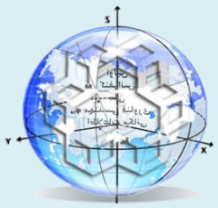
اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

The 1st National Conference on Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016



مدلسازی رشد شهری با استفاده از خودکاره های سلولی فازی (منطقه مورد مطالعه: شهر کرمان)

امین صابری [۱]، فرزین ناصری [۲]، عصمت راشدی [۳]

۱- دانشجو ارشد سیستم های اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران
۲-استادیار گروه اکولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران
۳-استادیار گروه مهندسی برق، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

چکیده :

از نتایج مهم فرآیند شهرنشینی، گسترش سریع شهرها، توسعه بی‌قاعده و رشد ناموزون آنها به دلیل مهاجرت های بی رویه و افزایش جمعیت است که پیامدهایی همچون حاشیه نشینی، نابودی اراضی کشاورزی، عدم امکان پاسخگویی برخی از خدمات و مشکلات زیست محیطی را به همراه داشته است. درک فزاینده رشد و توسعه شهری در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری به منظور رسیدن به شهری پایدار مهم است. در این تحقیق ازتلفیق مدل خودکاره سلولی[۱] و منطق فازی جهت مدلسازی توسعه شهری شهر کرمان در یک بازه‌ی زمانی ۹ ساله استفاده شده است. ۴ پارامتر فاصله از راه‌ها و معابر اصلی، همسایگی شهری، فاصله از مراکز جذب و شیب به عنوان پارامترهای دخیل در توشعه شهر کرمان در نظرگرفته شده‌اند. پایگاه دانش فازی جهت ایجاد مدل به دو روشِ مختلف ایجاد شد. در روش اول از نظرات کارشناس این رشته و در روش دوم از تلفیق منطق فازی و الگوریتم خوشه بندی FCM[۱] جهت تعیین توابع عضویت و قوانین فازی استفاده شد. درحالتی که مدل خودکاره سلولی فازی با استفاده از دانش خبره ایجاد شد شاخص کاپا ۶۷/۹۱ ٪ بدست آمد و در حالتی که از تلفیق منطق فازی و روش خوشه بندی FCM ایجاد گردید، شاخص کاپا برابر با ۷۵/۴۰ ٪ بدست آمد.

واژه‌های کلیدی : توسعه شهری، خودکاره سلولی، منطق فازی، خوشه بندیFCM

نویسنده مکاتبه کننده : امین صابری
آدرس پستی :
تلفن :
آدرس پست الکترونیک :

۱- مقدمه

امروزه جامعه ی ما با مشکلات فراوانی در رابطه با گسترش شهرها به ویژه شهرهای بزرگ مواجه است. مشکل مسکن، حمل و نقل شهری و آلودگی های مربوط به آن نمونه های مشخصی از این مشکلاتند. با توجه به افزایش روزافزون مشکلات شهرها و شهرنشینان و نیاز برنامه ریزان به استفاده از ابزارها و مهارت های نوین در روند مدیریت شهری، بهره‌گیری از چارچوب ها و روش های علمی و منطقی برای شناخت دقیق وضع موجود و آگاهی از نیازهای آینده ضروری می نماید. امروزه سیستم های اطلاعات مکانی و فناوری سنجش از دور در کنار روش‌های گوناگون مدل‌سازی توسعه شهری به عنوان علوم و فنون مهم در این فرایند مطرح هستند. در این راستا نقشه‌های توسعه شهری می‌تواند کمک شایانی به برنامه‌ریزان شهری در تعیین مسیر رشد شهر و ساختارهای زیربنایی آن نماید[۲،۱].

