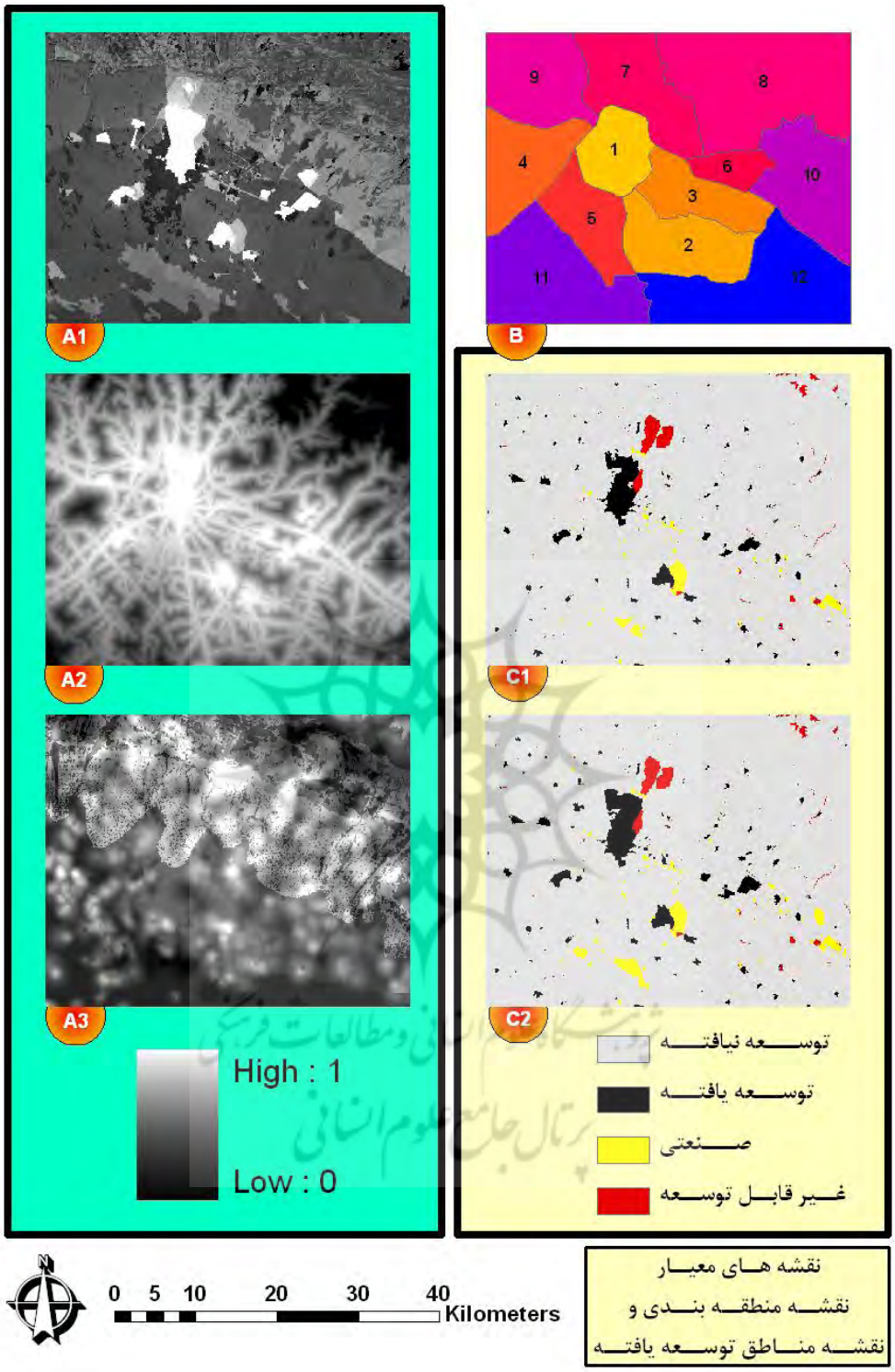
با این مقدمه، سه معیار مهم که در این تحقیق برای مکان‌گزینی جهت گسترش کاربری اراضی شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از: ارزش زمین، دسترسی و جذابیت. این معیارها که در قالب سه نقشهٔ رستری مورد استفاده قرار می‌گیرند، هر یک حاصل اثر و ترکیب چندین نقشهٔ دیگر است که در ادامه به آنها اشاره می‌شود.

برای تهیهٔ نقشهٔ ارزش زمین سه معیار اقتصادی، فیزیکی و قانونی مد نظر قرار داشته است. معیار اقتصادی نشان دهنده قیمت زمین است که با بررسی میدانی در منطقه به دست آمده است. در دیدگاه قانونی، مستعد بودن زمینها برای توسعه در نظر گرفته شده‌اند. با این توصیف که مستعدترین زمین‌ها برای توسعه زمینهایی بوده‌اند که از سوی مراجع قانونی نظیر سازمان مسکن و شهرسازی و شهرداری‌ها برای توسعه و ساخت و ساز در نظر گرفته شده‌اند و زمینهای دیگر در رده‌های بعدی قرار گرفته‌اند تا جایی که باغها به عنوان غیرمستعدترین زمین‌ها لحاظ شده‌اند. در دیدگاه فیزیکی نیز شیب زمین و جنس خاک مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

نقشهٔ دسترسی نشان‌دهندهٔ نسبت سلول‌ها برای دسترسی به شهر قزوین از نظر زمانی است. برای تهیهٔ چنین نقشه‌ای ابتدا همه راه‌های منطقهٔ مورد مطالعه از آزادراه گرفته تا راه جیپ‌رو استخراج و سرعت حرکت در آنها تعیین شد. همچنین سرعت حرکت پیاده در یک منطقهٔ مسطح شش کیلومتر در ساعت در نظر گرفته شد که این مقدار با افزایش شیب کاهش می‌یابد. بدین ترتیب کوتاهترین فاصلهٔ زمانی هر سلول تا نزدیکترین کران شهر قزوین استحصال گردید.

در تعیین جذابیت یک منطقه معمولاً نزدیکی به عرصه‌های آبی، پارک‌ها، جنگل‌ها، رودخانه‌ها، برکه‌ها و فضاهای سبز مورد استفاده قرار می‌گیرند (Ligmann-Zielinska and Jankowski, 2007: 322). در منطقهٔ مورد مطالعه از میان عوارض فوق تنها پارک‌ها و باغ‌ها وجود دارند. بنابراین، میزان نزدیکی به باغ‌ها و پارک‌ها برای تهیهٔ نقشهٔ جذابیت مورد استفاده قرار گرفت. معیار دیگری که در این زمینه لحاظ شد، چشم‌انداز منطقه بود. بدین ترتیب که مناطقی که برشهر قزوین مشرف بودند از مزیت بالاتری نسبت به سایر مناطق برخوردار شدند.

گفتنی است برای آماده‌سازی این نقشه‌ها از روش جمع وزنی نقشه‌های تشکیل‌دهندهٔ آنها استفاده شده که وزن نقشه‌ها با نظر کارشناسی تعیین گردیده است. همچنین همه نقشه‌ها پیش از ترکیب به صورت نرمالیزه درآمدند. بنابراین، در نهایت هر سه نقشهٔ معیار دارای مقادیری بین صفر و یک هستند.



شکل ۱- نقشه‌های معیار: A1 ارزش زمین، A2 دسترسی، A3 جذابیت. B منطقه‌بندی. C1 توسعهٔ شهری سال ۱۳۸٤و C2 توسعهٔ شهری سال ۱۳۸۹

