

تلفیق ارزیابی چند معیاره فضایی فازی با تحلیل فرایند شبکه‌ای فازی برای

مکان‌یابی پارک‌های شهری (مطالعه موردی: منطقه ۸ شهرداری تهران)

یاسر معرب^{*۱}

yassermoarab@ut.ac.ir

سعید کریمی^۲

نگار فروغی^۳

وحید نیک زاد^۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۲۹

چکیده

زمینه و هدف: اهمیت فضای سبز شهری در حیات و پایداری شهرها و تاثیرات فیزیکی و طبیعی و اجتماعی آن‌ها در سیستم شهری انکارناپذیر است، به همین علت، وجود کاربری فضای سبز در شهرها و توزیع مناسب آن‌ها یکی از مباحث اساسی در برنامه ریزی و مدیریت- شهری تلقی می‌شود. هدف کلی از پژوهش حاضر، بدست آوردن و تعیین میزان اهمیت عوامل تاثیرگذار در مکان‌یابی پارک و فضای سبز شهری و نیز مکان‌یابی مناسب پارک و فضای سبز در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

روش بررسی: روش تحقیق پژوهش حاضر، توصیفی- تحلیلی است که ابتدا با استفاده از روش کتابخانه‌ای و مرور نوشته‌های تخصصی و رویکرد دلفی شاخص‌های موثر در مکان‌یابی پارک و فضای سبز استخراج شد. سپس مقایسات زوجی در FANP با کمک متخصصان مربوطه برای تعیین اهمیت و وزن شاخص‌ها صورت گرفت. در ادامه لایه‌های اطلاعاتی بدست آمده در محیط Idrisi استاندارد سازی و به صورت فازی تهیه شدند. در نهایت نقشه‌های فازی تهیه شده با در نظر گرفتن وزن آن‌ها در محیط GIS رویهم گذاری شدند تا مکان‌های بهینه جهت احداث پارک و فضای سبز شهری در منطقه ۸ شهرداری تهران مشخص شود.

۱- * (مسئول مکاتبات): کارشناس ارشد برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، ایران.

۲- استادیار گروه برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، ایران.

۳ - کارشناس ارشد مدیریت محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، ایران.

۴ - کارشناس ارشد برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، ایران.

یافته ها: در این تحقیق برای تعیین مکان‌یابی پارک و فضای سبز در منطقه ۸ شهرداری تهران از معیارهای فاصله از مراکز مطلوب، فاصله از مراکز نامطلوب، کاربری، تراکم جمعیت و دسترسی استفاده شد. نقشه‌های مربوط به هر یک از لایه‌ها در محیط Idrisi استاندارد سازی و به صورت فازی تهیه شد در ادامه برای وزن‌دهی و تلفیق لایه‌ها از فرایند تحلیل شبکه فازی (FANP) و GIS استفاده شد.

نتیجه گیری: نقشه‌های نهایی به پنج روش gumma ، And ، Or ، Sum و Product تهیه شد. در نهایت در این پژوهش عملگر جمع به عنوان عملگر مناسب برای مکان‌یابی پارک و فضای سبز منطقه ۸ شهرداری تهران شناخته شده و به پنج طبقه، زمین‌های با تناسب خیلی خوب، خوب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف طبقه‌بندی شد.

واژه‌های کلیدی: فضای سبز شهری، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، پارک‌های شهری، FANP، منطقه ۸ شهرداری تهران.

Integrating of Fuzzy Spatial Multi Criteria Evaluation and Fuzzy Analytic Network Process for Urban Parks sitting

(Case study: region 8, Tehran municipality)

Yasser Moarab ^{1*}

yassermoarab@ut.ac.ir

Saeed karimi ²

Negar Foroughi ³

Vahid Nikzad ⁴

Abstract

Background and Purpose: The Importance of urban green space is undeniable in the sustainability of cities and their physical, natural and social effects in urban systems. For this reason, existence of urban green spaces in cities and a suitable distribution of them is one of the important issues in urban planning and management. The overall goal of this research is to determine the importance of affecting factors in site selection of parks and urban green spaces and also a suitable site selection of parks and urban green spaces in the study area.

Methods: This research is an analytic descriptive research. At first by using library and literature review and Delphi approach effective parameters in site selection of parks and urban green spaces were extracted and then, in FANP method pairwise comparison performed with relevant experts to determine significance and weighted of criteria. Then, data layers standardized in IDRISI software and were prepared in the form of Fuzzy. And finally prepared Fuzzy maps overlaid in GIS software by considering their weights to identify suitable locations for the construction of parks and urban green spaces in region 8 of Tehran municipality.

Findings: In this study distance from parameters of (Land use, Accessibility, population, Favorable centers and Ufavorable centers) are used to determine a park and green space site selection of region 8 of Tehran municipality. Each layers map prepared by using GIS and layer standardization in IDRISI software. Then for weighting and combining layers fuzzy analytic network process (FANP) and GIS is used.

Conclusion: Five operators of (Gumma, And, Or, Sum, Product) are applied to obtain final maps. Finally, fuzzy sum operator identified as a proper operator in park and green space site selection of region 8 of Tehran municipality. Five classes of very good, good, average, weak and very weak were considered for the final map of this operator.

Key Words: Urban Green Space, Geographic Information systems (GIS), Urban Parks, FANP, Region 8 of Tehran Municipality.

1- MSc of Environmental planning, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.

* (*Corresponding Author*)

2- Assistant Professor of environmental planning and management, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.

3- MSc of Environmental Management, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.

4- MSc of Environmental planning, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.

مقدمه

جمعیت جهان به سرعت در حال افزایش است و بیش‌تر مردم در شهرها زندگی می‌کنند، که به دنبال آن افزایش تعداد شهروندان و اثرات محیط‌زیستی در محیط‌های شهری از جمله؛ انواع آلودگی هوا، سرو صدا، بو، خستگی ناشی از زندگی شتاب‌زده، آلودگی نوری و تنش و استرس را شاهد هستیم و انسان‌ها به تدریج از طبیعت دور شده و تراکم بیش از حد جمعیت و دخالت در محیط طبیعی و ایجاد محیط‌ها انسان ساخت، نیازهای محیط‌زیستی، جسمی و روحی انسان را بیش‌تر بروز داده است. برای رفع این نیازها، انسان شهر نشین اقدام به ایجاد باغ‌ها و فضای سبز مصنوعی در داخل شهرها کرده است، اماکن استراحت نظیر پارک‌ها و میدانی با ایجاد مکان‌هایی برای تفریح و تمدد اعصاب می‌توانند باعث کاهش اثرات مضر مذکور شوند (۱، ۲، ۳ و ۴). امروزه مفهوم شهرها بدون وجود فضای سبز موثر دیگر قابل تصور نیست. پیامدهای توسعه شهری و پیچیدگی معضلات محیط‌زیستی آن‌ها، موجودیت فضای سبز و گسترش آن را شدیداً اجتناب ناپذیر کرده است (۵ و ۶). فضای سبز شهری را می‌توان در قالب هر گونه زمین با پوشش گیاهی، در مجاورت یا درون مناطق شهری تعریف نمود. پارک‌ها، باغات، مراتع، کوریدورهای نهر آب و زمین‌های بازی جزء فضاهای سبز به شمار می‌روند (۷). فضای سبز مزایای اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، محیط‌زیستی و بهبود سلامت روحی و روانی را در جوامع شهری فراهم می‌آورد و آن‌ها را به سوی دست‌یابی به توسعه پایدار ترغیب می‌نماید (۸). در کل فضای سبز، برخی خدمات ارزشمند را به شکلی مستقیم و غیر مستقیم به محیط پیرامونی خود عرضه می‌کند. این خدمات از آرایه مکان و فرصت‌های تفریحی گرفته تا ایجاد مسیل، بهبود کیفیت هوا و همچنین مزایای مربوط به کاهش تراکم مسکن (برای مثال بهبود میزان روشنایی و کاهش سرو صدا) و حفظ تعادل محیط زیست شهری را شامل می‌شود (۹، ۱۰ و ۱۱). در واقع فضاهای سبز شهری بخشی از ساختار شهری می‌باشند که ایجاد آن می‌بایست در راستای ضروریات زندگی شهری و در پاسخ‌گویی به نیازهای شهروندان و با در نظر گرفتن امکانات و