خودکاره سلولی در اواخر دهه ۱۹۴۰ توسط نیومن و اولام به عنوان مدلی از رفتارهای خودسازمانده و مولد معرفی شد. تنوع و سادگی رفتار خودکاره سلولی، امکان استفاده از آن را در علوم مختلفی فراهم ساخته است. در دهه اخیر مدل-های خودکاره سلولی به صورت گسترده ای جهت شبیه سازی وقایع مکانی گوناگون نظیر تغییرات پوشش زمین و کاربری اراضی، انتشار آتش ، جریان ترافیک، مورد استفاده قرار گرفته اند.

بهره گیری از منطق فازی برای تعریف توابع عضویت و قوانین انتقال روش جدیدی است که برای غلبه بر کاستی های خودکاره سلولی بکار برده می شود. محاسبات فازی در مقابل قوانین رایج دودویی، ابزار مناسبی برای برخورد با عدم قطعیت موجود در پدیده های طبیعی به شمار می رود [۳]. این امر سبب حفظ پیوستگی مکانی در روند طبیعی توسعه شهر می گردد. در اینجا می توان تاثیر هر یک از پارامترها را با توابع عضویت متفاوتی نشان داد. بر اساس این توابع، اثر هر یک از عوامل با استفاده از منطق استنتاجی فازی بدست می آید [۴].

۲- روش تحقیق

مدل خودکاره سلولی به دلیل داشتن ماهیت پویا، کاربرد وسیعی در مدل سازی عوارض طبیعی و فیزیکی سطح زمین، در پیش بینی تغییرات کاربری اراضی و همچنین توسعه اراضی شهری پیدا کرده است [۵].هر مدل خودکاره سلولی دارای ۵ جز اصلی و پایه به شرح زیر می باشد [۶]:

۱- شبکه منظم سلولی: این فضا از سلول های مستقل تشکیل شده است. سلول ها در یک خودکاره سلولی در یک موزاییک مکانی،گردآوری می شوند. یک شبکه ی دوبعدی از سلول ها، معمولی ترین حالت خودکاره سلولی مورد استفاده در مدل سازی رشد شهری و تغییرات کاربری هاست.

۲- حالت : که خواص سیستم را تعریف می کند. هر سلول تنها می‌تواند یک حالت از مجموعه حالت های تعریف شده را در یک زمان داشته باشد. حالت می تواند عددی باشد که یک ویژگی را نشان می دهد. در مدل خودکاره سلولی شهری، حالت سلول‌ها ممکن است نشان دهنده‌ی نوع پوشش زمین و یا کاربری زمین باشد.

۳- همسایگی: همسایگی عبارت است از مجموعه سلول‌های مجاور هر سلول که در تغییر مقادیر سلول مرکزی موثر می‌باشند. همسایگی به دو صورت یک بعدی و دو بعدی قابل تعریف می‌باشد.

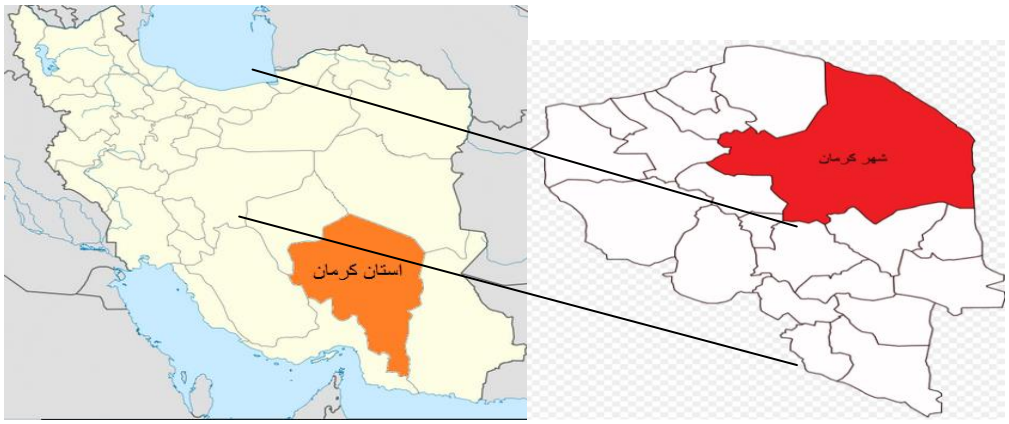
۴- قوانین انتقال: این قوانین بیان می‌کند چگونه حالت یک سلول در پاسخ به حالت فعلی آن و حالت همسایگانش، تغییر می‌کند. این مورد عنصر کلیدی و قلب یک خودکاره سلولی است، زیرا این قوانین، نشانگر روند مدل‌سازی سیستم هستند و بنابراین، برای موفقیت یک فعالیت مدل‌سازی خوب، حیاتی هستند [۷]. برای یک خودکاره سلولی صریح، قوانین انتقال، همسان هستند و به طور هم‌زمان برای تمامی سلول‌های سیستم به کار گرفته می‌شوند.