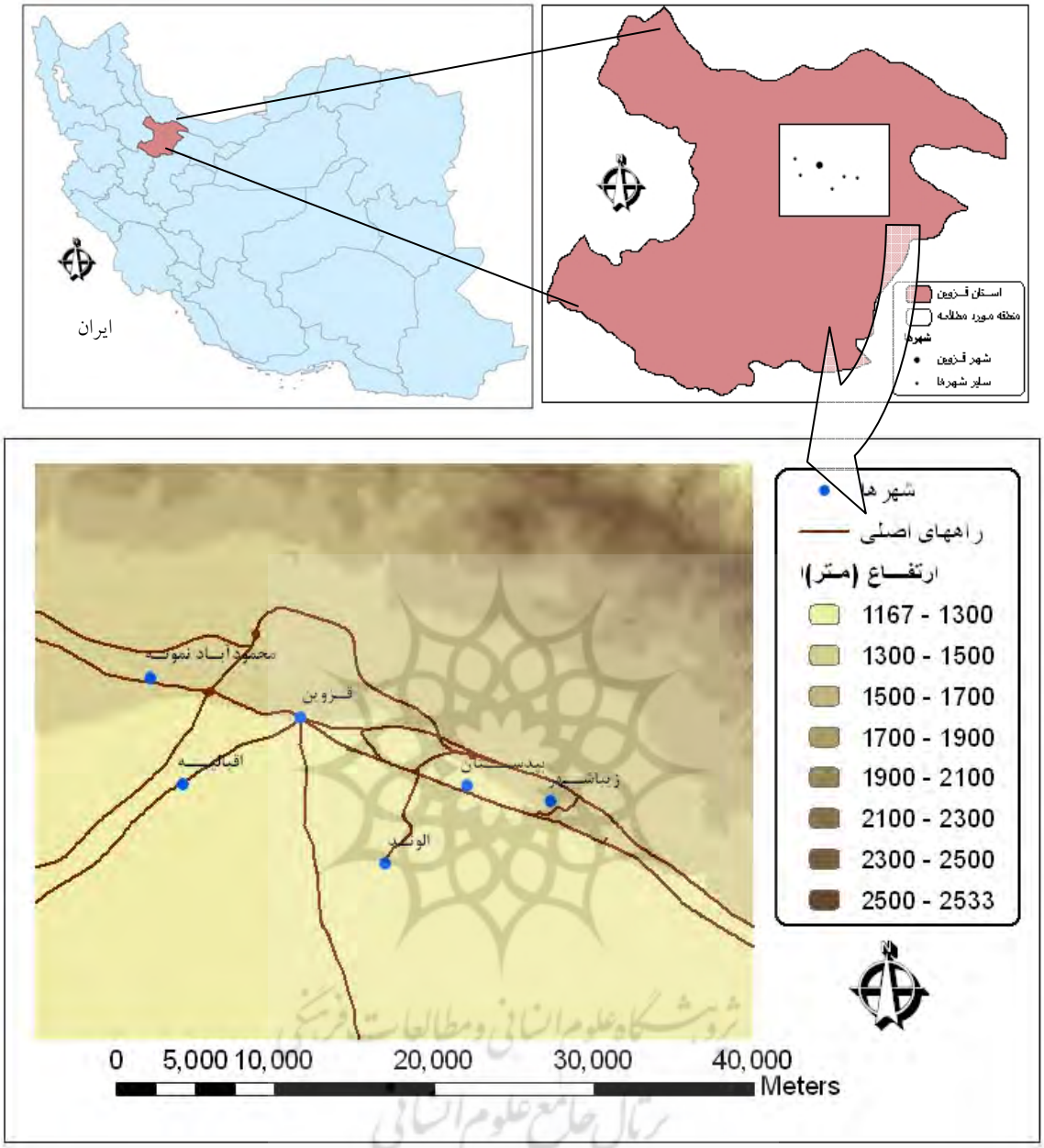
علاوه بر این، در این پژوهش از منطقه‌بندی اراضی نیز استفاده شده است. برای تهیهٔ نقشهٔ منطقه‌بندی با مراجعهٔ حضوری و بازدید از محل، تقسیم‌بندی عرفی اراضی که در هنگام جستجو برای زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد استحصال شد. این تقسیم‌بندی که مرزهای آن عمدتاً بر راه‌های اصلی موجود منطبق است شامل ۱۲ منطقه است.

در نهایت لازم است که مناطق توسعه یافته در سالهای مورد پژوهش مشخص شوند. برای سال ۱۳۸٤ مناطق توسعه یافته از نقشه‌های موجود تهیه شده توسط سازمان نقشه‌برداری کشور به دست آمدند. تصاویر سنجندهٔ P5 ماهوارهٔ IRS نیز برای تشخیص مناطق توسعه یافته در سال ۱۳۸۹ مورد استفاده قرار گرفت. مقایسهٔ وضعیت مناطق ساخته شده در این دو بازهٔ زمانی، میزان توسعه را به میزان ۱۲۰۰ هکتار نشان می‌دهد. نقشه‌های یاد شده همگی در شکل ۱ نشان داده شده‌اند.

۱-۷- محدوده پژوهش

منطقهٔ مورد مطالعه در این پژوهش قسمتی از استان قزوین شامل بخش مرکزی شهرستان قزوین به علاوهٔ شهرستان البرز است (شکل ۲). این منطقه به شکل مستطیلی با طول ٤٥ و عرض ۳٦ کیلومتر، در قاچ ۳۹ شمالی از سیستم تصویر UTM قرار گرفته است، به طوری که از مختصات $\begin{cases} X = ۳۹۴۰۰۰ \\ Y = ۳۹۹۴۰۰۰ \end{cases}$ در جنوب غربی تا مختصات $\begin{cases} X = ۴۳۹۰۰۰ \\ Y = ۴۰۳۰۰۰۰ \end{cases}$ در شمال شرقی را پوشش می‌دهد.

جدا از تقسیمات کشوری، منطقهٔ در نظر گرفته شده مجموعه‌ای است شامل شهر قزوین و شهرها و شهرک‌های اقماری اطراف آن که در معرض توسعهٔ شهرنشینی قرار دارند. وجود واحدهای متعدد صنعتی و نیز مناطق وسیع کشاورزی در کنار نزدیکی به پایتخت و قرار گرفتن در مسیر شاهراه غرب و شمال غرب کشور سبب جاذبهٔ هر چه بیشتر این منطقه برای سکونت و شهرنشینی شده است. به همین دلیل است که شهرهای منطقه علاوه بر مهاجرت روستاییان به شهر، شاهد ورود مهاجران از شهرهای دیگر و حتی استان‌های دور و نزدیک هستند (مرکز آمار ایران). سرشماریها نشان می‌دهد جمعیت شهری قزوین از ۵۵۲۹۲۸ نفر در سال ۱۳۷۵ به ۷۷۷۹۷۵ نفر در سال ۱۳۸۵ رسیده است و در همین مدت شاهد کاهش ۵۰۱۰٤ نفری جمعیت روستایی بوده‌ایم (مرکز آمار ایران). سایر شهرهای این منطقه که عباتند از: زیباشهر، اقبالیه، الوند، بیدستان و محمودآباد نمونه، همگی یا شهرها و شهرک‌هایی هستند که در ۵۰ سال گذشته ایجاد شده‌اند و یا روستاهایی هستند که وسعت یافته و به شهر تبدیل گردیده‌اند و همین نشان از رشد فوق‌العادهٔ شهرنشینی در این منطقه دارد. هم‌اینک حتی برخی از روستاهای اطراف شهر نیز شاهد حضور ساکنان غیر بومی هستند که جهت یافتن سکونتگاه ارزان در آنجا اقامت گزیده‌اند و برای کار و تحصیل به شهر رفت و آمد می‌کنند.



شکل۲- منطقهٔ مورد مطالعه

۲-۱- مفهوم عامل و مدل عامل-مبنا

تا کنون تعاریف زیادی برای مفهوم عامل ارائه شده است. در این تحقیق ما تعریف مائس[16] را به کار می‌بریم: «یک عامل، سیستمی است که مجموعه‌ای از اهداف را در یک محیط پیچیده و پویا برآورده می‌سازد. عامل در یک محیط قرار دارد و می‌تواند محیط را از طریق حس‌گرهایش حس نماید و به وسیلهٔ عملگرهایش در آن به فعالیت بپردازد» (Maes, 1994: 136). عامل‌ها می‌توانند در نقش افراد، گروهی از افراد، موجودات زنده و در شرایطی در نقش موجودات بیجان نظیر خانه و خودرو به کار گرفته شوند (Malleson et al., 2010: 239). خصوصیات زیادی برای عامل‌ها عنوان شده است ولی آنچه بیش

16 - Maes

از همه مورد توافق و تأکید است خودکار[17] بودن و قابلیت تصمیم‌گیری عامل‌ها است (Macal and North, 2007: 747). مدل عامل–مبنا مدلی شامل یک یا چند عامل به همراه محیطی است که عامل‌ها در آن قرار گرفته‌اند به صورتی که امکان تعامل، ارتباط و تصمیم‌گیری برای عامل‌ها فراهم است (Conte et al, 1997: 66). در حقیقت، مدل عامل–مبنا دارای یک ساختار پویا[18] و پایین و به بالا است (Ligmann-Zielinska and Jankowski, 2010: 410). بدین معنی که از فعالیت اجزای آن که عامل‌ها هستند یک نتیجهٔ مجموع و کلی به دست می‌آید که نتیجهٔ برآیند[19] نامیده می‌شود. این مدل‌ها معمولاً با سیستم‌ها و مسائل پیچیده سر و کار داشته، دارای قابلیت‌های نوآورانه و خلاقانه هستند (Crooks et al., 2008: 421).

آنچه مدل‌های عامل–مبنا را به یکی از روش‌های رایج و در حال توسعه برای مدل‌سازی گسترش کاربری اراضی تبدیل کرده است (Feitosa et al., 2011: 105)؛ خصوصیات مفیدی است که در عامل‌ها و مدلهای عامل–مبنا وجود دارد. از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود (Brown, 2006: 8):

- این مدل‌ها، سیستم‌هایی ریزشبیه‌ساز و پایین به بالا هستند که نتیجهٔ برآیند از حاصل فعالیت و تعامل همهٔ عامل‌ها در محیط به دست می‌آید.
- انواع خصوصیات زمین را می‌توان در محیط عامل‌ها در نظر گرفت.
- عامل‌ها معمولاً به صورت افرادی در نظر گرفته می‌شوند که توسعه‌دهندگان کاربری زمین هستند و باید از ویژگی مهم تصمیم‌گیری برخوردار باشند.
- عامل‌ها را می‌توان به کلاس‌های مختلفی با خصوصیت‌ها و رفتارهای مختلف تقسیم نمود که منعکس کنندهٔ انواع تصمیم‌گیرندگان مسألهٔ تغییر کاربری اراضی هستند.

