جغرافیا (فصلنامه علمی ـ پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)
دوره جدید، سال یازدهم، شماره ۳۶، بهار ۱۳۹۲

کاربرد منطق فازی در ارزیابی تناسب زمین برای توسعه کالبدی شهر مطالعه موردی : کلانشهر کرج

دکتر امیر کرم[۱] و نازیلا یعقوب‌نژاد اصل[۲]

چکیده

شهرها از مهمترین مراکز سکونتگاهی انسان و کانون مدنیت، رشد و توسعه هستند. رشد سریع جمعیت و به‌تبع آن توسعه بی‌رویه فیزیکی شهرها، باعث بروز انواع آلودگیهای شیمیایی، صوتی، بصری، افزایش قیمت زمین و وقوع انواع بحرانهای زیست محیطی و.. شده است که این مسائل لزوم نگرش آمایشی در برنامه‌ریزی برای کلانشهرها را می‌طلبد. کلانشهر کرج با نرخ رشد زیاد جمعیت و توسعهٔ فزاینده فیزیکی در دهه‌های اخیر با مشکلاتی عدیده‌ای روبرو شده است که ضرورت انجام و بازنگری مطالعات جامع برنامه‌ریزی شهری و کالبدی را برای این کلانشهر می‌طلبد. یکی از اقدامات اولیه و ضروری برای برنامه‌ریزی کالبدی شهرها ارزیابی تناسب زمین برای توسعهٔ کالبدی است. در این نوشتار هدف آن است که با استفاده از ۷ معیار شامل زمین‌شناسی، شتاب ثقل زلزله، شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از شهر، فاصله از گسله‌ها، کاربری زمین و به‌کارگیری منطق فازی یکپارچه شده با سیستم اطلاعات جغرافیایی، تناسب زمین برای توسعه کالبدی کلانشهر کرج و اراضی پیرامونی آن ارزیابی و مدل‌سازی شود. نتایج در قالب نقشهٔ پهنه‌بندی تناسب زمین نشان داد که در حدود ۶۳ درصد از مساحت سکونتگاههای محدوده مورد مطالعه در اراضی گسترش یافته‌اند که برای توسعه تناسب زیاد و بسیار زیادی داشته‌اند. همچنین حدود ۲۴ درصد از مساحت توسعه کالبدی در نواحی با تناسب کم و بسیار کم رخ داده است نتایج حاصل از مدل ارائه شده ابزاری خوب و مناسب برای سیاست‌گزاران و برنامه‌ریزان شهری و تصمیم‌گیرندگان در زمینه‌های توسعهٔ کالبدی به شمار می‌رود.

کلیدواژگان: تناسب زمین، منطق فازی، توسعه کالبدی شهری، سیستم اطلاعات جغرافیایی، کلانشهر کرج.

---

۱ . استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه خوارزمی

۲ . کارشناس ارشد ژئومورفولوژی

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

شهر یکی از مهمترین مراکز سکونتگاهی انسان و کانون مدنیت، رشد و توسعه است. این اصلی‌ترین کانون جمعیتی، همواره تحت‌تأثیر عوامل طبیعی و انسانی از درون و برون قرار دارد و این عوامل سبب توسعه یا محدودیت آن می‌شود. بنا به نوع و میزان خدمات قابل ارائه در شهر و شدت و ضعف عوامل جاذب شهری به خصوص کار و اشتغال، همواره انسان‌ها به شهرنشینی و اسکان در شهرهای بزرگ و مهم تمایل دارند. همچنین، با وجود عوامل دافع در روستاها و نیز شهرهای کوچک و روستاـ شهرها، سیل جمعیت و مهاجرت به سوی شهرهای بزرگ روان است. از این رو، کلان‌شهرها بزرگ و بزرگ‌تر می‌شوند و با توسعه بی‌رویه، برای خود و مناطق پیرامون و حتی برای کشور مشکلاتی را به بار می‌آورند. با رشد روز افزون جمعیت و شدت گرفتن آن در شهرهای بزرگ و تبدیل آنها به کلان‌شهرها، وقتی شهر نتواند همگام با این رشد جمعیت، توسعه یابد و فاقد برنامه‌ریزی لازم باشد، توان خود را برای پذیرش این جمعیت از دست می‌دهد و در حقیقت توسعه متعادل و برنامه‌ریزی شده شهر از توسعه بی‌رویه شهر عقب می‌ماند و مشکلات عدیده‌ای را بروز می‌دهد. این مشکلات با ضعف در مدیریت ضعیف شهری، بزرگ‌ترو وخیم‌تر می‌شود و آسیب‌های جدی به محیط زیست، سلامتی جسم و روح و روان انسان‌ها و جامعه وارد می‌آورد. بررسی روند افزایش جمعیت تهران و برخی شهرهای اطراف آن مانند ورامین، رودهن، قرچک، اسلام شهر و کرج از نرخ رشد بسیار بالای جمعیت این شهرها حکایت می‌کند به طوری که تمام این شهرها نرخ رشدی بیش از نرخ رشد جمعیت کشور و حتی نرخ رشدی بیش از بسیاری از شهرهای کشور داشته‌اند

رشد سریع جمعیت و به تبع آن توسعه بی‌رویه فیزیکی شهرها، باعث بروز انواع آلودگیهای شیمیایی، صوتی، بصری، افزایش قیمت زمین و وقوع انواع بحرانهای زیست محیطی و... شده است که این مسائل لزوم نگرش آمایشی در برنامه‌ریزی برای کلانشهرها را می‌طلبد. چنانچه ارزیابی تناسب یا استعداد زمین به صورت یک مسئلهٔ تصمیم‌گیری با فاکتورها و معیارهای چندگانه (ازجمله فاکتورهای طبیعی) با سیستم اطلاعات جغرافیایی یکپارچه شود، الگویی برای برنامه‌ریزی کاربری زمین مهیا می‌کند که مناقشات را به حداقل رسانده و نظرات دست‌اندرکاران را نیز تا حد زیادی ملحوظ می‌کند.