۵- فضای زمانی: فضای زمانی عبارت است از یک فضای گسسته در زمان که شامل مراحل زمانی است. در هر مرحله مقادیر سلول‌ها بر اساس قوانین انتقال تغییر می‌کند.

تئوری منطق فازی اولین بار توسط زاده به عنوان ابزاری برای توسعه از تئوری مجموعه‌های دوتایی به مجموعه‌های پیوسته مطرح گردید [۸]. بطور کلی به دلیل گسترش فضای پارامترهای قوانین در خودکاره سلولی با استفاده از توابع قطعی، نیاز به توسعه مدل‌های خودکاره سلولی که از لحاظ محاسباتی پایدارتر و قابل اجراتر باشند، احساس می‌شود. بر این اساس استنتاج فازی به سه صورت بکاربردن متغیرهای زبانی و معنایی برای مدل‌سازی شهری، ساده‌سازی قوانین انتقال خودکاره سلولی وکوچکترکردن فضای جستجو برای کالیبراسیون بهتر بیان می‌شود[۹]. در تحقیق حاضر از منطق فازی جهت تعیین توابع عضویت و قوانین فازی بهره برده شد. در روش اول از نظرات کارشناس و در روش دوم از الگوریتم خوشه بندی FCM جهت تعیین توابع و قوانین فازی استفاده شد.

3- منطقه موردمطالعه

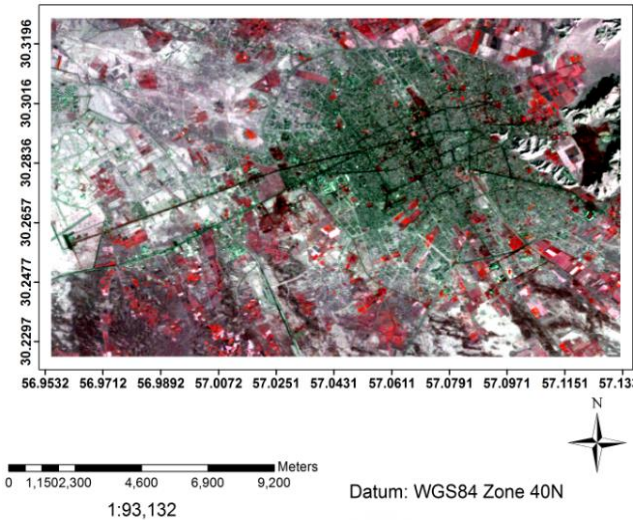
شهر کرمان از نظر جغرافیایی در موقعیت ۵۷ درجه و ۷ دقیقه شرقی و ۳۰ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۱۷۷۸ متری از سطح دریا قرار دارد. جمعیت کل شهرستان کرمان طبق سرشماری سال ۱۳۹۰ مرکز آمارایران برابر با ۷۲۲۴۸۴ نفر بوده‌است که از این تعداد ۶۲۱۳۷۴ نفر جمعیت شهری و ۱۰۱۱۱۰ نفر جمعیت روستایی را تشکیل می-دهند. شکل ۱ موقعیت شهرکرمان را به عنوان منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد[۱۰].