۲-۲- شرح مدل

مدل اطلاعات مکانی مورد استفاده در این تحقیق یک مدل رستر با ابعاد سلول ۱۰۰ متر است. این مدل به همراه سه نقشهٔ معیار، نقشهٔ مناطق توسعه‌یافته و نقشهٔ منطقه‌بندی، محیط تعامل عامل‌ها را تشکیل می‌دهد. در این محیط هر سلول دارای مقداری مشخص در سه نقشهٔ معیار مورد استفاده –نقشه‌های جذابیت، دسترسی و ارزش– است. همچنین هر سلول با توجه به نقشهٔ توسعهٔ منطقه می‌تواند توسعه یافته، توسعه نیافته و غیر قابل توسعه باشد. از طرف دیگر سرزمین مورد مطالعه با توجه به بافت و خصوصیات توسعه به ۱۲ منطقه تقسیم شده است. از این رو هر سلول می‌تواند به یکی از این مناطق ۱۲ گانه تعلق داشته باشد.

در این پژوهش، عامل‌ها معرف توسعه‌دهندگان زمین هستند که در سطح سرزمین به جستجو می‌پردازند و مطلوب‌ترین سلول‌ها را برا توسعه انتخاب و در پایان هر دورهٔ فعالیت که متناظر با یک سال در نظر گرفته می‌شود نسبت به توسعهٔ آن اقدام می‌کنند. با طی این فرآیند سلول‌های منتخب از حالت توسعه نیافته به حالت توسعه یافته تبدیل می‌شوند. با توجه به شرایط و ویژگی‌های متنوع توسعه‌دهندگان

17 - Autonomous
18 - Dynamic
19 - Emergent

زمین، عامل‌ها در این تحقیق به پنج دستهٔ کلی تقسیم می‌شوند که عباتند از:

▪دستهٔ نخست، افراد جوان با درآمد متوسط هستند که به دنبال زمین‌های نسبتاً ارزان قیمت ولی با دسترسی خوب هستند.

▪دستهٔ دوم افراد با درآمد بالا هستند که در پی زمینهای باارزش هستند که از جذابیت قابل قبولی نیز برخوردار باشد.

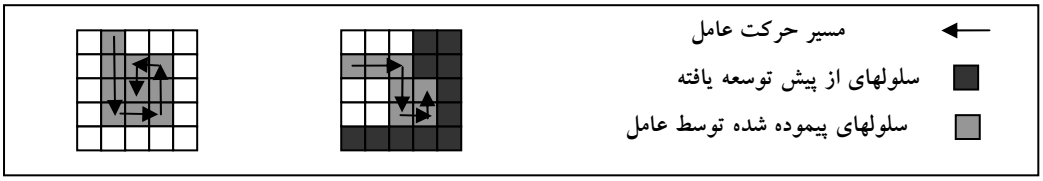
▪دستهٔ سوم افراد متمولی هستند که به دنبال یافتن زمینهای دارای جذابیت بالا به منظور اقامت‌های تفریحی هستند.

▪دستهٔ چهارم را افراد با درآمد پایینی تشکیل می‌دهند که در جستجوی ارزان‌ترین زمین‌ها هستند.

▪دستهٔ پنجم افراد با درآمد متوسط به به بالا هستند که هر سه معیار جذابیت، ارزش و دسترسی را به طور یکسان در نظر دارند.

با توجه به تقسیم‌بندی فوق، خصوصیات عامل‌ها در قالب وزنهایی که آنها برای سه نقشهٔ معیار قائل می‌شوند متبلور می‌گردد.

حرکت عامل‌ها نیز طبق قوانین خاصی انجام می‌شود. در آغاز جستجو هر عامل باید تصمیم بگیرد که در کدام منطقه به جستجو بپردازد. هر عامل بسته به نوع، تعداد مناطق مشخصی را از بین ۱۲ منطقهٔ موجود جستجو می‌کند. مناطق مختلف دارای احتمال انتخاب شدن متفاوت هستند و عامل به صورت اتفاقی و بر حسب احتمال به یکی از مناطق می‌رود. از آنجا که همواره احتمال گسترش در حاشیهٔ شهرها و مناطق مسکونی بسیار بیشتر از زمین‌های غیر مجاور است، عامل در ابتدای ورود به هر منطقه به صورت اتفاقی به حاشیهٔ یکی از مناطق از پیش توسعه یافته می‌رود. وقتی عامل وارد یک سلول می‌شود، میزان مطلوبیت آن سلول و همه همسایگان قابل توسعهٔ آن را بررسی و ذخیره می‌کند و سپس به یکی از سلول‌های همسایه که داری بیشترین مطلوبیت است نقل مکان می‌نماید و به همین شیوه به کاوش خود ادامه می‌دهد. معیار مطلوبیت، جمع وزنی مقادیر در سه نقشهٔ معیار است و در شرایطی که بیش از یک سلول از سلول‌های همسایه به طور مساوی حائز بیشترین مطلوبیت شوند، یکی از آنها به صورت اتفاقی برگزیده می‌شود. برای اینکه عامل بتواند سلول‌های متنوعی را در جایجای منطقه جستجو کند، پس از اینکه تعداد سلول‌هایی که عامل پیموده است به تعداد معینی رسید، عامل اصلاحاً پرش نموده به صورت اتفاقی به یکی دیگر از سلول‌های منطقه که تا کنون بازدید نشده است منتقل شده، به همین شیوه به کاوش در ناحیهٔ جدید می‌پردازد. هر عامل بسته به نوع خود می‌تواند در هر منطقه یک پرش یا بیشتر از آن داشته باشد. همچنین در شرایط خاص همانند شکل ۳ که عامل نتواند به هیچ یک از سلول‌های مجاور حرکت نماید به اجبار به نقطه‌ای دیگر پرش می‌کند.



شکل ۳- دو مثال از مواردی که عامل مجبور به پرش می‌شود

عامل‌ها در مرحلهٔ جستجو کاملاً آزاد هستند و تزاحمی برای یکدیگر ایجاد نمی‌نمایند. بنابراین، یک سلول می‌تواند توسط عامل‌های متعددی حتی به صورت همزمان بازدید شود. با اتمام مرحلهٔ جستجو برای همه عامل‌ها، مرحلهٔ انتخاب سلول‌ها برای توسعه آغاز می‌گردد. هر عامل با توجه به نوع خود تعداد مشخصی از سلول‌ها را در هر سال توسعه می‌دهد. بدین منظور عامل‌ها فهرست سلول‌های بازدید شدهٔ خود در تمام سرزمین را بر اساس مطلوبیت به صورت نزولی مرتب می‌کنند و سپس مطابق با سهمیهٔ توسعهٔ خود، مطلوب‌ترین سلول‌ها را از ابتدای فهرست برای توسعه برمی‌گزینند. چنانچه این سلولها مورد تقاضای هیچ عامل دیگری نباشند، آنها توسط عامل مورد نظر توسعه می‌یابند و در غیر این صورت، عامل برای توسعهٔ سلولهای دارای خواهان، وارد رقابت می‌شود.

با توجه به بحث رقابت، نحوهٔ تخصیص سلول‌ها به عامل‌ها برای توسعه به شکل خاصی برنامه‌ریزی شده است. به این صورت که عامل‌ها یک به یک و به صورت اتفاقی انتخاب گردیده، نخستین سلول از فهرست مرتب شدهٔ آنها در نظر گرفته می‌شود. حال چنانچه سلول فوق هنوز توسعه نیافته باشد، فهرست سایر عامل‌ها نیز جستجو می‌شود و چنانچه در صدر فهرست هیچیک از عامل‌های دیگر وجود نداشت، توسط عامل خواهان آن توسعه می‌یابد. در غیر این صورت همه عامل‌هایی که به صورت همزمان خواهان توسعهٔ این سلول هستند وارد رقابت می‌شوند. عاملی در رقابت برنده خواهد بود که بیشترین امتیاز را در میان عامل‌های رقیب کسب نماید. نحوهٔ محاسبهٔ امتیاز عامل‌ها به صورت زیر است:

$$Score = W_{Type} \times Score_{Type} + W_{Frustration} \times Frustration$$

که در این رابطه W_{Type} وزن در نظر گرفته شده برای نوع عامل‌ها، $W_{Frustration}$ وزن سرخوردگی، Frustration میزان سرخوردگی عامل و $Score_{Type}$ امتیاز هر یک از پنج نوع عامل مورد استفاده است. نحوهٔ محاسبهٔ سرخوردگی در ادامه مشخص می‌شود.

در بدترین شرایط هنگامی که بیش از یک عامل به صورت همزمان بیشترین امتیاز را کسب نمایند، برندهٔ رقابت به صورت اتفاقی از بین آنها قرعه‌کشی می‌شود. در نهایت عامل برنده سلول را توسعه می‌دهد و عامل‌های بازنده ضمن این که آن سلول را از فهرست خود حذف می‌کنند، دارای یک درجه سرخوردگی می‌شوند. عمل تخصیص سلول‌ها به عامل‌ها برای توسعه تا جایی ادامه پیدا می‌کند که همهٔ عامل‌ها سلول‌هایی را به اندازهٔ مقرر خود توسعه داده باشند.