کلانشهر کرج با نرخ رشد زیاد جمعیت و توسعهٔ فزاینده فیزیکی در دهه‌های اخیر با

www.SID.ir

مشکلاتی روبرو شده که نمونهٔ بارز آن مشکلاتی نظیر مسکن، گسترش کالبدی بدون برنامه‌ریزی، پوشش ناکافی خدمات شهری، کمبود آب آشامیدنی و افت فشار آب، ترافیک سنگین در معابر شهری، آلودگی هوا و... است که ضرورت انجام مطالعات جامع برنامه‌ریزی شهری و کالبدی را می‌طلبد. یکی از اقدامات اولیه و ضروری برای برنامه‌ریزی کالبدی شهر ارزیابی تناسب زمین برای توسعهٔ کالبدی است. برای ارزیابی تناسب زمین، روش‌ها و مدل‌های زیادی ابداع شده و توسعه‌افته (کرم، ۱۳۸۴). منطق فازی یکی از روشهایی است که اخیرا برای ارزیابی، مدل‌سازی و پیش‌بینی از آن استفاده می‌شود و در رشته‌های مختلف علمی کاربرد دارد. اخیرا در زمینهٔ برنامه‌ریزی و ارزیابی تناسب زمین مطالعات و کارهای متعددی با روش منطق فازی صورت گرفته است. از جمله آخرین کارهایی که با استفاده از این روش صورت گرفته می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

سویی (۱۹۹۲)[1] روش فازی را در محیط GIS برای ارزیابی زمین در منطقهٔ شهری به کار برد (سویی، ۱۹۹۲). کی و دیگران (۲۰۰۳)[2] منطق فازی را جهت بررسی تاج پوشش گیاهان مورد استفاده قرار دادند (کی و دیگران،۲۰۰۳). بادنکو و کارتنر(۲۰۰۴)[3] مدل‌سازی منطق فازی را که در محیط GIS تلفیق شده بود، به منظور توسعهٔ پایدار برای برنامه‌ریزی استفاده از زمین در حومهٔ سن‌پطرزبورگ به کار گرفتند (بادنکو و کارتنر، ۲۰۰۴). برایمو و دیگران (۲۰۰۴)[4] ارزیابی زمین را برای کشت ذرت بر طبق منطق فازی و درون‌یابی در کشور غنا انجام دادند (برایمو و دیگران، ۲۰۰۴). یان لی و فین (۲۰۰۵)[5] مدل فازی را بر پایهٔ پنج عامل: گرایش برای توسعه، مجاورت، محدودیت شیب، سیستم حمل و نقل، جاذبه‌های زمینی و ساحلی طراحی کردند و توانستند یک برآورد درستی از وسعت و زمان‌بندی توسعهٔ شهر سیدنی را انجام دهند (یان لی یو و فین، ۲۰۰۵). شرف‌الخدر و دیگران (۲۰۰۶)[6] با استفاده از منطق فازی و شبکه‌های خودکار رشد شهر ایندیاناپلیس را در سه دههٔ اخیر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، مدل رقومی ارتفاعی (DEM)، شبکهٔ راه‌ها و داده‌های جمعیتی مدل‌سازی

1. Sui (1992)
2. kay and etal (2003)
3. Badenko and Kurtener (2004)
4. Braimoh and Vlek (2004)
5. Yan Lin and Phinn (2005)
6. Sharaf Alkheder and et al (2006)

Archive of SID

www.SID.ir

کردند (شرف‌الخدر و دیگران، ۲۰۰۶). خالدالاحمدی و دیگران (۲۰۰۸)[1] با استفاده از منطق فازی و پارامترهای حمل‌ونقل، تراکم شهری و توپوگرافی، توسعهٔ شهر ریاح در عربستان را برای سه دورهٔ زمانی مدل‌سازی کردند (خالدالاحمدی ودیگران، ۲۰۰۸). ماخترالعالم و دیگران (۲۰۱۰)[2] ارزیابی زمین را با مقایسهٔ دو مدل AHP فازی شده و روش تاپسیس در یک مزرعهٔ کشت جو در لیبی بررسی کردند (ماختارالعالم و دیگران، ۲۰۱۰). هینکو(۲۰۱۱)[3] با استفاده از منطق فازی و SAFE (ارزیابی پایداری با مدل فازی) مکانیسم‌های توسعهٔ پایدار شهری را با استفاده از روش‌های کمی ا ندازه‌گیری کرد (هینکو، ۲۰۱۱).

پوراحمد و دیگران (۱۳۸۵) با استفاده از الگوریتم فازی و GIS مکان‌های مناسب برای دفن بهداشتی مواد زائد را مکان‌گزینی کرده و به صورت نقشه‌های مختلف ارائه کردند (احمدپوراحمد و دیگران، ۱۳۸۵). گلی و عسگری (۱۳۸۵) با طرح ناکارآمدی الگوی موجود در تبدیل روستا به شهر، به آزمون چگونگی استفاده از منطق فازی، در شناسایی و تبدیل روستاهای متعدد به شهر در استان تهران پرداخته‌اند (گلی و عسگری، ۱۳۸۵). دادرسی سبزوار و شاهی (۱۳۸۶) از روش تلفیق عوامل مؤثر با استفاده از تکنیک تشکیل لایه‌های اطلاعاتی و سپس پهنه‌بندی در مدل‌های مکان‌یابی و قابل اجرا در محیط GIS از جمله منطق بولین، مدل شاخص همپوشانی و مدل منطق فازی، برای ۶ شهرستان استان خراسان رضوی بررسی‌های مهار بیابان‌زایی را انجام دادند (دادرسی سبزواری و شاهی، ۱۳۸۶). ابره‌دری (۱۳۸۶) در اولین همایش پیش نشانگرهای زلزله، دیدگانی فازی را در پردازش داده‌های مرتبط با پیش نشانگرهای زلزله انجام داد (ابره‌دری، ۱۳۸۶). متکان و دیگران (۱۳۸۸) با استفاده از شبکهٔ استنتاج فازی و تکنیک‌های سنجش از دور و GIS، در حوضهٔ آبخیز لاجیم مازندران، مناطق امن و خطرناک وقوع لغزش را شناسایی کردند (متکان و دیگران، ۱۳۸۸). کرم و محمدی (۱۳۸۸) نیز ارزیابی تناسب زمین برای توسعه کالبدی در کرج را به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی انجام دادند (کرم و محمدی،۱۳۸۸). غفاری و دیگران (۱۳۸۹) با استفاده از تکنیک AHP و مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط فازی، مدلی برای ارزیابی

1. Khalid Al – Ahmadi and et al (2008)
2. Mukhtar Elaalem and et al (2010)
3. Hincu (2011)

www.SID.ir

سازگاری کاربری‌های شهری را ارائه کردند (غفاری و دیگران، ۱۳۸۹). در این نوشتار تلاش می‌شود با استفاده و تکیه بر برخی عوامل و فاکتورهای طبیعی و همچنین کاربرد منطق فازی (FUZZY) که با محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی یکپارچه شده، تناسب زمین برای توسعهٔ فیزیکی و شهری در کلانشهر کرج و اراضی پیرامونی آن ارزیابی شود.