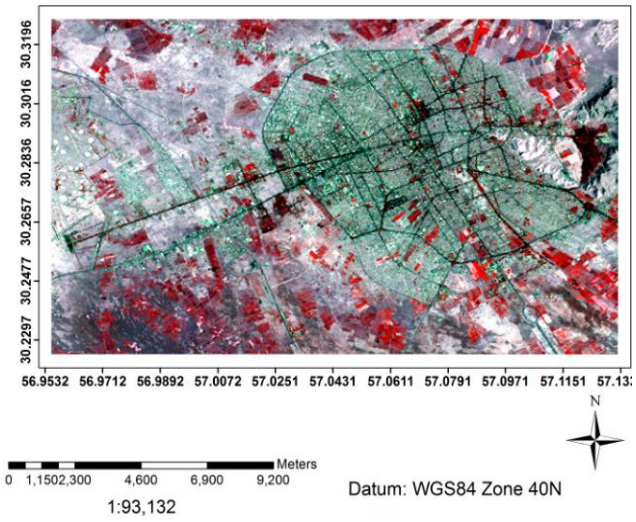
شکل۱: موقعیت شهر کرمان

۴- داده ها و آماده سازی آن ها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق، تصاویر ماهواره‌ای و DEM مربوط به شهرکرمان می‌باشند. شکل‌های شماره ۱ و۲ تصاویر ماهواره ای شهر کرمان در سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۰۰ را نشان می‌دهند. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای و DEM مربوط به شهر کرمان نیز در جدول شماره ۱ و ۲ آورده شده است.



شکل۱: تصویر ماهواره‌ای شهر کرمان در سال ۱۹۹۱



شکل۲: تصویر ماهواره‌ای شهر کرمان در سال

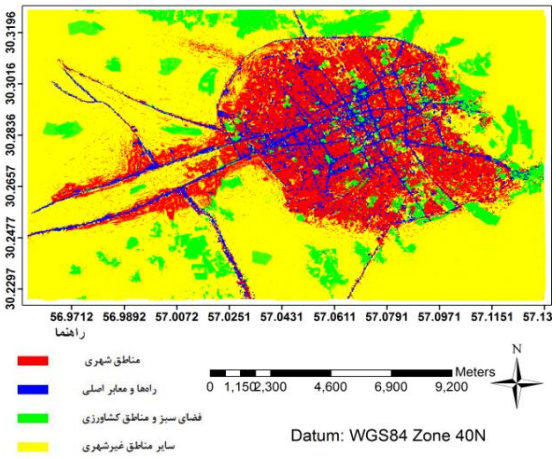
جدول ۱: مشخصات تصاویر ماهواره‌ای شهر کرمان

سیستم تصویر	سطح مبنا	قدرت تفکیک مکانی(متر)	نوع سنجنده	نوع ماهواره	تاریخ تصویربرداری
UTM, Zone40	WGS84	۳۰	TM	Landsat5	1991-11-27
UTM, Zone40	WGS84	۲۸.۵	ETM^{+}	Landsat7	2000-08-07