محدودیت‌های شهری و به دست آوردن الگوهای با ارزشی که دارای معانی و مفاهیم فرهنگی منتج از درون جامعه است، باشد. متأسفانه به دلیل برخی عوامل، ایجاد و توسعه فضای سبز شهری همواره با مشکلات و کمبودهایی مواجه بوده است که برخی از عوامل به ضوابط و قوانین شهری و عدم تعیین سرانه‌های فضای سبز استاندارد مربوط می‌شود (۴). آرایه فرصت برابر در دسترسی به پارک‌ها و فضاهای سبز یکی از بخش‌های مهم در توزیع مناسب پارک‌ها و فضای سبز است. این موضوع یکی از جنبه‌های اصلی در سیستم گذران اوقات فراغت افراد شهر به منظور دسترسی هر چه بهتر و مناسب‌تر افراد شهر است. هرچه توزیع مناسب‌تر باشد نارسایی‌های فضا کم‌تر و عدالت بیش‌تر رعایت می‌شود (۱۲ و ۱۳). توجه به جانمایی و انتخاب محل مناسب احداث فضای سبز شهری و پارک‌ها و فراهم آوردن شرایط مناسب اولیه از اهمیت بسزایی برخوردار است. بر همین اساس چگونگی توزیع فضای سبز در سطح شهرها همواره به عنوان موضوعی مورد توجه محققان و سیاست‌گذاران و برنامه ریزان شهری بوده است که در این ارتباط استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتخاب مکان‌های مناسب فضای سبز در سال‌های اخیر مورد توجه جدی واقع شده است (۱۴ و ۱۵). در فرآیند مکان‌یابی، تحلیل‌گر تلاش می‌کند، معیارهای انتخابی را برای تعیین موقعیت مناسب ایجاد کند. فرآیند انتخاب به منظور بهینه‌سازی اهداف مطلوب برای تاسیسات خاص ایجاد می‌شود. این بهینه‌سازی اغلب شامل فاکتورهای متعدد تصمیم‌گیری، که معمولاً در تناقض با هم هستند و شامل تعدادی سایت که هر یک مزایا و محدودیت‌هایی دارند، می‌شود. که تصمیم‌گیری براساس اطلاعات بی‌شمار در خصوص مساله انتخاب سایت مناسب و مکان‌یابی می‌باشد. (۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹).

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به مدیریت و مکان‌یابی پروژه‌های فضای سبز شهری و کاهش هزینه‌ها کمک می‌کند. نرم افزار GIS می‌تواند داده‌های مکانی مختلف را در لایه‌های مختلف ایجاد کند. همچنین یکپارچه سازی لایه‌های نقشه‌های

بررسی توسعه کاربرد GIS برای مدیریت و برنامه‌ریزی فضای سبز شهری پرداخت. در ایران نیز می‌توان به (۲۸) به مکان‌یابی فضای سبز شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، (۴) تحت عنوان ارزیابی و مکان‌یابی کاربری فضای سبز اشاره کرد همچنین (۱۳) به بررسی توزیع فضایی و مکان‌یابی پارک‌های شهری با استفاده از منطق فازی و مدل تحلیل سلسله مراتبی، (۲۹) تحت عنوان مکان‌یابی فضای سبز شهری (پارک‌های درون شهری) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و (۱۴) به مکان‌یابی عرصه‌های مناسب فضای سبز شهری با استفاده از روش ترکیبی AHP و فازی در محیط GIS پرداختند. هدف از این مطالعه مشخص کردن مکان‌های مناسب برای احداث پارک و فضای سبز است که با مبنا قراردادن مدل FANP و منطق فازی در محیط GIS انجام می‌گردد. تا کمکی برای برنامه ریزان و تصمیم گیران در فضای منطقه ۸ شهرداری تهران باشد.

روش بررسی

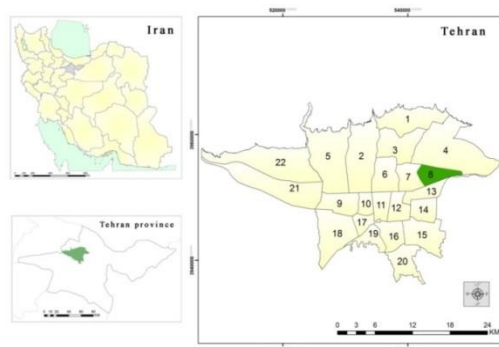
مواد

منطقه ۸ که در حوزه شرقی تهران واقع شده از سمت شمال به شهرداری منطقه ۴؛ از جنوب به شهرداری منطقه ۱۳ و از سمت غرب به شهرداری منطقه ۷ محدود است (۳۰). این منطقه براساس سرشماری نفوس و مسکن ۱۳۹۰ دارای تعداد خانوار ۱۲۵۷۵۷ و جمعیتی بالغ بر ۳۷۸۱۱۸ را دارا می‌باشد (۳۱).

مختلف مدیریت پروژه فضای سبز شهری را بهبود می‌بخشد (۲۰). سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، ابزار قدرتمندی برای تحلیل‌های فضایی هستند که قابلیت ضبط، ذخیره، پرس و جو، آنالیز، نمایش و خروجی اطلاعات جغرافیایی را دارند. به این ترتیب آنها تاثیر شگرفی در فرآیند تصمیم‌گیری فضایی دارند (۲۱ و ۲۲).

روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) نیز یک روش تصمیم‌گیری است در این روش ارتباط پیچیده بین و میان عناصر تصمیم، از طریق جایگزینی ساختار سلسله مراتبی با ساختار شبکه‌ای در نظر گرفته می‌شود (۲۳). بنابراین این روش یک روش ایده آل به منظور مدل‌سازی و ایجاد تعاملات و وابستگی‌ها میان شاخص‌ها است. با توجه به ابهام و عدم قطعیت موجود در قضاوت‌های تصمیم گیران برای مقایسه عناصر از منطق فازی استفاده می‌شود در اغلب موارد واقعی، مرز بین ارزش‌های مطلوب و نامطلوب، غیردقیق و در نتیجه فازی است. بنابراین تعیین مرز دقیق عضویت یا عدم عضویت در یک کلاس فاکتورها غیرممکن و غیر عملی است (۲۴). بنابراین منطق فازی شامل هر دو تابع عضویت فازی است که مقادیر صفتی را در لایه‌های موضوعی با توجه به اختصاص ۰ و ۱ رتبه‌بندی می‌کند (۲۵). بنابراین FANP از محدوده‌ای از ارزش‌ها برای بیان عدم قطعیت‌ها استفاده می‌کند.