معرفی محدودهٔ مورد مطالعه

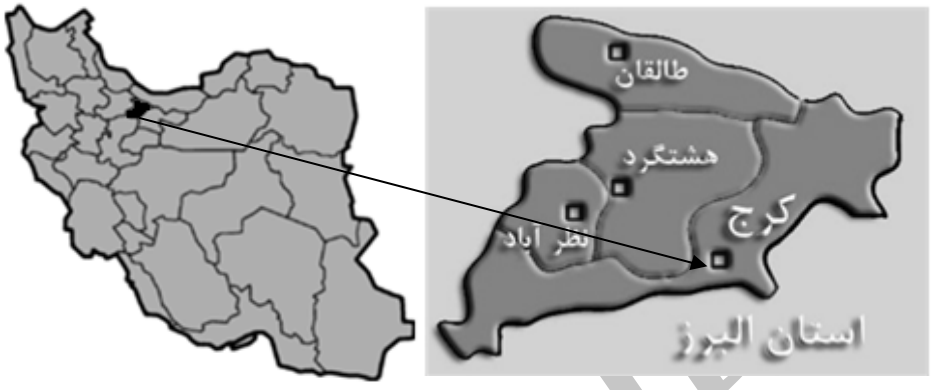
کرج یکی از کلانشهرهای ایران و مرکز استان البرز است‌این شهر در شرق استان کرج قرار دارد. محدودهٔ مورد مطالعه شامل کلانشهر کرج و محدودهٔ پیرامونی آن با مساحتی حدود ۸۰۰ کیلومترمربع، با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵ دقیقهٔ طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی در شرق استان البرز قرار دارد. کرج در۳۶ کیلومتری غرب تهران و در کرانهٔ غربی رود کرج و در دامنهٔ جنوبی رشته کوه البرز قرار گرفته است. متوسط بارش سالیانه آن ۴۴۰ میلیمتر و متوسط دمای سالانه آن ۱۵/۷ درجه، دارای آب و هوای معتدل خشک می‌باشد. ارتفاع متوسط آن ۱۳۲۰ متر از سطح دریاست. اصلی‌ترین سکونت‌گاههای محدوده شامل کلانشهر کرج و چندین شهرک و روستاهای اطراف آن است که بر روی هم حدود ۱۱۵ کیلومترمربع از مساحت محدوده را شامل می‌شوند. جمعیت شهرکرج بر پایهٔ سرشماری سال ۱۳۸۵ خورشیدی برابر ۱۳۷۷۵۴۰ نفر بوده که پس از شهرهای تهران، مشهد، اصفهان و تبریز به عنوان پنجمین کلانشهر پرجمعیت ایران به شمار می‌رود (مرکز آمار ایران).

شهر کرج طی دورهٔ ۴۰ ساله ۸۵-۱۳۴۵ رشد جمعیتی و کالبدی بسیار زیادی داشته است. جمعیت این شهر از ۴۴۲۴۳ نفر در سال ۱۳۴۵ با میانگین نرخ رشد سالانه‌ای حدود ۹ درصد به ۱۳۷۷۵۴۰ نفر در سال ۱۳۸۵ افزایش یافته. طی دورهٔ ۱۰ ساله ۵۵-۱۳۴۵رشد سالانهٔ جمعیتی شهر ۱۲ درصد و در دورهٔ ۶۵-۱۳۵۵ معادل ۱۴/۵ درصد بوده است (جدول۱). علی‌رغم آن که رشد بسیار بالای جمعیتی شهر در دوره‌های قبل در دورهٔ ۷۵-۱۳۶۵ کاهش یافته، لیکن هنوز در این دوره با رقم ۶ درصد بیانگر رشد بالایی بوده است. از عوامل ازدیاد جمعیت کرج نزدیکی به شهر تهران، توسعهٔ صنعت، استقرار مؤسسات تحقیقاتی و کشاورزی و آب و هوای نسبتاً خوب را می‌توان نام برد.

Archive of SID

www.SID.ir

شهر کرج پس از تهران بزرگترین شهر مهاجرپذیر ایران است و با توجه به جوان بودن آن نسبت به سایر شهرهای بزرگ ایران هم اکنون به عنوان یکی از کلانشهرهای کشور به شمار می‌آید. به گونه‌ای که فقط در دورهٔ ۸۵-۱۳۷۵، حدود۵۴۱۰۰۰ نفر مهاجر به شهرستان کرج وارد شده‌اند که بخش اعظم آن‌ها در شهر کرج و حواشی آن استقرار یافته‌اند (مرکز آمار کشور).



شکل۱: موقعیت محدودهٔ مورد مطالعه در ایران و استان

رشد بسیار بالای جمعیتی شهر سبب گسترش فیزیکی و کالبدی و توسعهٔ شهرک‌های اقماری و محلات حاشیه‌ای جدید شده، بخش قابل توجهی از این نواحی توسعه یافته بر روی زمین‌های کشاورزی حاشیه‌ای، حاشیهٔ رودخانه کرج و شیب‌های تند دامنه‌ای در شمال و شرق شهر قرار دارند. این نوع توسعهٔ کالبدی نامناسب و بدون برنامه‌ریزی مشکلات عدیده‌ای را به دنبال داشته است. لذا ضروری است که زمین‌های مناسب برای توسعهٔ آتی کالبدی شهر بررسی و شناسایی گردند و ارزیابی تناسب زمین در این راستا صورت گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱: جمعیت و نرخ رشد شهر کرج در دوره (۸۵- ۱۳۴۵)

	جمعیت					متوسط نرخ رشد جمعیت (درصد)				
	۱۳۴۵	۱۳۵۵	۱۳۶۵	۱۳۷۵	۱۳۸۵	۴۵-۵۵	۵۵-۶۵	۶۵-۷۵	۷۵-۸۵	۸۵-۴۵
کلانشهر کرج	۴۴۲۴۳	۱۳۷۹۲۶	۵۳۷۲۸۱	۹۸۰۲۲۸	۱۳۷۷۵۴۰	۱۲	۱۴/۵	۶/۲	۳/۴۶	۸/۹۷

ماخذ: راهبرد ۲۰ ساله توسعه کرج (۱۳۸۳) و مرکز آمار کشور.