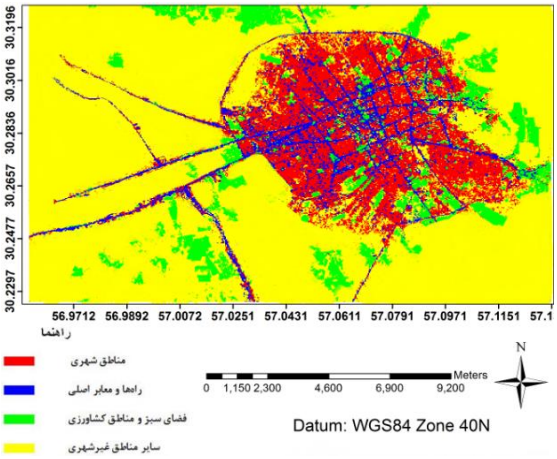
جدول ۲: مشخصات DEM شهر کرمان

سطح مبنا	قدرت تفکیک مکانی(متر)	نوع سنجنده	ماهواره
WGS84	۳۰	ASTER	Terra

در این تحقیق تصحیحات رادیومتری و اتمسفری با استفاده از نرم افزار ENVI بر روی تصاویر ماهواره‌ای مذکور انجام شدند. جهت تصحیح اتمسفری از روش IAR استفاده شده‌است. برای تهیه نقشه کاربری اراضی شهر کرمان در سال-های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای تصحیح شده، طبقه بندی شده‌اند. جهت طبقه بندی، از روش ماشین بردار پشتیبان استفاده شد و منطقه به چهار گروه مناطق شهری، راه‌ها و معابر اصلی، فضای سبز و مناطق کشاورزی و سایر مناطق غیر شهری طبقه‌بندی شد. شکل‌های شماره ۳ و ۴ تصاویر طبقه بندی شده شهر کرمان را نشان می‌دهند.

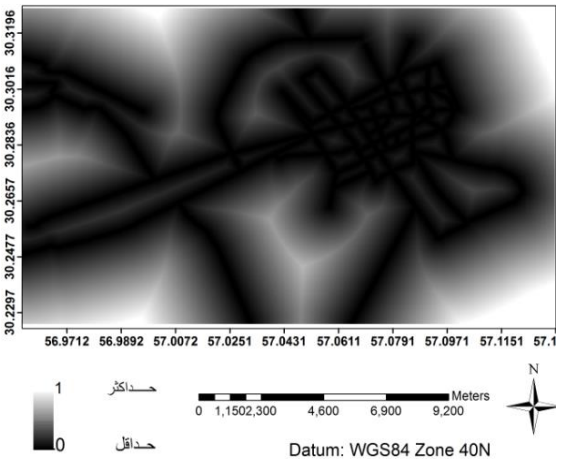


شکل ۳: تصویر طبقه بندی شده شهر کرمان در سال ۱۹۹۱

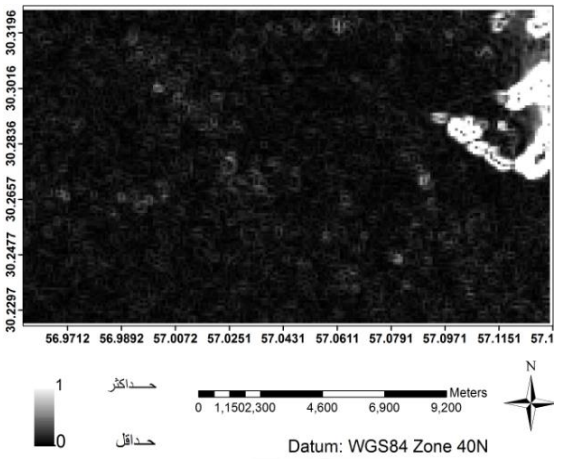


شکل ۴: تصویر طبقه بندی شده شهر کرمان در سال ۲۰۰۰

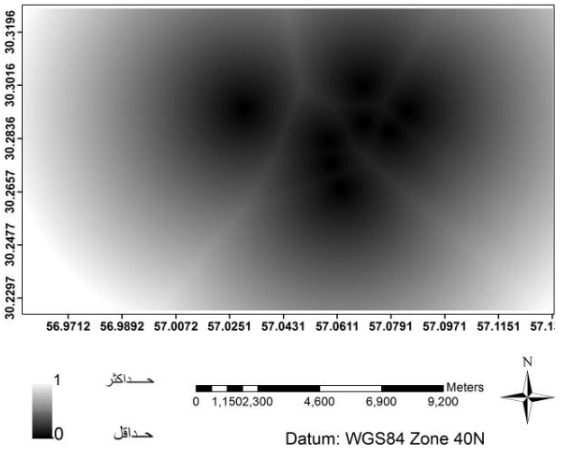
چهار پارامتر فاصله از راه‌ها و معابر اصلی، همسایگی شهری، فاصله از مراکز جذب و شیب به عنوان پارامترهای موثر در توسعه شهری کرمان انتخاب شده‌اند. نقشه‌ی این پارامترها استخراج شده و بصورت نرمال وارد پروسه مدلسازی می-شوند.