در زمینه مکان‌یابی فضای سبز شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره تاکنون تحقیقات متعددی صورت گرفته که از آن میان در سطح جهان می‌توان به (۲۶) که مزایا و فواید استفاده از سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در ترکیب با سیستم اطلاعات جغرافیایی را مورد بحث قرار داد، (۲۷) با استفاده از GIS و متریک‌های سیمای سرزمین به مدل‌سازی بهره‌وری ارزش سازگار فضای سبز شهری پرداخت. همچنین (۲۰) به



شکل ۱- نمونه مورد مطالعه

Figure 1- Study area

روش ارزیابی چند معیاری

در روش ارزیابی چند معیاره جهت مواجهه شدن با یک هدف خاص، در اغلب موارد چندین معیار نیاز است که ارزیابی شوند (۱۷، ۳۲ و ۳۳). هدف از ارزیابی چند معیاری، انتخاب بهترین آلترناتیو (در این جا بهترین مکان یا پیکسل) بر مبنای رتبه بندی آن‌ها از طریق ارزیابی چند معیار اصلی است. روش‌های متعددی برای تحلیل ارزیابی چند معیاری وجود دارد که مهم‌ترین و اصلی‌ترین آن‌ها شامل روش ترکیب خطی وزنی، روش بولین، رویکردهای تابع ارزش/ مطلوبیت، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، روش نقطه ایده‌آل و روش توافق هستند (۳۴). ارزیابی چند معیاری اغلب به وسیله یکی از دو روش رویهم‌گذاری بولین و روش ترکیب خطی وزن‌دار انجام می‌شود. فرایند اول هم‌پوشانی بولین را درگیر می‌کند که به وسیله آن تمام معیارها به حالت‌های منطقی مناسب کاهش می‌یابند و سپس به وسیله یک یا تعداد بیش‌تری عملگر منطقی مانند اشتراک (AND) و اجتماع (OR) ترکیب می‌شوند. فرایند دوم ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) است که در آن معیارهای پیوسته (فاکتورها) به یک محدوده عددی معمول استاندارد می‌گردند و سپس به وسیله یک میانگین وزن‌دار ترکیب می‌شوند. نتیجه، یک نقشه رستری پیوسته است که ممکن است یک یا تعداد بیش‌تری از محدودیت‌های بولین را پوشش دهد تا با معیارهای کیفی هماهنگ باشد و در نهایت منجر به تصمیم نهایی می‌گردد (۳۳).

روش ترکیب خطی وزن دار

روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) رایج‌ترین تکنیک در تحلیل ارزیابی چند معیاری است. این تکنیک، روش امتیازدهی نیز نامیده می‌شود. این روش بر مبنای مفهوم میانگین وزنی استوار است. تحلیل‌گر یا تصمیم‌گیرنده مستقیماً بر مبنای اهمیت نسبی هر معیار مورد بررسی، وزن‌هایی به معیارها می‌دهد. سپس از طریق ضرب کردن وزن نسبی در مقدار آن خصیصه، یک مقدار نهایی برای هر گزینه به دست می‌آید. پس از آن که مقدار نهایی هر گزینه مشخص شد، گزینه‌ای که بیش‌ترین مقدار را داشته باشد مناسب‌ترین گزینه برای هدف مورد نظر خواهد بود. در این روش قاعده تصمیم‌گیری، مقدار هر آلترناتیو به وسیله فرمول زیر بدست می‌آید (۳۵).

$$v(x_i) = \sum_j w_j r_{ij}$$

روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) می‌تواند با استفاده از GIS و قابلیت‌های هم‌پوشانی این سیستم اجرا شود. فنون هم‌پوشانی در GIS اجازه می‌دهد که برای تولید یک نقشه‌ای ترکیبی (نقشه برون‌داد) لایه‌های نقشه‌ای معیار (یعنی نقشه‌های درون‌داد) با هم ترکیب و تلفیق شوند. استفاده از این روش در هر دو نوع قالب رستری و برداری GIS عملی است (۳۶).

استاندارد سازی نقشه‌ها در منطق فازی

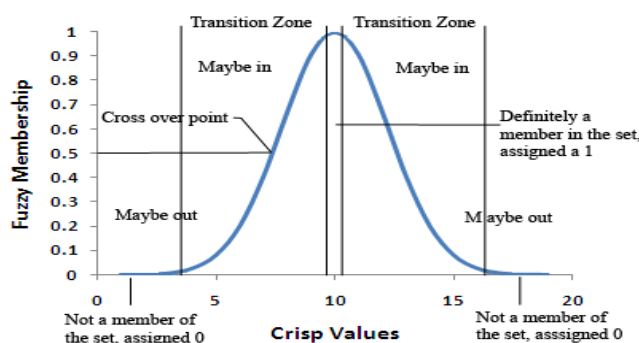
در منطق فازی، هر منطقه با توجه به مقداری که معیار مورد نظر را رعایت می‌کند، مقدار عضویتی می‌گیرد که بیان‌کننده میزان مطلوبیت آن ناحیه است. بدین معنی که هر ناحیه، با

منطق فازی، اشیاء فضایی را بر روی نقشه مانند اعضای یک مجموعه در نظر می‌گیرد. در تئوری مجموعه فازی، عضویت می‌تواند هر مقداری بین ۰ و ۱ را بگیرد که منعکس کننده درجه قطعی عضویت است و هیچ محدودیت عملی در انتخاب مقادیر عضویت فازی وجود ندارد (۳۹، ۴۰ و ۴۱). روش منطق فازی، ترکیبات انعطاف‌پذیرتر نقشه‌های وزنی را به وجود می‌آورد و می‌تواند به آسانی با زبان مدل سازی GIS اجرا شود (۴۲). مقادیر براساس قضاوت ذهنی انتخاب می‌شوند تا درجه عضویت مجموعه را نشان دهند (شکل ۲).

مقدار عضویت بالاتر از مطلوبیت بالاتری برخوردار است. در منطق فازی مساله قطعیت موجود در منطق بولین وجود ندارد و هر لایه در مقیاسی بین صفر و یک درجه بندی می‌شود (۳۷). یکی دیگر از عوامل موثر در استاندارد سازی نقشه‌های فازی تعیین حد آسانه می‌باشد که به آن‌ها نقاط کنترل نیز گفته می‌شود. اما نکته‌ای که بایستی در انتخاب تابع به آن توجه نمود، نوع کاهشی یا افزایشی بودن معیار مورد نظر می‌باشد (۳۸). جدول ۱ نقاط کنترل و نوع تابع فازی آورده شده است.

روش مدل سازی فازی

در این روش کلیه فاکتورها در یک مرحله با هم ترکیب می‌شوند و الگوی هدفمند تلفیق نقشه‌ها را می‌توان بکار برد. ایده



شکل ۲- نمودار تابع عضویت فازی (۴۳)

Figure 2- Fuzzy function membership diagram (43)

بزرگترین مقدار عضو فازی است (۴۴). ۴- عملگر اشتراک فازی (Fuzzy AND) که نیز مشابه اشتراک در مجموعه‌های کلاسیک می‌باشد. تاثیر این عملگر آن است که نقشه خروجی توسط کوچکترین مقدار عضویت فازی که در هر موقعیت روی می‌دهد کنترل می‌شود. (۲۴) ۵- و در نهایت عملگر گامای فازی (Fuzzy gumma operation) از حاصل ترکیب جمع جبری و محصول جبری است و از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$\mu_{\text{combination}} = (\text{FuzzySum})^{\gamma} \times (\text{FuzzyProduct})^{1-\gamma}$$

پارامتر γ در محدوده (۰ و ۱) انتخاب شده است. وقتی γ عدد ۱ بگیرد، ترکیب همانند جمع جبری است در حالیکه وقتی γ ، ۰ باشد ترکیب همان محصول جبری است (۴۵ و ۴۶). در جدول ۲ روابط و توابع عضویت فازی این عملگرها آورده شده است.