داده‌ها و روش‌شناسی

داده‌ها

در این نوشتار از بررسی‌های کتابخانه‌ای سیستم اطلاعات جغرافیایی و نقشه‌های مختلف زیر استفاده شده است:

۱. نقشه‌های رقومی توپوگرافی منطقه به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰
۲. نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰
۳. نقشه‌های واحدهای ارضی منطقه به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰
۴. نقشهٔ رقومی کاربری - پوشش زمین منطقه مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای

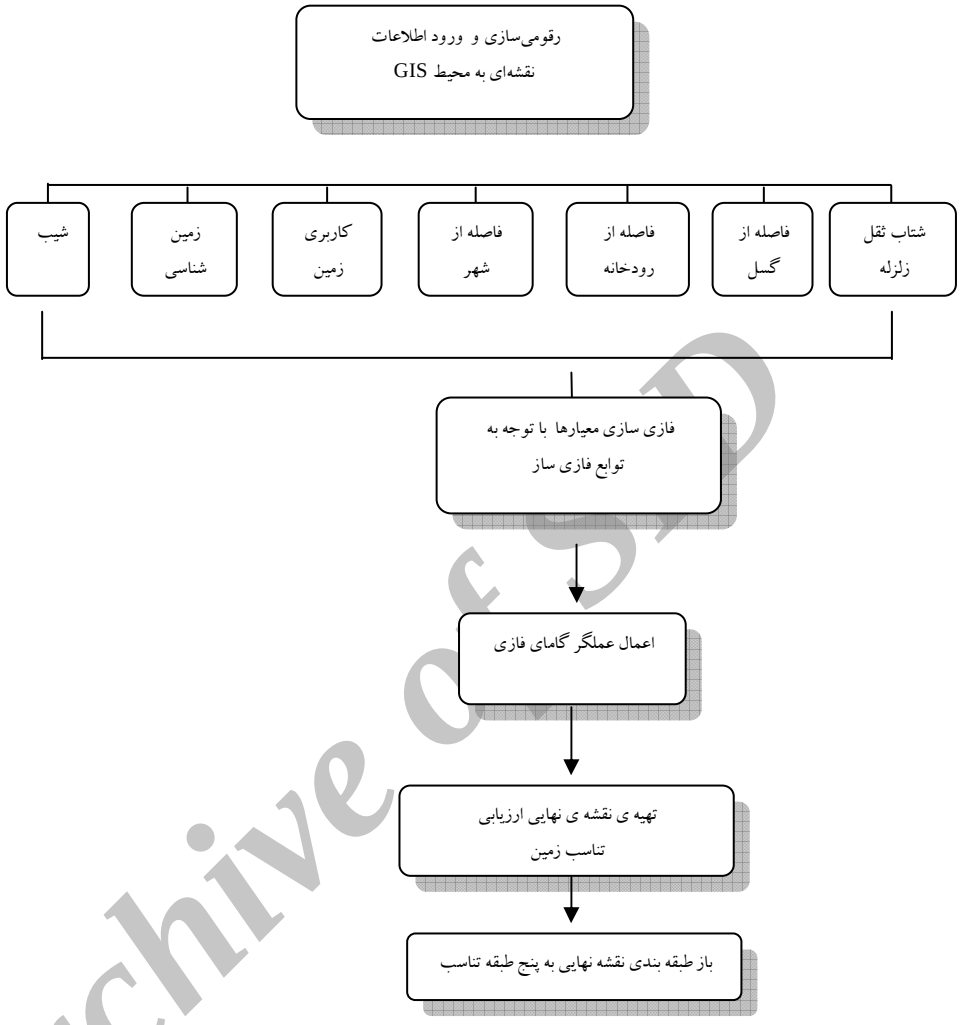
در سیستم اطلاعات جغرافیایی، مختصات UTM به عنوان سیستم مبنای نقشه‌ای قرار گرفت. اطلاعات نقشه‌های کاغذی در محیط نرم‌افزاری اتوکد رقومی و سپس با تبدیل فرمت به فایل‌های shape به محیط نرم‌افزاری ArcGis منتقل شد و سپس با تغییر به فایل‌های رستری ۷ نقشهٔ معیار شامل نقشه‌های زمین‌شناسی، شتاب ثقل زلزله، شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از شهر، فاصله از گسله‌ها و کاربری زمین تهیه شد. اندازه واحدهای نقشه‌ای پیکسل‌ها ۵۰×۵۰ متر انتخاب شد. نقشه‌های ارتفاع و شیب زمین از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) بدست آمدند. شکل(۲) مراحل کلی مدل‌سازی در این نوشتار را نشان می‌دهد. با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه‌های این معیارها زمین مرجع[1] شدند و سپس لایه‌های مورد نظر توسط توابع عضویت فازی به نقشه‌های فازی شده تبدیل شدند (شکل ۳). پس از آن که نقشه‌های معیار

1. Geo Reference

Archive of SID

www.SID.ir

فازی شدند (شکل ۳)، از عملگر گامای فازی برای تلفیق و مدل‌سازی ارزیابی تناسب زمین[1] استفاده شد و در نهایت، نقشهٔ نهایی ارزیابی تناسب زمین به پنج طبقه تناسب برای توسعهٔ فیزیکی یعنی بسیار خوب، خوب، متوسط، بد و بسیار بد باز طبقه‌بندی شد.



شکل۲: روند انجام مراحل ارزیابی تناسب زمین برای توسعهٔ کالبدی کلانشهر کرج با استفاده از منطق فازی

1. Land Suitability assessment

Archive of SID

www.SID.ir

منطق فازی[1]

در سال ۱۹۶۵، لطفی‌زاده نظریه سیستم‌های فازی را معرفی کرد. در فضایی که دانشمندان علوم مهندسی به دنبال روش‌های ریاضی برای حل مسایل دشوارتر بودند، نظریه فازی به گونه‌ای دیگر از مدل‌سازی، اقدام کرد. منطق فازی روشی است که درستی هرچیزی را با یک عدد که مقدار آن بین صفر و یک است نشان می‌دهد. مثلاً اگر رنگ سیاه را عدد صفر و رنگ سفید را عدد یک نشان دهیم، آنگاه رنگ خاکستری عددی نزدیک به صفر خواهد بود. منطق فازی با استفاده از عبارات زبانی و کیفی به ارائهٔ تابع نشانگری از درجهٔ عضویت اشیاء، پدیده‌ها و موضوعات مورد مطالعه می‌پردازد که هر عنصر **x** موجود در مجموعهٔ **A** با آن درجه به مجموعهٔ فازی **A** تعلق می‌یابد. به عبارت دیگر عنصر **x** در مجموعهٔ فازی **A** ویژگی یا ویژگی‌های مورد نظر را با درجات مختلف عضویت نشان می‌دهد.

هدف اصلی منطق فازی ارائهٔ مفاهیمی‌است که انجام استدلال‌های تقریبی را امکان‌پذیر می‌سازد. منطق فازی درجه‌ای از عضویت را بین دامنهٔ صفر تا ۱ در نظر می‌گیرد که اجازه می‌دهد عنصری از مجموعهٔ فازی به طور نسبی درست یا غلط باشد. یک زیر مجموعهٔ فازی را می‌توان این گونه تعریف کرد:

$$A=\{(X,\mu(X)) / X \in X\} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه بالا **X**: یک عنصر است و $\mu(x)$ درجه‌ای از عضویت برای هر عنصر **X** است که متعلق به مجموعهٔ فازی مزبور است. این درجهٔ عضویت در دامنهٔ صفر تا ۱ قرار دارد. توابع عضویت نیز معرف میزان درجه‌ای است که شخص به هریک از عناصر مجموعهٔ فازی نسبت می‌دهد. تابع عضویت در حقیقت نشان‌دهندهٔ توزیع و پراکندگی اعداد حول یک عدد خاص یا موردنظر است.