شکل ۵: نقشه شیب شهر کرمان



شکل ۶: نقشه فاصله از راه‌ها و معابر اصلی

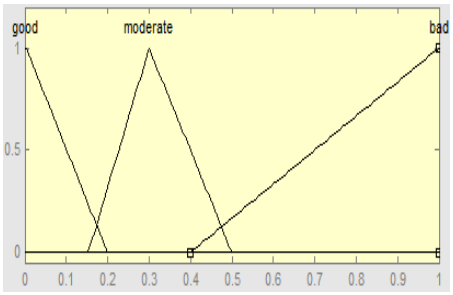


شکل ۷: نقشه فاصله از مراکز جذب

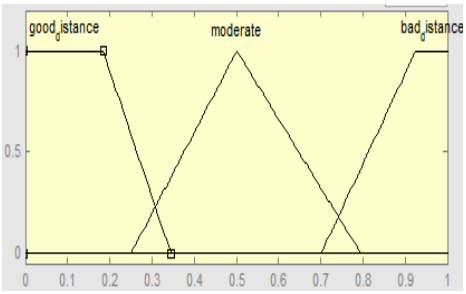
برای پارامتر همسایگی شهری، از همسایگی Moore با ابعاد ۳×۳، استفاده شده است. این پارامتر نیز از تصویر طبقه بندی شده شهر کرمان در سال ۱۹۹۱ به دست آمده و در یک لایه سلولی ذخیره شده است.

۵- مدل‌سازی

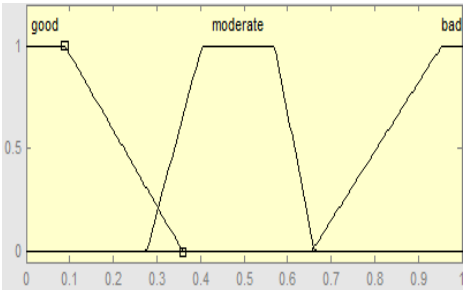
در روش اول جهت ایجاد مدل، از دانش خبره برای تشکیل پایگاه دانش فازی استفاده شد. در این مدل از توابع عضویت مثلثی و ذوزنقه‌ای و از برچسب‌های زبانی "بد"، "متوسط" و "خوب" برای متغیرهای ورودی و "کم"، "متوسط" و "زیاد" برای متغیر خروجی استفاده شده است. در شکل‌های زیر توابع عضویت فازی برای متغیرهای ورودی و خروجی را مشاهده می‌کنید.



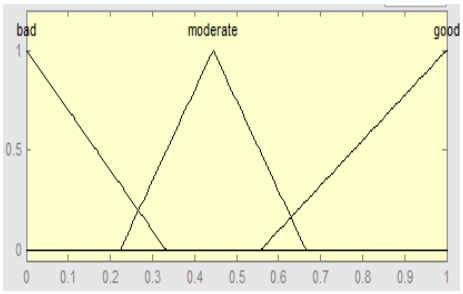
شکل ۸: تابع عضویت فازی شیب



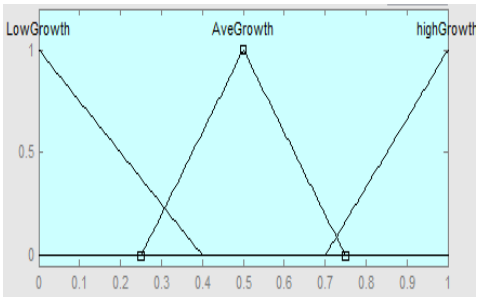
شکل ۹: تابع عضویت فازی فاصله از راه‌های اصل