همان‌گونه که پیش‌تر بدان اشاره شد برای ارزیابی میزان درستی پاسخ‌های مدل، از نقشهٔ مناطق توسعه‌یافتهٔ شهری در سال ۱۳۸۹ استفاده می‌شود و معیار مقایسه شاخص کاپا است. برای محاسبهٔ این شاخص ابتدا یک ماتریس مقایسه به شکل زیر تشکیل می‌گردد:

جدول ۱- ماتریس مقایسه شاخص‌ها

مدل / واقعیت	توسعه یافته	توسعه نیافته	جمع
توسعه یافته	P_{11}	P_{12}	P_{1T}
توسعه نیافته	P_{21}	P_{22}	P_{2T}
جمع	P_{T1}	P_{T2}	کل

سپس شاخص کاپا مطابق روابط زیر محاسبه می‌گردد (Pijanowski, 2005: 200):

$$\kappa = \frac{P(A)-P(E)}{1-P(E)} = \frac{\sum_{i=1}^{c} P_{ii} - \sum_{i=1}^{c} P_{iT}P_{Ti}}{1-\sum_{i=1}^{c} P_{iT}P_{Ti}}$$

که در این رابطه:

$i = 1, \dots, c$ نشان دهندهٔ کلاس‌های مشترک بین پاسخهای مدل و واقیت است.

P_{ii} نشان دهندهٔ سلول‌هایی از کلاس i در واقعیت است که در مدل نیز در همین کلاس قرار گرفته‌اند.

P_{iT} نشان دهندهٔ مجموع سلول‌هایی از کلاس i در واقعیت است که در کلاس‌های مختلف حاصل از مدل قرار گرفته‌اند.

P_{Ti} نشان دهندهٔ مجموع سلول‌هایی است که توسط مدل در کلاس i قرار گرفته‌اند و در کلاس‌های مختلف حالت واقعیت قرار دارند.

P(A): نشان دهندهٔ تطابق بین پاسخ‌های مدل و واقعیت است

P(E): نشان دهندهٔ عدم تطابق بین پاسخ‌های مدل و واقعیت است.

۲-۲-۱- تنظیم مدل

از ویژگی‌های مدل تهیه شده، انعطاف‌پذیری آن است که این امر با تعریف پارامترهای گوناگون برای تنظیم روابط مختلف میسر گردیده است. در این بخش پارامترهای مورد استفاده در مدل و نحوهٔ تنظیم آنها شرح داده می‌شود:

▪وزن نقشه‌ها با توجه به نظر کارشناسی و با مراجعهٔ حضوری تعیین گردیدند. واضح است که این وزنها برای دسته‌های مختلف عامل‌ها متفاوت است، چه اینکه تفاوت بین عامل‌ها از طریق وزن‌ها اعمال می‌شود.

▪تعداد عامل‌ها با توجه به توسعهٔ صورت گرفته تعیین گردید. بدین صورت که هر یک از سلول‌های توسعه یافته با توجه به تخمین قیمتی آنها به یکی از پنج دستهٔ عامل‌ها نسبت داده شد و از این طریق سهم هر دسته از عامل‌ها در توسعهٔ به وجود آمده تعیین گردید و سرانجام با در نظر گرفتن توسعهٔ هر سلول توسط یک عامل، تعداد عامل‌ها از هر نوع مشخص گردید.

▪برای تعیین احتمال انتخاب مناطق، میزان توسعه در مناطق مختلف محاسبه گردید و نسبت میزان توسعه در منطقه به کل توسعه به عنوان احتمال انتخاب مناطق منظور شد.

▪همان‌گونه که در رابطهٔ ۱ دیده می‌شود در رقابت‌هایی که بین عامل‌ها برای توسعهٔ یک سلول واحد صورت می‌گیرد، قدرت نوع عامل‌ها و تعداد باخت‌های آنها در رقابت‌های قبلی مؤثر است. قدرت ۵ نوع مختلف عامل مورد استفاده با مشاورهٔ کارشناسی و با در نظر گرفتن حالات دو به دوی مواجههٔ عامل‌ها تعیین گردید.

▪مسلم است که عامل‌ها باید از عقلانیت محدود برخوردار باشند و اشراف به شرایط تک‌تک سلول‌های منطقه امری غیر واقعی است و اگر چنین حالتی لحاظ شود، مسأله را از شبیه‌سازی به بهینه‌سازی تبدیل می‌کند. بنابراین، در این تحقیق عامل‌ها همه مناطق را بررسی نمی‌کنند بلکه نسبت معینی از آنها را کاوش می‌کنند. برای تعیین این نسبت، نسبت‌های ۵۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درصد به عنوان درصد مناطق مورد جستجو برای عامل‌های نوع ۵ مورد آزمون قرار گرفت. بدین ترتیب عامل‌های این نوع در هر یک از این حالت‌ها به ترتیب ٦، ۸، ۱۰ و ۱۱ منطقه را از ۱۲ منطقهٔ موجود

جستجو می‌نمایند. البته، جستجو برای عامل‌های نوع دیگر، یک منطقه بیش از عامل‌های نوع ۵ در نظر گرفته شد. همچنین برای تعیین تعداد سلول‌های مورد پیمایش در هر منطقه دو مقدار ۱۰ یا ۱۵ برابر تعداد سلولهای مورد توسعه برای هر عامل نوع ۵ مورد آزمون قرار گرفت که این مقدار برای عامل‌های نوع دیگر کمی بیشتر است. میزان پرش یا جابه جایی در هر منطقه نیز به اندازهٔ تعداد سلولهای مورد توسعه توسط هر عامل برای عامل‌های نوع ۵ و تعداد سلول‌های مورد توسعه به علاوهٔ یک برای سایر انواع عامل‌ها در نظر گرفته شد. با آزمون انواع حالت‌های ممکن، بهترین مقادیر پارامترهای مورد آزمون تعیین گردید که در جدول ۲ قابل ملاحظه است. معیار تعیین مناسب بودن پارامترها میزان موفقیت مدل در پیش‌بینی توسعهٔ سال ۱۳۸۹ با استفاده از داده‌های سال ۱۳۸٤ است که با کمک شاخص کاپا انجام گرفت.

جدول ۲- پارامترهای مورد استفاده در مدل

نوع عامل / پارامتر	۵	٤	۳	۲	۱
تعداد	۱۰	۲۰	۱۰	۹۰	۱۱۰
وزن نقشهٔ دسترسی	۱	۲	۱	۱	۳
وزن نقشهٔ جذابیت	۱	۱	۲	۲	۱
وزن نقشهٔ ارزش زمین	۱	۱	۱	۳	۲
تعداد مناطق جستجو	۸	۹	۹	۹	۹
تعداد سلولهای پیموده شده	۱۵	۱۸	۱٦	۱٦	۱۷
حداقل تعداد پرش در هر منطقه	۱	۲	۲	۲	۲
امتیاز در رقابت	۳	۱	۵	۵	۲

۳- تحلیل یافته‌ها

یکی از ویژگی‌های مدل‌های عامل-مبنا وجود عقلانیت محدود در آنها است (Brown, 2006: 8). در اینجا این مفهوم را می‌توان این‌طور تعبیر نمود که یک عامل به عنوان یک توسعه‌دهندهٔ زمین از اطلاعات کامل راجع به کلیهٔ زمین‌ها و قابلیت تحلیل کامل آنها برخوردار نیست و از این رو با در نظر گرفتن همه گزینه‌های موجود، ممکن است انتخاب‌های عامل، بهترین انتخاب‌های ممکن نباشد. استفاده از عامل‌ها در پنج نوع مختلف به همراه توان محدود عامل‌ها در جستجوی سرزمین، ابزار پیاده‌سازی عقلانیت محدود در مدل مورد استفاده است. جدول ۳ میزان شاخص کاپای به دست آمده را بر حسب پارامترهای مورد آزمایش مدل نشان می‌دهد. در جدول مشخص است که شاخص کاپا با افزایش میزان پیمایش سلول‌ها افزایش می‌یابد. از طرف دیگر چه در حالت پیمایش ۱۰ سلولی و چه در حالت پیمایش ۱۵ سلولی، بهترین شاخص کاپا در شرایط جستجوی ۷۰ درصد مناطق رخ داده است. به همین دلیل جستجوی ۷۰ درصد مناطق با پیمایش ۱۵ سلول به عنوان پارامتر مدل، تثبیت و از پاسخ‌های این حالت برای ارزیابی نتایج استفاده گردید.

