

شبیه سازی رشد محلی سکونتگاههای غیر رسمی بر اساس شکل و اندازه قطعات زمین

مهرداد بیجندی^{۱*}، محمد کریمی^۲

^۱ کارشناس ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین

طوسی

bijandi@mail.kntu.ac.ir

^۲ استادیار دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

mkarimi@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت دی ۱۳۹۴، تاریخ تصویب تیر ۱۳۹۵)

چکیده

سکونتگاه‌های غیررسمی غالباً به دلیل رشد بی رویه و بدون برنامه ریزی از وضعیت کالبدی مناسبی برخوردار نمی باشند. شبیه‌سازی رشد سکونتگاه‌های غیررسمی می تواند منجر به درک بهتر پیچیدگی فرایند و نحوه شکل گیری مکانی آن شود. مدل‌های عامل مبنا دارای توانایی ذاتی مدلسازی رفتار و اثرات متقابل عاملها بر یکدیگر می‌باشند و یک چارچوب ایده آل را برای مطالعه فرایند رشد سکونتگاه‌های غیررسمی فراهم می‌سازند. فشردگی قطعات در این گونه بافت‌ها زیاد است و جهت شکل گیری قطعات نیز نامشخص و بر اساس جهت معابر متغیر می‌باشد، لذا انتخاب واحد مکانی مناسب در این مسئله به عنوان یک چالش جدی فراروی تحلیلگران قرار دارد. در این تحقیق ابتدا برای شبیه سازی رشد محلی سکونتگاه‌های غیررسمی، مدلی عامل مبنا توسعه داده شده است و سپس حساسیت خروجی مدل توسعه داده شده نسبت به شکل و اندازه قطعات زمین مورد بررسی دقیقتر قرار گرفته است. در این تحقیق، قطعات تفکیکی زمین در ۲۰ سناریوی مختلف با اشکال متداول مربع و مستطیل در مساحت‌های متنوع و همچنین به صورت شبکه ای منظم از سلول‌ها در دو اندازه مختلف تولید شدند و تأثیر واحد مکانی مبنا در این مسئله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مجموعه سناریوهای مذکور برای یکی از سکونتگاه‌های غیررسمی شهر کاشان پیاده سازی شدند. ارزیابی نتایج نشان داد که دقت کلی نتایج اجرای مدل با قطعات زمین مستطیل با مساحت ۵۰ تا ۱۵۰ مترمربع نسبت به واحد مکانی مربع بهبود نسبی پیدا کرده است و دقت کلی مدل‌های شبه رستری نیز نسبت به حالت برداری کاهش معناداری پیدا کرده است.

واژگان کلیدی: مدلسازی عامل مبنا، سکونتگاه‌های غیر رسمی، واحد مکانی، آنالیز حساسیت، مدل داده

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

رشد فزاینده گسترش سکونتگاههای غیررسمی یکی از چالشهای جدی کشورهای در حال توسعه می باشد. رشد جمعیت و مهاجرت به شهرها و نبود برنامه های متناسب برای تأمین مسکن گروههای کم درآمد منجر به شکافی در نظام برنامه ریزی شهری می شود که زمینه ساز بروز پدیده فقر شهری است [۱]. امروزه روشها و ابزارهای جدید به کمک برنامه ریزان شهری آمده است تا بتوانند اقدامات پیشگیرانه را به موقع و هدفمند انجام دهند و با درکی بهتر، رشد اسکان غیررسمی را مدیریت نمایند. تأمین حداقل زیرساختها و خدمات شهری برای ساکنین اهمیت پیش بینی تغییرات کاربری شهری را دوجندان کرده است. پیش بینی اینکه تغییرات کاربری مناطق مختلف شهری از کجا و چگونه بروز می نمایند از موضوعات مهمی است که فراروی اغلب مدیران شهری قرار دارد. سکونتگاه های غیررسمی یکی از مسائل متداول تغییر کاربری است که بدون برنامه ریزی ایجاد می شود [۲] بنابراین شبهه سازی آن می تواند سناریوهای رشد احتمالی آینده را پیش بینی نماید.

الگوی سکونتگاههای غیررسمی از قطعات ریزدانه ای تشکیل شده است که تحت تأثیر محرکهای درونی و بیرونی سازمان یافته اند [۲]. مدلسازی عامل مبنا^۱ می تواند بعنوان یک ابزار قدرتمند برای شناسایی این محرکها بکار رود. در مدلسازی عامل مبنا با قرار دادن اجزاء یا عاملهای ساده در کنار هم سعی می شود در رویکردی پایین به بالا رفتارهای پیچیده شبهه سازی شود [۳]. از آنجایی که بافتهای اسکان غیررسمی غالباً بصورت ارگانیک شکل گرفته اند فشردگی قطعات در این گونه بافتها زیاد بوده و جهت شکل گیری قطعات نیز نامشخص و بر اساس جهت معابر متغیر می باشد [۴]. این مهم مدلسازی رشد سکونتگاه غیررسمی را در مقیاس محلی با چالش جدی مواجه نموده است. به عبارت دیگر، رشد مکانی پیچیده و نامنظم سکونتگاههای غیررسمی باعث شده است تا مدلسازی آنها در مقیاس محلی^۲ به ندرت انجام شود.

Augustijn-Beckers و همکاران [۳] با استفاده از مدل خانه سازی عامل مبنا رشد سکونتگاههای غیررسمی در دارالسلام تانزانیا را در مقیاس میکرو شبهه سازی نمودند. در این مطالعه سه مکانیسم گسترش، متراکم سازی و توسعه خانه ها مدلسازی شده است و عاملهای مالک و مستأجر با توجه به سطح درآمدشان در منطقه تعامل دارند. در مکانیسم متراکم سازی، عامل در بین ساختمانهای موجود ساختمان سازی می کند و در مکانیسم گسترش، عامل در فضاهای خالی و بدون تداخل با دیگران توسعه را انجام می دهد. مکانیسمهای خانه سازی در این تحقیق از تجزیه و تحلیل منطقه مطالعاتی در دوره های زمانی مختلف استخراج شده است.

Barros [۵] در تحقیق خود شکل ویژه ای از رشد شهری در آمریکای لاتین را به نام محیطی شدن^۳ مدلسازی کرد. در این پدیده افشار کم درآمد به حاشیه شهر رانده می شوند و افراد پردرآمد در هسته مرکزی شهرها اقامت پیدا می کنند و الگوی کلی شکل گیری سکونتگاههای غیررسمی بصورت دایره تشکیل می شود. عاملها محل اقامتشان را بر اساس تراکم همسایگی و نزدیکی درآمدها انتخاب می کنند. در این تحقیق، مدلسازی در ساختار رستری انجام شده است و سلولهای فاقد فاکتورهای محیطی مناسب مانند توپوگرافی به عنوان سلولهای ممنوعه برای سکونت فرض شده اند. نتایج مدل نشان داد که در شکل گیری پدیده حاشیه نشینی چگونگی تصمیم گیری خانوارها نقش مؤثری دارد.

Sietchiping [۶] یک مدل اتوماتای سلولی تحت عنوان ISGM^۴ را برای شهر یائونده^۵ در کشور کامرون توسعه داد. سناریوی رشد سکونتگاههای غیررسمی در این مدل به این صورت تعریف شد که اگر حداقل یکی از همسایه های پیکسل سکونتگاه غیررسمی نباشد آن سلول تبدیل وضعیت نمی شود. این سناریو، موجب تحکیم شرایط موجود و کاهش بروز سکونتگاههای جدید شد. آنالیز حساسیت مدل طی فرایندی سنگین انجام شد و ارزیابیها نشان داد که مدل به لایه های راهها، شیب، رودخانه ها، عبادتگاه و بازار حساس می باشد. سلولهای

^۳ Peripherisation

^۴ Informal Settlements Growth Model

^۵ Yaoundé

^۱ Agent Based Model

^۲ Local

منظم رستری استفاده شده در این مطالعه نمی‌توانستند شکل و اندازه قطعات مسکونی را شبیه‌سازی کنند.

Vincent [۷] مدلی عامل مبنا به نام ISGPM^۱ توسعه داد تا رشد سکونتگاههای غیررسمی در بخش اوکونگا^۲ در دارالسلام تانزانیا را شبیه سازی نماید. محیط این مدل بصورت منظم و رستری و با اندازه پیکسل ۵۰ متر در نظر گرفته شد که مطابقت چندانی با قطعات ریزدانه موجود در سکونتگاههای غیر رسمی ندارد. یک سری آنالیز حساسیت بر اساس سطح سودمند های مختلف برای عوامل در هر یک از کلاسهای درآمدی انجام شد تا حساسیت خروجی مدل نسبت به این تغییرات سنجیده شود.

Patel و همکاران [۸] با تلفیق تکنیکهای مختلف مانند شبیه‌سازی رویداد گسسته^۳، مدل‌سازی عامل مبنا، GIS و مدل‌های آماری، مدلی به نام Slumulation برای شبیه‌سازی پویایی پدیده شکل‌گیری فقیرنشین‌ها در شهر احمدآباد هندوستان ارائه دادند. در این مطالعه مدل‌سازی در دو مقیاس مکانی انجام شد. مقیاس میکرو شامل سایت‌های خانه‌سازی است و عامل‌های خانوار می‌توانند در آن خانه انتخاب کنند و عامل‌های توسعه‌دهنده می‌توانند ساخت و ساز کنند. مقیاس مکانی بعدی مقیاس ماکرو است که عامل سیاست‌گذار در آن فعالیت می‌کند.

در بررسی اغلب مطالعات قبلی می‌توان گفت که شکل‌گیری سکونتگاههای غیررسمی در مقیاس منطقه‌ای بیشتر مورد توجه بوده است این در حالیست که الگوی منطقه‌ای یک پدیده کاملاً تحت تأثیر چگونگی رشد محلی آنست. قطعه بندی نامنظم، بافت متراکم و ریزدانه و جهت‌گیری بی ضابطه این قطعات از جمله مشخصات بارز این سکونتگاه‌هاست [۱]. نظام شبکه‌های دسترسی در سکونتگاههای غیررسمی نیز ناکارآمد و ناکافی، با عرض کم و نفوذپذیری پایین است [۱]. این عوامل تنها بخشی از پیچیدگیهای کالبدی پدیده رشد سکونتگاههای غیررسمی است. از سوی دیگر مسائل اجتماعی و اقتصادی این پدیده است که ارائه مدلی جامع که بتواند فرایند آنرا شبیه سازی نماید به چالش می‌کشد. مدلسازی عامل مبنا با توانایی ذاتی شبیه سازی تعاملات انسانی می‌تواند ابزاری کارا و راهبردی مفید در مواجهه با

این چالشها باشد. مساحت قطعات مسکونی همواره از مهمترین شاخصهای کالبدی به شمار می‌رود [۹] که برای بررسی سکونتگاههای غیررسمی در مقیاس محلی نقشی تعیین کننده دارد و در نبود ابزاری مناسب برای تفکیک خودکار قطعات مسکونی در سکونتگاههای غیررسمی، در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از جدیدترین ابزار موجود، تفکیک خودکار قطعات زمین انجام شود و حساسیت خروجی مدل عامل مبنای توسعه داده شده نسبت به شکل هندسی و مساحت قطعات تفکیکی زمین در منطقه مطالعاتی تجزیه و تحلیل گردد.

در بخش دوم این تحقیق ابزار تفکیک خودکار زمین به صورت اجمالی معرفی شده است. در بخش سوم مدل عامل مبنای توسعه داده شده برای شبیه سازی رشد محلی سکونتگاه غیررسمی بیان شده است. در بخش چهارم پیاده سازی مدل و ارزیابی نتایج آن ارائه گردیده و در نهایت در بخش پنجم نتیجه‌گیری بیان شده است.

۲- تفکیک خودکار زمین

تفکیک اراضی را می‌توان پایه اصلی شکل دهی فرم گسترشهای جدید شهری به حساب آورد. این فرایند شامل تقسیم زمین بکر به قطعات زمین کوچکتر و خیابان می‌شود [۱۰]. این فرایند بطور متداول توسط مالکان و توسعه دهندگان اراضی با رعایت مقررات و برنامه های گسترش شهری و پس از تصویب مراجع قانونی به اجرا گذاشته می‌شود [۱۱]. هر چند می‌بایست در مفهوم تفکیک قطعات زمین شهری برای کاربردهای گوناگون تبعات اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و زیست محیطی آنها را نیز مد نظر قرار داد [۱۱]. لیکن رویکرد این پژوهش مفهوم رایج تفکیک اراضی در ایران یعنی تقسیم قطعات بر مبنای نگرش کمی و هندسی می‌باشد. اغلب مدل‌های ایجاد شده در زمینه شبیه سازی تقسیم بندی زمین رستر مبنا می‌باشند [۱۲، ۱۳، ۱۴]. دلیل این امر سادگی محاسبات رستری نسبت به مدل برداری می‌باشد؛ در حالی که ساختار رستری قادر به شبیه سازی پدیده های ناهمگون و نامنظم دنیای واقعی نیست [۱۵]. در همین راستا مدل‌های برداری تقسیم بندی زمین نیز توسعه پیدا کرده اند که غالباً نیمه‌ساختاریافته [۱۶] و خودکار تعریف شده‌اند [۱۷، ۱۸]. جدیدترین ابزار توسعه داده شده برای

^۱ Informal Settlement Growth Pattern Model

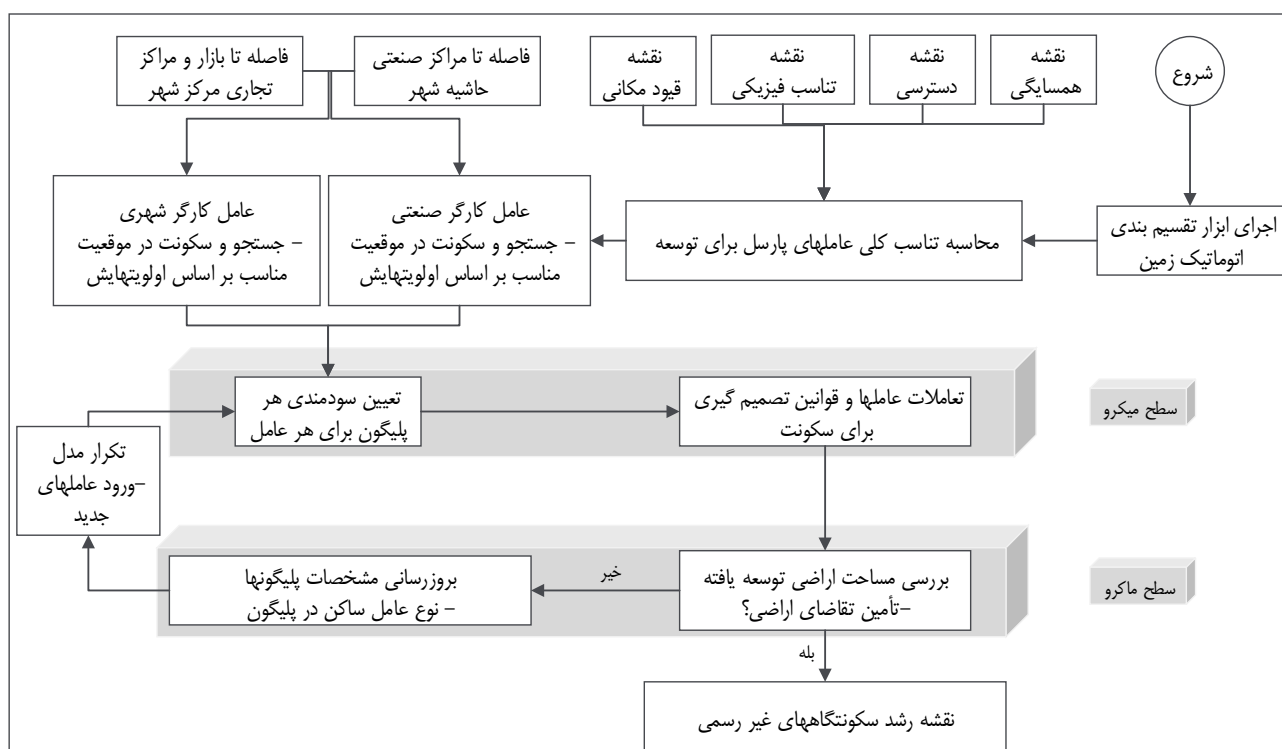
^۲ Ukonga

^۳ Discrete Event Simulation

تفکیک خودکار زمین ابزار تقسیم بندی Dahal و Chow [۱۸] می باشد که در این پژوهش از آن استفاده شده است. این مجموعه ابزار مشتمل بر هفت ابزار تقسیم بندی بردار مبنا برای تولید قطعه زمینها و خیابانهای متنوع می باشد که مطابق با شکل و موقعیت هندسی زمین آنها تفکیک می کند. این ابزار در محیط ArcGIS10.x پیاده سازی شده است و از مفهوم کوچکترین مستطیل احاطه کننده (MBR)^۱ استفاده می کند. این ابزار به جای استفاده صرف از MBR برای تقسیم یک قطعه زمین محدب براساس شکل و جهت آن، سبک های گوناگون تقسیم بندی اتوماتیک زمین را به تناسب قطعه های مختلف زمین و شکل، اندازه و جهت گیری آنها ارائه می دهد.

۳- مدل عامل مبنای رشد محلی سکونتگاههای غیررسمی

از آنجایی که سکونتگاه های غیررسمی دارای سیستمی پیچیده و پویا هستند لذا برای شبیه سازی فرایند رشد آنها به مدلهایی نیاز است که بتواند تأثیر رفتارها و تصمیم گیری های فردی را لحاظ نماید. مدل های عامل مبنا دارای درجه آزادی بالایی هستند و در رویکردی پایین به بالا و با استفاده از تعاملات موجودیت های تصمیم گیرنده با یکدیگر و با محیط می توانند فرایند مورد نظر را مدل سازی نمایند [۱۹]. فلوچارت مدل عامل مبنا توسعه داده شده برای شبیه سازی رشد محلی سکونتگاه های غیررسمی در شکل ۱ مشخص شده است.



شکل ۱- فلوچارت مدل عامل مبنای توسعه داده شده برای شبیه سازی رشد محلی سکونتگاه های غیررسمی

۳-۱- تولید عامل های قطعات زمین و تعریف قوانین رفتاری^۲ آنها

در این مدل پلیگوتهای قطعات زمین بعنوان عاملهای بدون حرکت، معرف فضاهایی هستند که توسط عاملهای

متحرک مورد جستجو و بازدید قرار می گیرد. در گام اول برای ایجاد این فضاهای جستجو از ابزار تقسیم بندی خودکار زمین استفاده گردید و بدین ترتیب عاملهای قطعات زمین تولید شدند. از آنجاییکه تفکیک اراضی در سکونتگاههای غیررسمی بدون برنامه ریزی صورت می گیرد لذا تا کنون ابزار مناسبی برای تفکیک خودکار اراضی در محدوده سکونتگاههای غیررسمی وجود ندارد. همچنانکه پیش تر گفته شد در این تحقیق از ابزار

^۱ Minimum Bounding Rectangle
^۲ Behavioral Rules

۳-۳-۳- تعاملات عامل‌ها

پدیده رشد سکونتگاه‌های غیررسمی به‌عنوان یک سیستم پیچیده دارای یک الگوی کلان در سطح ماکرو است که از تعاملات عوامل پایین‌دست در سطح میکرو حاصل می‌شود [۲۰]. این تعاملات منجر به پیدایش الگوهای کلان می‌شود و بالطبع بازخورد الگوهای کلان بر تعاملات عوامل پایین‌دست تأثیر می‌گذارد. در این تحقیق سعی شده است تا این فرایند پیچیده از رشد سکونتگاه غیررسمی در طراحی مدل ارائه شده لحاظ گردد.

۳-۳-۱- تعاملات سطح میکرو

در سطح میکرو عامل‌های خانوار شروع به کاوش محیط می‌کنند و عامل‌های قطعات زمین مقدار سودمندی متناسب با نوع خانوار را به آنها اعلام می‌کنند. فاکتور تناسب کلی هر قطعه زمین، فاکتور مساحت قطعه زمین، فاکتور تعداد همسایه‌های هم‌نوع و فاکتور فاصله تا مناطق اقتصادی مرکز شهر و فاکتور فاصله تا مناطق صنعتی حاشیه شهر به‌عنوان پنج فاکتور مکانی اصلی برای محاسبه مقدار سودمندی هر قطعه زمین لحاظ شده است. تعاملات عامل‌های خانوار با یکدیگر دارای دو رویکرد زیر است:

- جذب عامل‌های هم‌نوع (هم‌نوع بودن عامل‌ها در همسایگی یک قطعه زمین منجر به افزایش سودمندی و جذابیت آن برای همان نوع از عامل‌ها خواهد شد)
- اخراج عامل غیر هم‌نوع توسط عامل نوع دیگر وقتی که مقدار سودمندی یک قطعه زمین برای عامل نوع دیگر بیشتر باشد.

مکانیسم اخراج در سطح سکونتگاه‌های رسمی شاید کمی نامعمول به نظر برسد لیکن حاکم بودن شرایط اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی خاص در این سکونتگاه‌ها باعث می‌شود تا این مناطق از شخصیت ویژه‌ای برخوردار باشند لذا فرهنگ حاکم و سبک زندگی و سایر عوامل، خانوارها را مجبور به سکونت در موقعیت‌هایی می‌کند که پذیرش آن‌ها را داشته باشد لذا این مکانیسم، مبتنی بر این مسئله لحاظ شده است.

۳-۳-۲- تعاملات سطح ماکرو

در سطح ماکرو عامل‌های قطعات زمین در پایان هر گام زمانی ویژگی توسعه یافتگی خود را بر اساس نوع عامل

تقسیم‌بندی Chow و Dahal [۱۸] استفاده شده است تا بتوان عامل‌های قطعات زمین را تولید و فضاهای جستجوی عامل‌های خانوار را تعیین کرد.

گام بعدی تعریف قوانین رفتاری عامل‌های قطعات زمین بر اساس چهار فاکتور همسایگی، دسترسی، تناسب فیزیکی و قیود مکانی می‌باشد. هر عامل قطعه زمین با استفاده از این فاکتورها میزان تناسب کلی خود را تعیین و به مدل گزارش می‌کند. این فاکتورها دارای وزنهای مختلفی هستند و مدل به‌گونه‌ای طراحی شده است که کاربر می‌تواند به‌صورت دینامیک وزن‌ها را مطابق با سناریوهای مختلف تنظیم و معرفی نماید. برای تعریف همسایگی، قطعه زمین‌هایی که یال مشترک با قطعه زمین مرکزی داشتند به‌عنوان قطعه زمین‌های همسایه آن در نظر گرفته شدند.

هر عامل قطعه زمین فاکتور دسترسی به راه‌های اصلی و فرعی را بر اساس فاصله اقلیدسی از شبکه دسترسی تعیین می‌کند. برای محاسبه تناسب فیزیکی در این مدل با استفاده از نقشه‌های طرح جامع منطقه مورد مطالعه [۴] فاکتورهای جنس خاک و شیب در نظر گرفته شده است. همچنین، با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، محدوده چاه‌های قنات موجود، محدوده مسیل و اراضی حصارکشی شده به‌عنوان سه قید و محدودیت مکانی به مدل معرفی شدند.

۳-۲- تعریف عامل‌های خانوار

دسته‌بندی عامل‌های خانوار را می‌توان بر اساس فاکتورهای مختلفی مانند سطح درآمد، سطح تحصیلات و اشتغال انجام داد. هرکدام از این فاکتورها می‌توانند در سکونتگاه‌های رسمی شهری طیف متنوعی از عامل‌ها را ایجاد نمایند هر چند سطح درآمد افراد به‌صورت شفاف قابل احصاء نیست. از آنجایی که این سه فاکتور کمابیش به یکدیگر وابسته هستند [۲۰] و از طرفی در سکونتگاه‌های غیررسمی تنوع چندانی در سطح درآمد افراد و سطح تحصیلات آن‌ها مشاهده نمی‌شود و خانوارهای ساکن در محلات فرودست شهری نیز عمدتاً در بخش‌های غیررسمی فعالیت دارند [۹] لذا در این مدل عامل‌های خانوار بر اساس محل فعالیتشان به دو دسته کارگران شاغل در مرکز شهر و کارگران شاغل در نواحی صنعتی حاشیه شهر تقسیم بندی شده اند که دارای اولویتهایی متفاوتی برای انتخاب محل سکونت هستند.

ساکنان بروزرسانی می کنند و الگوی اولیه رشد سکونتگاههای غیررسمی شکل می گیرد. آرایش نوع عامل ساکن در هر قطعه زمین در سطح ماکرو بر محاسبه مقدار سودمندی آن قطعه زمین در سطح میکرو اثر گذار است و با تکرار مدل روند تکاملی آن تا حصول میزان تقاضا ادامه می یابد. عاملهای خانوار در هر گام زمانی به صورت کاملاً آزاد و بدون قید وارد مدل می شوند. این رویکرد از آن جهت در حرکت عاملها در نظر گرفته شده است که تغییرات در سکونتگاه غیررسمی لزوماً در همسایگیهای نزدیک اتفاق نمی افتد و غالباً شکل کالبدی گسسته و پراکنش نامنظم قطعات ساخته شده در این مناطق مشاهده می شود همچنین قطعات این بافتها عموماً ریزدانه هستند لذا فاکتور مساحت قطعه زمین نیز به عنوان یکی از فاکتورهای اصلی در محاسبه مقدار سودمندی قطعه زمینها در نظر گرفته شد تا قطعه زمینهای با مساحت کمتر در شرایط یکسان از شانس بیشتری برای انتخاب توسط عاملها برخوردار باشند.

عقلانیت محدود^۱ در رفتار عاملها به این مفهوم است که تنها اطلاعات معینی در دسترس آنهاست و پایه تصمیم گیری عاملها بر مبنای دانش محدود است [۲۰] و از این رو ممکن است انتخابهای عامل، بهترین انتخاب ممکن نباشد. استفاده از عاملهای خانوار در دو نوع مختلف به همراه توان محدود آنها در جستجوی سرزمین، ابزار پیاده سازی عقلانیت محدود در مدل ارائه شده است.

۳-۴- روش ارزیابی نتایج مدل

در این تحقیق از ماتریس خطا^۲ برای بررسی دقت مکانی مدل استفاده شده است. ماتریس خطا شامل آرایهای مربعی از سلولهاست که مقادیر مربوط به مساحت مناطق تطابق یافته و تطابق نیافته مدل و واقعیت را نشان می دهد [۲۱]. برای تعیین مقادیر ماتریس خطا از تکنیک همپوشانی اجتماع^۳ استفاده شده است و همپوشانی نقشه های مدل و واقعیت در سیستم اطلاعات مکانی انجام شد. مساحت هایی که در تقاطع مشترک هر دو نقشه قرار گرفتند نشان دهنده مناطقی هستند که تطابق کامل دارند. در این تحقیق برای بررسی تطابق هندسی خروجیهای مدل

با واقعیت از خطاهای Omission و Commission استفاده گردیده است. خطای Omission بیانگر مساحت زمینهایی است که در واقعیت توسعه یافته بوده اند ولی مدل از توسعه آنها غافل مانده است. خطای Commission نیز بیانگر مساحت زمینهایی که مدل اقدام به توسعه آنها کرده است در حالیکه در واقعیت توسعه نیافته بوده اند.

ابزار تقسیم بندی اراضی مورد استفاده در این تحقیق برای کلیه مساحت قطعات زمین، شبکه معابر را نیز بصورت اتوماتیک و با عرض ثابت تولید می کند لذا در محاسبه مقادیر آرایه های ماتریس خطا علاوه بر مساحت مناطق توسعه یافته و غیر توسعه یافته، مساحت مربوط به شبکه معابر نیز لحاظ شده است. با این حال آنچه بعنوان نتایج مدل در ماتریس خطا و در ردیف "شبکه معابر" محاسبه شده است در واقع نتیجه مدل عامل مبنا به شمار نمی رود چرا که در این مدل استراتژی مشخصی برای اختصاص یک قطعه زمین بعنوان "شبکه معابر" تعریف نشده است و اراضی صرفاً توسط عاملها اشغال می شوند و برای سکونت "توسعه" می یابند. به عبارت دیگر لحاظ کردن مساحت معابر در ماتریس خطا رویکردی سخت گیرانه برای ارزیابی مدل تلقی می شود و باعث کاهش دقت کلی مدلسازی و بیانگر میزان انحراف شبکه معابر منظم تولید شده از واقعیت خواهد بود.

قطعه زمینهایی که هنگام تفکیک اتوماتیک اراضی به عنوان "شبکه معابر" در نظر گرفته شده اند ولی در واقعیت "توسعه نیافته" بوده اند به عنوان قطعه زمینهایی فرض شده اند که مدل آنها را توسعه نداده است. این فرض با مفهوم سکونتگاههای غیررسمی سازگار است چرا که آشفتگی معابر این سکونتگاهها در قیاس با شبکه معابر منظم تولید شده توسط ابزار تقسیم بندی اتوماتیک باعث توسعه یافتگی نامنظم در این سکونتگاهها می باشد.

۴- پیاده سازی مدل و ارزیابی نتایج

در این بخش پیاده سازی مدل و سناریوهایی که برای ارزیابی آن تولید شده اند عنوان می گردد.

۴-۱- پیاده سازی مدل

مدل ارائه شده در این تحقیق با استفاده از افزونه Agent Analyst در نرم افزار ArcGIS10.1 پیاده سازی

^۱ Bounded Rationality

^۲ Error Matrix

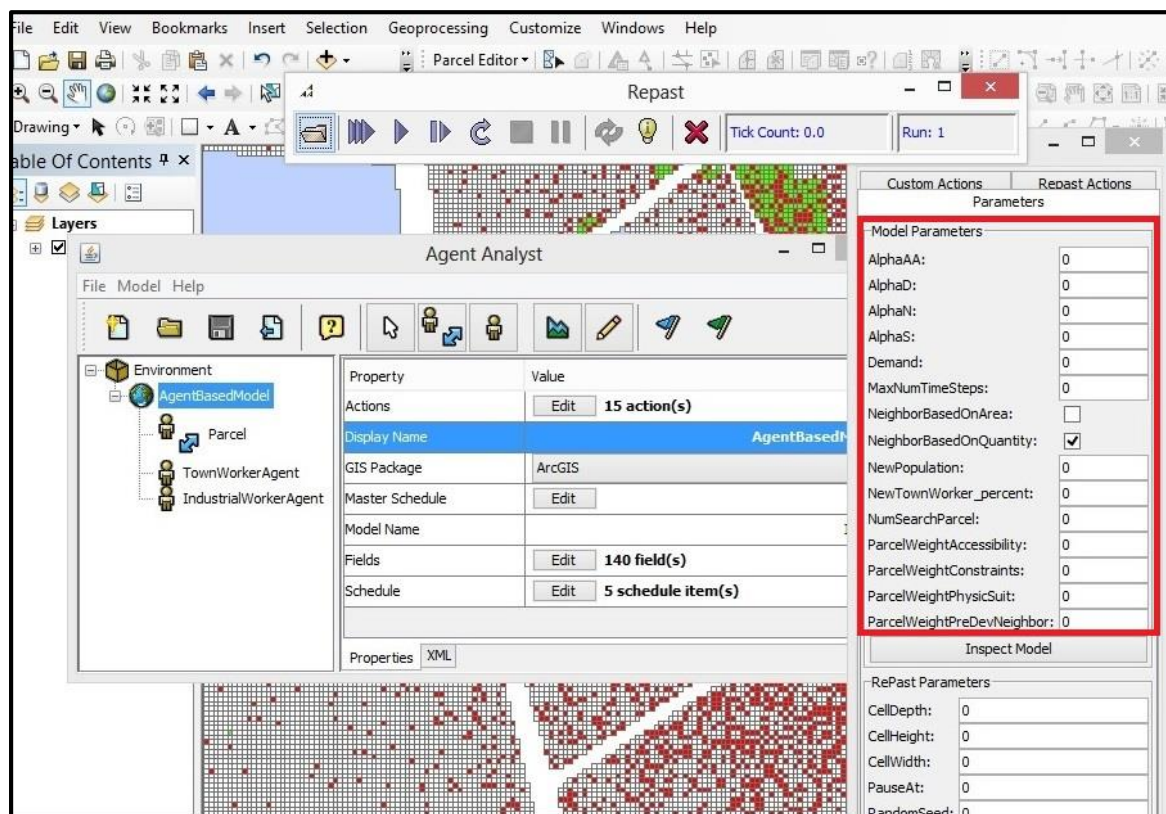
^۳ Union Overlay

برای یک پلیگون خاص به اجرا درآید. یکی دیگر از ویژگیهای این ابزار دستورالعملهایی است که بصورت تفصیلی در هنگام اجرای برنامه در محیط ArcGIS نحوه عملکرد آنرا نشان می دهد.

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق محله ولیعصر شهر کاشان است که یکی از محلات جدید این شهر می باشد و اقشار کم درآمد و افغانه در این محله سکونت گزیده اند. شناسایی و اولویت بندی سکونتگاههای غیررسمی شهر کاشان در مقیاس شهری طی مطالعه ای در سال ۱۳۹۰ بر اساس روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی انجام گرفته است [۹]. در مطالعه مذکور، پس از وزندگی معیارهای مختلف، اهمیت محله ها برای انجام بهسازی و توانمندسازی سکونتگاههای غیررسمی تعیین شده و محله ولیعصر به عنوان اولویت نخست انتخاب شده است [۹].

شده است. این افزونه رایگان و متن باز است و از طریق رویکرد میان افزار و با ادغام دو نرم افزار Repast و ArcGIS توسعه یافته است [۲۲]. همچنان که در رابط نرم افزاری مدل توسعه داده شده در شکل ۲ ملاحظه می شود مدل طراحی شده دارای پارامترهای گوناگونی است (کادر قرمز رنگ) که با ترکیب یک یا چند پارامتر می توان سناریوهای متنوعی را ایجاد کرد.

برای تفکیک خودکار زمین ابزار تقسیم بندی Dahal و Chow [۱۸] استفاده گردید. این ابزار قابلیت تقسیم خودکار زمین در هر شکل، اندازه و جهتی را در فرمت Shapefile فراهم می کند. یکی از مزایای این ابزار دریافت حداقل ورودی از کاربر و ارائه تقسیم بندی مطلوب اراضی بر مبنای این ورودیهاست. این ابزار می تواند بصورت یکپارچه برای کل پلیگونها و یا بصورت دستی



شکل ۲- رابط نرم افزاری مدل توسعه داده شده

استفاده قرار گرفته است [۹، ۴]. در نقشه طبقه بندی خاک عواملی نظیر قابلیت نفوذ، میزان سنگریزه و قلوه سنگ و تخته سنگ در سطح و عمق خاک، بافت خاک سطحی، عمق مؤثر خاک، تراوش پذیری، شوری و قلیائیت، پستی و بلندی، فرسایش بادی و آبی، سطح آب زیرزمینی با توجه به کیفیت آن، سیلگیری، وضعیت زهکشی و ماندابی مورد

در شکل های (۳-الف) و (۳-ب) نقشه های وضع موجود سکونتگاه غیررسمی در سال های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۲ نشان داده شده است. نقشه دسترسی به راه های اصلی و فرعی و راه آهن (شکل ۳-ج)، نقشه مسیل ها و قنات های واقع در محدوده شهر (شکل ۳-د)، نقشه شیب (شکل ۴-الف) و نقشه جنس خاک (شکل ۴-ب) در این تحقیق مورد

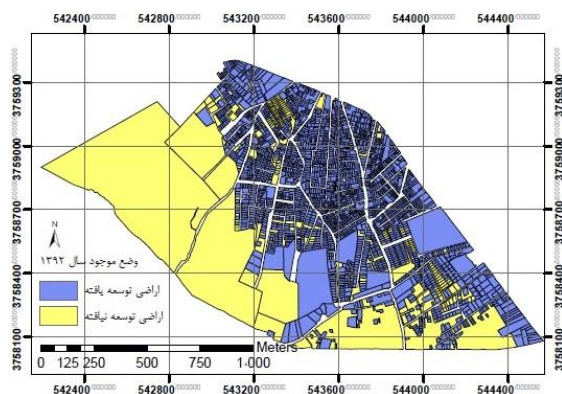
جدول ۱- پارامترهای مورد استفاده در مدل			
نوع عامل	قطعه زمین	کارگر شهری	کارگر صنعتی
وزن نقشه دسترسی	۳	-	-
وزن تناسب محیطی	۲	-	-
وزن تأثیر همسایگی	۴	-	-
وزن قیود و محدودیت مکانی	۲	-	-
تعداد قطعه زمینهای جستجو	-	۲۰	۲۰
وزن مساحت قطعه زمین	-	۷	۷
وزن تناسب کلی قطعه زمین	-	۴	۴
وزن همسایه های هموع	-	۹	۹
وزن فاصله از نواحی مرکزی شهر	-	۶	۰
وزن فاصله از نواحی صنعتی	-	۰	۶

۴-۲- سناریوهای ارزیابی مدل

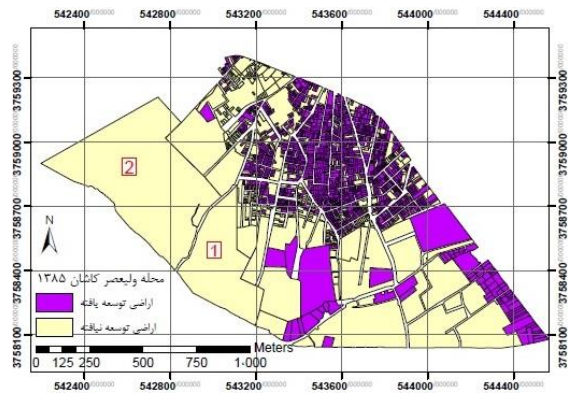
شبیه سازی رشد سکونتگاههای غیررسمی در مقیاس محلی ارتباط تنگاتنگی با شکل هندسی و مساحت قطعات تفکیکی دارد و از سوی دیگر این سکونتگاهها در درون و خارج از محدوده قانونی شهرها به صورت خودرو و بدون مجوز و خارج از برنامه ریزیهای رسمی و قانونی به وجود آمده اند و فقر کالبدی و اجزای ریزدانه و فاقد طرح و نقشه از ویژگیهای اغلب این بافتها است [۹]. این عوامل باعث شده است تا در این تحقیق حساسیت مدل ارائه شده در سناریوهای مختلف نسبت به شکل و اندازه قطعات زمین مورد ارزیابی قرار گیرد. برای تولید سناریوهای ارزیابی از شکلهای متداول مستطیل و مربع استفاده گردیده است و این اشکال در مساحتهاى مختلف مطابق جدول ۲ در نظر گرفته شده اند. در این جدول انواع مختلف قطعات زمین تولید شده توسط ابزار اتوماتیک تفکیک زمین در ۲۰ حالت مختلف تقسیم بندی شده اند. ابزار مذکور براساس داده های ورودی مطابق با جدول ۲ منطقه مورد نظر را به قطعات مربع و مستطیل تقسیم بندی می نماید.

بررسی قرار گرفته است که در این راستا اراضی در پنج کلاس کیفی به ترتیب نزولی از C1 تا C5 طبقه بندی شده اند [۴] که در نقشه (۴-ب) قابل ملاحظه است. از داده های سال ۸۵ (سال مبنا) برای شبیه سازی رشد سکونتگاه غیررسمی در سال ۹۲ (سال افق) استفاده می شود و نتایج با داده های واقعی مربوط به همین سال مقایسه و بدین ترتیب نتایج حاصل از مدل ارزیابی می گردد. در خصوص وضعیت بین سالهای ۸۵ تا ۹۲ در منطقه مطالعاتی می توان گفت مداخلات سازمانهای ذیربط در بافت سکونتگاههای غیررسمی بویژه در سالهای اخیر و اجرای طرحهای ساماندهی و توانمندسازی تا حدودی توانسته است ساخت و سازهای جدید را بصورت برنامه ریزی شده پیش برد هر چند این تحولات هنوز در آغاز راه است و توسعه ناهمگون، وجود کاربریهای مزاحم، استفاده از مصالح بی کیفیت بعثت سطح درآمدی پایین افراد در اغلب ساخت و سازهای جدید کماکان قابل مشاهده است.

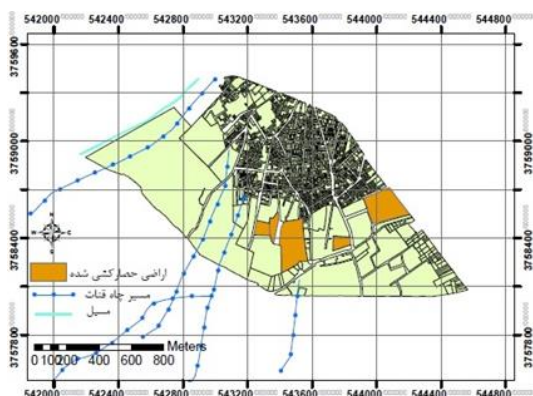
تعداد عاملها در هر گام زمانی عملاً تقاضای اراضی را مشخص می کند که با توجه به توسعه صورت گرفته تعیین گردیده است. با مقایسه مساحت توسعه یافته در منطقه مطالعاتی در سال افق نسبت به سال مبنا میزان توسعه به میزان ۳۶ هکتار مشخص و به عنوان تقاضای اراضی به مدل معرفی شده است. تعداد عاملها بر اساس سرانه کاربری مسکونی که در سکونتگاه غیررسمی مطالعاتی به ازای هر نفر ۴۵ مترمربع است مشخص می شود. سهم هر نوع از عاملها از این تعداد به صورت مساوی و هر گام زمانی نیز یک سال در نظر گرفته شده است. برای عامل کارگر شهری، زمینی دارای سودمندی بیشتری است که تناسب کلی آن بالا باشد، ریز قطعه باشد، اکثریت ساکنان اطراف زمین هموع با عامل باشند و به هسته مرکزی شهر نزدیک تر باشد. برای عامل کارگر صنعتی نیز زمینی دارای سودمندی بیشتری است که همه شرایط بالا را داشته باشد و به نواحی صنعتی نیز نزدیک باشد. این قوانین تصمیم گیری با استفاده از انتخاب وزن فاکتورها مطابق جدول (۱) پیاده سازی گردیده است.



(ب)



(الف)

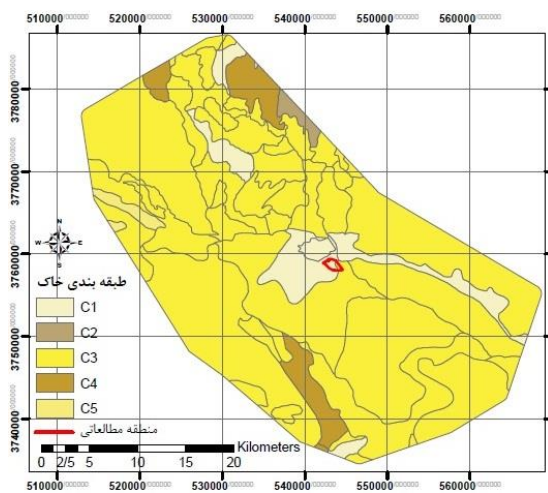


(د)

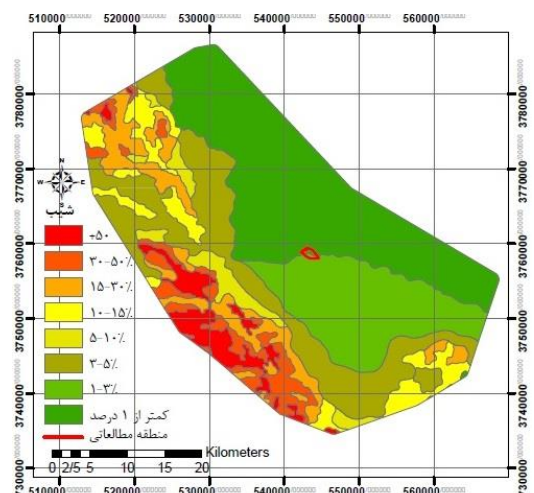


(ج)

شکل ۳- (الف) منطقه مطالعاتی سال ۱۳۸۵ [۴] - (ب) نقشه وضع موجود سال ۱۳۹۲ - (ج) نقشه راههای اصلی و فرعی [۴] - (د) نقشه قیود و محدودیتهای مکانی [۴]



(ب)



(الف)

شکل ۴- (الف) نقشه شیب [۴] - (ب) نقشه جنس خاک [۴]

تمایل باشد. این تحقیق برآنست تا کارایی پیاده سازی برداری مدل عامل مبنا را با استفاده از ارزیابی نتایج آن اثبات کند لذا علاوه بر سناریوهای فوق الذکر، منطقه مطالعاتی در قالب یک شبکه منظم شبه رستری پیکربندی

اگر چه مدلهای عامل مبنا می توانند در ساختار برداری پیاده سازی شوند ولی به نظر می رسد اغلب مدلسازان تمایل بیشتری به پیاده سازی رسترمبنا دارند [۲۳] که شاید ساختار ساده و سهولت محاسبات دلیل این

منطقه مطالعاتی در قالب سلولهای مربعی شکل در دو حالت مختلف ۲ متر و ۵ متر انجام گردیده است.

گردید و با شبکه بندی محیط در ساختار برداری نتایج خروجی مدل بر روی این پیکربندی نیز ارزیابی گردید. همچنانکه در جدول ۲ ملاحظه می شود شبکه بندی

جدول ۲- تقسیم بندی اراضی از نظر مساحت و شکل

شکل هندسی قطعات زمین				مساحت قطعات (مترمربع)
مستطیل		مربع		
عرض بیشتر از ۱۰ متر	عرض تا ۱۰ متر	عرض بیشتر از ۱۰ متر	عرض تا ۱۰ متر	
	*		*	۲۵-۵۰
	*		*	۵۰-۸۰
	*		*	۸۰-۱۰۰
	*	*		۱۰۰-۱۵۰
	*	*		۱۵۰-۲۰۰
*		*		۲۰۰-۲۵۰
*		*		۲۵۰-۳۰۰
*		*		۳۰۰-۴۰۰
*		*		۴۰۰-۵۰۰
*		*		۵۰۰-۶۰۰
اندازه سلول ۲ متر				شبکه بندی فضا در ساختار برداری
اندازه سلول ۵ متر				شبکه بندی فضا در ساختار برداری

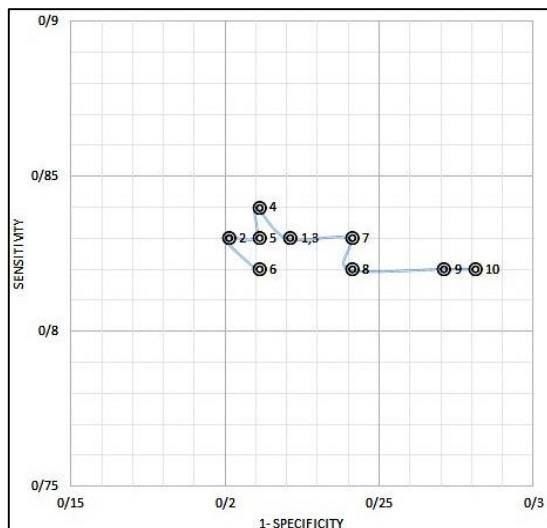
منعکس کننده کارایی پایین ابزار تقسیم بندی خودکار در تولید شبکه معابر سکونتگاههای غیررسمی است. بالا بودن دقت کاربر در اراضی "توسعه نیافته" علی الخصوص در حالت مستطیل نیز می تواند دلیلی بر طراحی مطلوب مدل و تطابق فرضیات با واقعیات باشد. چرا که مدل با استفاده از تعاملات عاملها و قوانین تصمیم گیری توانسته است ساز و کارهایی طراحی کند که اراضی غیر جذاب توسط عاملها برای رشد سکونتگاههای غیررسمی انتخاب نشوند و این اراضی را مطابق با واقعیت شناسایی کند.

در جدول ۴ ملاحظه می شود وقتی مساحت قطعات زمین بیشتر از ۲۵۰ متر مربع می شود دقت کلی مدل به زیر ۶۰ درصد کاهش می یابد و آنچه در جدول ۵ مشهود است برای قطعات زمین مستطیل شکل وقتی مساحت بیشتر از ۳۰۰ مترمربع می شود دقت کلی مدل به زیر ۶۰ درصد می رسد به عبارت دیگر دقت کلی مدل در حالت قطعات مستطیلی نسبت به حالت مربع بهبود نسبی پیدا کرده است. در جداول و نمودارهای ۴ و ۵ ملاحظه می شود که با افزایش مساحت قطعات زمین خطای Commission افزایش می یابد البته روند افزایشی این خطا در حالت مستطیل بطور نسبی کمتر از حالت مربع است. با توجه به اینکه سکونتگاههای غیررسمی دارای

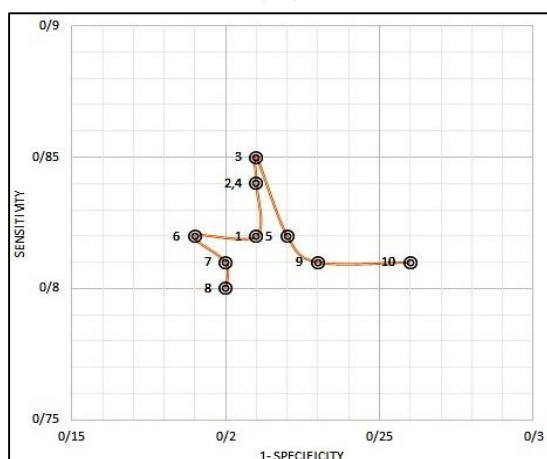
۴-۴- ارزیابی شکل هندسی و مساحت قطعات زمین

تقسیم بندی اراضی با شکل هندسی مربع و مستطیل با عرض و مساحت متنوع جمعاً در ۲۰ حالت مختلف انجام شد که نتایج ماتریس خطا برای هر کدام از اشکال در جداول ۳ و ۶ نشان داده شده است. در این دسته بندی مساحت قطعات زمین از ۲۵ تا ۶۰۰ متر مربع می باشد و دقت کلی مدل با قطعات مربع شکل در محدوده ۵۴ تا ۶۳ درصد و مدل با قطعات مستطیل شکل در محدوده ۵۵ تا ۶۴ درصد متغیر می باشد. همچنانکه از جداول و نمودارهای ۴ و ۵ استنباط می شود نرخ تغییرات در خطای Commission نسبت به خطای Omission بیشتر است، یعنی حساسیت خطای Omission نسبت به شکل هندسی و مساحت قطعات زمین بر خلاف خطای Commission کم است. آنچه در ارزیابی نتایج مشهود است بهبود نسبی دقت کلی نتایج اجرای مدل با قطعات زمین مستطیل شکل نسبت به حالت مربع است. خطای Commission نیز نسبت به حالت مربع کاهش یافته است. نکته دیگری که می توان در جدول ۳ و ۶ مشاهده کرد پایین بودن دقت کاربر در "شبکه معابر" می باشد که

است برای واحد مکانی مربع، طبقه ۲ (مساحت ۵۰-۸۰) و طبقه ۴ (مساحت ۱۵۰-۱۰۰) کارایی بیشتری دارند و در مورد واحد مکانی مستطیل نیز طبقه ۳ و طبقات ۲ و ۴ (مساحت ۱۵۰-۵۰) نتایج بهتری ارائه کرده اند.



(الف)



(ب)

شکل ۵- مقادیر حاصل از آنالیز ROC (الف) واحدهای مکانی مربع (ب) واحدهای مکانی مستطیل

کارایی مناسب مدل شبیه سازی رشد سکونتگاههای غیررسمی مستلزم دارا بودن حساسیت بالا نسبت به اراضی توسعه یافته واقعی و اختصاصیت بالا نسبت به اراضی توسعه نیافته واقعی است. همچنانکه در منحنی ROC مشاهده می شود مدل پیشنهادی در حالت واحد مکانی مستطیل با مساحت ۵۰ تا ۱۵۰ مترمربع توانسته است صحت بالاتری در افتراق اراضی توسعه یافته و نیافته ارائه دهد. هر چند حساسیت بالا نسبت به اراضی "توسعه یافته واقعی" منجر می شود تا مدل حتی الامکان هیچ

بافتی ریزدانه هستند لذا در این تحقیق محدوده مساحت ۲۵ تا ۱۰۰ متر مربع به صورت جزئی تری دسته بندی شده است. ارزیابی نتایج نشان می دهد که در حالت مربع قطعات زمین واقع در محدوده مساحت ۵۰-۸۰ متر مربع و ۱۵۰-۱۰۰ مترمربع نتایج مطلوبتری را برای مدلسازی ارائه می دهند و در حالت مستطیل قطعات زمین واقع در محدوده مساحت ۵۰ تا ۱۵۰ مترمربع منجر به دقت مطلوبتری در نتایج گردیده اند.

نتایج فوق با استفاده از منحنی نماد عامل گیرنده^۱ (ROC) در شکل ۵ نیز قابل استخراج است. منحنی نماد عامل گیرنده یک تکنیک ارزیابی عملکرد مدل های طبقه بندی است که امکان تجزیه و تحلیل رفتار سیستم و انتخاب طبقه مناسب را بر اساس عملکرد مدل فراهم می سازد [۲۴]. منحنی ROC بصورت یک نمودار دوبعدی و با ادغام اختصاصیت^۲ و حساسیت^۳ ترسیم می شود. برای محاسبه اختصاصیت و حساسیت از معادلات زیر استفاده می گردد [۲۴]:

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP} \quad (۱)$$

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \quad (۲)$$

در این معادله، TP بعنوان مثبت حقیقی^۴ بیانگر مساحت زمینهای توسعه یافته ای است که به درستی پیش بینی شده اند. FP بعنوان مثبت کاذب^۵ بیانگر مساحت زمینهای توسعه نیافته ایست که مدل آنها را توسعه یافته پیش بینی کرده است. FN بعنوان منفی کاذب^۶ بیانگر مساحت زمینهای توسعه یافته ایست که مدل آنها را توسعه نیافته تلقی کرده است. TN بعنوان منفی حقیقی^۷ بیانگر مساحت زمینهای توسعه نیافته ایست که مدل آنها را به درستی توسعه نیافته پیش بینی کرده است. شکل ۵ مقادیر حاصل از آنالیز ROC را برای ۱۰ طبقه مختلف از واحدهای مکانی^۸ مربع و مستطیل نشان می دهد. همچنانکه پیشتر گفته شد و از آنالیز ROC نیز مشخص

^۱ Receiver Operating Characteristic (ROC)

^۲ Specificity

^۳ Sensitivity

^۴ True Positive

^۵ False Positive

^۶ False Negative

^۷ True Negative

^۸ Land Units

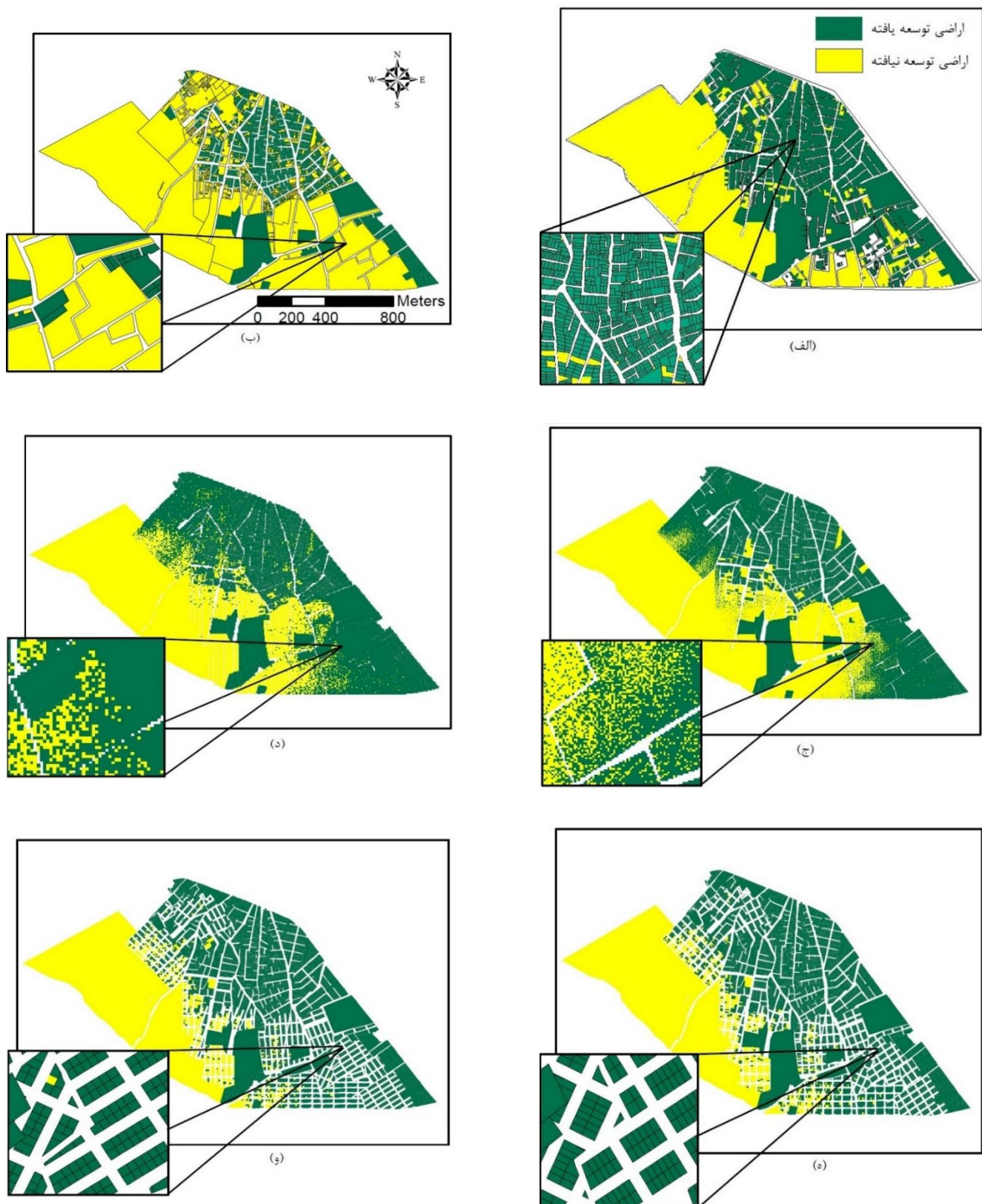
یک از این اراضی را در نتایج شبیه سازی از دست ندهد لیکن این رویکرد منجر به افزایش مقدار مثبت کاذب در نتایج شبیه سازی و بالطبع کاهش نسبی اختصاصیت آن شده است.

۴-۵- ارزیابی نتایج مدل در ساختار شبه رستری

یکی از سؤال های اساسی در مدلسازی عامل مبنای یک پدیده در مقیاس محلی انتخاب واحد مکانی مناسب برای مدلسازی است. در اغلب مطالعات پیشین از ساختار رستری برای شبیه سازی سکونتگاههای غیررسمی استفاده شده است. از آنجاییکه اندازه پیکسل در ساختار رستری معرف واحد مکانی است و اندازه پیکسل بزرگ کارایی لازم در مقیاس محلی را ندارد لذا در این تحقیق شبکه منظمی از سلول ها در دو حالت مختلف با ابعاد ۲متر و ۵ متر ایجاد گردید و منطقه مطالعاتی با این پیکربندی مورد بررسی قرار گرفت. به عبارت دیگر با ایجاد یک فضای شبه رستری و مقایسه نتایج آن با حالت برداری سعی شده است از دیدگاه مدل داده نیز نقش انتخاب واحد مکانی مبنا در فرایند شبیه سازی رشد محلی سکونتگاههای غیررسمی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. در جداول ۷ و ۸ نتایج مدل برای هر کدام از ساختارهای شبکه بندی فضا نشان داده شده است. آنچه از مقایسه نتایج کاملاً مشهود است کاهش معنادار دقت کلی نتایج مدل های شبه رستری نسبت به حالت برداری است. در شکل ۶ خروجی مدل عامل مبنا برای واحدهای مکانی گوناگون نمایش داده شده است. در ادامه آرایه های ماتریس خطا در هر کدام از حالات برداری و رستری بطور مقایسه ای تجزیه و تحلیل می گردد. از آنجاییکه در حالت شبه رستری ابزاری برای تفکیک خودکار اراضی اجرا نمی شود لذا در نتایج مدل شبکه معابری وجود ندارد بالطبع همانطور که در جدول ۷ ملاحظه می شود ردیف مربوط به "شبکه معابر" صفر شده است اما مساحت سلول هایی که در واقعیت "شبکه معابر" بوده اند ولی در مدل شبه رستری "توسعه یافته" شده اند بیانگر میزان انحراف مدل از واقعیت است که بیشتر از حالت برداری در جداول ۳ و ۶ است. البته وقتی اندازه سلول کوچکتر می شود نتایج مدل به واقعیت نزدیکتر می شود.

نکته دیگری که در مقایسه ماتریسهای خطای برداری و شبه رستری جلب توجه می کند مساحت زیاد قطعاتی است که مدل شبه رستری آنها را بصورت "توسعه نیافته" رها کرده است در حالیکه در واقعیت "توسعه یافته" بوده اند. این مساحت نقشی تعیین کننده در صحت پیش بینی رشد سکونتگاه غیررسمی بویژه در مقیاس محلی دارد. "عقلانیت محدود" مدل عامل مبنا در بزرگ شدن این مساحت دخیل است چرا که وقتی با عاملها سرو کار داریم فضای جستجوی عاملها را محدود می کنیم و گرنه مدلی بهینه ساز خواهیم داشت که تفاوت ماهوی با مدل عامل مبنا دارد. بنابراین در حالتی که سلول ها ریز می شوند سلول های زیادی توسعه نیافته باقی می ماند چرا که عامل به سراغ آنها نرفته است. همچنانکه در جدول ۷ ملاحظه می شود مساحت این اراضی وقتی اندازه سلول کوچکتر می شود بیشتر است. اگر فضای جستجوی که عاملها برای سکونت جستجو می کنند را گسترش دهیم با چالش دیگری از مدل های عامل مبنا روبرو می شویم که همان حجم بالای پردازشها و محاسبات سنگین است که با توجه به توان سخت افزارهای موجود اجرای مدل را محدود و زمان اجرای آنرا طولانی می کند.

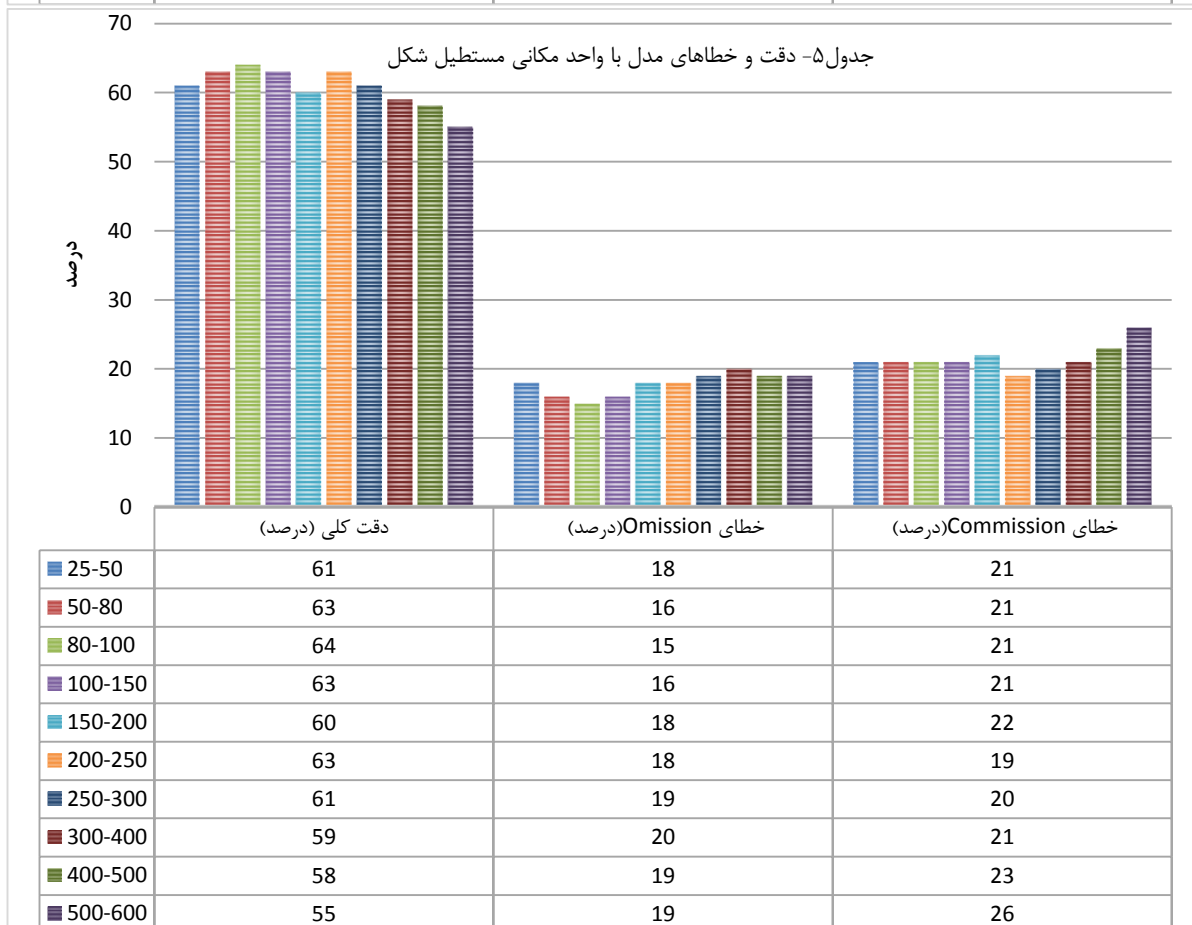
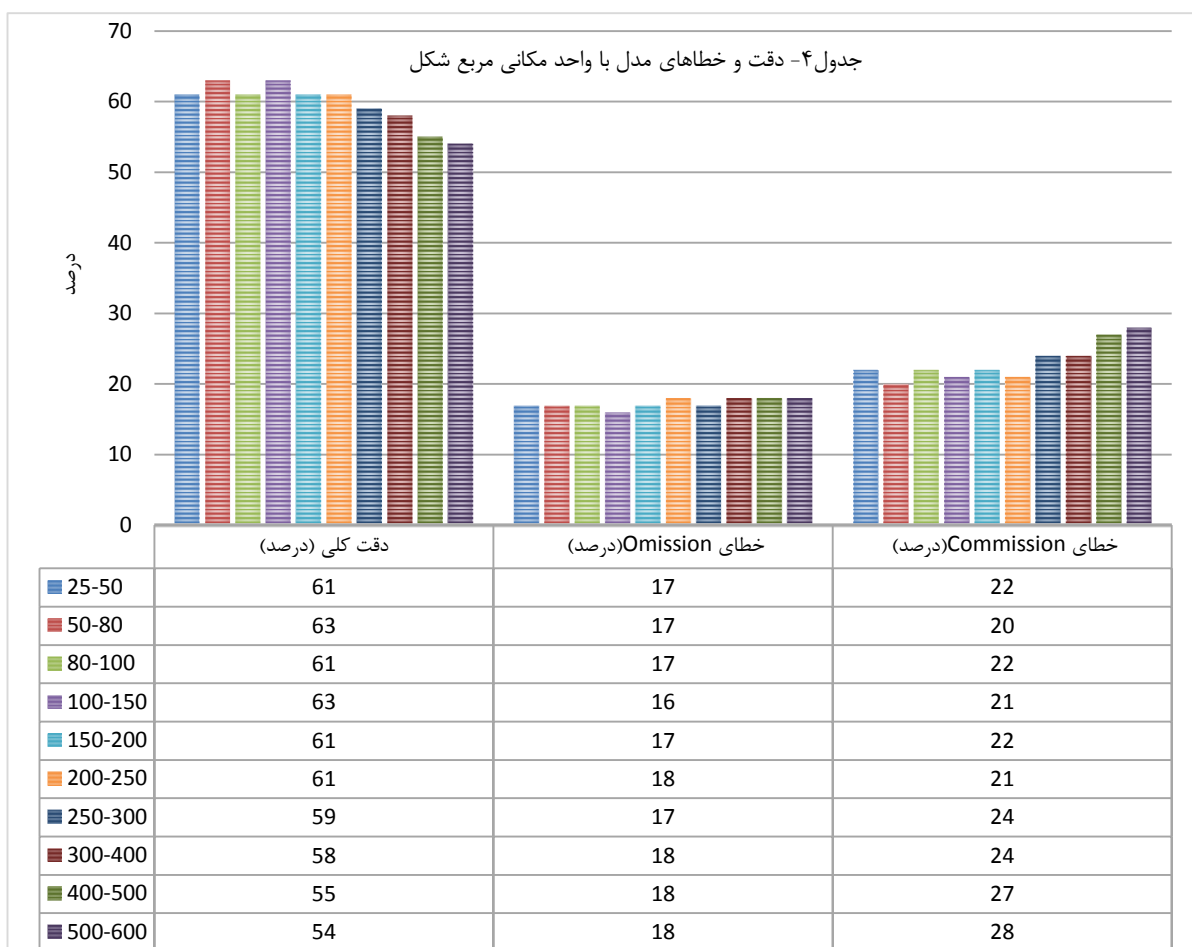
مساحت وضع موجود قبلی منطقه مطالعاتی (سال ۱۳۸۵) اعم از مساحت مناطق توسعه یافته و مساحت شبکه معابر، همچنین مناطق ۱ و ۲ در شکل (۳-الف) که قطعه بندی خودکار زمین در مورد آنها اجرا نشده است، چون تغییری نسبت به سال ۱۳۹۲ نداشته اند موجب افزایش کاذب دقت مدل می شوند لذا مساحت آنها از محاسبات ماتریس خطا حذف شده است تا از افزایش حبابی دقت جلوگیری گردد و سناریوهای ارزیابی مدل بصورت دقیقتری بررسی شود.



شکل ۶- (الف) وضع موجود سال ۹۲ - (ب) وضع موجود سال ۸۵ - (ج) خروجی مدل شبه رستری با ابعاد سلول ۲ متر
(د) خروجی مدل شبه رستری با ابعاد سلول ۵ متر - (ه) خروجی مدل با قطعات مستطیل شکل - (و) خروجی مدل با قطعات مربع شکل

جدول ۳- ارزیابی نتایج مدل با واحد مکانی مبنا مربع شکل

مشاهدات (هکتار)					
مساحت قطعات (مترمربع)	نتایج مدل (هکتار)	توسعه یافته	توسعه نیافته	شبکه معابر	دقت کاربر (%)
۲۵-۵۰	توسعه یافته	۲۱	۱۱	۴	۵۹
	توسعه نیافته	۲/۳	۱۸	۰/۵	۸۷
	شبکه معابر	۱۰	۰	۴	۲۹
	دقت تولید کننده (%)	۶۴	۶۳	۴۸	۶۱
۵۰-۸۰	توسعه یافته	۲۱	۱۰/۶	۳/۷	۶۰
	توسعه نیافته	۱/۵	۱۹	۰	۹۳
	شبکه معابر	۱۰/۸	۰	۴	۲۸
	دقت تولید کننده (%)	۶۴	۶۵	۵۲	۶۳
۸۰-۱۰۰	توسعه یافته	۲۱	۱۱	۳/۷	۵۹
	توسعه نیافته	۲/۳	۱۸	۰/۵	۸۷
	شبکه معابر	۱۰	۰	۴	۲۹
	دقت تولید کننده (%)	۶۴	۶۳	۴۹	۶۱
۱۰۰-۱۵۰	توسعه یافته	۲۲	۱۰/۵	۳/۹	۶۱
	توسعه نیافته	۲/۴	۱۹	۰/۶	۸۷
	شبکه معابر	۹	۰	۴	۳۱
	دقت تولید کننده (%)	۶۶	۶۵	۴۸	۶۳
۱۵۰-۲۰۰	توسعه یافته	۲۱	۱۰/۴	۳/۵	۶۱
	توسعه نیافته	۴/۲	۱۹	۱	۷۹
	شبکه معابر	۸	۰	۳/۲	۲۹
	دقت تولید کننده (%)	۶۴	۶۵	۴۲	۶۱
۲۰۰-۲۵۰	توسعه یافته	۲۱	۱۰/۲	۳/۸	۶۰
	توسعه نیافته	۵	۱۹	۱	۷۶
	شبکه معابر	۸	۰	۲/۷	۲۶
	دقت تولید کننده (%)	۶۲	۶۶	۳۶	۶۱
۲۵۰-۳۰۰	توسعه یافته	۲۰	۱۱	۴	۵۸
	توسعه نیافته	۶	۱۸	۱/۶	۷۱
	شبکه معابر	۶	۰	۲/۲	۲۷
	دقت تولید کننده (%)	۶۳	۶۳	۲۹	۵۹
۳۰۰-۴۰۰	توسعه یافته	۲۱	۱۱	۴	۵۹
	توسعه نیافته	۷	۱۸	۲	۶۷
	شبکه معابر	۶	۰	۲	۲۵
	دقت تولید کننده (%)	۶۲	۶۳	۲۵	۵۸
۴۰۰-۵۰۰	توسعه یافته	۲۰	۱۳	۴	۵۵
	توسعه نیافته	۸	۱۷	۲	۶۳
	شبکه معابر	۵	۰	۲	۲۹
	دقت تولید کننده (%)	۶۱	۵۷	۲۵	۵۵
۵۰۰-۶۰۰	توسعه یافته	۲۰	۱۳	۴	۵۵
	توسعه نیافته	۸	۱۶	۲	۶۲
	شبکه معابر	۵	۰	۱	۱۷
	دقت تولید کننده (%)	۶۱	۵۶	۱۵	۵۴



جدول ۶- ارزیابی نتایج مدل با قطعات زمین مستطیل شکل

مشاهدات (هکتار)					
مساحت قطعات (مترمربع)	نتایج مدل (هکتار)	توسعه یافته	توسعه نیافته	شبکه معابر	دقت کاربر (%)
۲۵-۵۰	توسعه یافته	۲۱	۱۲	۳	۵۹
	توسعه نیافته	۰	۱۸	۰	۱۰۰
	شبکه معابر	۱۳	۰	۵	۲۹
	دقت تولید کننده (%)	۶۲	۶۰	۶۳	۶۱
۵۰-۸۰	توسعه یافته	۲۲	۱۰/۶	۳/۷	۶۱
	توسعه نیافته	۱/۶	۱۹	۰	۹۳
	شبکه معابر	۱۰	۰	۴	۲۹
	دقت تولید کننده (%)	۶۶	۶۵	۵۲	۶۳
۸۰-۱۰۰	توسعه یافته	۲۲	۱۰	۴	۶۲
	توسعه نیافته	۲	۲۰	۱	۸۷
	شبکه معابر	۹	۰	۴	۳۱
	دقت تولید کننده (%)	۶۷	۶۷	۴۵	۶۴
۱۰۰-۱۵۰	توسعه یافته	۲۲	۱۰	۳/۸	۶۲
	توسعه نیافته	۲/۹	۱۹	۱	۸۳
	شبکه معابر	۸/۳	۰	۳	۲۷
	دقت تولید کننده (%)	۶۷	۶۶	۳۹	۶۳
۱۵۰-۲۰۰	توسعه یافته	۲۰/۲	۱۰	۳/۸	۶۰
	توسعه نیافته	۵/۸	۱۹/۲	۱/۵	۷۳
	شبکه معابر	۷/۳	۰	۲/۶	۲۷
	دقت تولید کننده (%)	۶۱	۶۶	۳۳	۶۰
۲۰۰-۲۵۰	توسعه یافته	۲۱	۹	۳	۶۴
	توسعه نیافته	۸	۲۰	۲	۷۳
	شبکه معابر	۶	۰	۳	۳۰
	دقت تولید کننده (%)	۶۲	۷۰	۳۸	۶۳
۲۵۰-۳۰۰	توسعه یافته	۲۰	۹	۴	۶۳
	توسعه نیافته	۸	۲۰/۲	۲	۶۷
	شبکه معابر	۶/۳	۰	۲/۳	۳۴
	دقت تولید کننده (%)	۵۹	۶۹	۳۸	۶۱
۳۰۰-۴۰۰	توسعه یافته	۲۰	۹	۴	۶۱
	توسعه نیافته	۸	۲۰	۱/۸	۶۸
	شبکه معابر	۶	۰	۲/۳	۲۸
	دقت تولید کننده (%)	۵۹	۶۹	۲۹	۵۹
۴۰۰-۵۰۰	توسعه یافته	۲۰	۱۰/۷	۳/۷	۵۹
	توسعه نیافته	۶/۲	۱۹	۱/۸	۷۱
	شبکه معابر	۷/۱	۰	۲/۴	۲۶
	دقت تولید کننده (%)	۶۱	۶۴	۳۱	۵۸
۵۰۰-۶۰۰	توسعه یافته	۲۰	۱۲	۴	۵۶
	توسعه نیافته	۹	۱۷	۲/۳	۶۱
	شبکه معابر	۴	۰	۱/۶	۲۹
	دقت تولید کننده (%)	۶۱	۵۹	۲۱	۵۵

جدول ۷- ارزیابی نتایج مدل‌های شبه رستری

مشاهدات (هکتار)					واحد مکانی مبنا
نتایج مدل (هکتار)	توسعه یافته	توسعه نیافته	شبکه معابر	دقت کاربر (%)	
توسعه یافته	۱۸	۱۳	۴	۵۲	شبکه برداری ۲متر*۲متر
توسعه نیافته	۱۶	۱۷	۷	۴۳	
شبکه معابر	۰	۰	۰	۰	
دقت تولید کننده (%)	۵۳	۵۷	۰	۴۷	
توسعه یافته	۱۶	۱۲	۷	۴۶	شبکه برداری ۵متر*۵متر
توسعه نیافته	۱۴	۱۸	۸	۴۵	
شبکه معابر	۰	۰	۰	۰	
دقت تولید کننده (%)	۵۴	۶۰	۰	۴۵	

جدول ۸- دقت و خطاهای مدل شبه رستری

واحد مکانی مبنا	دقت کلی (درصد)	خطای Omission (درصد)	خطای Commission (درصد)
شبکه برداری ۲متر*۲متر	۴۷	۲۱	۳۲
شبکه برداری ۵متر*۵متر	۴۵	۱۹	۳۶

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

در این تحقیق از شکلهای مستطیل و مربع بعنوان اشکال هندسی متداول قطعات زمین در مساحت‌های متنوع در محدوده ۲۵ تا ۶۰۰ متر مربع در ۲۰ سناریو مختلف استفاده گردید. ارزیابی نتایج نشان داد که دقت کلی نتایج اجرای مدل با قطعات زمین مستطیل شکل نسبت به حالت مربع بهبود نسبی پیدا کرده است و خطای Commission نیز نسبت به حالت مربع کاهش یافته است. همچنین مقایسه نتایج نشان داد که دقت کلی مدل‌های شبه رستری نسبت به حالت برداری کاهش معناداری پیدا کرده است. بنابراین حتی اگر تا کنون ابزار مناسبی برای تفکیک خودکار قطعات زمین در سکونتگاه‌های غیررسمی وجود ندارد و استفاده از ابزارهای موجود که شبکه معابر منظمی را ارائه می‌دهند تطابق چندانی با ماهیت آشفته معابر در سکونتگاه‌های غیررسمی ندارد با این حال نتایج این تحقیق حاکی از آنست که مدلسازی با استفاده از این ابزارها در ساختار برداری به مراتب نتایج مطلوبتری از حالت رستری ارائه می‌دهد. در این تحقیق با پیاده سازی برداری مدل عامل مبنا رشد محلی سکونتگاه‌های غیررسمی سعی شد تا کارایی مدل داده برداری در این مقیاس از مدلسازی نسبت به ساختار رستری اثبات گردد. با این حال تحقیق حاضر دارای برخی محدودیت‌هاست که در ادامه به آنها اشاره می‌شود. تاکنون ابزار مناسبی برای

باز تولید خودکار تفکیک اراضی در بافت‌های اسکان غیررسمی توسعه داده نشده است. آنچه از نتایج مدل قابل مشاهده است این است که خانوارها و افراد ساکن در سکونتگاه‌های غیررسمی هر چند از فقر و تنگدستی رنج می‌برند ولی بعنوان عاملان اصلی در شکل‌دهی به این سکونتگاه‌ها نوعی نظم را در بی‌نظمی این بافت‌ها رعایت می‌کنند که قابل استخراج است، به گونه ای که شبکه معابر آن چندان هم غیرقابل پیش بینی نیست. دیگر محققین نیز در این خصوص بحث کرده اند من جمله سابریرا و گامز که در پژوهش خود عنوان کرده اند "بافت‌های اسکان غیررسمی آنطور که به نظر می‌رسد مجموعه ای از سکونتگاه‌ها با توزیع نامنظم نیست بلکه درواقع این بافت‌ها نمایش دهنده ساختار پیچیده ای هستند که می‌تواند در قالب یک الگو بیان شود" [۲۵]. این نکته نقشی کلیدی در دستیابی به ابزار خودکار تفکیک اراضی در سکونتگاه‌های غیررسمی دارد که می‌تواند فرصت تحقیقاتی جدیدی برای بررسی‌های جامع‌تر فراهم آورد که بعنوان پیشنهادی برای تحقیقات آینده مطرح می‌گردد.

ما در این تحقیق سعی کردیم کارایی مدل داده برداری را با استفاده از ساختار شبه رستری اثبات کنیم برای بررسی‌های بیشتر می‌توان از ساختارهای رستری با اندازه های پیکسل متفاوت در سایر مناطق مطالعاتی و یا از تقسیم بندی اراضی در ساختارهای متنوع تفکیک مکانی^۱

^۱ spatial tessellation

استفاده کرد. همچنین می توان مدلسازی را با تلفیق اتوماتای سلولی و عامل انجام داد. در این تحقیق از اشکال هندسی مربع و مستطیل به تنهایی استفاده گردید که برای تحقیقات بیشتر می توان از ترکیب این دو شکل و یا سایر اشکال هندسی استفاده کرد.

در این تحقیق بعثت وسعت محدود منطقه مطالعاتی امتیاز دسترسی بر اساس فاصله اقلیدسی محاسبه شد که برای شبیه سازی در پهنه های مطالعاتی وسیعتر استفاده از فاصله روی شبکه یا زمان دسترسی پیشنهاد می شود. با توجه به اینکه ابزار اتوماتیک مورد استفاده در این تحقیق تمامی معابر را بصورت خودکار و با عرض ثابت ایجاد می کند لذا بعثت یکسان بودن عرض معابر در محاسبه

میزان دسترسی از آن صرفنظر شده است که برای شبیه سازی در سایر مناطق مطالعاتی استفاده از عرض معابر پیشنهاد می شود.

روش ارزیابی مدلهای عامل مبنای برداری از دیگر چالشهای این گونه از مدلسازی است که در این تحقیق از ماتریس خطا و مساحت اشکال هندسی برای ارزیابی نتایج استفاده گردیده است که منعکس کننده تمامی ویژگیهای هندسی یک قطعه زمین نیست لذا برای تحقیقات آینده توسعه روشهای ارزیابی پیشرفته تر و استفاده از متریکهای دیگر برای ارزیابی کیفیت مدلهای عامل مبنای برداری پیشنهاد می شود.

مراجع

- [1] Sedaghat Rostami K, Etemad G, Bidram R, Molaz J. (2011). Drawing up some indexes to recognizing blighted fabrics, Spatial Planning, 1(1), 103-120. [in Persian]
- [2] Sliuzas, R. V. (2004). Managing informal settlements: A study using geo-information in Dar es Salaam, Tanzania, Ph.D dissertation, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, Netherlands.
- [3] Augustijn-Beckers, E. W., Flacke, J., Retsios, B. (2011). Simulating informal settlement growth in Dar es Salaam, Tanzania: An agent-based housing model. Computers, Environment and Urban Systems, 35(2), 93-103.
- [4] Road and Urban Development of Isfahan,(2006). Master Plan for Housing and Urban Development kashan city, Vol.3, Isfahan province. [in Persian]
- [5] Barros J, (2012). Exploring urban dynamics in Latin American cities using an agent-based simulation approach, in Agent-based Models of Geographical Systems, Eds Heppenstall A.J., Crooks A.T., See L.M., Batty M., Springer Dordrecht, Netherlands, pp 571-589.
- [6] Sietchiping, R., (2004). A Geographic Information Systems and Cellular Automata-Based Model of Informal Settlement Growth, Ph.D. thesis, School of Anthropology, Geography and Environmental Studies The University of Melbourne, Australia.
- [7] Vincent, O.O., (2009). Exploring Spatial Growth Pattern of Informal Settlements Through Agent-based simulation. Master's thesis. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, Netherlands.
- [8] Patel, A., Crooks, A., Koizumi, N. (2012). Slumulation: An agent-based modeling approach to slum formations. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 15(4), 2.
- [9] Municipality of Kashan,(2011). Studies of organizing and empowerment informal settlements of Kashan: On a scale of region and city with emphasis on urban poverty and identification of informal settlements, First Edition, Kashan. [in Persian]
- [10] Cowan, R. (2007). The Dictionary Of Urbanism. Tisbury: streetwise press
- [11] Faramarzi M., Ebrahimi H., Barati N., (2013). An Investigation of concept of Subdivision in new urban Extensions, Bagh-I-Nazar, Vol. 9, Issue 23, pp 3-10. [in Persian]
- [12] Alexandridis, K., Pijanowski, B.C., (2007). Assessing multiagent parcelization perfor- mance in the MABEL simulation model using Monte Carlo replication experi- ments. Environment and Planning B-Planning and Design 34, 223-244.
- [13] Ko, D.W., He, H.S., Larsen, D.R., (2006). Simulating private land ownership fragmen- tation in the Missouri Ozarks, USA. Landscape Ecology 21, 671-686.
- [14] Morgan, F., O'Sullivan, D., (2009). Using Binary Space Partitioning to Generate Urban Spatial Patterns. In: Proceedings of the 11th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management. 16e18 June 2009. University of Hong Kong, Hong Kong.

- [15] Abolhasani S.,(2014). Modeling Urban Growth Through Vector-Based Cellular Automata, Master's thesis, K.N.T University of technology Faculty of geodesy and geomatic, Tehran. [in Persian]
- [16] Wakchaure, A.S., (2001). An ArcView tool for simulating Land Subdivision for Build Out Analysis. Master's thesis, Polytechnic Institute and State University, Virginia.
- [17] Vanegas, C.A., Aliaga, D.G., Benes, B., Waddell, P., (2009). Visualization of simulated urban spaces: inferring parameterized generation of streets, parcels, and aerial imagery. Ieee Transactions on Visualization and Computer Graphics 15, 424e435.
- [18] Dahal, K.R. and Chow, T.E., (2014). A GIS toolset for automated partitioning of urban lands. Environmental Modelling & Software, 55, 222–234.
- [19] Macal C.M., North M.J., (2010). Tutorial on agent-based modelling and simulation, Journal of simulation, Vol. 4(3), pp.151-162.
- [20] Young, G., (2010). Socioeconomic Analysis of Informal Settlement Growth in Dar es Salaam, Master's thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, Netherlands,.
- [21] Dahal, K.R., Chow, T.E., (2014). An agent-integrated irregular automata model of urban land-use dynamics, International Journal of Geographical Information Science, Vol. 28(11), pp. 2281-2303, 2014.
- [22] Johnston, K., (2013). Agent-analyst: Agent-based Modeling in ArcGIS. ESRI Press, Redlands, California.
- [23] Crooks, A. T. (2010). Constructing and implementing an agent-based model of residential segregation through vector GIS. International Journal of Geographical Information Science, 24(5), 661–675.
- [24] Olson, D.L., Denle, D., (2008). Advanced data mining techniques, first edition, Springer Science & Business Media.
- [25] Sobreira, F., Gomes, M. (2001). The geometry of slums: Boundaries, packing and diversity.