شکل ۱۰: تابع عضویت فازی فاصله از مراکز جذب



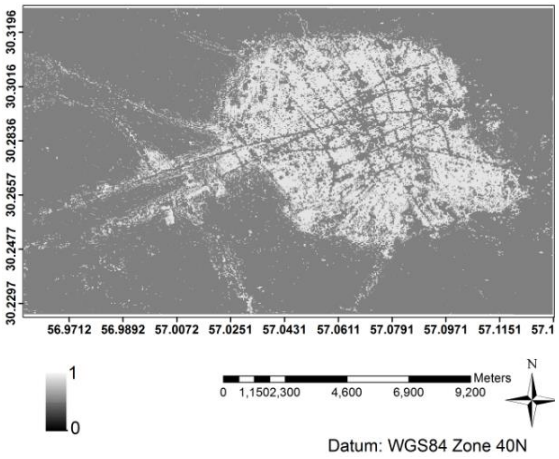
شکل ۱۱: تابع عضویت فازی همسایگی



شکل ۱۲: تابع عضویت فازی برازندگی توسعه شهری

در روش دوم، پایگاه دانش فازی بصورت خودکار با بکارگیری پارامترهای ورودی و خروجی تعیین شد. بـدین منظـور از الگوریتم خوشه بندی FCM جهت تعیین توابع عضویت و قوانین فازی استفاده شد.

در نهایت عمل استنتاج با بکارگیری توابع عضویت و قوانین فازی صورت گرفت و مدل مورد نظر ایجـاد شـد. نقشـه‌ی برازندگی توسعه‌ی شهری کرمان درسال ۲۰۰۰ به عنوان خروجی مدل به صورت نرمال بدست آمد.

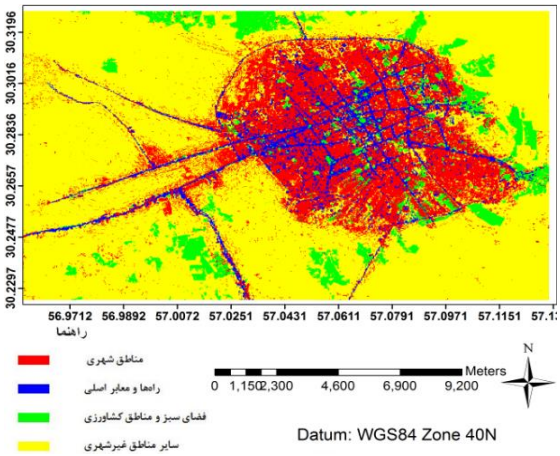


شکل ۱۳: نقشه نرمال برازندگی توسعه شهری کرمان درسال۲۰۰۰

۶- نتایج تحقیق

می‌بایست با اعمال حدآستانه بر روی این نقشه، نقشه‌ی برازندگی توسعه شهری را به یک نقشه‌ی کاربری شـبیه‌سـازی شده تبدیل نموده و آن را با نقشه‌ی طبقه بندی شده سال ۲۰۰۰ مقایسه کنـیم. بـدین منظـور از شـاخص کاپـا بـرای تعیین حد آستانه استفاده شد و برای حد آستانه های مختلف ماتریس خطا و شاخص کاپا محاسبه شد.

در حالتی که مدل با استفاده از روش اول(دانش خبره) ایجاد شد، حدآستانه‌ی ۰/۹ دارای بیشترین مقدار شـاخص کاپـا شد و در حالتی که از تلفیق منطق فازی و الگوریتم خوشه بندی FCM جهت ایجاد مدل استفاده کـردیم حدآسـتانه‌ی ۰/۸ بیشترین مقدار شاخص کاپا را دارا بود. در نهایت با انتخاب مقدار ۰/۸ به عنـوان حدآسـتانه، نقشـه کـاربری شـبیه سازی شده‌ی شهر کرمان در سال ۲۰۰۰ بدست آمد که در شکل ۱۴ مشاهده می‌کنید.