تاکنون در رابطه با مجموعه‌های فازی، فازی‌سازهای زیادی معرفی شده‌اند که می‌توان به فازی سازهای منفرد[2]، مثلثی[3]، ذوزنقه‌ای[4]، گوسین[5] و **S** شکل[6] و تعریف شده توسط کاربر[7] و غیره

1. Fuzzy Logic
2. Singleton
3. Triangular
4. Trapzoidal
5. Gaussian
6. Sigmonidal
7. User – defined

Archive of SID

www.SID.ir

اشاره کرد. پس از فازی‌سازی داده‌ها لازم است عملیات ریاضی برروی داده‌های فازی شده انجام پذیرد. این عملیات به وسیلهٔ عملگرهای متعددی اجرا می‌شود (جدول۲). شبکهٔ استنتاج فازی[1] با استفاده از عملگرهایی مانند AND، OR، ضرب جبری، جمع جبری و عملگر منطقی گامای فازی ایجاد می‌شود.

FUZZY OR: عملگر اجتماع مجموعه‌هاست. به این صورت که حداکثر درجهٔ عضویت اعضاء را استخراج می‌کند و از دقت بالایی در مکان‌یابی برخوردار نیست.

FAZZY AND: عملگر اشتراک مجموعه‌هاست به این صورت که حداقل درجهٔ عضویت اعضاء را استخراج می‌کند، یعنی در بین کلیهٔ لایه‌های اطلاعاتی حداقل ارزش (وزن) هر پیکسل را استخراج کرده و در نقشهٔ نهایی منظور می‌کند. به عبارت دیگر اشتراک در مجموعه‌های فازی به معنی حداقل درجهٔ عضویت در هر یک از مجموعه‌هاست. به همین دلیل این عملگر نیز حساسیت بالایی در مکان‌یابی دارد و از دقت زیادی برخوردار نیست.

FUZZY ALGEBRAIC PRODUCT (ضرب جبری فازی): در این عملگر تمامی درجات عضویت لایه‌های اطلاعاتی در هم ضرب می‌شوند و در نقشهٔ خروجی اعداد کوچکتر شده و به سمت صفر میل می‌کنند. در نتیجه تعداد پیکسل کمتری در کلاس خیلی خوب قرار می‌گیرد. به همین دلیل این اپراتور نیز حساسیت بالایی در مکان‌یابی اعمال می‌کند.

FUZZY ALGEBRAIC SUM (جمع جبری فازی): در این اپراتور متمم ضرب مجموعه‌ها محاسبه می‌شود. به همین دلیل در نقشهٔ خروجی برخلاف عملگر ضرب جبری فازی، ارزش پیکسل به سمت یک میل می‌کند. در نتیجه تعداد پیکسل بیشتری در کلاس خیلی خوب قرار می‌گیرد.

FUZZY GAMA (عملگر فازی گاما): برای تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر فازی ضرب و حساسیت خیلی کم عملگر فازی جمع، عملگر دیگری به نام گامای فازی معرفی شده که حدفاصل ضرب و جمع جبری فازی است. اگر در فرمول عملگر گاما، لاندا برابر یک باشد، خروجی، همان نقشهٔ حاصل از Fuzzy sum خواهد بود و اگر لاندا برابر صفر باشد، نقشهٔ خروجی همان نقشهٔ Fuzzy product خواهد بود.

1. Fuzzy Inference Network

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲: عملگرهای مختلف فازی

عملگر	رابطه عملگر
FUZZY AND	μcombination=MIN(μa, μB,…)
FUZZY OR	μcombination=MAX(μa, μB,…)
FUZZY PRODUCT	μcombination=Πμi
FUZZY SUM	μcombination=1-Π(1-μi)
FUZZY GAMA	μcombination=(fuzzy algebraic sum×fuzzy algebraic product)1-λ

ماخذ: احمد، پور احمد و دیگران، ۱۳۸۵.

در این تحقیق ابتدا ۷ معیار در ارتباط با موضوع و هدف مشخص شده و سپس با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی داده‌های این معیارها زمین مرجع شده‌اند پس از آن لایه‌های مورد نظر توسط توابع مختلف، فازی شده و مجموعه‌های عضویت فازی به ازای هر یک از معیارها مشخص شده‌اند. در نهایت، نقشهٔ پهنه‌بندی ارزیابی تناسب زمین با استفاده از معیارهای فازی شده و عملگر گامای فازی ۰/۹ تهیه شده است.

نتایج یافته‌ها

پس از تهیهٔ لایه‌های نقشه‌ای مختلف براساس فاکتورهای ۷ گانه، ابتدا برای فازی‌سازی معیارها، توابع این معیارها بر اساس توابع مختلف عضویت فازی تهیه شد و سپس پارامترهای فوق در محیط نرم‌افزاری **GIS** فازی شدند و در نهایت، ۷ نقشهٔ فازی شده به دست آمد (شکل ۳). پس از این مراحل، برای مدل‌سازی و ارزیابی تناسب زمین جهت توسعهٔ کالبدی از عملگر گامای فازی که پیشتر توضیح داده شد استفاده شد. در پژوهش حاضر، عملگر گامای فازی ۰/۹ به عنوان عملگر مطلوب گاما مدنظر قرار گرفت. شکل (۴) نتایج مدل‌سازی حاصل از عملگر گامای فازی ۰/۹ را نشان می‌دهد. سپس این نقشه بر مبنای شکستگی‌های طبیعی[1]، به ۵ طبقه تناسب زمین شامل: بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و بسیار کم باز طبقه‌بندی شد که پراکنش اراضی مناسب برای توسعهٔ کالبدی در محدودهٔ موردمطالعه را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل مساحت هر یک از طبقات تناسب زمین در کل محدوده مورد مطالعه در