جدول ۳- میزان شاخص کاپای به دست آمده در حالت‌های مختلف (درصد)

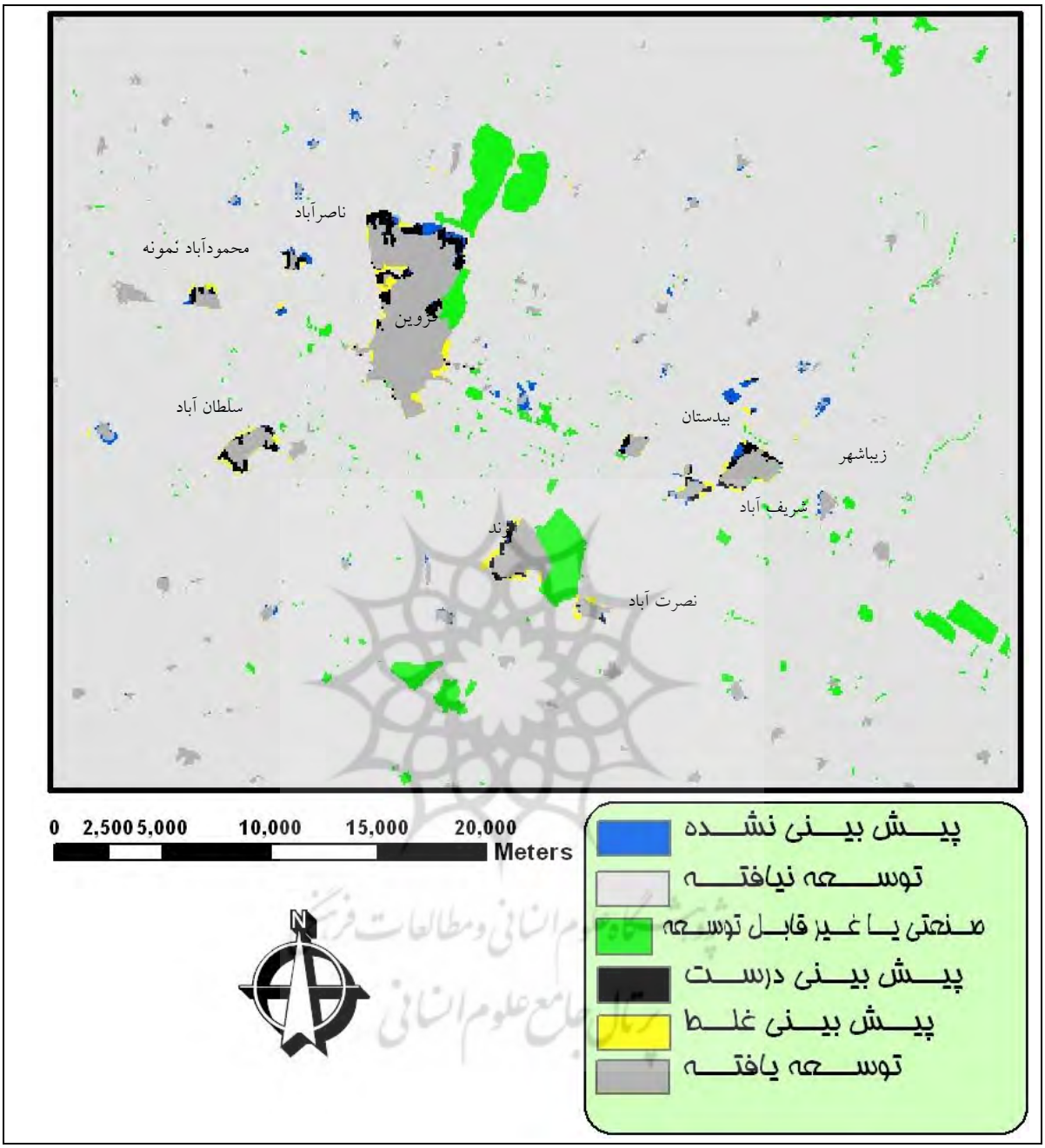
درصد مناطق جستجو / نسبت سلول‌های مورد پیمایش	۵۰	۷۰	۸۰	۹۰
۱۰	۷٦/۷۰	۷٦/۹۲	۷٦/۳۹	۷۵/۳۵
۱۵	۷۷/۳٤	۷۸/۱۷	۷۷/۵٤	۷۵/۵٦

شکل ٤ نتیجهٔ مدل را در مقایسه با توسعهٔ انجام شده در سال ۱۳۸۹ نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود بیشتر سلول‌های توسعه‌یافته به درستی توسط مدل پیش‌بینی شده‌اند. همچنین در شکل مشاهده می‌شود که قسمت اعظم توسعهٔ به وجود آمده در قسمت شمال شهر قزوین است و پس از آن بیشترین توسعه در حومهٔ شهرهای اطراف رخ داده است.

با توجه به شکل این نکته قابل استنباط است که مدل در پیش‌بینی توسعه در حومهٔ شهرها موفق بوده است. اما توسعه‌هایی که در مناطق روستایی و مناطق غیر حومه اتفاق افتاده کمتر به درستی پیش‌بینی شده‌اند. همچنین یکی دیگر از نقاط قوت پاسخ‌های مدل این است که هیچیک از سلول‌های مورد پیش‌بین مدل برای توسعهٔ شهری، در عمل به منطقهٔ صنعتی تبدیل نشده است و این بدان معنی است که سلول‌هایی که عامل‌ها آنها را برای مکان‌گزینی انتخاب کرده‌اند از قابلیتهای شهری و مسکونی خوبی برخوردار بوده‌اند و حتی اگر هم در واقعیت به این امر اختصاص نیافته‌اند از واقعیت فاصله‌ای نداشته و به عبارتی چندان نامطلوب نبوده‌اند. همچنین برخی از عامل‌ها مناطق خوش آب و هوای شمال و شمال شرقی قزوین (مراجعه به نقشهٔ جذابیت در شکل ۱ را برگزیده‌اند که گرچه بسیاری از آنها دقیقاً منطبق بر واقعیت نبوده‌اند ولی در مناطقی واقع شده‌اند که واقعاً چنین توسعه‌هایی اتفاق افتاده است.

به هر حال نمی‌توان انتظار داشت که مدل، همه توسعه‌ها را به درستی پیش‌بینی کند و وجود خطا در مدلهای توسعهٔ شهری امری معمول و بدیهی است، چراکه مکان‌گزینی سیستمی بسیار پیچیده به شمار می‌رود. عوامل بسیار زیادی ممکن است در توسعه یا عدم توسعهٔ یک سلول دخیل باشند. برای مثال خرید و فروش زمینها به عوامل متعددی بستگی دارد. ممکن است فردی به هر دلیل در مقابل توسعهٔ شهری مقاومت کند و زمین خود را حتی اگر مناسب‌ترین زمین بوده، با قیمتی گزاف قابل فروش باشد؛ به هیچ وجه واگذار نکند. یا ممکن است افرادی به دلیل تعلق به یک آبادی خاص، آنجا را برای توسعه انتخاب نمایند. همچنین ممکن است یکی از ملاکین به دلایلی خاص، زمینهایی را با قیمت پایین به فروش برساند. علاوه بر آن، سیاست‌های مسکن و شهرسازی نیز معمولاً تا حدی سیال است. گذشته از آن، عوامل پیچیده‌تری نظیر شایعه‌پراکنی و سوداگری زمین همراه با عوامل متعدد اقتصادی ممکن است در ترغیب یا عدم ترغیب افراد به ساخت و ساز در مناطق مختلف بسیار مؤثر باشد.

از طرف دیگر با توجه به تعداد زیاد عامل‌های نوع ۱ و نوع ۲ نسبت به سایر عامل‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که انتخاب این عامل‌ها الگوی اصلی رفتار مدل را هدایت می‌کند. عامل‌های نوع ۱ و نوع ۲ بیشترین اهمیت و وزن را برای ارزش و دسترسی قائل هستند. مناطقی که ارزش زمین در آنها بالاست عمدتاً در اطراف شهرها واقع هستند، جایی که به دلیل نزدیکی به شهر، طبیعتاً از دسترسی بالایی نیز برخوردارند. بنابراین، اکثر عامل‌های نوع ۱ و ۲ و به تبع آن اکثر عامل‌های مدل، اطراف شهرها را برای توسعه انتخاب می‌نمایند. اما عامل‌های نوع ۳ که به جذابیت اهمیت بیشتری می‌دهند مناطق جذاب شمال شهر قزوین را برای توسعه برگزیده‌اند. با این وجود مکان‌گزینی‌های عامل‌های نوع ۳، کمتر منطبق بر وضعیت به وقوع پیوسته بوده‌اند. دلیل این امر را می‌توان به عوامل پیچیده و متعددی نسبت داد که پیش‌تر ذکر آن رفت.



شکل ٤- نقشهٔ مقایسهٔ نتایج حاصل از مدل و توسعهٔ واقعی

یکی دیگر از این عوامل شدت متفاوت اعمال قانون برای ساخت و سازهای غیر مجاز در مناطق مختلف است. مناطق شمالی نزدیک به قزوین گرچه ممکن است از جذابیت بالایی برخوردار باشند اما نظارت بر آنها نیز قوی‌تر است بنابراین، امکان ساخت و ساز غیر مجاز در آنها بسیار کم است. هرکجا هم که اعطای مجوز صورت گیرد سبب افزایش ارزش زمین می‌شود و معیار ارزش به رقیبی برای جذابیت تبدیل می‌شود. در واقع می‌توان گفت که معیارهای لازم برای توسعه در اطراف شهرها مشهودتر و ملموس‌تر بوده‌اند

و از همین رو به شکل بهتری مدلسازی شده‌اند. سرانجام می‌توان به این نکته نیز اشاره کرد که برخی از پیش‌بینی‌های مدل در سلول‌هایی بوده است که در مجاورت بلافصل سلول‌هایی قرار گرفته‌اند که واقعاً توسعه یافته‌اند اما چون بر آنها منطبق نبوده‌اند جزء پیش‌بینی‌های اشتباه طبقه‌بندی شده‌اند.