شکل۱۴: تصویر شبیه‌سازی شده شهر کرمان در سال ۲۰۰۰ توسط مدل خودکاره سلولی فازی

با توجه به تصویر شبیه‌سازی شده و واقعیت زمینی(تصویر طبقه بندی شده) برای شهر کرمان در سال ۲۰۰۰، ماتریس خطا محاسبه شده است که در جدول ۳ ارائه گردیده است.

جدول ۳: ماتریس خطای مدل در سال ۲۰۰۰

واقعیت / مدل	شهری	غیرشهری	جمع کل
شهری	۱۳۳۰۹۹	۱۲۹۴۴	۱۴۶۰۴۳
غیرشهری	۵۳۰۸۲	۶۵۳۶۴۳	۷۰۶۷۲۵
جمع کل	۱۸۶۱۸۱	۶۶۶۵۸۷	۸۵۲۷۶۸

نتایج نشان می‌دهد در حالتی که مدل با استفاده از نظر کارشناس ایجاد شود دارای دقت ۶۷/۹۱ ٪ و در حالتی که با بکارگیری روش FCM جهت تعیین توابع عضویت و قوانین فازی تشکیل شود دارای دقت ۷۵/۴۰ ٪ است.

بنابراین می‌توان گفت استفاده از روش‌ها و الگوریتم‌های بهینه‌سازی می‌تواند تاثیر چشم‌گیری در دقت مدل ایجاد شده داشته باشد، کما اینکه در تحقیق انجام شده باعث افزایش حدود ۸ درصدی دقت مدل شده است.

با توجه به اینکه شاخص کاپای مدل طراحی شده بین ۰/۶۰ و ۰/۸۰ می‌باشد، مدل ارائه شده درگروه مدل‌های خوب قرار می‌گیرد. بنابراین تلفیق مدل خودکاره سلولی و منطق فازی جهت مدل‌سازی توسعه شهری ابزاری مناسب می-باشد و می تواند در برنامه ریزی‌های شهری نقش مفیدی ایفا کند

-مراجع

[1] He C, Zhao Y, Tian J, Shi P. Modeling the urban landscape dynamics in a megalopolitan cluster area by incorporating a gravitational field model with cellular automata. Landscape and Urban Planning. 2013 May 31;113:78-89.

[۲] نوروزی فر. ا، راشدی. ع، ناصری.ف، مدلسازی توسعه شهری با استفاده از مدل خودکاره سلولی، کنفرانس ملی معماری و منظر شهری پایدار، اردیبهشت ۹۴

[3] Al-Kheder S, Wang J, Shan J. Fuzzy inference guided cellular automata urban-growth modelling using multi-temporal satellite images. International Journal of Geographical Information Science. 2008 Nov 1;22(11-12):1271-93.

[۴] فروتن. ا، مدل‌سازی توسعه شهری با استفاده از تلفیق الگوریتم های خودکاره های سلولی، فازی و ژنتیک، پایان نامه کارشناسی ارشد، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، گروه نقشه‌برداری، ۱۳۹۱.

[5] Hu Z, Lo CP. Modeling urban growth in Atlanta using logistic regression. Computers, Environment and Urban Systems. 2007 Nov 30;31(6):667-88.

[6] Yeh, A. G.-O. and Li, X., Urban simulation using neural networks and cellular automata for land use planning, in Advances in spatial data handling, ed: Springer, pp. 451-464, 2002.

[7] White R. Cities and cellular automata. Discrete dynamics in Nature and Society. 1998;2(2):111-25.

[8] Zadeh LA. Fuzzy sets. Information and control. 1965 Jun 8;8(3):338-53.

[9] Wong CC, Her SM. A self-generating method for fuzzy system design. Fuzzy Sets and Systems. 1999 Apr 1;103(1):13-25.

[۱۰] گزیده نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۰، ریاست جمهوری، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی مرکز آمار ایران.