پنج عملگر فازی به نام‌های OR، SUM، Product، GAMMA و را که برای ترکیب مجموعه داده‌ها در GIS مورد استفاده قرار گرفتند به این شرح می‌باشند ۱- عملگر ضرب فازی (Fuzzy algebraic product) اعضای فازی را از طریق ضرب ترکیب می‌کند. این مدل به دلیل آنکه ارزش خروجی همیشه کمتر یا مساوی کوچکترین عضو فازی است، کاهنده می‌باشد (۴۴). ۲- عملگر اجتماع فازی (Fuzzy OR) نیز مشابه اجتماع در مجموعه‌های کلاسیک می‌باشد تاثیر این عملگر آن است که نقشه‌های خروجی توسط بزرگترین مقدار عضویت فازی که در هر موقعیت روی می‌دهد، کنترل می‌شود (۲۴). ۳- همچنین عملگر جمع فازی (fuzzy algebraic sum) مکمل محصول جبری فازی است. برخلاف محصول جبری حاصل جمع جبری، همیشه بزرگتر یا مساوی

جدول ۱- استاندارد سازی نقشه ها

Table 1- Maps standardization

نقاط کنترل (m)				شکل تابع فازی	فرمول تابع فازی	تابع فازی	زیر شاخص ها	شاخص ها
a	b	c	D					
		۱۰۰	۵۰۰		$\mu = \cos^2 \alpha$ $\alpha = (x - \text{point } c) / (\text{point } d - \text{point } c) * \pi / 2$ When $x < \text{point } c$, $\mu = 1$	شکل S کاهشی	راه اصلی راه فرعی مترو	دسترسی (متر)
		۰	۳۰۰					
		۱۰۰	۱۰۰۰					
۰,۰۰۲۱۵۳	۰,۰۵۴۵۱۸				$\mu = (x - \text{point } a) * (1 / (\text{point } b - \text{point } a))$ When $x < \text{point } a$, $\mu = 0$ When $x > \text{point } b$, $\mu = 1$	خطی افزایشی		تراکم (نفر در متر مربع)
		۱۰۰	۱۰۰۰		$\mu = \cos^2 \alpha$ $\alpha = (x - \text{point } c) / (\text{point } d - \text{point } c) * \pi / 2$ When $x < \text{point } c$, $\mu = 1$	شکل S کاهشی	فرهنگی آموزشی درمانی امنیتی	نزدیکی به مراکز مطلوب (متر)
۱۰۰	۱۰۰۰				$\mu = \cos^2 \alpha$ $\alpha = (1 - (x - \text{point } a) / (\text{point } b - \text{point } a)) * \pi / 2$ When $x > \text{point } b$, $\mu = 1$	شکل S افزایشی	پارک پمپ بنزین	فاصله از مراکز نامطلوب (متر)

جدول ۲- توابع و روابط عضویت فازی (۳۴)

Table 2- Fuzzy membership functions and relations (34)

تابع	رابطه
AND	$\mu_{\text{combination}} = \text{MIN}(\mu_A, \mu_B, \dots)$
OR	$\mu_{\text{combination}} = \text{MAX}(\mu_A, \mu_B, \dots)$
PRODUCT	$\mu_{\text{combination}} = \prod_{i=1}^n \mu_i$
SUM	$\mu_{\text{combination}} = 1 - (\prod_{i=1}^n (1 - \mu_i))$
GUMMA	$\mu_{\text{combination}} = (\text{FuzzySum})^\gamma \times (\text{FuzzyProduct})^{1-\gamma} \hat{I}[0,1]$

روش FANP

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، برای اولین بار توسط ساعتی در ۱۹۸۰ مطرح شد. یک روش معمول برای حل مسایل تجزیه و تحلیل چند معیاره به صورت کمی است (۴۷). در واقع یک روش انعطاف پذیر و کمی برای انتخاب معیارها براساس عملکردشان با توجه به یک یا چند معیار مورد نظر است (۴۸) و (۴۹). با توجه به این که دنیای واقعی معیارها معمولاً وابسته به یکدیگرند، رهیافت های سنتی در این زمینه به شکل مناسبی قابل اندازه گیری نیستند. به همین علت، ساعتی فرایند تحلیل شبکه ای را که توسعه یافته فرایند تحلیل سلسله مراتبی است،

برای بدست آوردن مجموعه ای از وزن های مناسب برای معیارها معرفی کرد (۵۰ و ۵۱). لازمی استفاده از این روش، شناخت کافی از هدف تصمیم گیری، محیط تصمیم و تمامی عناصر تصمیم گیری به وسیله تصمیم گیرنده است. این شناخت به این علت لازم است که تصمیم گیرنده بتواند همه ملاک های مؤثر در تصمیم را تعیین و تأثیر آنها بر یکدیگر را مشخص و بتواند واقعی ترین حالتی از شبکه را رسم کند. مقایسه های زوجی بایستی اولویت واقعی عناصر نسبت به یکدیگر را نشان دهند، اما از آن جا که این شناخت کافی از سیستم همیشه

قالب عددی قطعی قابل بیان نیست بلکه بازه‌ای از اعداد می-تواند بهتر از عدد قطعی منعکس کننده درک فرد از اهمیت یک پدیده در قیاس با پدیده‌ای دیگر باشد (۵۳). وزن شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها در تحلیل شبکه‌ای فازی به این صورت بدست می‌آید (۵۴):

مرحله اول: ابتدا مقایسات زوجی، توسط کارشناسان با استفاده از اعداد فازی مندرج در جدول ۳ صورت پذیرفت. در ادامه جهت اجماع نظر کارشناسان، از مقایسات زوجی پاسخ دهندگان میانگین هندسی گرفته شد.

موجود نیست و تصمیم گیرنده نمی‌تواند در حالت کلی با اطمینان کامل در مقایسه‌های زوجی قضاوت کند، بنابراین برای رفع این مشکل مدل تحلیل شبکه‌ای توسعه داده می‌شود. راه حل طبیعی برای انجام مقایسه‌ها در حالت‌های نبود قطعیت استفاده از مقایسه‌های فازی است که حالت‌های ابهام در مقایسه را مدل سازی می‌کند (۵۲). به عبارت دیگر، لئونگ و چاوو معتقدند که دلایل دقت پایین بودن این نوع کسب نظرات از افراد آن است که از فرد خواسته می‌شود براساس درک خود از پدیده‌ها نسبتی دقیق به مقایسه زوجی آن‌ها اختصاص دهد و این درحالی است که درک فرد از پدیده در

جدول ۳- طیف فازی و عبارت کلامی متناظر

Table 3- Fuzzy range and the corresponding verbal expression

اعداد فازی	عبارات کلامی	کد	اعداد فازی	عبارات کلامی	کد
(۳,۴/۵,۵)	زیاد خیلی تا زیاد ترجیح	۶	(۱,۱,۱)	برابر ترجیح	۱
(۵,۵/۵,۶)	زیاد خیلی ترجیح	۷	(۱,۱/۵,۱/۵)	متوسط تا کم ترجیح	۲
(۵,۶,۷)	زیاد کاملاً تا زیاد خیلی ترجیح	۸	(۱,۲,۲)	متوسط ترجیح	۳
(۵,۷,۹)	زیاد کاملاً ترجیح	۹	(۳,۳/۵,۴)	زیاد تا متوسط ترجیح	۴
			(۳,۴,۴/۵)	زیاد ترجیح	۵

مقایسات زوجی مرحله دوم به دست آمده‌اند. به علت زیاد بودن جدول‌ها نگارندگان قادر با ارایه آن‌ها در این پژوهش نبودند.