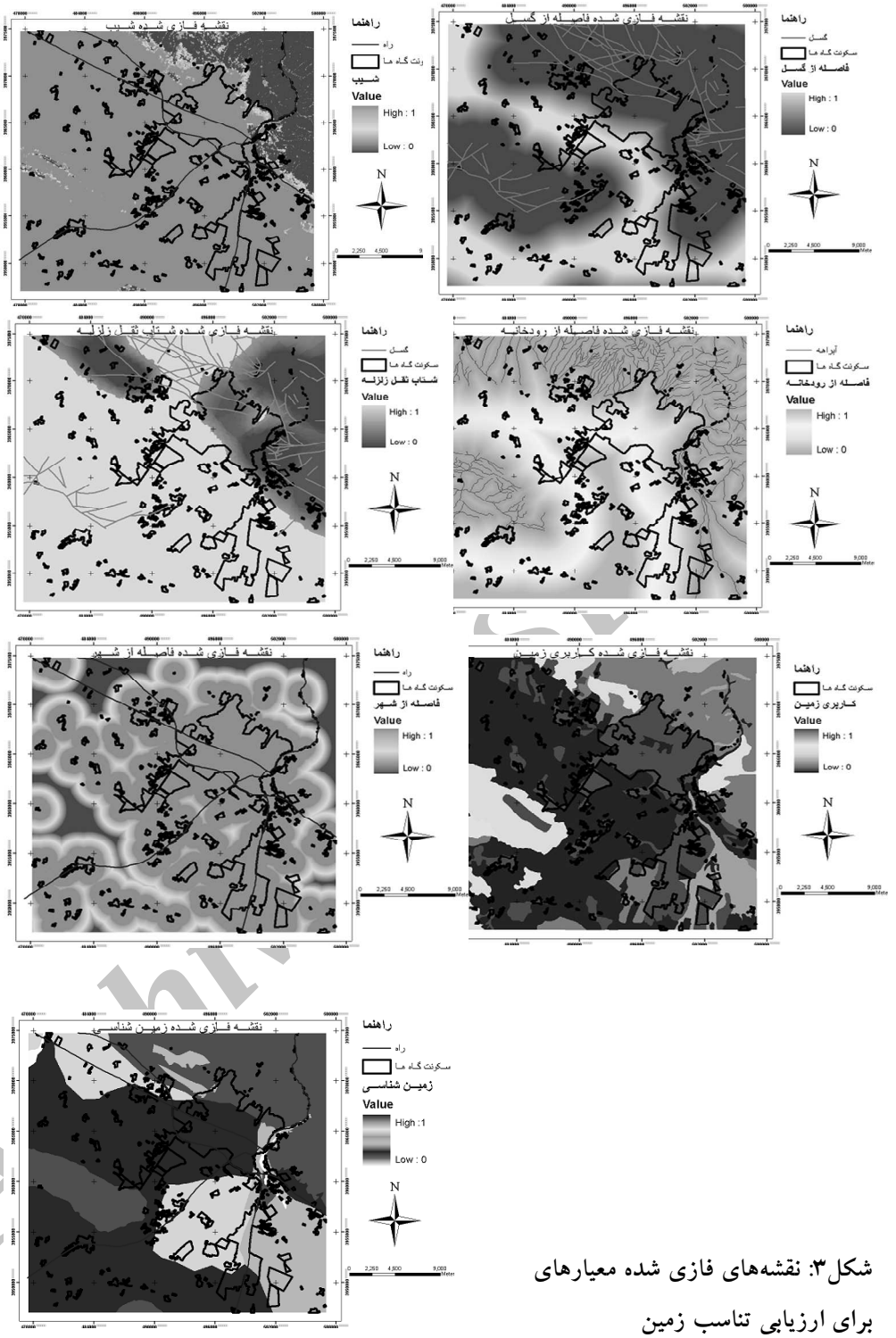
1. Natural Breaks

www.SID.ir

جدول (۳) ارائه شده است. با توجه به این جدول از کل مساحت محدودهٔ مورد مطالعه که معادل ۷۹۸۸۸ هکتار است، حدود ۱۳ درصد از مساحت منطقه (یعنی معادل با ۱۰۲۷۲ هکتار) درمحدودهٔ با تناسب بسیار زیاد قرار می‌گیرد. حدود ۳۵ درصد از مساحت منطقه (معادل ۲۷۷۸۷ هکتار) در محدودهٔ با تناسب زیاد و حدود ۱۳ درصد (معادل ۱۰۰۷۵ هکتار) در محدودهٔ با تناسب متوسط قرار گرفته است. در حدود ۳۹ درصد از مساحت محدودهٔ مورد مطالعه نیز (معادل با ۳۱۷۵۴ هکتار) در محدودهٔ با تناسب کم و بسیار کم قرار می‌گیرند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۳: نقشه‌های فازی شده معیارهای برای ارزیابی تناسب زمین

www.SID.ir

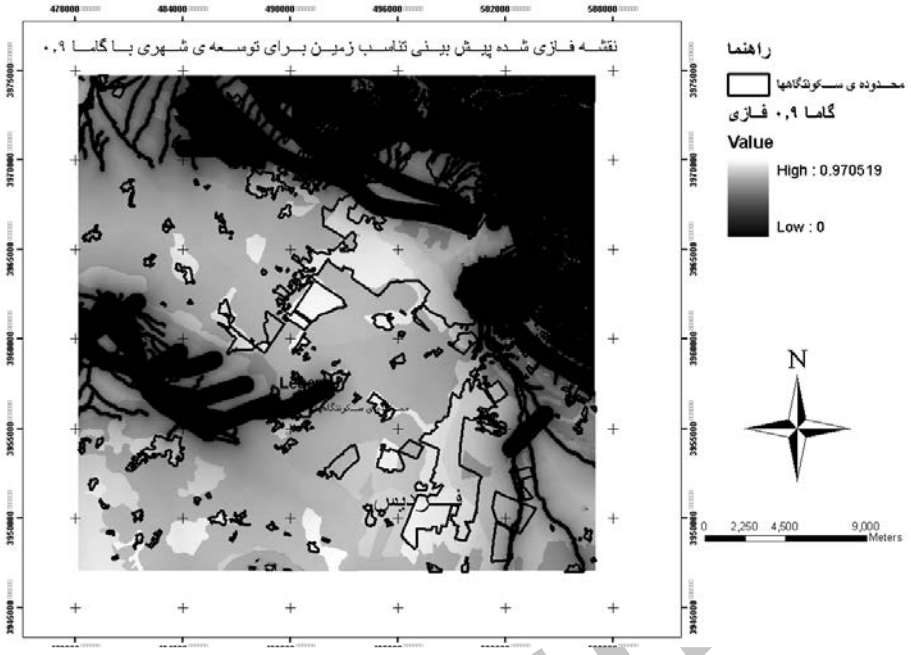
برای آنکه مشخص شود نواحی توسعه یافته شهری از نظر تناسب زمین در کدامیک از طبقات تناسب قرار گرفته‌اند، نقشهٔ توسعه کالبدی شهر کرج تا سال ۱۳۵۵ و توسعه کالبدی تا سال ۱۳۸۹ نیز تهیه شد و این دو نقشه با نقشه ارزیابی تناسب زمین همپوشانی شدند. جدول (۴) نتایج این همپوشانی را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که از کل مساحت سکونتگاههای شهری توسعه یافته تا سال ۱۳۵۵، که معادل ۳۶۰ هکتار بوده حدود ۶۰ درصد مساحت در اراضی با تناسب بسیار زیاد و زیاد گسترش یافته است. حدود ۲۸ درصد مساحت شهر نیز در نواحی نامناسب، عمدتاً در حاشیه رودخانه توسعه و گسترش است. همچنین ۱۲ درصد مساحت شهر تا آن سال در محدوده با تناسب متوسط گسترش یافته است.