به هر حال روی هم رفته می‌توان پاسخ‌های مدل را بسیار خوب ارزیابی نمود چرا که شاخص کاپا در همه چینش‌های مدل بالاتر از ۷۵ درصد بوده و رقم بیشینهٔ نزدیک به ۸۰ درصد را ثبت نموده است. لازم به ذکر است که شاخص کاپای بین ٦۰ تا ۸۰ درصد، خوب و بالاتر از ۸۰ درصد، عالی تلقی می‌شود (Pijanowski, et al., 2005: 202). همچنین این نتیجه در مقایسه با فعالیتهای نزدیک به این پژوهش نظیر جوادی و همکاران و نیز اصلانی‌مقدم و همکاران که به ترتیب به شاخص کاپای ٪۷۷ و ٪۷۵ دست یافته‌اند دارای برتری است، مضافاً اینکه این پژوهش در ابعاد منطقه‌ای و وسیع‌تر انجام گرفته است. کار در این مقیاس وسیع که موجب تعدد و پیچیدگی بیشتر عوامل مؤثر می‌گردد، در ایران به زعم نویسندگان منحصر به فرد بوده، پاسخ‌های به دست آمده از این نظر نیز بسیار امیدبخش به نظر می‌رسد. بنابراین، می‌توان از این مدل برای پیش‌بینی توسعهٔ شهری در آینده بهره جست.

٤- نتیجه‌گیری

گسترش شهرها همواره سبب تغییر کاربری اراضی مختلف به کاربری شهری می‌گردد. با توجه به غیر قابل اجتناب بودن این تغییرات، آگاهی از این روند برای هدایت آن به سمت و سوی مطلوب از اهمیت بالایی برخوردار است و به همین دلیل تا کنون مدل‌های زیادی برای شبیه‌سازی توسعهٔ شهر و گسترش کاربری اراضی شهری ایجاد شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این پژوهش مدلی عامل-مبنا توسعه داده شده و برای شبیه‌سازی گسترش کاربری اراضی شهری در محدودهٔ اطراف شهر قزوین با مساحت ۱٦۲۰ کیلومتر مربع مورد آزمایش و ارزیابی قرار گرفت. این مدل از روشی نوین برای جستجو و انتخاب زمین‌ها جهت توسعه استفاده می‌کند.

مدل پیاده‌سازی شده با استفاده از داده‌های مربوط به سال ۱۳۸٤ به منظور پیش‌بینی توسعهٔ سال ۱۳۸۹ به کار گرفته شد و پس از تنظیم پارامترهای مدل، به میزان شاخص کاپایی برابر با ٪۷۸/۱۷ در پیش‌بینی صحیح مناطق توسعه یافته دست یافت که مقدار قابل توجه و مناسبی به شمار می‌رود. در نگاهی دقیق‌تر، مدل در پیش‌بینی توسعه‌های صورت گرفته در حومهٔ شهرها بسیار موفق‌تر از توسعه‌های پراکنده و دور از شهر عمل نموده است. از ویژگی‌های دیگر این مدل، پیاده‌سازی آن روی یک منطقهٔ وسیع و با مقیاس منطقه‌ای است.

واقع شدن شهر قزوین و شهرها و شهرک‌های اطراف آن در زمین‌های حاصلخیز کشاورزی و باغی، حساسیت خاصی را برای روند توسعهٔ شهری در این منطقه به وجود آورده است. با این حال شاهد این موضوع هستیم که در اثر افزایش جمعیت، توسعهٔ شهری در حال وقوع است. در این تحقیق از سه معیار جذابیت، ارزش و دسترسی برای مدل‌سازی توسعه استفاده گردید. از این میان دو معیار دسترسی و ارزش را می‌توان به وسیلهٔ سیاستگذاری‌های مناسب به نحوی تغییر داد که توسعه به سمت و سوی مطلوب حرکت نماید. در این پژوهش نشان داده شد که مدل

معرفی شده می‌تواند به عنوان ابزاری بسیار مناسب برای آزمایش اثر تغییر معیارها بر تغییر روند توسعه مورد استفاده قرار گیرد.

نتایج این تحقیق مشخص نمود که گرچه توسعهٔ شهری امری به غایت پیچیده و پیش‌بینی آن دشوار است، ولی با انتخاب صحیح مهمترین عوامل تأثیر گذار بر آن و استفاده از مدلی که دارای قابلیت انطباق بالایی با شرایط باشد، می‌توان تا حدود زیادی توسعه‌های آتی را پیش‌بینی کرد و در جهت مدیریت و هدایت بهتر آنها گام برداشت. همچنین این تحقیق نشان داد که مدل عامل–مبنا به عنوان یک مدل پایین به بالا قادر است به خوبی بسیاری از رفتارهای تصمیم‌گیری انسانی را شبیه‌سازی نموده و با اخذ نتایج برآیند، روند کلی پدیده‌های اجتماعی نظیر گسترش کاربری اراضی را نشان دهد. علاوه بر آن، GIS به عنوان بستری مناسب برای آماده‌سازی محیط عامل‌ها، مدلسازی رفتار آنها و تحلیل نتایج به دست آمده از فعالیت آنها، قابلیت‌های خود را مجدداً اثبات نمود. مدل ایجاد شده در این پژوهش، با توجه به دارا بودن پارامترهای متعدد و مؤثر برای وفق یافتن با محیط، بسیار انعطاف‌پذیر بوده، نظر به کسب نتایج مطلوب توسط آن، قابلیت استفاده در سایر مناطق را دارد.

۵- پیشنهادها

در انتها می‌توان پیشنهادهایی را برای تحقیقات بیشتر مطرح نمود. این پیشنهادها به دو دستهٔ پیشنهادهای مرتبط با مدل و پیشنهادهای عملیاتی تقسیم‌بندی شده‌اند. پیشنهادهای مرتبط با مدل به شرح زیرند:

- استفاده از عامل‌هایی با رفتار پیچیده‌تر که انطباق بیشتری با رفتار توسعه‌دهندگان زمین پیدا کنند.
- ایجاد روشی برای برقراری ارتباط بین عامل‌ها برای رد و بدل شدن تجربیات عامل‌ها.
- امکان تغییر احتمال انتخاب مناطق بر اساس فعالیت عامل‌ها.

در بعد عملیاتی نیز موارد زیر برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردند:

- استفاده از مدل برای پیش‌بینی توسعهٔ آتی و همچنین تغییرات آن با توجه به تغییر سیاستگذاری‌ها.
- استفاده از مدل در مناطق دیگر برای بازآزمایی عملکرد آن.

منابع

اصلانی‌مقدم، ایمان. (۱۳۸۸) بررسی مدل برداری Cellular Automata به منظور پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ مهندسی عمران–نقشه‌برداری، گرایش سیستم‌های اطلاعات مکانی، استاد راهنما: رجبی، محمدعلی. پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، گروه مهندسی نقشه‌برداری.

جوادی دودران، یاشار. (۱۳۸۷) مدلسازی تغییرات پوشش زمین با استفاده از Cellular Automata در محیط GIS. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ مهندسی عمران–نقشه‌برداری، گرایش سیستمهای اطلاعات مکانی، استاد راهنما: رجبی، محمدعلی. پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، گروه مهندسی نقشه‌برداری.

طیبی، امین. (۱۳۸۸) پیش‌بینی و ارزیابی تغییر کاربری اراضی. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ مهندسی عمران–نقشه‌برداری، گرایش سیستم‌های

اطلاعات مکانی، اساتید راهنما: دلاور، محمود رضا. یزدانپناه، محمدجواد. و پیانفسکی، برایان. کریستوفر. پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، گروه مهندسی نقشه‌برداری.

قرخلو، مهدی. پورخباز، حمیدرضا. امیری، محمدجواد. فرجی سبکبار، حسنعلی. (۱۳۸۸) ارزیابی توان اکولوژیک شهر قزوین برای تعیین نقاط بالقوهٔ توسعهٔ شهری با استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال اول، شمارهٔ دوم، صفحات (۵۱-۶۸).

کامیاب، حمیدرضا. (۱۳۸۷) مدل‌سازی توسعهٔ فیزیکی شهر گرگان با استفاده از داده‌های سنجش از دور و رگرسیون لجستیک. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ محیط زیست، اساتید راهنما: حسینی، سیدمحسن. سلمان ماهینی، عبدالرسول. اساتید مشاور: قاسمپوری، محمود. غلامعلی فرد، مهدی. دانشگاه تربیت مدرس، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی.

مرکز آمار ایران، نتایج تفضیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن، سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵، www.amar.org.ir.

موسوی، میرنجف. سعیدآبادی، رشید. فهر، رسول. (۱۳۸۹) مدل‌سازی توسعهٔ کالبدی و تعیین مکان بهینه برای اسکان جمعیت شهر سردشت تا افق ۱۴۰۰ به روش دلفی و منطق بولین در محیط GIS، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال دوم، شمارهٔ ششم، صفحات (۳۵-۵۴).