مرحله چهارم: محاسبه اوزان نهایی سطوح: برای محاسبه وزن نهایی مؤلفه‌های هر سطح (W_i^*) می‌بایست حاصل ضرب ماتریس بردار ویژه روابط درونی در بردار ویژه همان سطح را در وزن نهایی سطح بالاتر ضرب کنیم.

$$W_i^* = W_{ii} \times W_{i(i-1)} \times W_{i-1}^*$$

در صورتی که برای یک سطح ماتریس W_{ii} وجود نداشته، لازم است یک ماتریس یکه هم درجه جایگزین آن گردد. به عبارت دیگر می‌بایست از فرمول زیر استفاده نماید.

$$W_i^* = I \times W_{i(i-1)} \times W_{i-1}^*$$

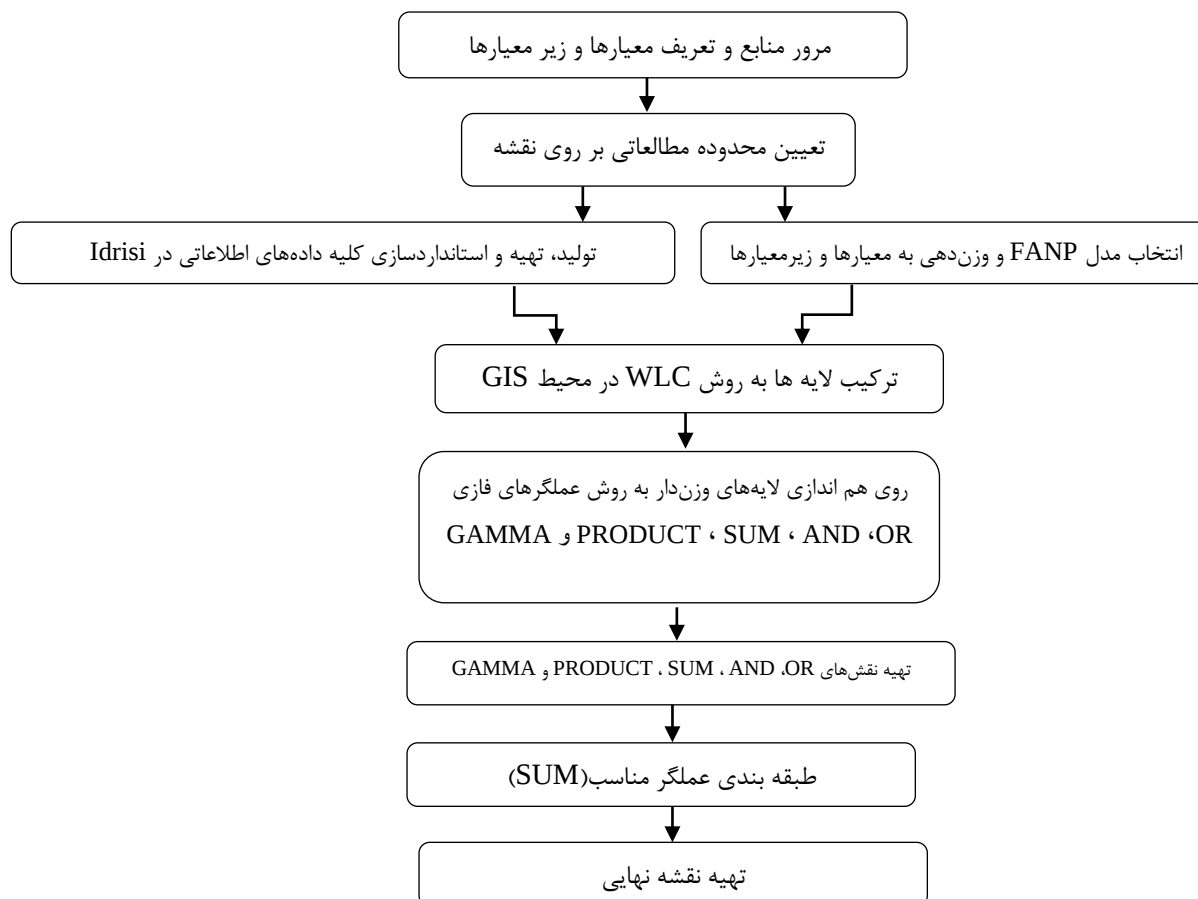
مرحله دوم: محاسبه بردار ویژه: برای محاسبه بردار ویژه هر یک از جداول مقایسات زوجی تجمیع شده، طبق فرمول زیر از روش لگاریتمی حداقل مجذورات، استفاده می‌شود.

$$w_k^s = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{kj}^s \right)^{1/n}}{\sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{ij}^m \right)^{1/n}}, \quad s \in \{l, m, u\}$$

به طوری که :

$$\tilde{w}_k = (w_k^l, w_k^m, w_k^u) \quad k = 1, 2, 3, \dots, n$$

مرحله سوم: تشکیل ماتریس‌های بردار ویژه (W_{ij}): این ماتریس‌ها شامل بردارهای ویژه‌ای هستند که از



نمودار ۱- فلوجارت روش انجام تحقیق

Chart 1- Research method

تعیین معیارهای مناسب برای مکان یابی پارک‌ها

با توجه به کمبود منابع اطلاعاتی، فقط معیارها و زیر معیارهای (جدول ۴) در مدل تصمیم گیری این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته‌اند. که لایه‌های اطلاعاتی آن‌ها قابلیت تهیه و یا در دسترس بود.

جدول ۴- عوامل موثر در مکان یابی پارک

Table 4- Effective parameters in parks site selection

معیارها	زیرمعیارها
۱- کاربری	اراضی بایر و مزروعی، نظامی، اداری، صنعتی، تجاری، خدماتی و مسکونی
۲- دسترسی	راه های اصلی و فرعی و مترو
۳- تراکم جمعیت	تراکم جمعیت به تفکیک محله (مقادیر آن بین ۰,۰۰۳۵۳۷ و ۰,۰۷۱۴۶۴۰ نفر در متر مربع بود)
۴- فاصله از مراکز مطلوب	فرهنگی؛ مساجد و اماکن ورزشی، آموزشی؛ مدارس و دانشگاهها، درمانی؛ مرکز بهداشت و بیمارستان ها و امنیتی؛ ایستگاه‌های پلیس و پلیس راهنمایی و رانندگی و آتشنشانی
۵- فاصله از مراکز نامطلوب	پارک‌ها و پمپ بنزین‌ها

سازگاری با کاربری اراضی

برای تهیه نقشه مناسب به منظور تبدیل به فضای سبز و پارک اهمیت دادن به همه کاربری‌ها لازم است، ولی در این میان بعضی از کاربری‌ها تاثیرگذارتر و از تناسب بیش‌تری برخوردارند. بنابراین لازم است که به این کاربری‌ها ارزش و بهای بیش‌تری داده شود.

دسترسی

راه‌ها عامل ارتباط دهنده تاسیسات مختلف شهری است و از این نظر اهمیت آن‌ها در سطح شهرها، قابل توجه است. همچنین پارک‌های شهری باید از چهارسو به شبکه ارتباطی دسترسی داشته باشد تا امکان جذب بیش‌تر جمعیت فراهم شود و هم امکان نظارت اجتماعی و امنیت پارک افزایش یابد. این عوامل سبب می‌شود که دسترسی به عنوان یک معیار مهم در مکان‌یابی پارک و فضای سبز شهری مطرح شود.

تراکم و سرانه جمعیت

از آن‌جا که پارک‌ها برای استفاده شهروندان و بهره‌گیری هر چه بیش‌تر شهروندان ایجاد می‌شوند، بنابراین دسترسی تعداد بیش‌تری از شهروندان به این کاربری و توجه به مکان‌های پرتراکم از لحاظ جمعیت شهری می‌تواند معیاری برای سنجش تناسب برای مکان بهینه پارک‌ها باشد.

فاصله از مراکز مطلوب

مکان‌یابی پارک و فضای سبز باید گونه‌ای باشد که این کاربری کم‌ترین فاصله را از مراکز سازگار با خود داشته باشد تا بتواند ضمن پذیرای افراد بسیار زیادی در خود، بیش‌ترین تاثیرگذاری را بر شهروندان داشته باشد.

فاصله از مراکز نامطلوب

از عواملی که در مکان‌یابی پارک‌ها و فضای سبز، در آن باید در نظر گرفته شود لزوم رعایت فاصله از پارک‌ها و فضای سبز موجود و پمپ بنزین‌ها می‌باشد، زیرا از یک سو فاصله از پارک-ها و فضای سبز موجود در شهر موجب جلوگیری از تمرکز پارک‌ها و فضای سبز در مناطق خاصی از شهر می‌شود. از سوی دیگر نیز فاصله از پمپ بنزین باعث می‌شود تا پارک‌ها در مکان‌های با آلودگی جوی و صوتی کم‌تر احداث شوند.