در سال ۱۳۸۹ مساحت سکونتگاههای شهری از ۳۶۰ هکتار در سال ۱۳۵۵ به ۱۱۴۵۰ هکتار گسترش یافته است. با توجه به این توسعه، حدود ۶۳ درصد از مساحت توسعه یافته در دورهٔ مذکور در پهنه‌های با تناسب زیاد و بسیار زیاد گسترش یافته‌اند. حدود ۲۴ درصد توسعه کالبدی نیز در محدودهٔ با تناسب کم و بسیار کم گسترش یافته است. مابقی مساحت شهر نیز یعنی حدود ۱۲ درصد شهر در محدودهٔ با تناسب متوسط گسترش یافته است.

بخش توسعه یافته در اراضی با تناسب کم و بسیار کم عمدتاً شامل نواحی گسترش یافته در دامنه‌های پرشیب، حاشیه رودخانه کرج و در دشت کرج بر روی اراضی زراعی است. در کل از بررسی توسعهٔ کالبدی منطقه در یک دورهٔ ۳۴ ساله این نتیجه حاصل می‌شود که در طی این دوره در حدود ۶۳ درصد از مساحت سکونتگاههای محدوده مورد مطالعه در اراضی گسترش یافته‌اند که برای توسعه تناسب زیاد و بسیار زیادی داشته‌اند. همچنین، حدود ۲۴ درصد از مساحت توسعه کالبدی در نواحی نامناسب رخ داده است

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۴: نقشه طیفی ارزیابی تناسب زمین برای توسعه کالبدی بر مبنای گامای فازی ۰/۹ زمین (رنگ تیره نامناسب، روشن مناسب)

جدول۳: طبقه‌بندی تناسب زمین برای توسعه کالبدی بر مبنای روش فازی

کد	طبقه تناسب زمین	مساحت (هکتار)	درصد
۱	بسیار کم	۲۶۲۸۸	۳۲/۰۹
۲	کم	۵۴۶۶	۶/۸۴
۳	متوسط	۱۰۰۷۵	۱۲/۶۱
۴	زیاد	۲۷۷۸۷	۳۴/۷۸
۵	بسیار زیاد	۱۰۲۷۲	۱۲/۸۵
مجموع		**۷۹۸۸۸**	**۱۰۰**

ماخذ: نگارندگان.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۴: توسعه فیزیکی سکونتگاهها طی یک دوره ۳۴ ساله (۱۳۵۵-۱۳۸۹)

کد	طبقه تناسب زمین	توسعه فیزیکی سکونتگاهها تا سال ۱۳۵۵		توسعه فیزیکی سکونتگاهها طی دورهٔ ۸۹-۱۳۵۵		مجموع توسعه فیزیکی سکونتگاهها تا سال ۱۳۸۹	
		مساحت (هکتار)	درصد مساحت	مساحت (هکتار)	درصد مساحت	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
۱	بسیار کم	۷۹/۴۷	۲۲/۰۳	۲۰۲۱/۵۳	۱۸/۲۳	۲۱۰۱	۱۸/۳۴
۲	کم	۲۴/۴۸	۶/۷۸	۶۵۲/۵۲	۵/۸۸	۶۷۷	۵/۹۱
۳	متوسط	۴۴	۱۲/۲	۱۳۶۷	۱۲/۳۳	۱۴۱۱	۱۲/۳۲
۴	زیاد	۱۰۱/۴۳	۲۸/۱۲	۲۸۷۵/۵۷	۲۵/۹۳	۲۹۷۷	۲۶
۵	بسیار زیاد	۱۱۱/۳۳	۳۰/۸۶	۴۱۷۲/۶۷	۳۷/۶۳	۴۲۸۴	۳۷/۴۱
مجموع		**۳۶۰/۷۱**	**۱۰۰**	**۱۱۰۸۹/۲۹**	**۱۰۰**	**۱۱۴۵۰**	**۱۰۰**

ماخذ: نگارندگان

نتیجه‌گیری

همان طور که پیشتر گفته شد، پس از فازی‌سازی معیارها و تهیهٔ نقشهٔ نهایی فازی تناسب زمین برای توسعهٔ کالبدی به ۵ طبقهٔ تناسب، مشخص شد. از لحاظ توسعهٔ کالبدی با استفاده از مدل حاضر، از کل مساحت سکونتگاه‌های مورد مطالعه در حدود ۲۴ درصد در پهنه‌های نامناسب گسترش یافته، این نواحی عمدتاً شامل بخش‌هایی در شمال شهر در محلات باغستان، رجایی شهر، عظیمیه و همچنین، شرق شهر در حاشیهٔ رودخانه کرج هستند. شکل‌های ۶ تا ۹ نمونه‌هایی از توسعه کالبدی در نواحی نامناسب را نشان می‌دهد.

برای توسعهٔ فیزیکی آتی کلانشهر کرج با توجه به نقشهٔ نهایی طبقه‌بندی تناسب زمین برای توسعهٔ شهری، بخش‌های غربی شهر کرج و پایکوههای البرز در بخش شمالی اتوبان تهران - قزوین از جمله مناطقی هستند که تناسب خوبی برای توسعه کالبدی دارند. اگر چه به نظر می‌رسد اغلب بخش‌های مرکزی و واقع در دشت کرج نیز تناسب خوبی برای توسعه کالبدی دارند، لیکن به دلیل وجود اراضی وسیع کشاورزی و با قابلیت زراعت، برای توسعه کالبدی پیشنهاد نمی‌شوند.

مقایسه نتایج حاصل از اجرای این روش فازی با نتایج حاصل از روشAHP که به وسیله کرم

Archive of SID

www.SID.ir

و محمدی (۱۳۸۸) انجام شده، نشان می‌دهد که نتایج کلی هر دو روش با هم مطابقت دارند. کرم و محمدی در ارزیابی تناسب زمین با روش AHP به این نتیجه رسیدند که ۶۹ درصد مساحت سکونتگاهها در محدوده با تناسب زیاد و بسیار زیاد گسترش یافته‌اند (کرم و محمدی، ۱۳۸۸). نتایج این پژوهش نیز نشان می‌دهد که ۶۳ درصد از مساحت توسعه سکونتگاهها در نواحی با تناسب زیاد و بسیار زیاد رخ داده است. بدیهی است تفاوت اندک نتایج، ناشی از تفاوت تعداد معیارها و روش‌شناسی به کار رفته است.