United Nations, Population Division, http://esa.un.org/unpd/wup/unup/index_panel1.html

Agarwal C., Green G.M., Grove J.M., Evans T., and Schweik, T., (2002) A review and assessment of land-use change models: Dynamics of space, time, and human choice. Burlington, VT: USDA Forest Service Northeastern Forest Research Station Publication NE-297.

Alesheikh, A.A., Soltani, M.J., Nouri, N., and Khalilzadeh, M., (2008) "Land Assessment for _Flood Spreading Site Selection Using Geospatial Information System" International Journal of _Environmental Science and Technology, Vol. 5, No. 4, pp 455-462.

Baker W.L., (1989) A review of models in landscape change. Landscape Ecology, Vol.2, No.2, pp: 111-133.

Batty, M., (2005) Cities and Complexity, Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models and Fractals. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Benenson, I., Torrens, P., (2004) Geosimulation Automata-based Modeling of Urban Phenomena, John Wiley & Sons, LTD.

Brown, D.G., (2006) Agent-Based Models, The Earth's Changing Land: An Encyclopedia of Land-Use and Land-Cover change, Geist H (Ed.), Westport CT: Greenwood Publishing Group, p: 7-13.

Burrough, P.A., (1986) Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendo Press. Oxford, 194 pp.

Conte, R., Hegselmann, R., and Terna, P., (1997) Simulation Social Phenomena. Springer, Berlin.

Crooks, A., Castle, C. & Batty, M. (2008). Key challenges in agent-based modelling for geo-spatial simulation. Computers, Environment and Urban Systems, 32, 417-430.

EPA., (2000) Projecting Land-Use Change: A Summary of Models for Assessing the Effects of Community Growth and Change on Land-Use Patterns. Cincinnati, OH: U.S.Environmental Protection Agency, Office of Research and Development Publication EPA/600/R-00/098.

Feitosa, F.F., Le, Q.B. and Vlek, P.L.G., (2011) Multi-agent Simulator for Urban Segregation (MASUS): A Tool to Explore alternatives for Promoting Inclusive Cities.

systems, Computers Environment and Urban Systems, Vol.28, pp: 9-44.

Otter H.S., Veen A. van der and Vriend H.J. de, (2001) ABLooM: Location behaviour, spatial patterns, and agent-based modelling. JASSS journal of artificial societies and social simulation, Vol4. No.4, pp: U28-U54.

Parker, D.C., Manson, S.M., Janssen, M.A., Hoffman, M.J., & Deadman, P., (2003) Multi-agent systems for the simulation of land use and land cover change: A review. Annals of the Association of American Geographers, 93, 314–337.

Parker D. C. and Meretsky V., 2004, Measuring Pattern Outcomes in an Agent-Based Model of Edge-Effect Externalities Using Spatial Metrics, Agriculture Ecosystems and Environment, Vol.101, pp:233-250.

Pijanowski, B. C., Pithadia, S., Shellito, B. A. and Alexandridis, K., (2005) Calibrating aneural network-based urban change model for two metropolitan areas of Upper Midwestof the United States. International Journal of Geographical Information Sciences, 19, pp:197-215.

Plantinga A.J., (1999) The Economics of Land Use: A Bibliography. Orono, ME: The Agricultural and Forest Experiment Station, University of Maine Publication 744.

Torrens P.M., (2003) Cellular automata and multi-agent systems as planning support tools, In: S Geertman, J Stillwell (Eds), Planning Support Systems in Practice, Springer, New York, pp: 203-222.

Valbuena, D., Verburg, P.H., Bregt, A.K., & Ligtenberg, A. (2010). An agent-based approach to model land-use change at a regional scale. Landscape Ecology, 25, 185-199.

Waddell, P., (2001) Towards a Behavioral Integration of Land Use and Transportation Modeling, 9th International Association of Travel Behavior Conference, Quensland, Australia, July 2000, www.urbanism.org (accessed August 2011)

Wooldridge, M.J., (2002) An Introduction to MultiAgent Systems. John Wiley an Sons, LTD.

Computers, Environment and Urban Systems, 35, 104–115.

Gimblett, R.H., (Ed.)(2002) Integrating Geographic Information Systems and Agent-based Modeling Techniques, Oxford University Press, Oxford.

Lambin, E. F.,(1994) Modelling Deforestation Processes: A Review. Luxembourg: European Commission, Directorate-General XIII. Report no. EUR-15744-EN.

Ligmann-Zielinska, A., and Jankowski, P., (2007) Agent-Based Models as Laboratories for Spatially Explicit Planning Policies, Environment and Planning B: Planning and Design, Vol.34. pp: 316-335.

Ligmann-Zielinska, A., & Jankowski, P. (2010). Exploring normative scenarios of land use development decisions with an agent-based simulation laboratory. Computers, Environment and Urban Systems, 34, 409–423.

Loibl, W., & Toetzer, T., (2003) Modeling growth and densification in suburban regions-simulation of landscape transition with spatial agents. Environmental Modelling & Software, 18,553-563.

Macal C.M. and North M.J., (2007) Agent-Based Modeling and Simulation: Desktop ABMS, In: S. G. Henderson, B. Biller, M.-H. Hsieh, J. Shortle, J. D. Tew, and R. R. Barton, (eds). Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference, Argonne National Laboratory, pp: 743-760.

Maes, P., (1994) Modeling adaptive autonomous agents. Artificial Life, 1, 135-162.

Malleson, N., Heppenstall A., & See, L. (2010). Crime reduction through simulation: An agent-based model of burglary. Computers, Environment and Urban Systems, 34, 236–250.

Matthews R., Gilbert N., Roach A., Polhill J.G. and Gotts N.M., 2007, Agent-based land-use models: a review of applications, Landscape Ecology, Vol.22, pp:1447-1459.

Masuda J.R. and Garvin, T., (2008) Whose Heartland?: The politics of place in a rural–urban interface, Journal of Rural Studies, Volume 24, Issue 1, pp: 112-123.

Miller E., Hunt J.D., Abraham J.E. and Salvini P.A., 2004, Microsimulating urban

University Of Isfahan

Urban - Regional Studies and Research Journal
4th Year – No. 14 - Autumn 2012
ISSN (online): 2252-0848
ISSN (Print): 2008-5354
http://uijs.ui.ac.ir/urs

Developing an Agent-Based Model to Simulate Urban Land-Use Expansion (Case Study: Qazvin)

F. Hosseinali, A. A. Alesheikh, F. Nourian
Received: August 29, 2011/ Accepted: January 16, 2012, 1-6 P

Extended abstract

1-Introduction

Urban land-use expansion is a challenging issue in developing countries. Increases in population as well as the immigration from the villages to the cities are the two major factors for that phenomenon. Those factors have reduced the influence of efforts that try to limit the cities' boundaries. Thus, spatial planners always look for the models that simulate the expansion of urban land-uses and enable them to prevent unbalanced expansions of cities and guide the developments to the desired areas.

Several models have been developed and evaluated for simulating urban land-use expansions.

Despite the variety of the models, most of them have focused on simulating urban land-use expansions just around a city. Thus, the regional models that consider wider area are of primary importance.

2- Theoretical bases

In this study a new agent-based model has been developed and implemented to simulate urban land-use expansion in Qazvin and Alborz regions of Qazvin state which have an area of 1620 square kilometers. In this model, land-use developers have been treated as agents that move in the landscape explicitly and assess the state of parcels for development. So, the environment of the model is raster. The agents are developed into five groups which have different aims. The agents may fall in competition to develop the same parcels. Moreover, due to the spatial essence of the problem, GIS were used to prepare the

Author (s)

F. Hosseinali (✉)
PhD Student of GIS, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran
e-mail: frdhal@gmail.com
A. A. Alesheikh
Associate Professor of GIS, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran
F. Nourian
Associate Professor of Urban Planning, University of Tehran, Tehran, Iran

environment of agents' movement and search and to aggregate and analyze the results.

Two main steps can be recognized in this model: the Searching step and the Development step:

Searching step: The agents are created and distributed in the districts. The selection of districts is probabilistic and is based on the primary probability of selection, assumed for districts. When agents go to the districts, at first they move randomly to the neighborhood of pre-developed areas. Wherever the agent starts its activities, it assesses and saves the state of its current parcel and also its eight adjacent parcels. Next, the agent moves to its best neighbor parcel, or if more than one parcel achieves the same score, it chooses one of them randomly. If the agent movement is finished or it is not able to move to a neighbor parcel, the agent changes the search region in the district and jumps to another position in the same district. Moreover, the agents can search a specific number of districts in the same way. Thus, at the end of each Searching step, each agent records the situation of several visited parcels and sorts them in descending order.

Developing step: When all agents finish the search, the Developing step starts, and agents choose the top scoring parcels in their sorted list to develop. In the conflict cases, a competition determines the winner and the loser(s).

3– Discussion

In this research, the agents play the role of land-use developers which assess the land parcels and develop the desired ones. Thus, the agents should have an important characteristic which is called bounded rationality. This means that the knowledge of each agent about its environment is limited. In this model, the agents search a definite number of parcels and they are divided into five categories. With these two mentioned characteristics, the developers are treated as the agents with bounded rationality.

The model has several parameters which should be set before running. The parameters were set in two ways. Some of them like the weights of the input layers were set by experts. To set the others, several sets of parameters were considered and the model ran with each set. Therefore, the best set of parameters which caused the best result of the model was found.