یافته‌ها

در این تحقیق ابتدا وابستگی متقابل شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها با نظر کارشناسان صورت پذیرفت و سپس مقایسات زوجی توسط آن‌ها انجام گرفت و در نهایت وزن شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها بدست آمد.

مقایسه های دودویی وابستگی های درونی شاخص ها و

زیرشاخص‌ها

وابستگی‌های متقابل شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها در جدول ۵ و ۶ نشان داده شده‌اند. معمولا برای رسیدن به این جدول‌ها و تعیین وابستگی های متقابل شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها از نظرات کارشناسان زیربط استفاده می‌شود.

جدول شماره ۵- وابستگی های درونی شاخص ها نسبت به یگدیگر

Table 5- Criteria internal relationships

شاخص‌ها	کاربری اراضی	دسترسی	تراکم	مراکز مطلوب	مراکز نامطلوب
کاربری اراضی	✓	✓	✓	✓	✓
دسترسی	✓	✓	✓	✓	✓
تراکم	✓	✓	✓	✓	✓
مراکز مطلوب	✓	✓	✓	✓	✓
مراکز نامطلوب	✓	✓	✓	✓	✓

جدول ۶- وابستگی های درونی زیر شاخص ها نسبت به یکدیگر

Table 6- Sub- Criteria internal relationships

زیر شاخص ها	راه اصلی	راه فرعی	مترو	پارک	پمپ بنزین	فرهنگی	آموزشی	درمانی	امنیتی
راه اصلی					✓	✓	✓	✓	✓
راه فرعی					✓	✓	✓	✓	✓
مترو				✓		✓	✓	✓	✓
پارک	✓	✓	✓						
پمپ بنزین	✓	✓							
فرهنگی	✓	✓	✓				✓		✓
آموزشی	✓	✓	✓			✓			✓
درمانی	✓	✓	✓						✓
امنیتی	✓	✓	✓			✓	✓	✓	

وزن های مدل FANP

در این پژوهش برای هر کدام از شاخص ها و زیر شاخص ها بر اساس ارزش و اهمیت آن ها در مکان یابی پارک و فضای سبز، وزن مناسبی در نظر گرفته شده است. وزن هر یک از شاخص ها و زیر شاخص ها در جدول های ۷ و ۸ آمده است.

جدول ۷- ماتریس اوزان نهایی شاخص ها

Table 7- final criteria weights matrix

ردیف	شاخص ها	وزن فازی نهایی	وزن قطعی نهایی مولفه ها
۱	کاربری	(۰/۱۹۵، ۰/۲۸۴، ۰/۳۳۹)	۰/۲۷۸
۲	دسترسی	(۰/۱۴۱، ۰/۲۰۴، ۰/۲۵۲)	۰/۲۰۲
۳	جمعیت	(۰/۱۲، ۰/۱۶۸، ۰/۲۴۹)	۰/۱۷۳
۴	مراکز مطلوب	(۰/۰۴۳، ۰/۰۵۴، ۰/۰۷۶)	۰/۰۵۵
۵	مراکز نامطلوب	(۰/۲۱، ۰/۲۹۱، ۰/۳۴۶)	۰/۲۸۶

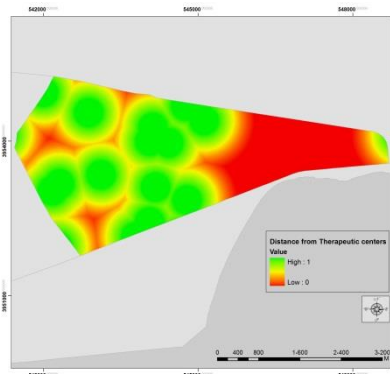
جدول ۸- ماتریس اوزان نهایی زیر شاخص ها

Table 8- Final sub criteria weights matrix

مولفه ها	وزن فازی نهایی	وزن قطعی نهایی مولفه ها	مولفه ها	وزن فازی نهایی	وزن قطعی نهایی مولفه ها
بایر و مزروعی	(۰/۰۸۳، ۰/۱۵، ۰/۲۰۴)	۰/۱۴۸	مترو	(۰/۰۴۶، ۰/۱، ۰/۱۲۹)	۰/۰۹۶
نظامی	(۰/۰۱، ۰/۰۱۶، ۰/۰۲۸)	۰/۰۱۷	فرهنگی	(۰/۰۱۳، ۰/۰۲۲، ۰/۰۳۸)	۰/۰۲۳
اداری، صنعتی، تجاری	(۰/۰۱۸، ۰/۰۳۵، ۰/۰۵۲)	۰/۰۳۵	آموزشی	(۰/۰۱۶، ۰/۰۲۹، ۰/۰۴۶)	۰/۰۳
خدماتی	(۰/۰۳۳، ۰/۰۶، ۰/۰۷۸)	۰/۰۵۹	درمانی	(۰/۰۱۳، ۰/۰۲۸، ۰/۰۴)	۰/۰۲۷
مسکونی	(۰/۰۱۳، ۰/۰۲۲، ۰/۰۳۳)	۰/۰۲۲	امنیتی	(۰/۰۰۳، ۰/۰۵۴، ۰/۰۸۸)	۰/۰۵۶
راه اصلی	(۰/۰۴۶، ۰/۰۸۸، ۰/۱۲۶)	۰/۰۸۷	پارک	(۰/۰۸۱، ۰/۱۴، ۰/۱۸۲)	۰/۱۳۷
راه فرعی	(۰/۰۳۳، ۰/۰۵۱، ۰/۰۹۲)	۰/۰۵۵	پمپ بنزین	(۰/۰۲۳، ۰/۰۳۴، ۰/۰۵۳)	۰/۰۳۵

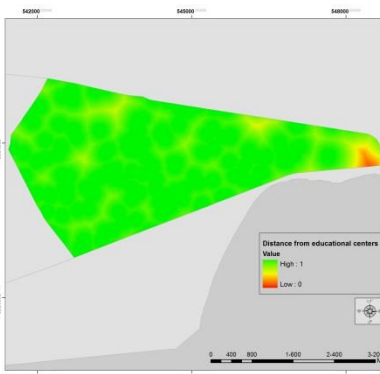
آنالیز عوامل تاثیر گذار در مکان یابی منطقه مورد مطالعه برای بالارفتن دقت و صحت مکان یابی منطقه ۸ را به صورت بسته در نظر گرفته نشده است به همین دلیل بافری ۱۰۰۰ در اطراف منطقه زده شده است. سپس نقشه‌های فازی عوامل

تاثیرگذار در مکان یابی پارک و فضای سبز شهری در منطقه ۸ شهرداری تهران پس از استاندارد سازی لایه‌ها در محیط Idrisi، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه گردید. نقشه هر یک از این عوامل در ادامه پژوهش آورده شده است.