نتایج حاصل از اجرای این روش با توجه به بررسی‌های میدانی و تطبیق با تصویر ماهواره‌ای، در این سطح از مقیاس و وسعت تا حد قابل توجهی رضایت‌بخش است. نتایج حاصل از مدل ارائه شده ابزاری خوب و مناسب برای سیاست‌گزاران و برنامه‌ریزان شهری و تصمیم‌گیرندگان در زمینه‌های توسعهٔ کالبدی به شمار می‌رود. البته واضح است در سطح برنامه‌ریزی تفصیلی لازم است تا از نقشه‌های بزرگ مقیاس‌تر و داده‌های دقیق‌تری استفاده شود. در رابطه با ارزیابی‌های چند معیاری و مکان‌یابی‌ها در عرصهٔ برنامه‌ریزی و مدیریت محیطی علاوه بر روش فازی می‌توان از روشها و مدلهای دیگری هم چون شبکه‌های عصبی مصنوعی[1]، سلولهای اتومات[2]، روش فازی- عصبی[3] و مدل توزیع دو متغیره[4] نیز در آینده بهره گرفت.

1. Artificial neural network (ANN)
2. Automatic cell
3. The fuzzy - neural
4. Bivariate

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱. ابره‌دری، سیدحسین (۱۳۸۶)، دیدگانی فازی در پردازش داده‌های مرتبط با پیش نشانگرهای زلزله، اولین همایش پیش نشانگرهای زلزله. زمستان ۱۳۸۶، صص ۲۳-۵؛

۲. پوراحمد، احمد و دیگران (۱۳۸۵)، استفاده از الگوریتم‌های فازی و GIS برای مکان‌یابی تجهیزات شهری (مطالعهٔ موردی: محل دفن زباله شهر بابلسر)، محیط‌شناسی سال سی‌وسوم، شماره۴۲، تابستان ۱۳۸۵، صص ۴۲-۳۱؛

۳. دادرسی سبزوار، ابولقاسم و خسروشاهی، محمد (۱۳۸۶)، شناخت مناطق مستعد برای گسترش سیلاب به روش کاربرد مدل‌های مفهومی (راهکاری برای مهار بیابان‌زایی)، فصلنامه علمی ـ پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۵، شماره ۲، ۱۳۸۶، صص ۲۴۱-۲۲۷؛

۴. راهبرد۲۰ ساله توسعه کرج (۱۳۸۳)، شهرداری کرج. مدیریت برنامه‌ریزی و پژوهش؛

۵. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (۱۳۷۷)، نقشه توپوگرافی، مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ کرج، قطعه۱ و ۲، شهریار و ماهدشت؛

۶. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، نقشه زمین‌شناسی مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ کرج و تهران؛

۷. سایت مرکز آمار ایران، WWW://sci.org.ir؛

۸. شرکت مهندسین مشاور زمین فیزیک (۱۳۸۵)، گزارش مطالعات لرزه زمین‌ساخت و لرزه‌خیزی و تحلیل خطر زمین‌لرزه گستره کرج و حومه؛

۹. غفاری، سیدرامین و دیگران (۱۳۸۹)، ارزیابی سازگاری کاربری اراضی شهری با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال اول، شماره۴، بهار ۱۳۸۹، صص ۷۶-۵۹؛

۱۰. کرم، عبدالامیر و محمدی، اعظم (۱۳۸۸)، ارزیابی و پهنه‌بندی تناسب زمین برای توسعه فیزیکی شهر کرج و اراضی پیرامونی بر پایه‌های فاکتورهای طبیعی و روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال اول، شماره ۴، تابستان ۱۳۸۸. صص ۷۴-۵۹؛

۱۱. گلی، علی و عسگری، علی (۱۳۸۵)، کاربرد منطق فازی در تبدیل روستا به شهر (نمونه موردی: استان تهران)، صص ۱۴-۱؛

۱۲. متکان، علی‌اکبر و دیگران (۱۳۸۸)، مدل‌های منطق فازی و سنجش از دور جهت پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز لاجیم، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، سال ۵، شماره ۴، صص ۳۲۵-۳۱۸؛

13. Al-Ahmadi, Khalid, et al, (2008), Calibration of a Fuzzy Cellular Automata Model of Urban Dynamics in Saudi Arabia. Ecological

Archive of SID

www.SID.ir

Complexity 2008. pp.1-22;

14. **Al Kheder, Sharaf, et al, (2006), Fuzzy Cellulat Automata Approach for Urban Growth Modelling. ASPRS 2006 Annual Conference Reno, Nevada, May 1-5, 2006. pp.1-11;**
15. **Badenko, Vladimir, Kurtener, Dmitry, (2004), Fuzze Modelling in GIS Environment to Support Sustainable Land Use Planning. "7th AGILE Conference on Geographic Information Science" 29 April- 1 May 2004, Heraklino, Greece Parallel Session 4.1 "Geographic Knowledge Discovery". pp. 333-342;**
16. **Ademolak, et al, (2004), Land Evaluation for Maize Based on Fuzzy Set and Interpolation. Environmental Management. 2004 Spring- Verlag New York, LLC. Vol.33. No.2, pp. 226-238;**
17. **Elaalem, Mukhtar, et al, (2010), Land Evaluation Techniques Comparing Fuzzy AHP with Topsis Method, 13 Th AGILE international Conference on Geographic Information Science, 2010. Guimaraes, Portugal. PP. 1-8;**
18. **Hinco, Daniel, (2011): Modelling the Urban Sustainable Development By using Fuzzy sets. Theoretical and Empirical Researchs in Urban Management. May 2011. vol. 6 Issues 2. pp. 88-103;**
19. **Lin, Yan, Phinn, and Stuart, (2005), Modelling the Driving Forces of Sydney's Urban Development (1971-1996) in a Cellular Environment. Applied GIS, vol.1. No.3, 2005. Monash University EPRESS. PP. 27.1-27.18;**
20. **Mackay, D Scotte, et al, (2003), Automated Parameterization of Land Surface Process Models Using Fuzzy Logic. Transactions in GIS, 2003, 7(1). pp.139-153;**
21. **Z. Sui, Daniel, (1992), a Fuzzy GIS Modelling Approach for Urban Land Evaluation. Compute, Environ. And Urban Systems. 1992. vol.16, pp. 101-115;**
22. **www.Google Earth.com.**

Archive of SID

www.SID.ir