To evaluate the model, data of year 2005 were used as the input and data of year 2010 were used for checking the results. By calibrating the model, the most desired configuration of the model was found and the results were close to the reality as the Kappa index raised up to 78.17 percent. These results show that the precision of the model to simulate land-use developments is good. Thus, the model is able to detect the area that faced rapid urban land-use expansions.

4– Conclusion

This paper presented the concepts and specifications of an agent-based model for the simulation of urban land-use sprawl in a Geographical Information Systems (GIS) environment. The multi-agent system of

residential development implemented in this paper demonstrated the ability of agent-based models to simulate urban land-use development. Furthermore, the results affirmed that linking GIS with ABM can enhance the capabilities of a simulation / modeling system for spatial problem purposes. A newly developed method for searching landscapes, selecting parcels and having competitions among agents, bring us better ways to simulate the behavior of land-use developers.

5– Suggestions

While the application of simulations to study human-landscape interactions is burgeoning, developing a comprehensive and empirically based framework for linking the social, biophysical and geographic disciplines across space and time remains for further research. Furthermore, developing the agents to make more complex decisions, as well as, establishing a framework for direct linking of the agents are suggested for future researches.

Keywords: Agent-based modeling, urban land-use expansion, competition, GIS

References

Agarwal C., Green G.M., Grove J.M., Evans T., and Schweik, T., (2002) A review and assessment of land-use change models: Dynamics of space, time, and human choice. Burlington, VT: USDA Forest Service Northeastern Forest Research Station Publication NE-297.

Alesheikh, A.A., Soltani, M.J., Nouri, N., and Khalilzadeh, M., (2008) "Land Assessment for _Flood Spreading Site Selection Using Geospatial Information System" International Journal of _Environmental Science and Technology, Vol. 5, No. 4, pp 455-462.

Aslani Moghddam, I., (2009) Assessing Vector Model of Cellullar Automata to Predict Land-Use Changes, M.S. Thesis. Supervisor: Dr. M.A. Rajbi. Department of surveying, Faculty of Engineering, University of Tehran.

Baker W.L., (1989) A review of models in landscape change. Landscape Ecology, Vol.2, No.2, pp: 111-133.

Batty, M., (2005) Cities and Complexity, Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models and Fractals. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Benenson, I., Torrens, P., (2004) Geosimulation Automata-based Modeling of Urban Phenomena, John Wiley & Sons, LTD.

Brown, D.G., (2006) Agent-Based Models, The Earth's Changing Land: An Encyclopedia of Land-Use and Land-Cover change, Geist H (Ed.), Westport CT: Greenwood Publishing Group, p: 7-13.

Burrough, P.A., (1986) Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendo Press. Oxford, 194 pp.

Conte, R., Hegselmann, R., and Terna, P., (1997) Simulation Social Phenomena. Springer, Berlin.

Crooks, A., Castle, C. & Batty, M. (2008). Key challenges in agent-based modelling for geo-spatial simulation. Computers, Environment and Urban Systems, 32, 417-430.

EPA., (2000) Projecting Land-Use Change: A Summary of Models for Assessing the Effects of Community Growth and Change on Land-Use Patterns. Cincinnati, OH: U.S.Environmental Protection Agency, Office of Research and Development Publication EPA/600/R-00/098.

Feitosa, F.F., Le, Q.B. and Vlek, P.L.G., (2011) Multi-agent Simulator for Urban Segregation (MASUS): A Tool to Explore alternatives for Promoting Inclusive Cities. Computers, Environment and Urban Systems, 35, 104–115.

Gimblett, R.H., (Ed.)(2002) Integrating Geographic Information Systems and Agent-based Modeling Techniques, Oxford University Press, Oxford.

Javadi Dodaran, Y., (2009) Modeling of Land-use Changes Using Cellular Automata in GIS Environment, M.S. Thesis. Supervisor: Dr. M.A. Rajbi. Department of surveying, Faculty of Engineering, University of Tehran.

Kamyab, H.R., (2008) Modeling Physical Development of Gorgan City Using Remote Sensing Data and Logistic Regression, M.S. Thesis. Supervisors: Hossein, S.M., and Salman Mahini, A. Advisors: Ghasempouri, M. and Gholamali Fard, M., Faculty of Natural Resource and Marine Science,Tarbiat Modarres University.

Lambin, E. F.,(1994) Modelling Deforestation Processes: A Review. Luxembourg: European Commission, Directorate-General XIII. Report no. EUR-15744-EN.

Ligmann-Zielinska, A., & Jankowski, P. (2010). Exploring normative scenarios of land use development decisions with an agent-based simulation laboratory. Computers, Environment and Urban Systems, 34, 409–423.

Ligmann-Zielinska, A., and Jankowski, P., (2007) Agent-Based Models as Laboratories for Spatially Explicit Planning Policies, Environment and Planning B: Planning and Design, Vol.34. pp: 316-335.

Loibl, W., & Toetzer, T., (2003) Modeling growth and densification in suburban regions-simulation of landscape transition with spatial agents. Environmental Modelling & Software, 18,553-563.

Macal C.M. and North M.J., (2007) Agent-Based Modeling and Simulation: Desktop ABMS, In: S. G. Henderson, B. Biller, M.-H. Hsieh, J. Shortle, J. D. Tew, and R. R. Barton, (eds). Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference, Argonne National Laboratory, pp: 743-760.

Maes, P., (1994) Modeling adaptive autonomous agents. Artificial Life, 1, 135-162.

Malleson, N., Heppenstall A., & See, L. (2010). Crime reduction through simulation: An agent-based model of burglary. Computers, Environment and Urban Systems, 34, 236–250.

Masuda J.R. and Garvin, T., (2008) Whose Heartland?: The politics of place in a rural–urban interface, Journal of Rural Studies, Volume 24, Issue 1, Pages 112-123.

Matthews R., Gilbert N., Roach A., Polhill J.G. and Gotts N.M., 2007, Agent-based land-use models: a review of applications, Landscape Ecology, Vol.22, pp:1447-1459.

Miller E., Hunt J.D., Abraham J.E. and Salvini P.A., 2004, Microsimulating urban systems, Computers Environment and Urban Systems, Vol.28, pp: 9-44.

Mousavi, M.N., Saeidabadi, R., and Fahar, R. (2010) Modeling Anatomical Development and Optimum Site Selection for Sardasht Population Settlement in 2021 using Delphi Method and Boolean Logic in GIS Environment. Urban-Regional Studies and Research, Vol.2, No. 6, pp: 35-54.

Otter H.S., Veen A. van der and Vriend H.J. de, (2001) ABLooM: Location behaviour, spatial patterns, and agent-based modelling. JASSS journal of artificial societies and social simulation,Vol4., No.4, pp: U28-U54.

Parker D. C. and Meretsky V., 2004, Measuring Pattern Outcomes in an Agent-Based Model of Edge-Effect Externalities Using Spatial Metrics, Agriculture Ecosystems and Environment, Vol.101, pp:233-250.

Parker, D.C., Manson, S.M., Janssen, M.A., Hoffman, M.J., & Deadman, P., (2003) Multi-agent systems for the simulation of land use and land cover change: A review. Annals of the Association of American Geographers, 93, 314–337.

Pijanowski, B. C., Pithadia, S., Shellito, B. A. and Alexandridis, K., (2005) Calibrating aneural network-based urban change model for two metropolitan areas of Upper Midwestof the United States. International Journal of Geographical Information Sciences, 19, pp.197-215.

Plantinga A.J., (1999) The Economics of Land Use: A Bibliography. Orono, ME: The Agricultural and Forest Experiment Station, University of Maine Publication 744.

Qarakhlou, M., PourKhabbaz, H.R., Amiri, M.J. and Faraji Sabkbar, H., (2009) Ecological Capability Evaluation of Qazvin Region to Determine Potential Points of Urban Developments using Geographical Information System, Urban-Regional Studies and Research, Vol.1, No. 2, pp: 51-68.

Statistical Centre of Iran, General Population and Housing Census Data, 1996 and 2006. www.amar.org.ir

Tayyebi, A., (2010) Prediction and Evaluation of Urban Land Use Change, M.S. Thesis. Supervisors: Delavar,. M.R., Yazdanpanah, M.J. and Pijanowski, B.C., Department of surveying, Faculty of Engineering, University of Tehran.

Torrens P.M., (2003) Cellular automata and multi-agent systems as planning support tools, In: S Geertman, J Stillwell (Eds), Planning Support Systems in Practice, Springer, New York, pp: 203-222.

United Nations, Population Division, http://esa.un.org/unpd/wup/unup/index_panel1.html

Valbuena, D., Verburg, P.H., Bregt, A.K., & Ligtenberg, A. (2009). An agent-based approach to model land-use change at a regional scale. Landscape Ecology, 25, 185-199.

Waddell, P., (2001) Towards a Behavioral Integration of Land Use and

Transportation Modeling, 9th International Association of Travel Behavior Conference, Quensland, Australia, July 2000, www.urbanism.org (accessed August 2011)

Wooldridge, M.J., (2002) An Introduction to MultiAgent Systems. John Wiley an Sons, LTD.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی