

مطالعه و بررسی توسعه منطقه شهری با استفاده از ترکیب اتوماتای سلولی و سیستم فازی در سامانه اطلاعات مکانی

(منطقه مورد مطالعه: شهر شیراز)

محمدابراهیم عفیفی^{۱*}، وحید سهرابی^۲

نوع مقاله: علمی پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۳۰

صفحه ۷۱ تا ۹۲

چکیده

مقدمه: امروزه رشد سریع شهرهای جهان بخصوص در کشورهای در حال توسعه مشکلات فراوانی را در حوزه‌های زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و ... ایجاد کرده است. به همین دلیل جایگاه مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در آینده برای مدیریت شهری و محیط زیست و مسئولین و محققان ذیربط بیش از پیش اهمیت پیدا کرده است.

روش کار: هدف و نوآوری این تحقیق، بکارگیری تلفیقی مدل اتوماتای سلولی (CA)، استنتاج فازی و روش میانگین وزنی مرتب (OWA) بر مبنای سیستم اطلاعات مکانی و ارائه مدلی ساده و در عین حال قدرتمند جهت مدل‌سازی و پیش‌بینی توسعه شهری می‌باشد. استفاده از روش‌های فازی در مدل پیشنهادی این تحقیق، در راستای پوشش ضعف‌های اتوماتای سلولی بکار گرفته شده و سعی می‌شود مراحل مختلف مدل CA از جمله قوانین انتقال به صورت فازی بیان شوند. همچنین روش OWA برای مدل‌سازی عدم قطعیت موجود در پدیده‌های طبیعی، سناریوهای مختلف برای شرایط مختلف تولید می‌کند.

در این راستا مدل از چهار بخش اصلی تناسب فیزیکی، سطح دسترسی، اثر همسایگی و محاسبه تناسب کلی تشکیل شده است. در دو بخش تناسب فیزیکی و سطح دسترسی با تعریف سیستم فازی و بکارگیری داده‌های مورد نیاز نقشه‌های مربوط به هر بخش تهیه می‌شوند. اما برای محاسبه اثر همسایگی از دو روش فاکتور غنی‌سازی و روش ترکیبی فاکتور غنی‌سازی با OWA استفاده می‌شود.

نتایج: نتایج مدل‌سازی با تصاویر ماهواره‌ای و تشکیل ماتریس خطا، دقت کلی و شاخص سازگاری برای روش Majority OWA به ترتیب ۰/۹۷۸۱ و ۰/۴۴۹ محاسبه شدند که نسبت به چهار روش دیگر دقت بالاتری می‌باشد. و برای دوره هفت ساله دوم با استفاده از نتایج ارزیابی انجام گرفته مشاهده گردید که نیز روش Majority OWA بیشترین دقت کلی و شاخص سازگاری به ترتیب ۰/۹۹ و ۰/۹۹۳ را در برآورد صحیح توسعه شهری نسبت به دیگر روش‌ها دارا می‌باشد.

واژگان کلیدی: توسعه منطقه شهری، اتوماتای سلولی، سیستم فازی، شیراز

^۱ گروه جغرافیا، واحد لار، دانشگاه آزاد اسلامی لارستان؛ ایران afifi.ebrahim63@gmail.com

^۲ دانشجوی دکتری رشته جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد لار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان؛ ایران sohrabiv@ymail.com

مقدمه

زمین به عنوان بستر و مامن انسانها طی ادوار تاریخی مختلف همواره دستخوش تغییرات و تحولات عظیم و گوناگونی بوده است. بشر طی دوران حیات طولانی خود در زیستگاه‌های این کره خاکی، به منظور سازگار نمودن آن با خواسته‌های خود، همواره به دخل و تصرف در آن پرداخته است. این دخل و تصرف از تغییرات کوچک گرفته تا بزرگ، همگی نوعی تلاش برای ایجاد سکونتگاه‌هایی برای زندگی بشر بوده است. بطوریکه می‌توان گفت زمین در طول تاریخ به عنوان اولین و اصلی‌ترین سرمایه انسانی همیشه از اهمیت بسزایی برخوردار بوده است.

بشر همواره به دنبال شناخت محیط اطراف خود و شناسایی منابع طبیعی موجود به منظور مایحتاج خود از نظر غذا و منابع تولید بوده است. تبدیل زمین‌های طبیعی مانند جنگل‌های طبیعی به سایر کاربری‌ها از دیر باز معمول بوده است، که این عمل خسارات فراوانی به منابع طبیعی کره زمین وارد کرده است. امروزه خالی شدن روستاها از جمعیت و تراکم آنها در مناطق شهری دارای اهمیت می‌باشد. توسعه صنایع و افزایش جمعیت سبب شده است تا بخش زیادی از زمین‌های شهری در سال‌های اخیر دستخوش تغییرات کاربری گردد. (خیاط و همکاران، ۱۳۹۵)

امروزه رشد سریع جمعیت شهری جهان بخصوص در کشورهای در حال توسعه، مشکلات فراوانی را در کلیه ی حوزه‌های زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و ... ایجاد نموده است. افزایش نرخ رشد جمعیت شهری و مهاجرت به شهرها، موجب افزایش تراکم جمعیت در شهرها شده است. در چنین وضعیتی شهر به عنوان بستر زیست انسان شهر نشین، نیازمند تامین شاخص‌هایی است که در یک نگاه می‌توان آنها را استانداردهای کیفیت زندگی شهری نامید. رشد شهرنشینی و تمایل جمعیت‌های انسانی به محیط شهری، مفهوم کیفیت زندگی شهری را بیش از پیش مطرح ساخته است. بنابراین محیط شهری می‌بایست ظرفیت و قابلیت شهرنشینی را داشته

باشد. در اینجا است که مسئله‌ی توسعه و ایجاد سکونتگاه‌های شهری و متعاقب آن مسئله‌ی چالش برانگیز تغییر کاربری اراضی شهری مطرح می‌گردد (لیو، ۲۰۰۸).

تغییر کاربری اراضی عبارت است از تغییر نحوه استفاده از زمین‌های خاص توسط مالکان یا متصرفین آن. این تغییر می‌تواند در مواردی آثار سوئی همچون آثار منفی طبیعی، اقتصادی، اجتماعی، علمی یا فرهنگی را به دنبال داشته باشد که این خود یکی از مهمترین دغدغه‌ها و نگرانی‌های مدیران و برنامه ریزان شهری در حوزه‌ی توسعه پایدار می‌باشد. بنابراین بحث کاربری اراضی می‌تواند به عنوان یک مسئله حیاتی و بسیار اثر گذار در توسعه پایدار یک شهر مطرح گردد (لیو، ۲۰۰۸).

تاکنون روش‌های مختلفی از جمله روش‌های آماری، بصری و هوش مصنوعی برای کالیبراسیون مدل‌های اتوماتای سلولی بکار گرفته شده‌اند (Clarke و همکاران، ۱۹۹۷). مدل SLEUTH را برای یافتن مقدار مناسب برای پنج پارامتر موثر در رشد شهری، با استفاده از تست‌های آماری، کالیبره کردند (گلدستین، ۲۰۰۴). در سال ۲۰۰۸، شان از الگوریتم ژنتیک برای کالیبراسیون مدل اتوماتای سلولی رشد شهری و جهت بهینه کردن روش‌های جستجو برای مقادیر قوانین انتقال در ایندیانا (آمریکا) استفاده کردند. آنها دریافتند که انتخاب جواب اولیه و دیگر پارامترهای موجود در الگوریتم ژنتیک مانند رمزگذاری، تقاطع و جهش در منجر شدن الگوریتم به یک جواب صحیح بسیار مهم بنظر می‌رسد. همچنین زمان محاسبه بطور چشمگیری در روش الگوریتم‌های ژنتیک کاهش یافت (شان، ۲۰۰۸).

لیو و یه در سال ۲۰۰۰ شبکه‌های عصبی را با اتوماتای سلولی برای مدلسازی تغییرات کاربری شهری تلفیق نمودند. در آن تحقیق شبکه‌های عصبی به عنوان جایگزینی برای قوانین انتقال در مدل اتوماتای سلولی کلاسیک مورد استفاده قرار گرفت (لیو، ۲۰۰۰). در سال‌های اخیر یکی از جنبه‌های توسعه در زمینه مدلسازی روندهای مکانی، کاربرد مجموعه‌های فازی و منطق فازی بوده است. نیاز به روشی متفاوت در جایی که ریاضیات دقیق روشی

مناسب برای مدلسازی رفتار سیستم‌های پیچیده نیست، موجب ظهور نسل جدیدی از اتوماتای سلولی، به واسطه تلفیق این روش با روش‌های دیگر شد. (عباسی زاده و همکاران، ۱۳۹۸) برای تعریف قوانین انتقال به جای استفاده از گزاره‌های قطعی از گزاره‌های زبانی فازی استفاده کرده و با جملات مبهم و ذهنی روند تصمیم‌گیری را کنترل نمود (میرآخور و همکاران، ۱۳۹۶). نیز برای ترکیب اتوماتای سلولی و منطق فازی، وضعیت و حالت سلول‌ها را به صورت فازی بیان کرده و با استفاده از توابع عضویت فازی فاکتور جمعیت، تعیین کرد که هر سلول چه درجه عضویتی در مجموعه فازی شهر دارند (لی، ۲۰۰۸). در مدل ترکیبی CA و فازی که توسط الخدر و همکاران توسعه داده شده است، میزان شهری بودن سلول‌های همسایه، پتانسیل شهری شدن یک سلول را تعیین می‌کند و این مسئله ای است که در مدل اتوماتای سلولی که به صورت قطعی بوده، در نظر گرفته نشده است (آلخدر، ۲۰۰۸)

آلخدر، در تحقیقات خود مدلی پیاده سازی کرد که در آن پنج کاربری دریاچه، رودخانه، مناطق شهری، مناطق غیرشهری و منبع آلودگی به عنوان ورودی مدل در نظر گرفته شده و همچنین با اضافه کردن مدل ارتفاعی رقومی و فاصله تا مرکز شهر و تعریف موتور استنتاج فازی، به مدلسازی توسعه شهری می‌پردازد (آلخدر و سی، ۲۰۰۹)

از جمله تحقیقات داخلی که در زمینه CA انجام گرفته می‌توان به تحقیقات ملکی اشاره کرد، وی برای مدلسازی توسعه شهری از اتوماتای سلولی کلاسیک استفاده کرد که البته تاکید او بر کالبراسیون مدل با الگوریتم ژنتیک بود (ملکی، ۱۳۸۹). ربانی و همکاران نیز با بهره‌گیری از مدل ترکیبی خودکار سلولی و روش بهینه سازی توده ذرات، به مدلسازی گسترش شهری پرداخته‌اند. آنها در مدل خود برای محاسبه احتمال گسترش براساس فاصله از عوامل توسعه مانند شبکه راه‌ها و یا مراکز مهم شهری، روش بهینه سازی توده ذرات را بکار گرفته اند (ربانی، ۱۳۹۰).

عبدالقادری نیز هدف افزایش قابلیت مدل اتوماتای سلولی را از طریق بیان فازی قوانین انتقال دنبال کرد. در راستای رسیدن به این هدف وی مدلی طراحی کرد که از سه بخش اصلی شبیه‌سازی، واسنجش و پیش - بینی تشکیل شده است. در مدل وی توسعه شهری تابعی از ۴ فاکتور اصلی دسترسی به شبکه حمل‌ونقل، تراکم شهری، محدودیت‌های توپوگرافی و سیاست‌های برنامه‌ریزی در نظر گرفته شده است. عبدالقادری از مدل خود برای مدلسازی شهر اصفهان در سال ۲۰۰۱ استفاده کرد و از مقایسه نتایج مدل با تصاویر ماهواره‌ای به ارزیابی و سپس کالبراسیون مدل پرداخت و سعی کرد با تغییر پارامترهای تشکیل‌دهنده قوانین و نیز ارتباط بین آنها نتایج شبیه‌سازی بهتری تولید شود (عبدالقادری، ۱۳۸۹).

هدف اصلی این تحقیق مدلسازی توسعه شهر شیراز می‌باشد. برای این منظور ابتدا از بین عوامل مؤثر بر تغییر و توسعه شهرها، فاکتورهایی که قابلیت ورود به مدلسازی را داشته و همچنین امکان تهیه داده آنها نیز وجود داشته باشد شناسایی می‌شود و با در نظر گرفتن فاکتورهای ورودی، مدل پیشنهادی حاصل از تلفیق سه روش ذکر شده، طراحی می‌شود

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی

شیراز یکی از شهرهای بزرگ ایران و مرکز استان فارس است. بر پایه‌ای آخرین سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۸۵ خورشیدی، این شهر جمعیتی بالغ بر ۱۲۱۴۸۰۸ نفر داشته که این تعداد در سال ۱۳۸۸ خورشیدی به ۱۴۰۵۰۷۳ نفر و در سال ۱۳۹۵ به ۱۷۱۲۷۴۵ نفر افزایش پیدا کرده است.

شهر شیراز، مرکز استان فارس به طول ۴۰ کیلومتر و عرضی متفاوت بین ۱۵ تا ۳۰ کیلومتر با مساحت ۱۲۶۸ کیلومترمربع به شکل مستطیل و از لحاظ جغرافیایی در جنوب غربی ایران و در بخش مرکزی فارس قرار دارد. این شهر از سمت غرب به کوه دراک، از سمت شمال به کوه های بمو، سبزپوشان، چهل مقام و باباکوهی از

پیکسل سایز ۵۰ متر برای این سال. از این داده‌ها در مرحله تعیین تناسب فیزیکی برای تهیه نقشه شیب و ارتفاع استفاده می‌شود.

• لایه برداری راه‌های اصلی و فرعی در سال مبنا، برای تعیین میزان دسترسی.

• لایه رستری کاربری‌های شهر با پیکسل سایز ۵۰ متر در سال مبنا، که حداقل کاربری‌های مسکونی، صنعتی، بهداشتی، تفریحی، اداری و بایر از آن قابل استخراج باشد.

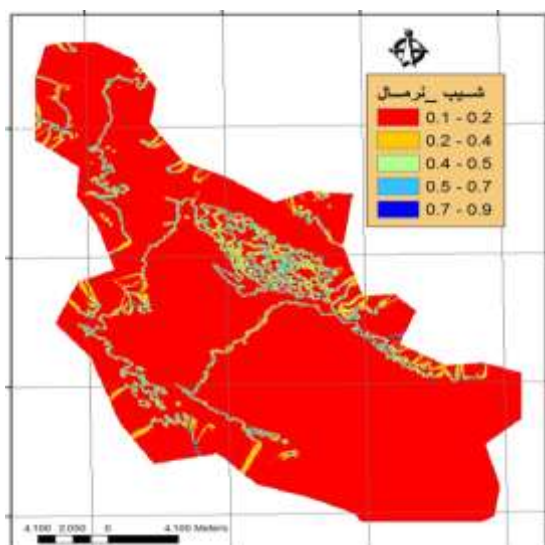
نقشه کاربری‌های شهر در سال‌های هدف با پیکسل سایز ۳۰ و ۵۰ متر. از این نقشه‌ها فقط برای ارزیابی نتایج مدل استفاده می‌شود و کاربرد مستقیمی در فرایند مدل‌سازی ندارد پس کافی است که این نقشه وضعیت مکانی شهر را از نظر توسعه‌یافتگی یا بایر بودن نشان دهد

روش تحقیق

تعیین تناسب فیزیکی جهت آماده‌سازی داده

• آماده‌سازی داده‌ها

یکی از پارامترهای مهم و مؤثر در توسعه شهری وضعیت شهر از نظر توپوگرافی و سایر ویژگی‌های فیزیکی است. برای بررسی تأثیر این پارامترها بر مدل که در این پایان‌نامه در قالب تناسب فیزیکی بیان شده از لایه‌های شیب و ارتفاع استفاده شده است.



رشته‌کوه‌های زاگرس محدود شده است. شهر شیراز برطبق آخرین تقسیمات اداری به ۹ منطقه‌ای مستقل شهری تقسیم شده است. اطراف شیراز را رشته‌کوه‌های نسبتاً مرتفعی به شکل حصار استوار، احاطه کرده‌اند که از لحاظ سوق‌الجیشی و حفظ شهر اهمیت ویژه‌ای دارند. شیراز از لحاظ مختصات جغرافیایی در عرض ۲۹ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۴۱ دقیقه و نیز طول ۵۲ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۳۷ دقیقه واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا بین ۱۴۸۰ تا ۱۶۷۰ متر در نقاط مختلف شهر متغیر است. رودخانه‌ی خشک شیراز رودخانه‌ای فصلی است که پس از عبور از شهر شیراز به سمت جنوب شرقی حوضه‌ی خود متمایل شده و به دریاچه مهارلو می‌ریزد (مرادی، ۱۳۹۰)

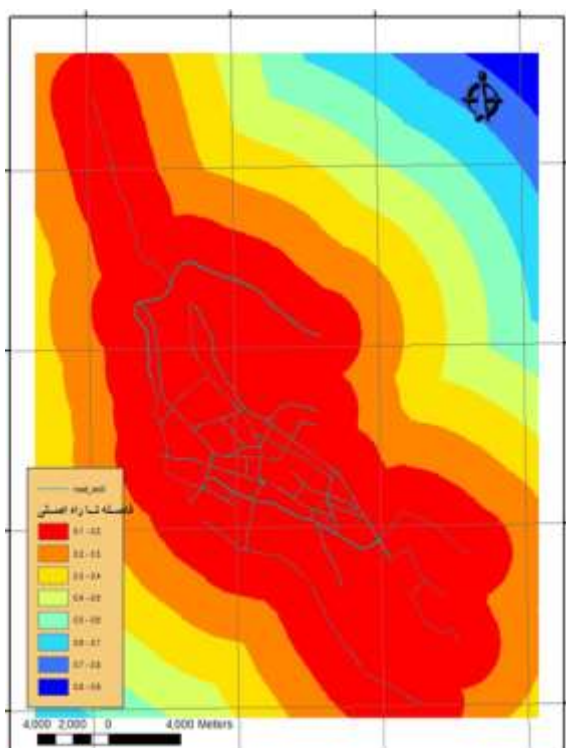


شکل ۱: موقعیت مکانی محدوده مطالعاتی (منبع: تحقیقات نگارندگان)

توسعه و رشد شهر شیراز از قدیم‌الایام جزء در برخی نقاط آن که دارای طرح جامع بوده، تابع هیچ نوع سیاست و راهبرد و برنامه‌ای نبوده است، و به همین دلیل اسکان غیررسمی و حاشیه‌نشینی در اطراف شهرها تشدید یافته و ابعاد گسترده‌ای پیدا کرده است. از طرف دیگر پژوهش‌ها نشان می‌دهد در سه دهه اخیر هم‌زمان با توسعه شهر شیراز، این شهر با کاهش سرانه فضای سبز مواجه بوده است.

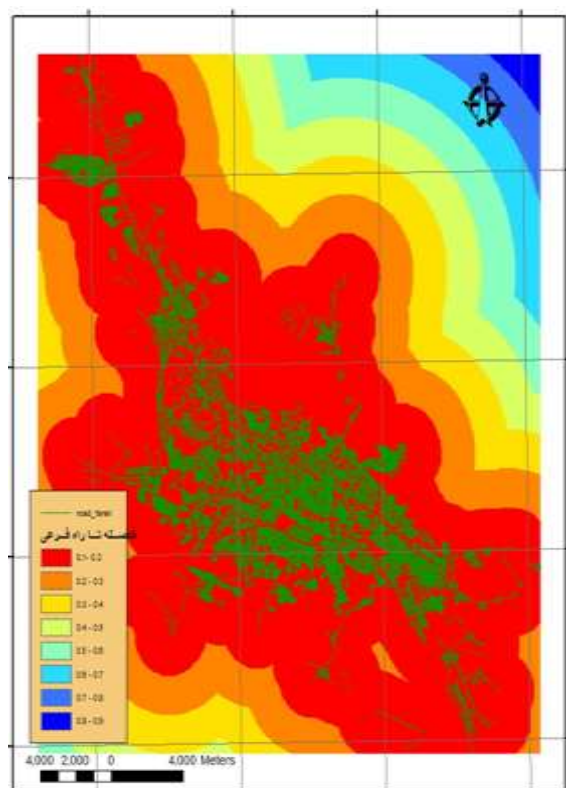
داده‌های موردنیاز برای سال مبنا (۱۳۸۳) و سال هدف (۱۳۸۸) و (۱۳۹۵) نیز نحوه تهیه آنها عبارت‌اند از:

• لایه‌ی برداری نقاط ارتفاعی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ برای سال مبنا یا لایه‌ی رستری وضعیت ارتفاع با

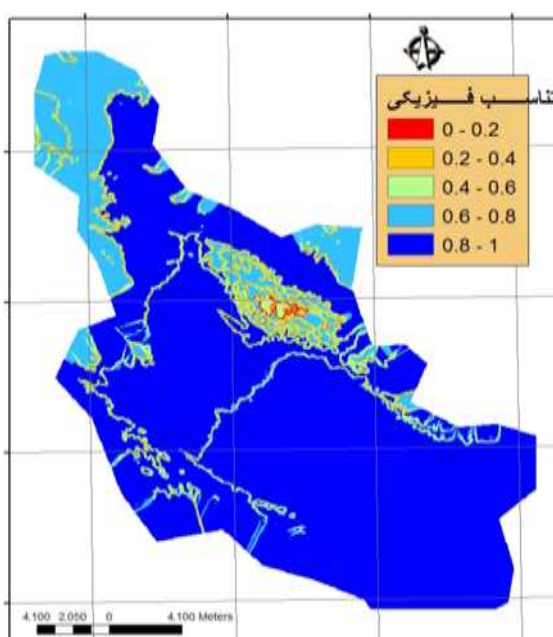


شکل ۲: نقشه طبقه‌بندی شیب و ارتفاع

لایه رستری ارتفاع شهر شیراز باتوجه به حداقل ارتفاع ۱۴۶۷ متر و حداکثر ارتفاع ۲۱۸۲ متر به فاصله [۰/۹ - ۰/۱] نرمال‌سازی شده و لایه شیب نیز باتوجه به حداقل شیب ۰٪ و حداکثر شیب ۳۷٪ در این فاصله نرمال می‌شود.

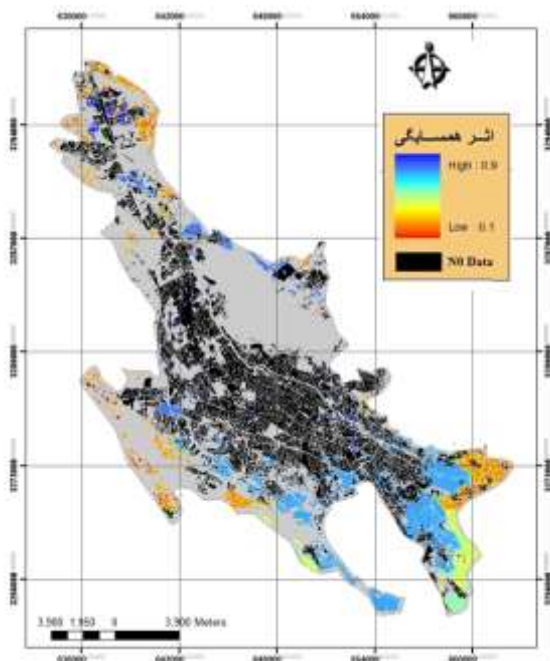


شکل ۴: فاصله‌ی نقاط از راه‌های اصلی و فرعی



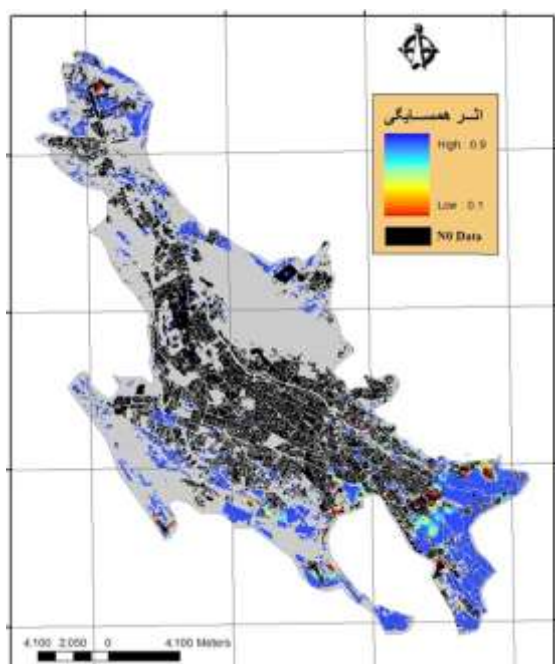
شکل ۳: تناسب فیزیکی شیراز (۱۳۸۳)

- پس در مجموع در این مرحله پنج خروجی به عنوان نقشه اثر همسایگی تولید می‌شود.
- روش فاکتور غنی‌سازی (Inrichment factor method)

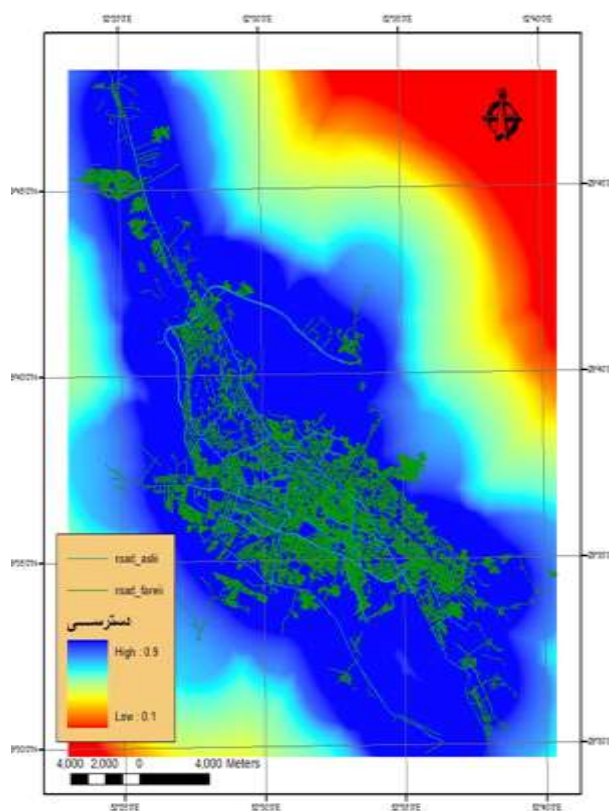


شکل ۷: اثر همسایگی با روش فاکتور غنی‌سازی

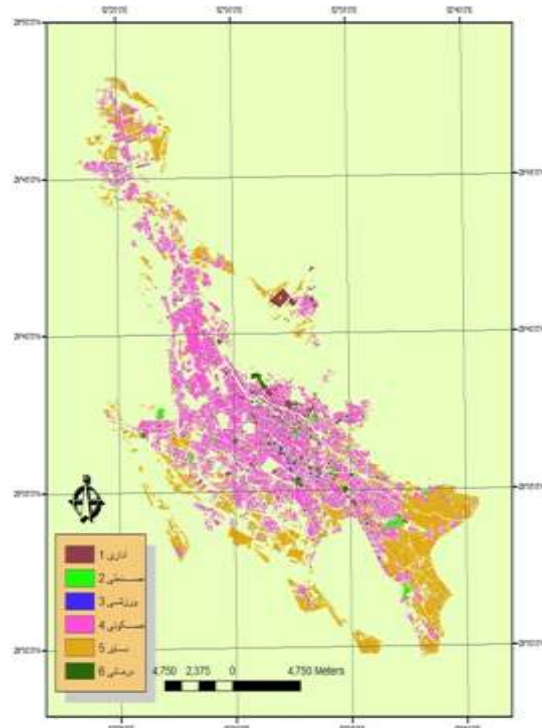
- روش ترکیبی فاکتور غنی‌سازی و OWA



شکل ۸: اثر همسایگی با کمیت سنج Few

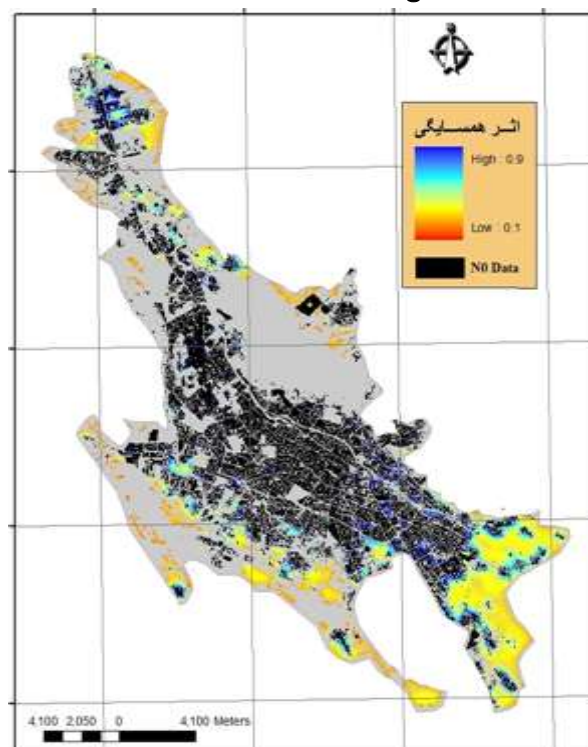


شکل ۵: خروجی مرحله‌ی تعیین میزان دسترسی



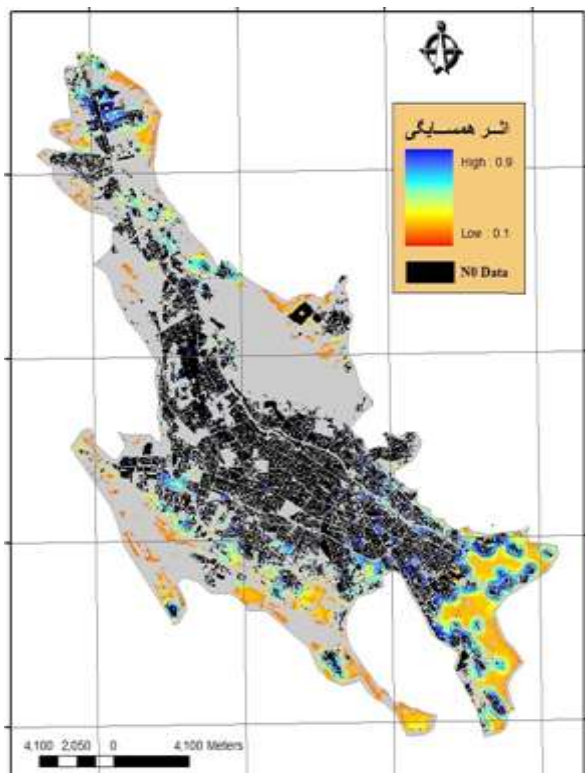
شکل ۶: نقشه کاربری‌های شهر شیراز (۱۳۸۳)

• کمیت سنج Half



شکل ۹: اثر همسایگی با کمیت سنج Half

• کمیت سنج Majority OWA



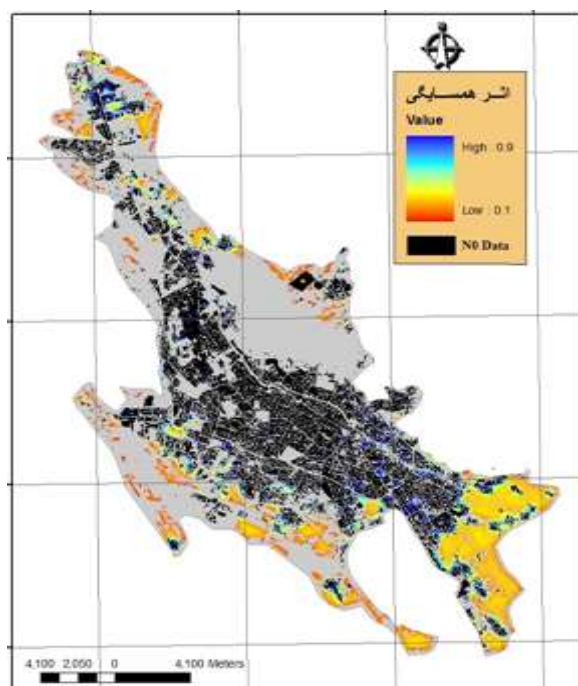
شکل ۱۱: اثر همسایگی با روش Mj-OWA

تجزیه و تحلیل

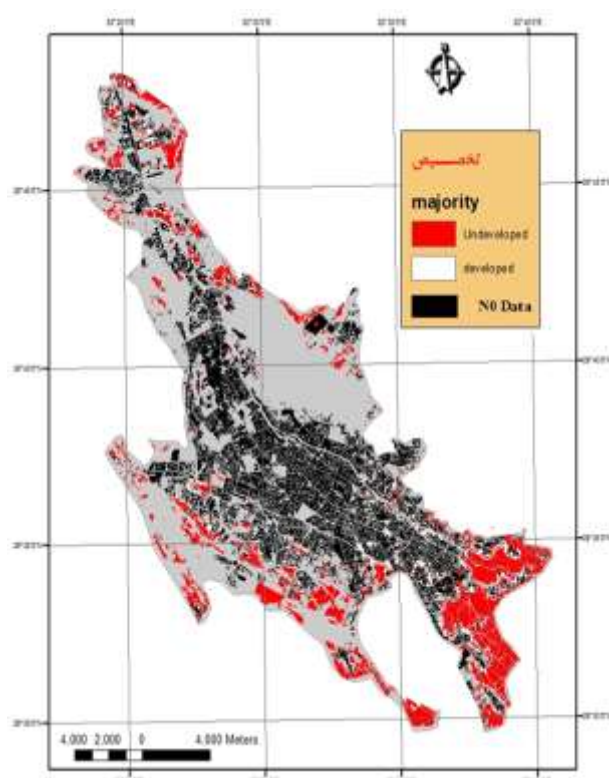
استفاده از سیستم استنتاج گر فازی برای تعیین تناسب کلی ورودی این قسمت سه نقشه تناسب فیزیکی، میزان دسترسی و اثر همسایگی (نقشه‌ای که با روش فاکتور غنی‌سازی بدون ترکیب با OWA تهیه شد) است. باتوجه به اینکه هر سه نقشه در دامنه نرمال تعریف شده‌اند و نیز با فرض اینکه اثر یکسان بر خروجی دارند، پس ابتدا برای این سه نقشه، مطابق استاندارد چند، در فصل قبل توابع عضویت ورودی و خروجی تعریف می‌گردد (شکل ۱۲).

پایگاه دانش در این قسمت عبارت از یک سری قوانین انتقال فازی است که منطق مورد نیاز برای محاسبه تناسب کلی را باتوجه به سه نقشه ورودی و نیز توابع عضویت ورودی و خروجی تعیین می‌کنند. بعد از تعریف موتور استنتاج ممدانی در Matlab و پردازش داده‌های ورودی و اضافه کردن نتایج به رستر اولیه نقشه زیر به عنوان نقشه تناسب کلی حاصل می‌شود:

• کمیت سنج Most



شکل ۱۰: اثر همسایگی با کمیت سنج Most

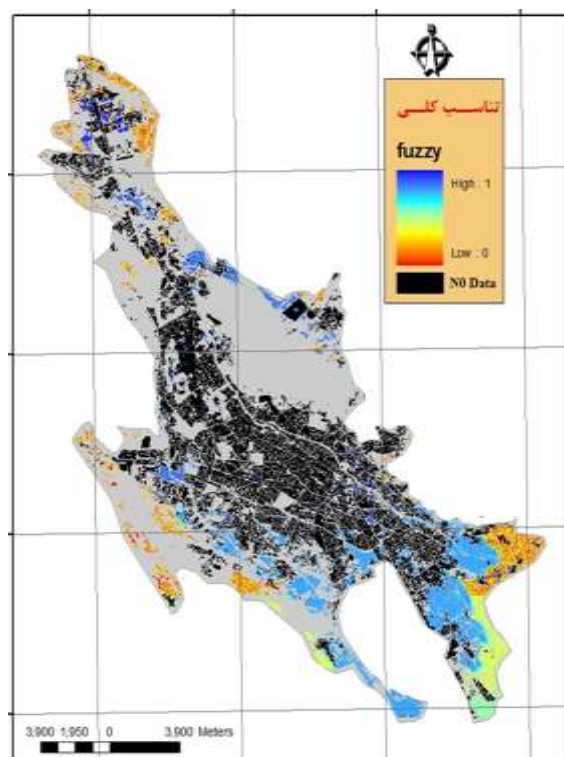


شکل ۱۳: فرایند تخصیص برای روش Mj-OWA

پیکسل‌های بایری که تناسب کلی آنها بیشتر از این حد آستانه باشد برای انجام فرایند تخصیص انتخاب می‌شوند. در این تحقیق از حد آستانه ۰/۹ برای تناسب کلی استفاده شد و فرایند تخصیص برای هر پنج سناریو صورت پذیرفت. در پایان همین فصل نتایج روش‌های مختلف بکار گرفته شده با واقعیت مقایسه شده و شاخص‌های دقت برای تعیین بهترین روش استخراج می‌گردند. شکل ۱۳ نتایج تخصیص با روش Mj-OWA را به‌عنوان نمونه نشان می‌دهد.

کالیبراسیون مدل با بررسی تأثیر تغییر پارامترهای مختلف بر خروجی

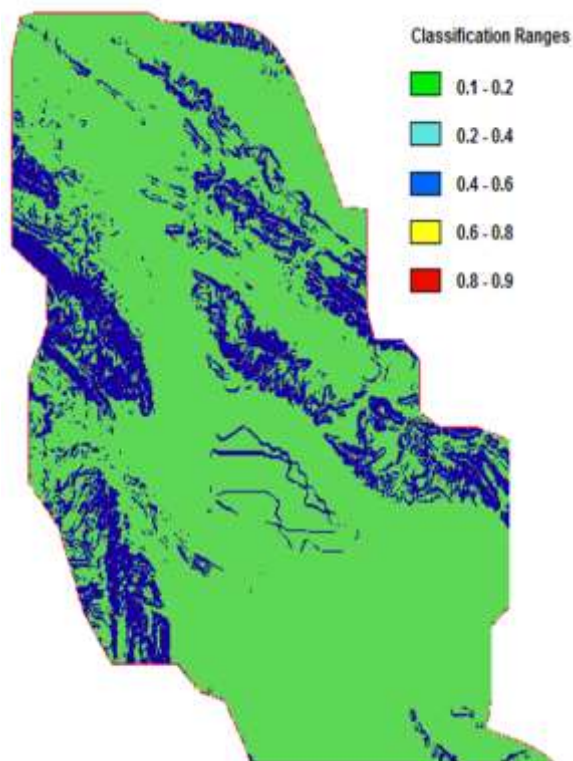
کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل‌های اتوماتای سلولی اساس اجرای موفقیت‌آمیز آنها به شمار می‌روند، زیرا تغییر یک‌سری پارامترها می‌تواند باعث بهبود کیفیت نتایج شبیه‌سازی شوند. به جهت نبودن ساختار و اهداف مشابه در چنین مدل‌هایی، روش عمومی برای کالیبره کردن مدل‌های CA وجود ندارد و کارشناسان مختلف روش‌های مختلفی مثل رگرسیون لجستیک (بیجندی و



شکل ۱۲: تناسب کلی با روش استنتاج فازی

محاسبه تقاضای توسعه و تخصیص مناطق مستعد

از مقایسه‌ی پیکسل به پیکسل نقشه‌های کاربری شیراز در سال مبنای مدل (۱۳۸۳) با نقشه‌های کاربری این شهر در سال هدف (۱۳۸۸)، تعداد پیکسل‌هایی که در این بازه زمانی از کاربری بایر به کاربری ساخته‌شده تغییر حالت داده‌اند محاسبه می‌شود. این فرایند به تعیین تقاضای توسعه سرزمین موسوم است که برای دوره زمانی پنج‌ساله موردنظر حدود ۴۰۷ پیکسل محاسبه شد. نتایج این قسمت به‌عنوان مبنا در مرحله تخصیص در نظر گرفته می‌شود و با استفاده از آن یک حد آستانه برای تناسب کلی تعریف می‌شود.

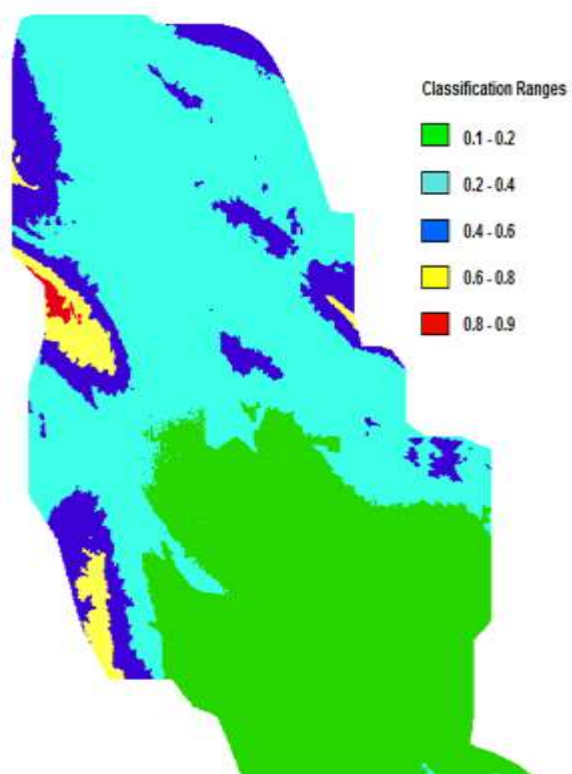


شکل ۱۵: نقشه شیب نرمال شده طبقه‌بندی شده در سال مینا ۱۳۸۸ جهت استفاده از این لایه‌های اطلاعاتی مطابق آنچه که در روش پیشنهادی ذکر گردید نیاز به نرمالایز کردن لایه‌های اطلاعاتی ارتفاع و شیب دارد که مابین مقادیر ۰/۱ و ۰/۹ این لایه‌ها نرمالایز گردیده‌اند.

مطابق این جدول حدود ۷۵٪ پیکسل‌ها دارای شیب کم و ارتفاع کم یا متوسط هستند؛ بنابراین دو قانون انتقال مربوط به این حالت بیشترین تأثیر را در خروجی تناسب فیزیکی دارند و بیشتر پیکسل‌ها دارای تناسب فیزیکی زیاد هستند. نقشه تناسب فیزیکی به‌دست‌آمده در سال مینا ۱۳۸۸ در شکل ۱۶ نشان‌داده شده است.

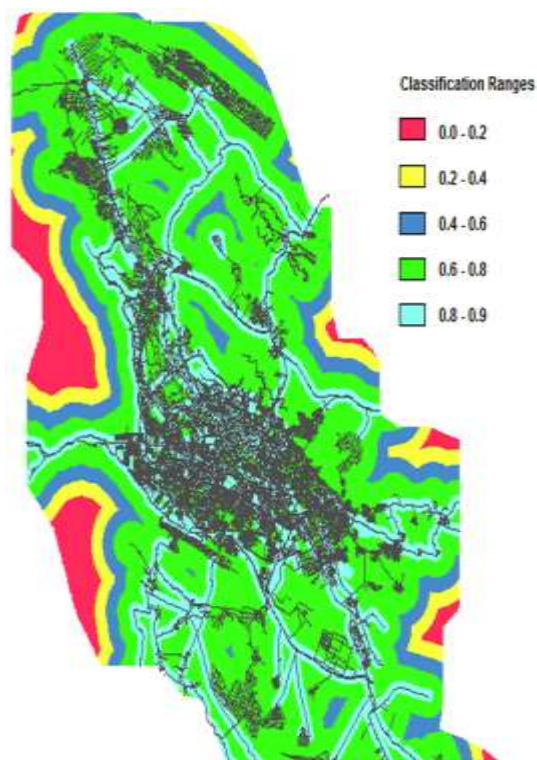
همکاران، ۱۳۹۶) و الگوریتم ژنتیک را بکار می‌برند. در این تحقیق برای انجام کالبراسیون از بررسی تأثیر مقیاس همسایگی، بررسی وزن فاکتورهای ورودی و تست روش‌های مختلف در مرحله محاسبه اثر همسایگی استفاده شده است.

پیاده‌سازی روش پیشنهادی بر روی داده‌های سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵



شکل ۱۶: فرایند نقشه ارتفاعی نرمال شده طبقه‌بندی شده در سال مینا ۱۳۸۸

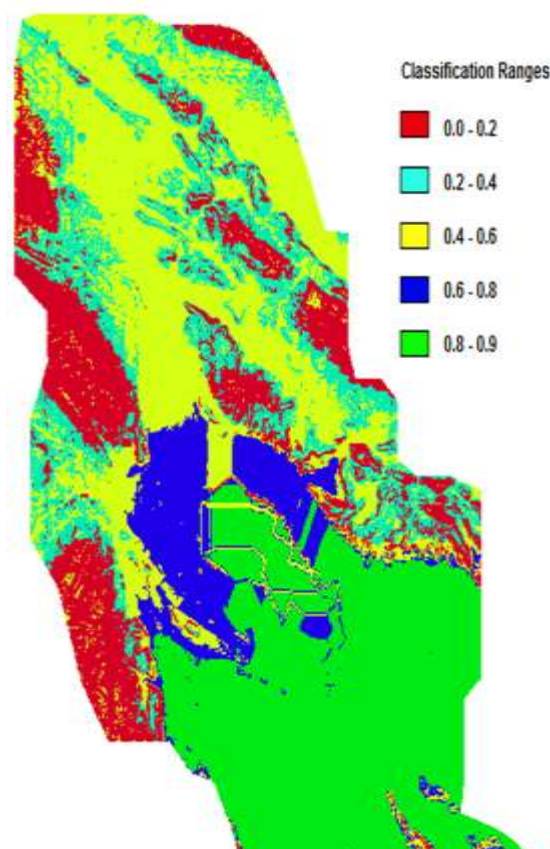
و فرعی کم هستند؛ بنابراین دو قانون انتقال مربوط به این حالت بیشترین تأثیر را در خروجی دسترسی دارند و بیشتر پیکسل‌ها دارای دسترسی زیاد هستند.



شکل ۱۷: نقشه طبقه‌بندی شده تناسب دسترسی به جاده‌های اصلی و فرعی

تعیین تناسب تأثیر همسایگی

در این قسمت هدف محاسبه اثر کاربری سایر پیکسل‌ها روی پیکسل‌هایی است که دارای کاربری بایر هستند، تا در نهایت مشخص شود کدام یک از پیکسل‌های بایر از نظر همسایگی دارای وضعیت بهتری برای تغییر حالت به وضعیت شهری هستند. به طور خلاصه برای تمام پیکسل‌های دارای کاربری بایر، اثر همسایگی با دو روش فاکتور غنی‌سازی و روش ترکیبی فاکتور غنی‌سازی و کمیت سنج‌های OWA محاسبه می‌شود، البته روش دوم از چهار کمیت‌سنجی Majority OWA و Few, Half, Most استفاده کرده و چهار خروجی ایجاد می‌کند. پس در مجموع در این مرحله پنج خروجی به‌عنوان نقشه اثر همسایگی تولید می‌شود. در این بخش توابع انتقال کاربری‌های مختلف تا فاصله ۸۰۰ متر محاسبه گردیده

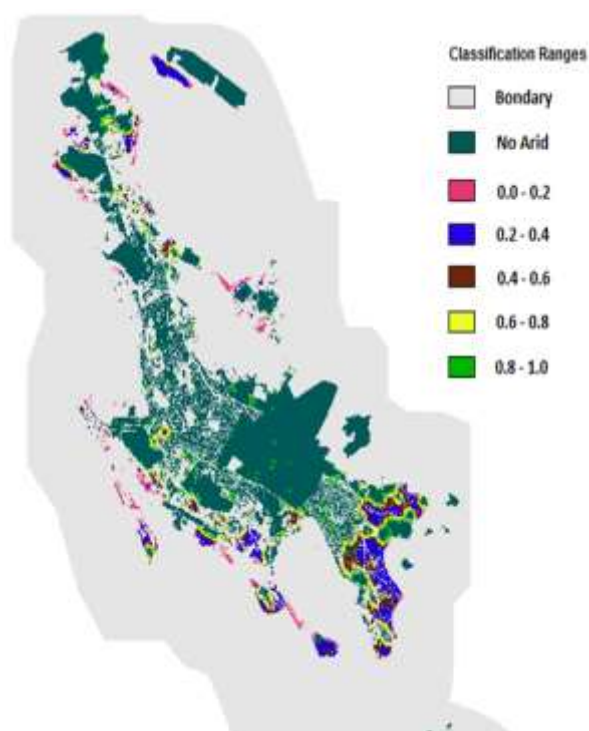


شکل ۱۶: نقشه تناسب فیزیکی طبقه‌بندی شده در سال مبنای ۱۳۸۸

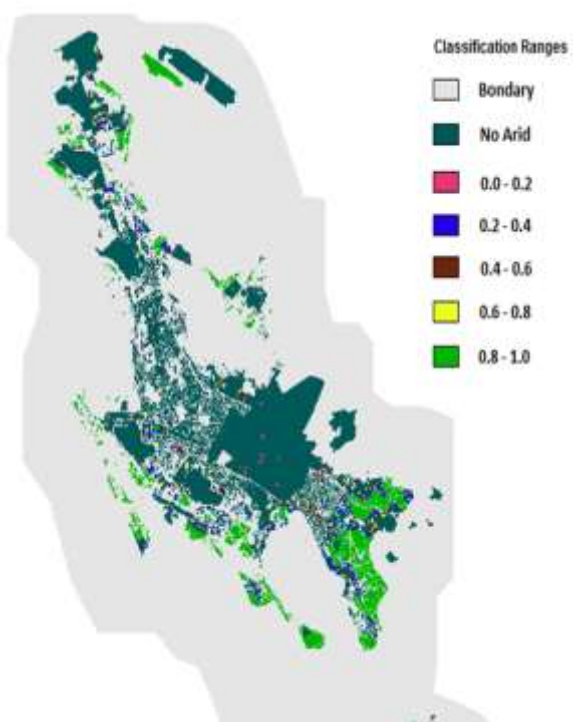
-تعیین تناسب دسترسی به جاده‌های اصلی و فرعی

عامل دیگری که در فرایند مدل‌سازی تأثیر بسزایی دارد میزان دسترسی به شبکه راه‌ها است. وجود این لایه علاوه بر نشان دادن تأثیر شبکه‌های ارتباطی در توسعه شهری، مشخص‌کننده ساختار شهر از نظر خطی، حلقوی، ستاره‌ای و... نیز است. جهت تعیین تناسب دسترسی به جاده‌های اصلی و فرعی، نقشه‌های فاصله از جاده‌های اصلی و فرعی مطابق شکل ۱۷ تهیه گردیده است و سپس مقادیر این فاصله‌ها مابین مقادیر ۰/۱ تا ۰/۹ نرمالایز گردیده‌اند. همچنین درصد پیکسل‌ها در بازه‌های مختلف فاصله تا راه‌ها در جدول ۴-۱۳ آورده شده است

اطلاعات نشان می‌دهد چند درصد از پیکسل‌ها فاصله تا راه اصلی کم، زیاد و متوسط دارند و همچنین چند درصد از پیکسل‌ها فاصله تا راه فرعی کم، زیاد و متوسط دارند. مطابق این جدول برای ۸۰٪ پیکسل‌ها فاصله تا راه اصلی

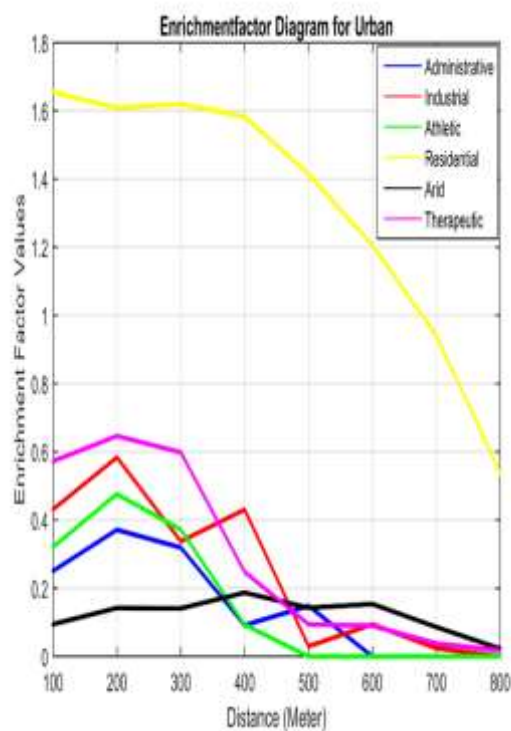


شکل ۱۹: نقشه طبقه‌بندی شده تناسب تأثیر همسایگی با روش فاکتور غنی‌سازی



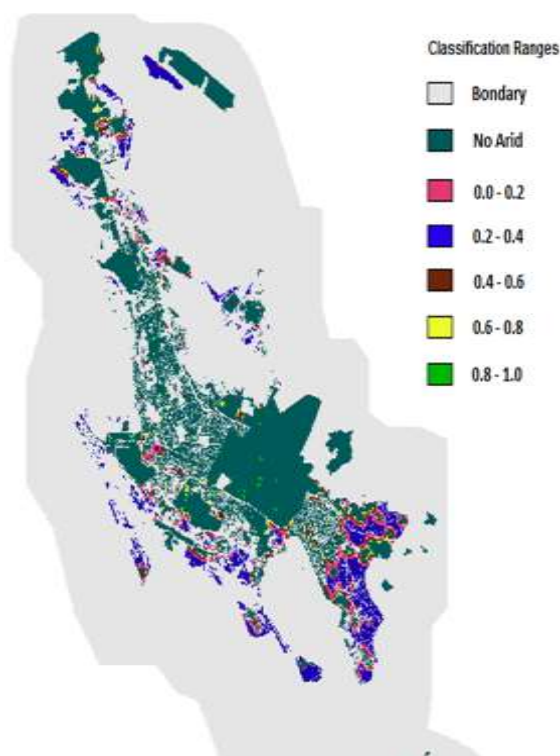
شکل ۲۰: نقشه طبقه‌بندی شده تناسب تأثیر همسایگی با روش ترکیب فاکتور غنی‌سازی با کمیت سنج Few

است که نمودار مربوط به آن در شکل ۱۸ نشان داده شده است.



شکل ۱۸: نمودار مربوط به توابع انتقال کاربری‌های مختلف

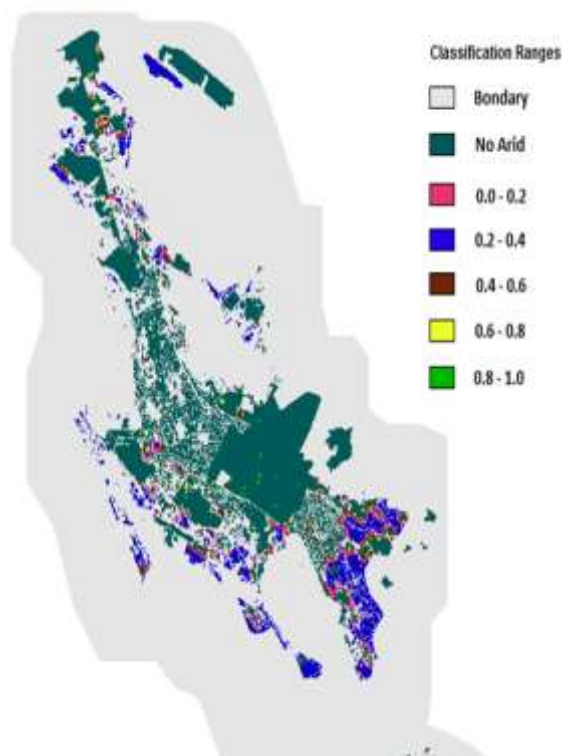
برای تعیین نقشه‌های تناسب تأثیر همسایگی دقیقاً مطابق روش تشریح شده در بخش‌های قبلی استفاده شده است که نتایج نقشه‌های تناسب تأثیر همسایگی برای پنج روش فاکتور غنی‌سازی و ترکیب آن با کمیت سنج‌های Few، Majority و Most به ترتیب در شکل‌های ۱۹ تا ۲۳ نشان داده شده است.



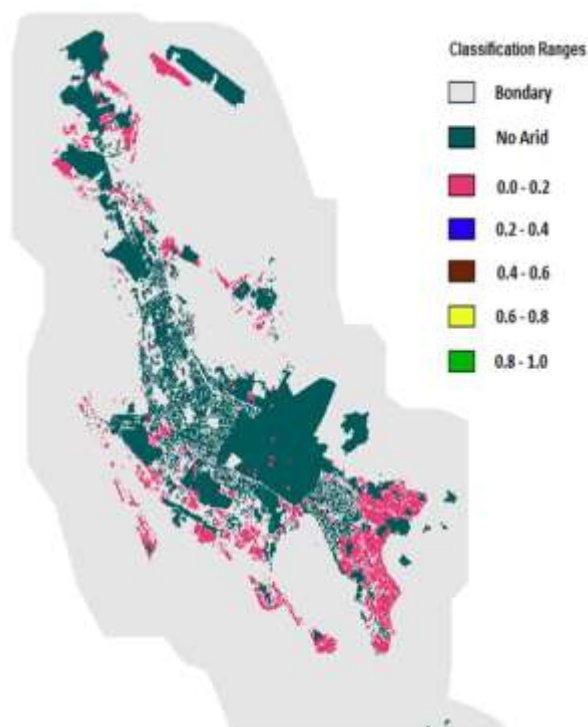
شکل ۲۳: نقشه طبقه‌بندی شده تناسب تأثیر همسایگی با روش ترکیب فاکتور غنی‌سازی با کمیت سنج Majority

تعیین تناسب کلی

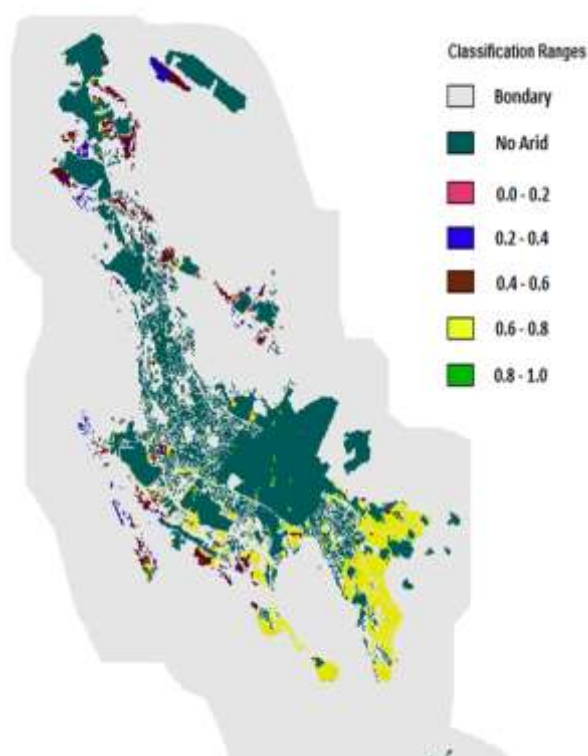
نتایج نقشه تناسب کلی با استفاده از سیستم استنتاج‌گر فازی برای تلفیق نقشه‌های تناسب فیزیکی، میزان دسترسی و تأثیر همسایگی با روش فاکتور غنی‌سازی نشان داده شده است، همچنین نتایج نقشه‌های تناسب کلی با استفاده از روش OWA برای تلفیق نقشه‌های تناسب فیزیکی، میزان دسترسی و تأثیر همسایگی با روش‌های ترکیب فاکتور غنی‌سازی و کمیت سنج‌های Few، Half، Most و Majority به ترتیب در شکل‌های ۲۴ تا ۲۸ نشان داده شده است.



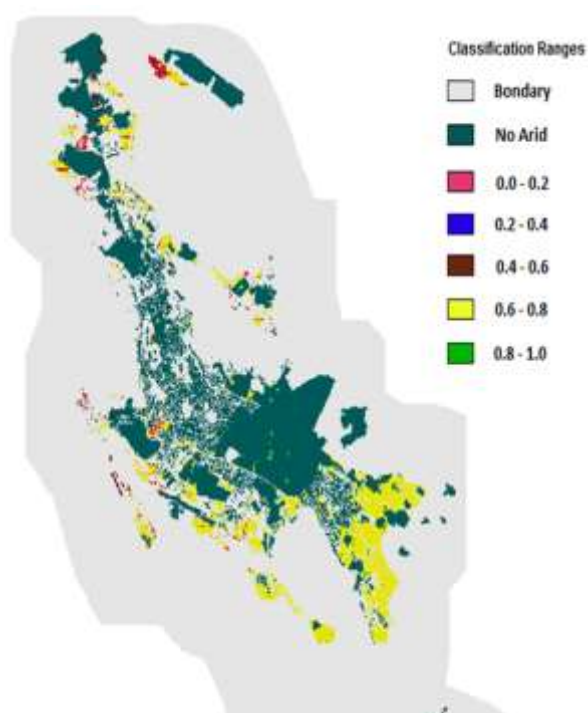
شکل ۲۱: نقشه طبقه‌بندی شده تناسب تأثیر همسایگی با روش ترکیب فاکتور غنی‌سازی با کمیت سنج Half



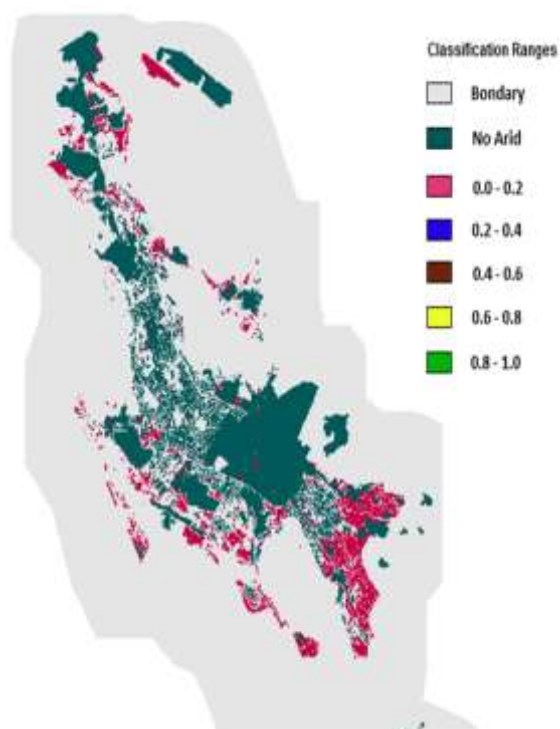
شکل ۲۲: نقشه طبقه‌بندی شده تناسب تأثیر همسایگی با روش ترکیب فاکتور غنی‌سازی با کمیت‌سنجی Most



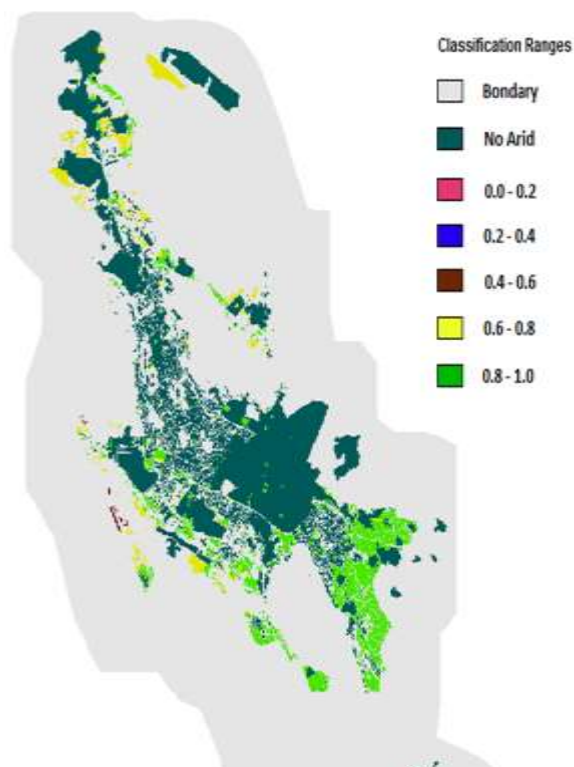
شکل ۲۶: نقشه طبقه‌بندی شده تناسب کلی به‌دست‌آمده با استفاده از روش OWA و کمیت سنج Half



شکل ۲۴: نقشه طبقه‌بندی شده تناسب کلی به‌دست‌آمده با استفاده از روش سیستم استنتاج گر فازی

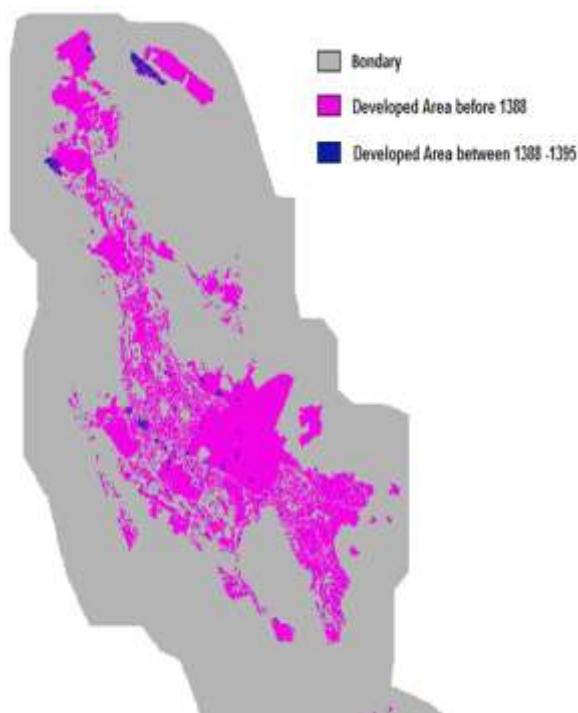


شکل ۲۷: نقشه طبقه‌بندی شده تناسب کلی به‌دست‌آمده با استفاده از روش OWA و کمیت سنج Most

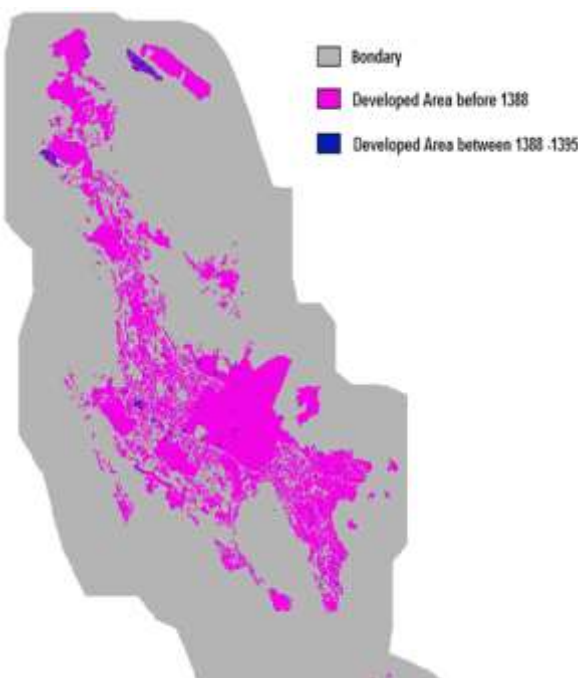


شکل ۲۵: نقشه طبقه‌بندی شده تناسب کلی به‌دست‌آمده با استفاده از روش OWA و کمیت سنج Many

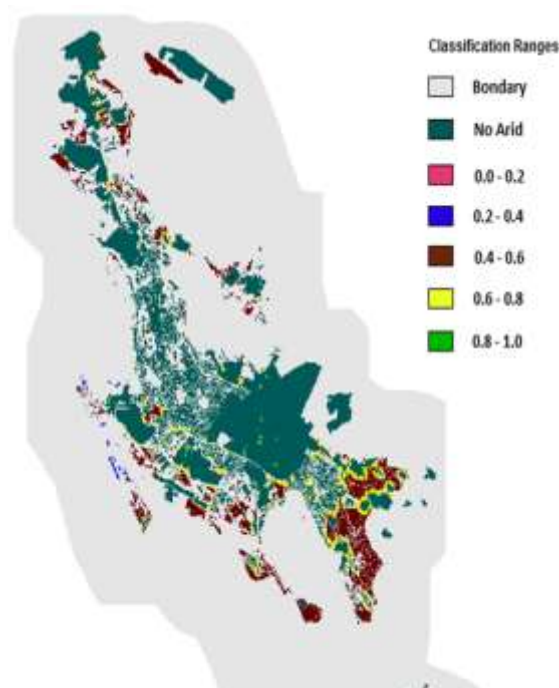
نشان داده شده‌اند. در شکل‌های ۴-۴۱ تا ۴-۴۵ مناطق توسعه‌یافته با رنگ آبی نشان داده شده است.



شکل ۲۹: نقشه طبقه‌بندی شده مناطق توسعه‌یافته برای روش سیستم استنتاج گر فازی



شکل ۳۰: نقشه طبقه‌بندی شده مناطق توسعه‌یافته برای روش OWA و کمیت سنج Few



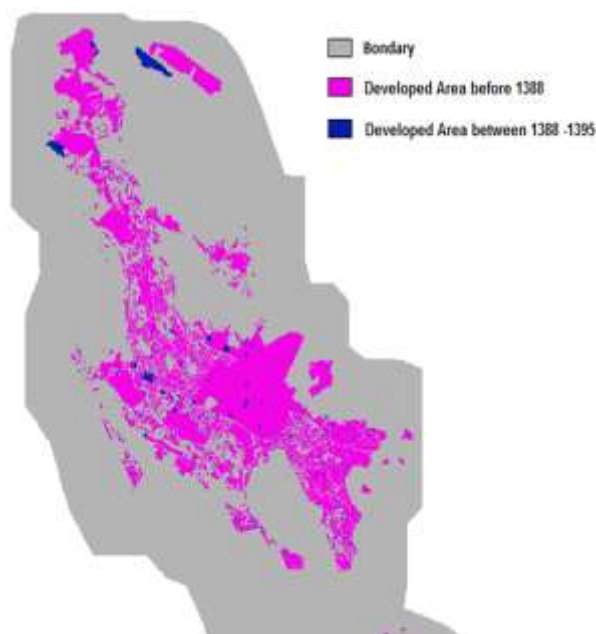
شکل ۲۸: نقشه طبقه‌بندی شده تناسب کلی به‌دست آمده با استفاده از روش OWA و کمیت سنج Majority

جدول (۱): طبقه‌بندی نقشه‌های تناسب کلی به‌دست آمده با روش‌های Fuzzy EF, OWA Few, OWA Half, OWA Most, OWA Majority

ردیف	محدوده کلاس‌های طبقه‌بندی	طبقه‌بندی نقشه‌های تناسب کلی به‌دست آمده با روش به‌دست آوردن نقشه تناسب کلی				
		OWA Majority	OWA Most	OWA Half	OWA Few	Fuzzy EF
۱	۰ - ۰/۲	۰/۰۰ ٪	۹۹/۷۱ ٪	۰/۱۲ ٪	۰/۰۰ ٪	٪ ۷/۹۶
۲	۰/۴ - ۰/۲	٪ ۲/۰۷	۰/۲۳ ٪	۷/۹۰ ٪	۰/۰۴ ٪	۰/۳۹ ٪
۳	۰/۶ - ۰/۴	٪ ۷۲/۴۱	۰/۰۴ ٪	۲۷/۴۵ ٪	۰/۸۱ ٪	۳/۷۷ ٪
۴	۰/۸ - ۰/۶	٪ ۲۳/۷۱	۰/۰۱ ٪	۶۱/۵۰ ٪	۲۳/۸۲ ٪	۸۶/۹۱ ٪
۵	۱/۰ - ۰/۸	٪ ۱/۸۱	۰/۰۱ ٪	۳/۰۰ ٪	۷۵/۳۱ ٪	۰/۹۴ ٪

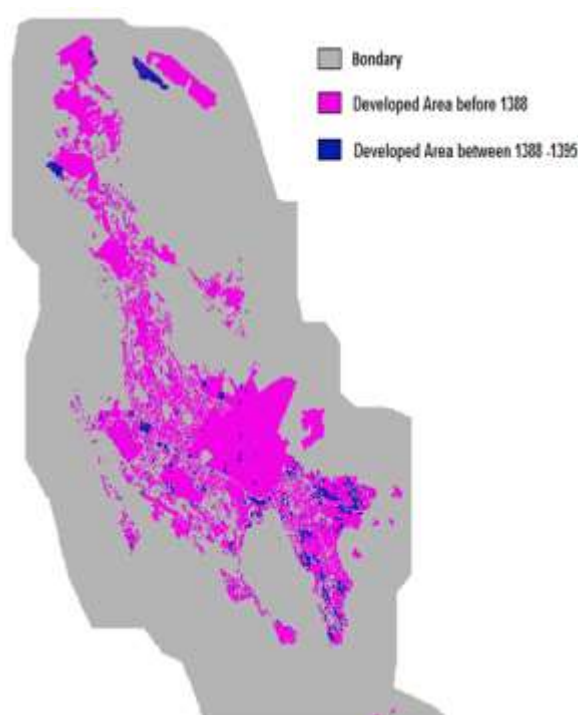
تعیین مناطق توسعه‌یافته از روی تناسب کلی (تخصیص مناطق مستعد)

در این مرحله، با اعمال یک حد آستانه بر روی نقشه‌های تناسب کلی (هر پنج نقشه) مناطق توسعه‌یافته در هر کدام از روش‌ها دست می‌آیند که در شکل‌های ۲۹ تا ۳۳

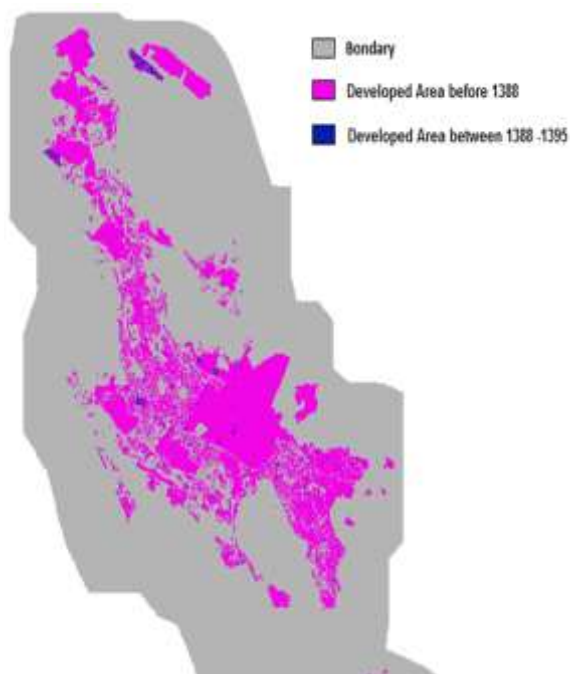


شکل ۳۳: نقشه طبقه‌بندی شده مناطق توسعه‌یافته برای روش OWA و کمیت سنج Majority

مقایسه و ارزیابی نتایج مرحله تخصیص با واقعیت داده‌ی مرجع برای مناطق توسعه‌یافته مابین سال‌های مینا و هدف (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵) از تفاضل کاربری‌های موجود در سال‌های مینا و هدف که موجود بودند به‌دست‌آمده است و سپس به‌صورت نقشه رستری تبدیل گردیده است تا مقایسه آن با نقشه‌های توسعه‌یافته به‌دست‌آمده آسان باشد که داده‌ی مرجع برای مناطق توسعه‌یافته مابین سال‌های مینا و هدف (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵) در شکل ۳۴ نشان داده‌شده است و همین‌طور در شکل‌های ۳۵ و ۳۶ تصاویر ماهواره لندست در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۵ ارائه شدند. همچنین نتایج ارزیابی با استفاده از شاخص‌های ارزیابی صحت تولیدکننده (PA)، صحت کاربری (UA)، شاخص کاپا (KI) و صحت کلی (OA) در جدول (۲) و نمودار ستونی (۱) نشان داده‌شده است.



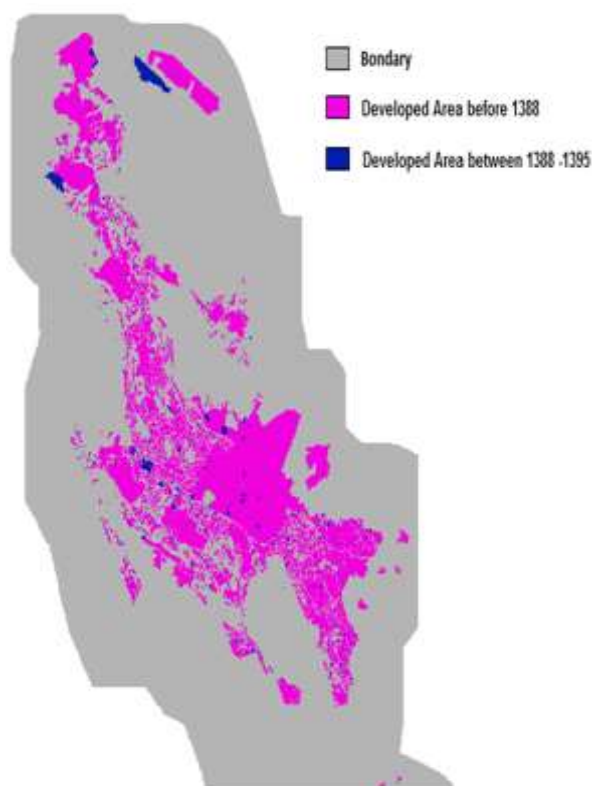
شکل ۳۱: نقشه طبقه‌بندی شده مناطق توسعه‌یافته برای روش OWA و کمیت سنج Half



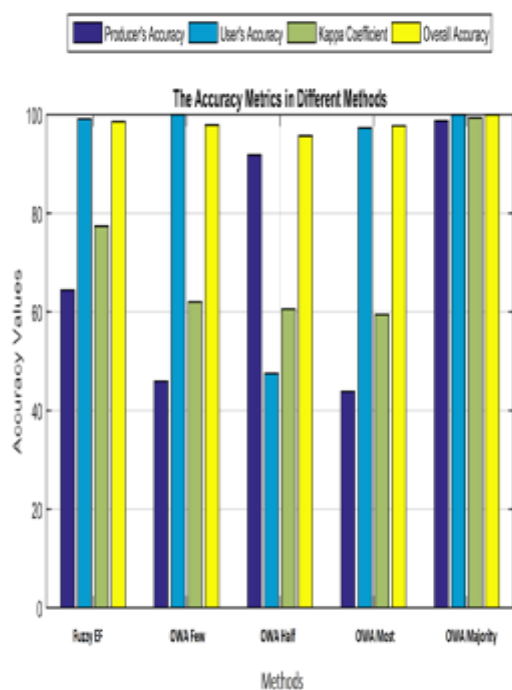
شکل ۳۲: نقشه طبقه‌بندی شده مناطق توسعه‌یافته برای روش OWA و کمیت سنج Most



شکل ۳۶: تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ شهر شیراز در سال ۱۳۹۵



شکل ۳۴: داده‌ی مرجع برای مناطق توسعه‌یافته مابین سال‌های مبنای و هدف (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵)