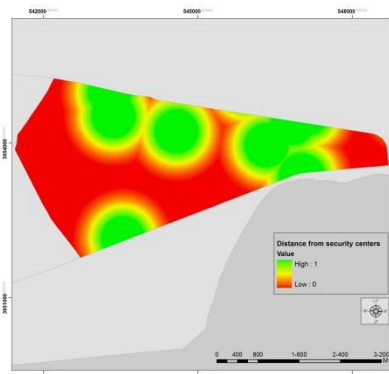
شکل ۴- نقشه فاصله از مراکز درمانی

Figure 4- Distance from Therapeutic centers



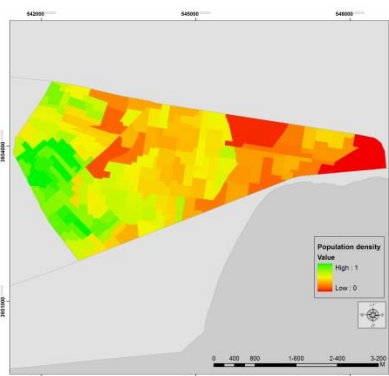
شکل ۳- نقشه فاصله از مراکز آموزشی

Figure 3- distance from educational centers



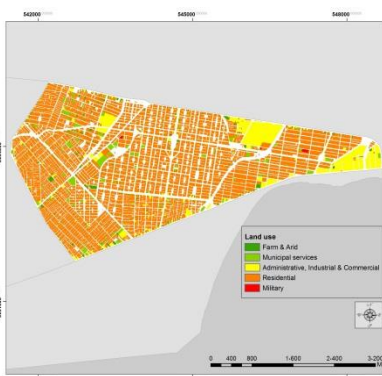
شکل ۲- نقشه فاصله از مراکز امنیتی

Figure 2- Distance from security centers



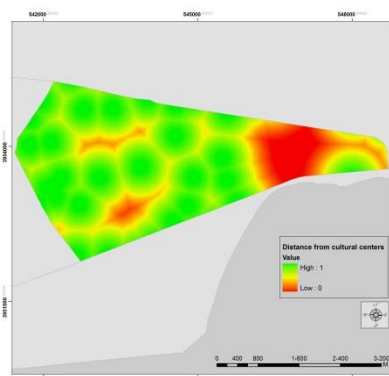
شکل ۷- نقشه میزان تراکم جمعیت

Figure 7- population density



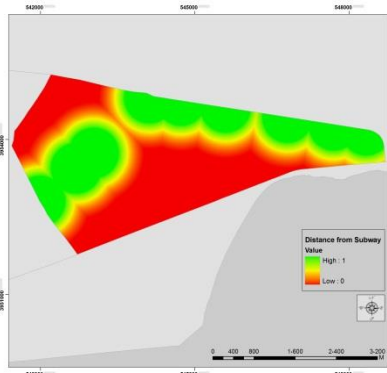
شکل ۶- نقشه کاربری

Figure 6- land use



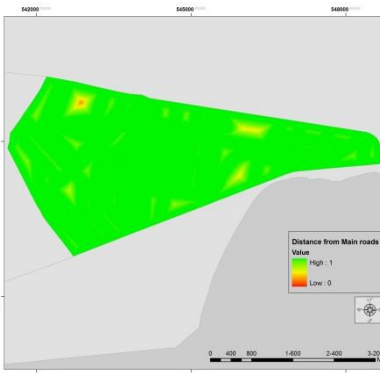
شکل ۵- نقشه فاصله از مراکز فرهنگی

Figure 5- distance from cultural centers



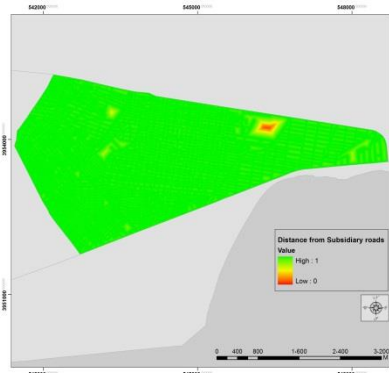
شکل ۱۰- نقشه شبکه مترو

Figure 10- subway network



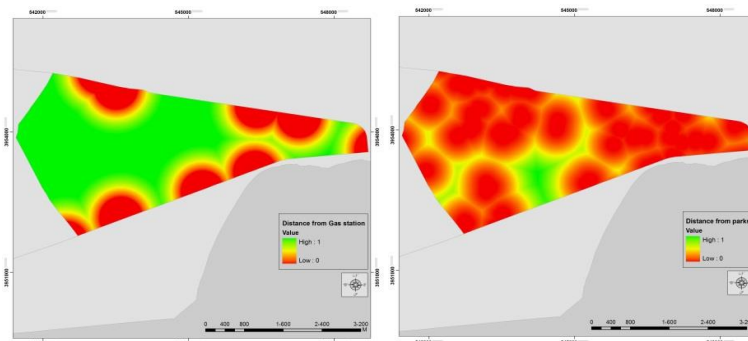
شکل ۹- نقشه شبکه راه های اصلی

Figure 9- main roads



شکل ۸- نقشه شبکه راه‌های فرعی

Figure 8- subsidiary roads



شکل ۱۲- نقشه فاصله از پمپ بنزین

شکل ۱۱- نقشه فاصله از پارک

Figure 12- distance from petrol station Figure 11- distance from park

تهیه نقشه‌های نهایی

وزن آن‌ها با یکدیگر تلفیق شدند. نتیجه حاصله از این تلفیق، خروجی نهایی مدل به صورت نقشه نهایی مکان بهینه پارک و فضای سبز شهری مشاهده خواهد شد. که در این پژوهش عملگرهای مختلف باهم مقایسه شده‌اند و نقشه نهایی هر یک از آن‌ها آورده شده است.

وزن‌های که در جدول ۶ آمده در واقع خروجی‌های مدل FANP می‌باشند که به عنوان وزن‌های لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده قرار گرفتند. در ادامه نقشه هر یک از لایه‌های اطلاعاتی از شاخص‌های تاثیرگذار در مکان یابی فضای سبز شهری منطقه ۸ شهرداری تهران در محیط GIS با اعمال



شکل ۱۳- لایه روی هم گذاری شده با روش gamma 0.9, 0.5, 0.3

Figure 13- Layer combination by using; gamma 0.3, gamma 0.5, gamma 0.9



شکل ۱۶- لایه روی هم گذاری شده با روش Or

شکل ۱۵- لایه روی هم گذاری شده با روش And

شکل ۱۴- لایه روی هم گذاری شده با روش Product

روش Or

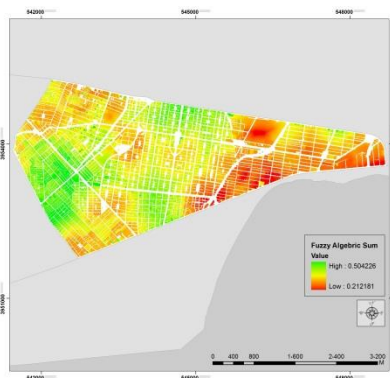
Figure 16- Layer combination by using Or

روش And

Figure 15- Layer combination by using And

روش Product

Figure 14- Layer combination by using Product

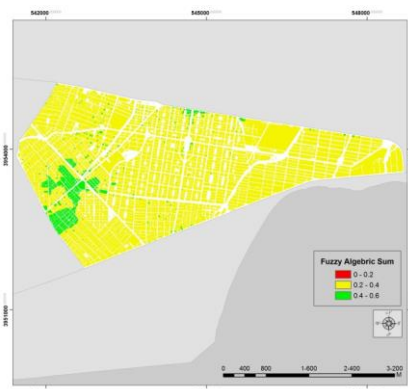


شکل ۱۷- لایه رویهم گذاری شده با روش Sum

Figure 17- Layer combination by using Sum

در نظر گرفته شد. در شکل ۱۸ طبقه بندی این نقشه آورده شده است. باید گفت که نقشه فاقد طبقه های ۱،۴،۵ بوده است در جدول ۹ خلاصه اطلاعات نقشه داده شده است.

در نهایت در این پژوهش عملگر جمع به عنوان عملگر مناسب برای مکان یابی پارک و فضای سبز منطقه ۸ شهرداری تهران شناخته شد. پنج طبقه زمین های با تناسب خیلی خوب، خوب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف برای نقشه نهایی این عملگر



شکل ۱۸- طبقه بندی عملگر Sum

Figure 18- Classification of sum operator.