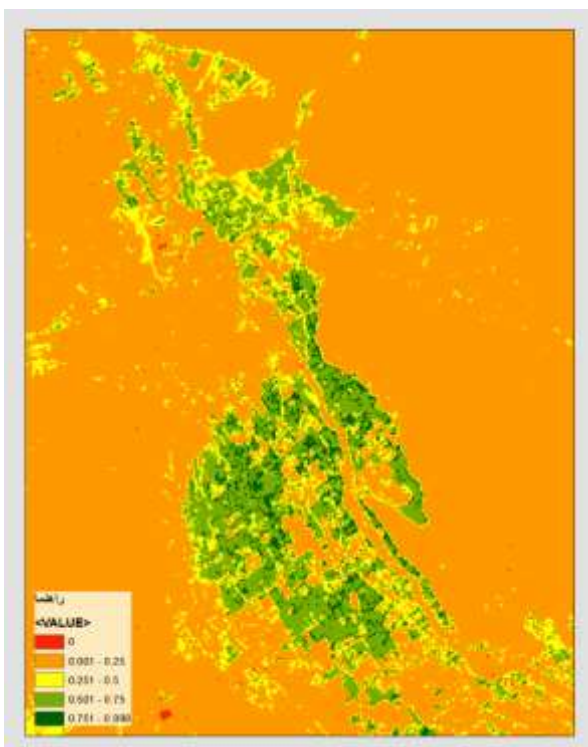
نمودار ۱: نتایج ارزیابی روش‌های بکار گرفته شده با استفاده از شاخص‌های ارزیابی صحت تولیدکننده (PA)، صحت کاربری (UA)، شاخص کاپا (KI) و صحت کلی (OA)



شکل ۳۵: تصویر ماهواره‌ای لندست ۷ شهر شیراز در سال ۱۳۸۸

سطح جهانی از جمله کاربردهای شاخص NDVI می باشد. این شاخص بر پایه این حقیقت که کلروفیل موجود در ساختار گیاهان قادر است نور قرمز را جذب و لایه مزوفیل برگ نور مادون قرمز نزدیک را منعکس سازد استوار است. این شاخص با استفاده از فرمول NDVI محاسبه شده و مقدار آن بین اعداد +۱ تا -۱ تغییر می کند. مقادیر منفی در این شاخص حاکی از عدم حضور پوشش گیاهی است. در شکل زیر روند اجرا و برآورد شاخص NDVI برای سال های ۱۳۸۳، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۵ شهر شیراز در نرم افزار ERDAS ارائه گردیده است.

بر همین اساس داده های لندست ۷ برای سال های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۸ و لندست ۸ برای سال ۱۳۹۵ تهیه شده و پس از اصلاحات هندسی و اتمسفری، بر اساس شاخص ارائه شده، تراکم پوشش گیاهی استخراج گردیده است. البته متذکر می گردد تصاویر اخذ شده مربوط به اردیبهشت ماه که فصل رشد پوشش گیاهی در شهر شیراز است می باشد. بر اساس شاخص NDVI شهر شیراز در سال های ذکر شده مساحت پوشش گیاهی در اشکال و نمودارهای زیر ارائه شده است.



جدول (۲): نتایج ارزیابی روش های بکار گرفته شده با استفاده از شاخص های ارزیابی صحت تولیدکننده (PA)، صحت کاربری (UA)، شاخص کاپا (KI) و صحت کلی (OA)

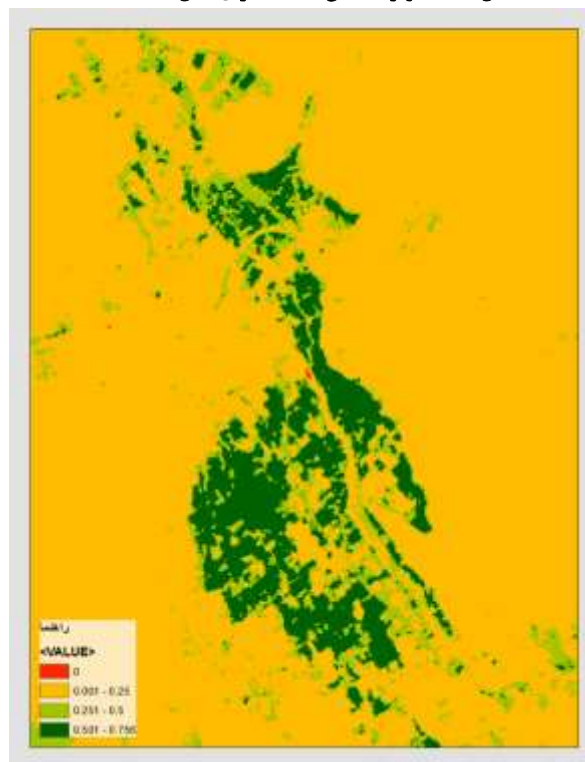
ردیف	نوع شاخص ارزیابی	روش های بکار گرفته شده برای تخصیص مناطق مستعد برای توسعه شهری				
		OWA Majority	OW A Most	OW A Half	OW A Few	Fuzz y EF
۱	صحت تولیدکننده	۹۸/۷۵٪	۸۴/۴۳٪	۸۰/۹۱٪	۹۲/۴۵٪	۴۰/۶۴٪
۲	صحت کاربری	۱۰۰٪	۳۰/۹۷٪	۵۰/۴۷٪	۱۰۰٪	۱۳/۹۹٪
۳	شاخص کاپا	۹۹/۳۴٪	۴۶/۵۹٪	۵۶/۶۰٪	۱۰۰/۶۲٪	۳۸/۷۷٪
۴	صحت کلی	۹۹/۹۵٪	۷۴/۹۷٪	۶۹/۹۵٪	۸۷/۹۷٪	۵۸/۹۸٪

با استفاده از نتایج ارزیابی های انجام گرفته مشاهده می گردد که روش OWA با کمیت سنج Majority بیشترین دقت را در برآورد صحیح توسعه شهری نسبت به دیگر روش ها دارا است طوریکه روش سیستم استنتاج گر فازی در برآورد صحیح توسعه شهری در رتبه دوم قرار گرفته است.

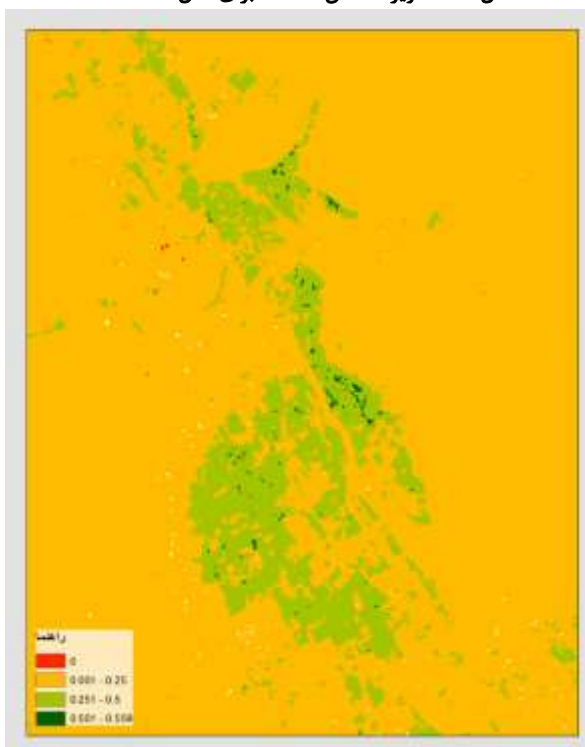
کشف تغییرات پوشش گیاهی در فاصله زمانی ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۵

با افزایش پوشش گیاهی، میزان ارزش حاصل از این نسبت گیری نیز افزایش می یابد. کاهش اثرات اتمسفری، توپوگرافی و همچنین تصحیح تغییرات تابش ورودی خورشید، از قابلیت های این شاخص بوده ولی تداخل بین خاک و گیاه در محدوده مادون قرمز را برطرف نمی کند. از طرفی چون اختلاف بازتاب پوشش گیاهی در این دو باند بیشتر از اختلاف بازتاب خاک در آنها است، خاک بسیار کمتر از پوشش گیاهی تحت تأثیر این فرایند قرار می گیرد. مطالعه رفتار زمانی پوشش گیاهی، مدل سازی آب و هوایی، طبقه بندی پوشش گیاهی در سطح جهانی، پایش محصولات کشاورزی، مطالعات بیابان زدایی و خشکسالی، حفاظت محیط زیست، بررسی تعادل میزان انرژی و آب در

شکل ۳۷: تصویر شاخص NDVI برای سال ۱۳۸۳



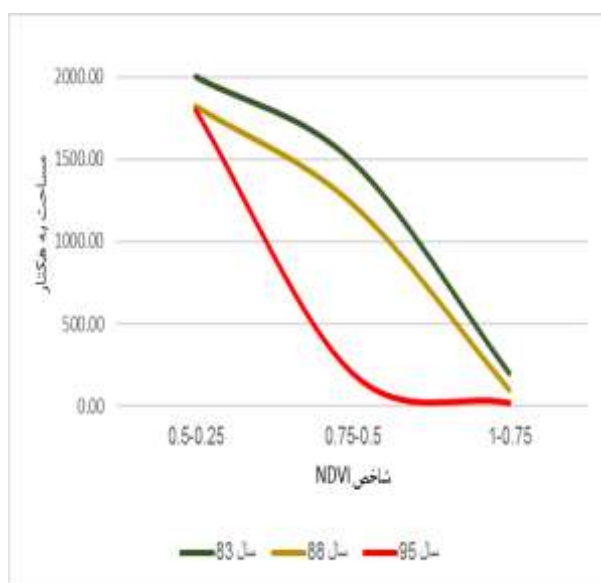
شکل ۳۸: تصویر شاخص NDVI برای سال ۱۳۸۸



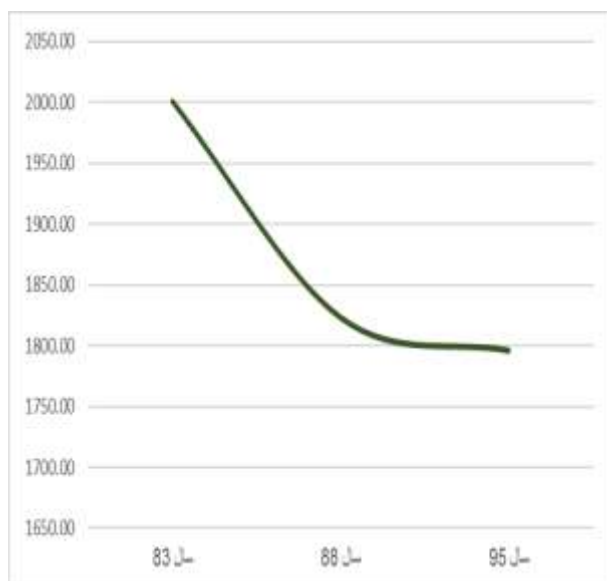
شکل ۳۹: تصویر شاخص NDVI برای سال ۱۳۹۵

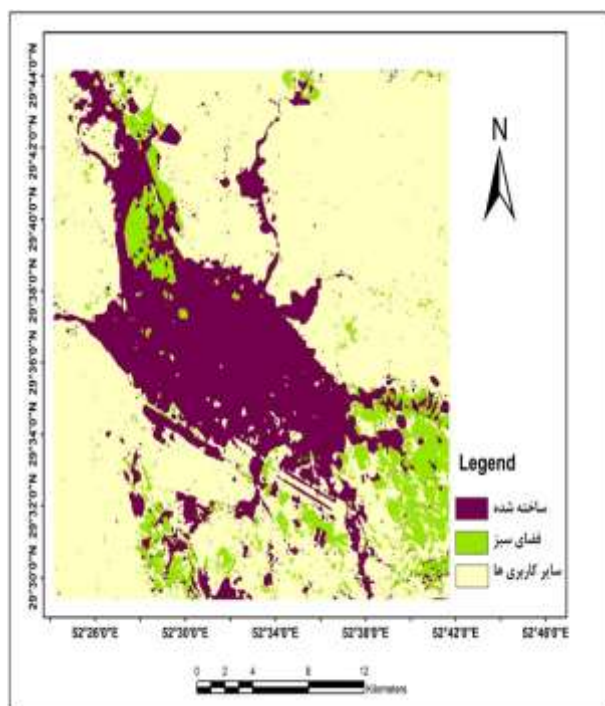
جدول (۳): تغییرات شاخص NDVI برای سال ۸۳ تا ۹۵

شاخص NDVI	سال ۸۳	سال ۸۸	سال ۹۵
۰,۲۵-۰,۵	۲۰۰۱,۲۵	۱۸۲۳,۴۴	۱۷۹۶,۲
۰,۵-۰,۷۵	۱۴۸۷,۱۵	۱۲۲۹,۵۳	۵۰,۰۰
۰,۷۵-۱	۲۰۳,۶۵	۱۰۰,۰۰	۱۰,۰۰



نمودار ۲: تغییرات شاخص NDVI برای سال ۸۳ تا ۹۵





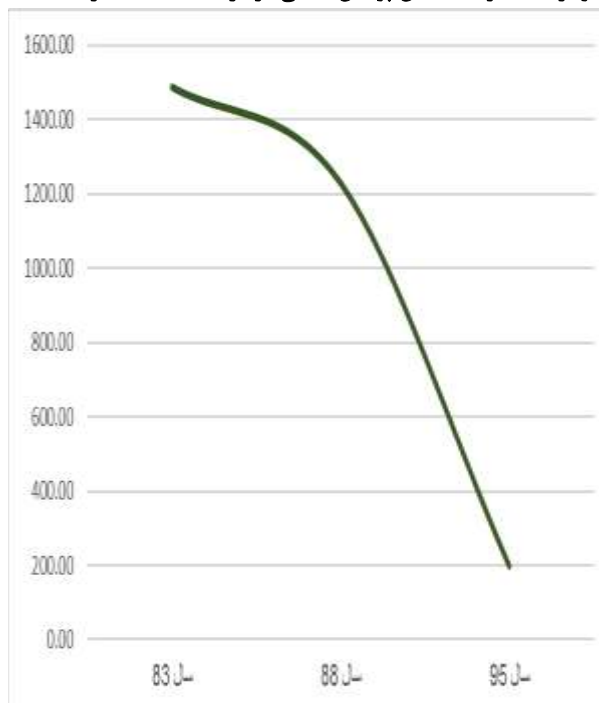
شکل ۴۰: پیش‌بینی توسعه فیزیکی شهر شیراز تا سال ۱۴۰۰

جدول (۴): پیش‌بینی توسعه فیزیکی شهر شیراز تا سال ۱۴۰۰

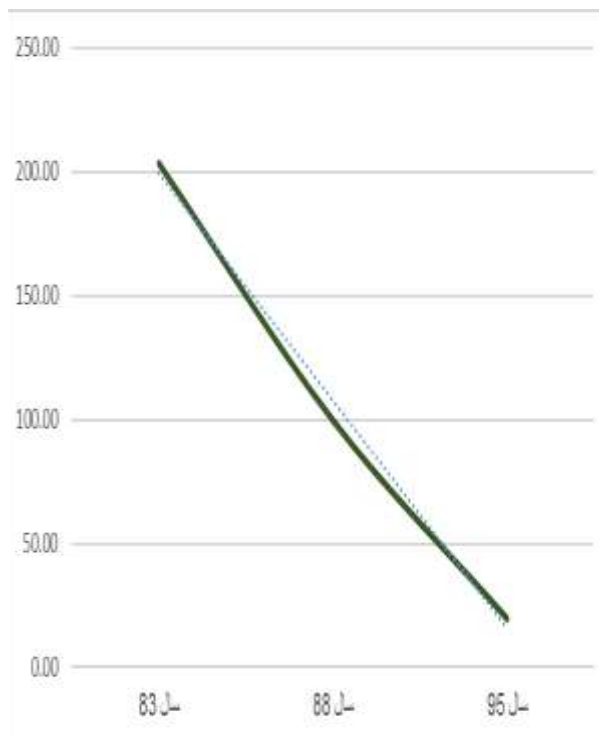
مجموع ۱۳۹۵	سایر کاربری‌ها	پوشش گیاهی	مناطق ساخته شده	
۱۷۳۵۰,۲۹	۰	۰	۱۷۳۵۰,۲۹	مناطق ساخته شده
۶۳۴۰,۸۶	۶۱۲	۵۴۰۰,۵۴	۳۲۸,۳۲	پوشش گیاهی
۵۳۶۱۵,۹۷	۵۰۴۳۳,۵۷	۶۷۷,۵۲	۲۵۰۴,۸۸	سایر کاربری‌ها
۷۷۳۰۷,۱۲	۵۱۰۴۵,۸۴	۶۰۷۸,۲۴	۲۰۱۸۳,۵۸	مجموع ۱۴۰۰

نتایج حاصل از پیش‌بینی تغییرات تا سال ۱۴۰۰ (جدول فوق) نشان داد که با حفظ تمام شرایط، کاربری ساخته شده با رشدی ۱۶/۳۲ درصدی مساحتی برابر با ۲۰۱۸۳,۵۸ هکتاری پیدا خواهد کرد. همچنین مناطق با پوشش گیاهی با کاهش ۲۶۳ هکتاری در سال ۱۴۰۰، تنها مساحتی معادل ۶۰۷۸,۲۴ هکتار خواهد داشت که چیزی شبیه به یک فاجعه‌ی شهری است.

نمودار ۳: تغییرات شاخص پوشش گیاهی در بازه ۰,۲۵ تا ۰,۵ درصد



نمودار ۴: تغییرات شاخص پوشش گیاهی در بازه ۰,۵ تا ۰,۷۵ درصد



نمودار ۵: تغییرات شاخص پوشش گیاهی در بازه ۰,۷۵ تا ۱ درصد

نتیجه گیری

مدل این تحقیق باهدف شناسایی و بهبود درک کاربران از عوامل فیزیکی، فاکتورهای دسترسی و اثر همسایگی که بر توسعه شهری تأثیر می گذارند، و نیز برای یافتن محتمل ترین مکان ها برای توسعه ی شهری آینده شهر شیراز، مورد استفاده قرار گرفته شده است. یکی از اصلی ترین قابلیت های مدل ها توانایی شان در پیش بینی آینده بر اساس گذشته است. نتایج به دست آمده از این ارزیابی، دیدگاه های قابل توجهی را درمورد شبیه سازی توسعه شهری ارائه می دهد.

ترکیب مدل اتوماتای سلولی با سیستم های فازی به عنوان یکی از مدل های تلفیقی و با رویکرد اطلاعات محور، ضمن بهره گیری از قابلیت پیش بینی، امکان انتخاب متغیرهای مستقل متعدد و تعریف قوانین انتقال به نحوی که با عدم قطعیت در طبیعت سازگار باشد را نیز فراهم می کند. علاوه بر این استفاده از تکنیک های تصمیم گیری چندمعیاره به طور خاص روش میانگین گیری وزن دار مرتب شده قابلیت های دیگری نیز به مدل افزوده می کنند که از جمله آنها می توان به تعریف سناریوهای مختلف در شرایط مختلف اشاره کرد. در نهایت پیش بینی دقیق توسعه شهری با توجه به ماهیت پیچیده رشد شهری و سیاست های غیر قابل پیش بینی و بدون برنامه مدیران، در کشورهای در حال توسعه ای نظیر ایران بسیار سخت است. براین اساس پیش بینی انجام شده توسط مدل مورد استفاده در این تحقیق، با وجود ضعف هایی که دارد می تواند به عنوان ملاک عمل در این شرایط مورد استفاده قرار گیرد، و نیز می تواند به عنوان وسیله ای جهت شناخت عوامل و عناصر مهم و مؤثر بر رشد شهری و کشف الگوهای محتمل رشد شهری گذشته به منظور اتخاذ سیاست های بهتر در نظام مدیریتی شهری و متعاقباً حرکت به سمت پایداری در ابعاد مختلف، مورد بهره برداری قرار گیرد.

منابع

۱. تلخابی ح، ضیاییان پ، سلیمانی م، زنگانه ا. ۱۳۹۵ بررسی دوند تغییرات پوشش اراضی شهر اراک دوره زمانی ۲۰۱۱-۱۹۷۳، جغرافیا و آمایش شهری، شماره ۱۹، ۵۴-۴۳.
۲. حسین زاده ک. ۱۳۸۵. دیدگاه ها، عناصر و عوامل مؤثر بر توسعه فیزیکی شهرهای ایران. مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای، شماره ۶، صفحه ۲۲۶-۲۱۶.
۳. ربانی ا ۱۳۹۰. مدلسازی گسترش شهری با بهره گیری از مدل خودکارهی ترکیبی و روش بهینه سازی توده ذرات. نشریه علمی - پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره اول شماره ۳، صفحه ۴۶-۳۹.
۴. خیاط م، عفیفی م ا ۱۳۹۵، مدلسازی توسعه شهری و تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و GIS با تکیه بر روش انفیس (مطالعه موردی: شوشتر) نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی سال ۲۱، شماره ۶۴، بهار ۱۳۹۵
۵. بیجندی م و همکاران، ۱۳۹۶، تلفیق مدل چند عامله و اتوماتای سلولی نامنظم برای شبیه سازی رشد شهری، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۷، شماره ۱۰۸، زمستان
۶. عباسی زاده ح و همکاران، ۱۳۹۸، بررسی عملکرد مدل اتوماتای سلولی در شبیه سازی سیلاب های شهری، انجمن هیدرولیک ایران نشریه هیدرولیک، <https://doi.org/10.30482/jhyd.10.30482>، ۲۰۱۹، ۹۹۲۴۰
۷. میراخورلو م س و همکاران، ۱۳۹۶، مدل سازی تغییرات کاربری زمین با استفاده از مدل مارکوف - اتوماتای سلولی و تصمیم گیری چندمعیاره در حوزه آبخیز تالار، نشریه علمی - پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره هشتم، شماره ۱، شهریورماه ۱۳۹۷

۱۹. Li X, Yeh A. ۲۰۰۰. Modelling sustainable urban development by the integration of constrained cellular automata and GIS. *International Journal of Geographical Information Science* ۱۴(۲), ۱۳۱-۱۵۲.
۲۰. Li X. ۲۰۱۰. Neural-network-based cellular automata for simulating multiple land use changes using GIS. available from [http://www.informaworld.com/smpp / title~content=t۷۱۳۵۹۹](http://www.informaworld.com/smpp/title~content=t۷۱۳۵۹۹)
۸. شیخی م، روشناس س، ۱۳۹۴، فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات شهری، شماره شانزدهم، پائیز ۱۳۹۴
۹. طالعی م و همکاران، ۱۳۹۳، مدل سازی توسعه شهری با تلفیق مدل اتوماسیون سلولی و سیستم‌های فازی، نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی سال ۲۰، شماره ۵۸، زمستان ۱۳۹۵، صفحات ۱۵۹-۱۷۹
۱۰. Al-Ahmadi K, See L. ۲۰۰۹. Calibration of a fuzzy cellular automata model of urban dynamics in Saudi Arabia. *Ecological Complexity* ۶(۲), pp ۸۰-۱۰۱.
۱۱. Al-Kheder S, Wang J. ۲۰۰۸. Fuzzy inference guided cellular automata urban growth modelling using multi temporal satellite images. *International Journal of Geographical Information Science* ۲۲(۱۱-۱۲), pp ۱۲۷۱-۱۲۹۳.
۱۲. Batty M, Xie Y, Sun Z. ۱۹۹۹. Modeling urban dynamics through GIS-based cellular automata. *Computers, Environment and Urban Systems* ۲۳(۳), pp ۲۰۵-۲۳۳.
۱۳. Fang S, George Z, Gertnera GZ, Sun Z, Andersonc AA. ۲۰۰۵. The impact of interactions in spatial simulation of the dynamics of urban sprawl. *Landscape and Urban Planning* ۷۳, PP ۲۹۴-۳۰۶.
۱۴. Foran M. ۲۰۰۹. *Expansive Discourses Urban Sprawl in Calgary*, published by au press, Athabasca University, street Edmonton, ABTj. ۳۸۸.
۱۵. Gandaseca S, Sabang J, Ahmed OH, Majid NMA. ۲۰۰۹. Vegetation assessment of peat swamp forest using remote sensing. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* ۴(۲), PP ۱۶۷-۱۷۲.
۱۶. Irwin E, Geoghegan J. ۲۰۰۱. Theory, data, methods: developing spatially explicit economic models of land use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment* ۸۵(۱-۳), PP ۷-۲۴.
۱۷. Jenks M, Burton E. ۲۰۰۰. *Achieving Sustainable Urban Form*. London : E & FN Spon Press. PP ۴۰۲.
۱۸. José I, Marjo K. ۲۰۱۰. Modelling dynamic spatial processes: simulation of urban future scenarios through cellular automata. *Landscape and Urban Planning* ۶۴ (۳), PP ۱۴۵-۱۶۰.

Studying and investigating the development of the urban area using the combination of cellular automata and fuzzy system in the spatial information system (Study area: Shiraz city)

Abstract

Introduction: Today, the rapid growth of the world's cities, especially in developing countries, has created many problems in the environmental, economic, social, cultural, etc. fields. For this reason, the position of modeling and predicting land use changes in the future has become more important for urban and environmental management and related officials and researchers.

Methodology: The purpose and innovation of this research is to use the integrated cellular automata (CA) model, fuzzy inference and ordered weighted average (OWA) method based on the spatial information system and provide a simple yet powerful model for modeling and forecasting urban development. The use of fuzzy methods in the proposed model of this research is used in order to cover the weaknesses of cellular automata, and various stages of the CA model, including transfer rules, are expressed in a fuzzy form. Also, the OWA method produces different scenarios for different conditions to model the uncertainty in natural phenomena.

In this regard, the model consists of four main parts of physical fitness, access level, neighborhood effect and overall fitness calculation. In two parts - physical fit and access level, by defining the fuzzy system and using the required data, maps related to each part are prepared. However, to calculate the neighborhood effect, two methods of enrichment factor and the combined method of enrichment factor with OWA are used

Results: The results of modeling with satellite images and forming the error matrix, overall accuracy and compatibility index for the Majority OWA method were calculated as ۰,۹۷۸۱ and ۰,۴۴۹ respectively, which is higher accuracy than the other four methods. And for the second seven-year period using the evaluation results, it was observed that the Majority OWA method has the highest overall accuracy and compatibility index of ۰,۹۹ and

۰,۹۹۳, respectively, in the correct estimation of urban development compared to other methods.

Keywords: Urban area development, cellular automata, fuzzy system, Shiraz