جدول ۹- اطلاعات نقشه طبقه بندی شده

Table 9- Data Classification of maps

Fuzzy Sum		
درصد	مساحت (متر مربع)	طبقه بندی ارزش ها
-----	-----	۰/۲-۰
۹۴/۲۳۰۴۵۷	۸۲۳۹۸۶۶ / ۹۶۱۹۲۴	۰/۴-۰/۲
۵/۷۶۹۵۴۳	۸۰۴۵۱۰ / ۶۵۷۰۸۶	۰/۶-۰/۴
-----	-----	۰/۸-۰/۶
-----	-----	۱-۰/۸

بحث و نتیجه گیری

با وجود معضلات محیط‌زیستی در فضاهای شهری و نیازهای جسمی و روحی انسان‌ها به داشتن محیط زیست سالم، توجه به فضای سبز جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است و لزوم توجه به آن روز به روز افزایش یافته است. نگارندگان در این پژوهش از منطق فازی، برای تهیه نقشه‌های فازی و از روش FANP برای داشتن وزن‌های فازی استفاده کرده اند. به این دلیل منطق فازی و FANP در این پژوهش مد نظر قرار گرفت که نمی‌توان برای محیط‌های شهری به صورت مطمئن و قطعی تصمیم‌گیری کرد. برای همین سعی شد نقشه‌ها و همچنین وزن‌ها به صورت فازی تهیه شود تا بهترین تصمیم‌گیری در مکان‌یابی پارک و فضای سبز منطقه ۸ شهرداری تهران صورت گیرد. در این پژوهش نیز، از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و Idrisi برای تهیه نقشه‌ها کمک گرفته شد. در این ارتباط برای مکان‌یابی منطقه ۸ از ۵ عملگر در رویهم گذاری لایه‌ها استفاده شد و باید گفت در عملگر ضرب فازی (Fuzzy product) همه معیارها به طور هم‌زمان در تهیه نقشه نهایی دخالت دارد بنابراین همیشه ارزش خروجی کم‌تر یا مساوی کوچک‌ترین عضو فازی است بنابراین نقشه نهایی فقط ایده آل‌ترین مناطق را مشخص می‌کند و بیش‌ترین احتیاط را برای مکان‌یابی در نظر می‌گیرد به همین علت این عملگر مناسب این نوع مکان‌یابی نمی‌باشد. عملگر بعدی گامای فازی (Fuzzy gamma) می‌باشد این عملگر که ترکیبی از عملگر جمع و ضرب می‌باشد. وقتی مقدار γ به سمت صفر انتخاب می‌گردد فازی ضرب تاثیر بیش‌تری در تهیه نقشه‌های خروجی دارد و احتیاط بیش‌تری را مد نظر داد مانند گامای $0/3$ و وقتی مقدار γ به سمت یک انتخاب می‌گردد فازی جمع تاثیر بیش‌تری بر نقشه‌های خروجی دارد مانند گامای $0/9$ و گامای با عدد $0/5$ بین عملگر جمع و ضرب قرار می‌گیرد به همین خاطر احتیاط کم‌تر نسبت به عملگر ضرب و احتیاط بیش‌تری نسبت به عملگر جمع در مکان‌یابی، انجام می‌دهد این نوع عملگر نیز مناسب این نوع مکان‌یابی نمی‌باشد. عملگر اشتراک فازی (Fuzzy AND) نیز ، که بیش‌تر عوامل نامطلوب تاثیرگذار

در مکان‌یابی پارک و فضای سبز در نظر دارد در مقابل عملگر اجتماع فازی (Fuzzy OR) که بیش‌تر عوامل مطلوب را مد نظر قرار می‌دهد، قرار می‌گیرد. به همین خاطر عملگر اجتماع فازی نسبت به عملگر اشتراک فازی مساحت بیش‌تری را برای مکان‌یابی در نظر می‌گیرد ولی در مجموع این دو عملگر مثل عملگرهای قبلی مناسب مکان‌یابی پارک و فضای سبز نمی‌باشد. در نهایت عملگر جمع فازی (Fuzzy Sum) می‌باشد در این عملگر معیارها اثر افزایشی بر روی هم دارند به همین دلیل بیش‌ترین محدوده را مناسب احداث پارک و فضای سبز می‌داند و در طرف مقابل عملگر ضرب قرار دارد و کم‌ترین احتیاط را برای مکان‌یابی در نظر می‌گیرد. در این ارتباط باید گفت عملگر جمع فازی در منطقه ۸ شهرداری تهران منطقی‌ترین حالت را برای مکان‌یابی پارک و فضای سبز در اختیار تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان قرار می‌دهد.

منابع

- 1- Unger, J., 1999. Comparisons of urban and rural bioclimatological conditions in the case of a Central-European city. Int. J. Biometeorology, Vol. 43, pp. 139-144.
- 2- Kantor, N. and Unger, J. (2010). Benefits and opportunities of adopting GIS in thermal comfort studies in resting places: An urban park as an example. Landscape and Urban Planning, 98, 36-46.
- ۳- سعید نیا، احمد، «کتاب سبز شهرداریها»، جلد ۹، فضای سبز شهری، انتشارات سازمان شهرداریها و دهیاری‌های کشور، ص ۱۰، ۱۳۸۳.
- ۴- پورسراسکانرود، محمد اکبر، مهدی قرخلو و محبوبه نوروزی، «ارزیابی و مکان‌یابی کاربری فضای سبز منطقه ۹ شهرداری تهران» ، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۳۸۸، ج ۱۱، شماره ۱۴.

- ۱۲- سعیدنیا، احمد، «کاربری زمین شهری»، جلد دوم، مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهری تهران، ص ۸۹، ۱۳۸۷.
- ۱۳- لطفی، صدیقه، احمد حسین زاده، امین فرجی ملائی و میثم احمدی فیروزجایی، «بررسی توزیع فضایی و مکان یابی پارک های شهری بابلسر با استفاده از منطق فازی و مدل تحلیل سلسله مراتبی (FAHP)»، محیط شناسی، ۱۳۹۱، سال سی و هشتم، شماره ۳، پاییز ۹۱، صص ۱۴۷-۱۵۴.
- ۱۴- زیاری، کرامت اله، مجید شادمان رود پستی، سیروس حسن پور، ابوالفضل مصطفایی، «مکانیابی عرصه های مناسب فضای سبز شهری با استفاده از روش ترکیبی AHP و فازی در محیط GIS (مطالعه موردی: منطقه ۱۴ شهرداری تهران)»، فصلنامه علمی پژوهشی فضای جغرافیایی، ۱۳۹۲، سال سیزدهم، شماره ۴۳، صص ۱۹-۳۸.
- ۱۵- آرانف، ا، «سیستم های اطلاعات جغرافیایی»، ترجمه توسط سازمان زمین شناسی کشور، مدیریت سیستم های اطلاعات جغرافیایی سازمان نقشه برداری کشور، تهران، انتشارات سازمان نقشه برداری کشور، ۱۳۷۵.
- 16- Eldin, N., Sui, D., 2003. A COM-based Spatial Decision Support System for Industrial Site Selection. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, Vol. 7(2), pp. 72-92.
- 17- Carver, S.J., 1991. Integrating Multi-Criteria Evaluation with Geographical Information Systems. *International Journal of Geographical Information Systems*, Vol. 5(3), pp. 321-339.
- 18- Ronald Eastman, J., Jiang, H., Toledano, J., 1995. Multi-criteria and multi-objective decision making for land allocation using GIS, *Multicriteria Analysis for Land-Use*
- ۵- صندوق حمایت از کودکان ملل متحد، بررسی وضعیت توسعه هرم جمعیتی در ایران و مقایسه آن با شاخص های ملل متحد، ۲۰۱۱، فصلنامه ملل متحد، شماره ۱۱، صفحه ۳۶.
- ۶- مجنونیان، هنریک، «مباحثی پیرامون پارک ها، فضای سبز و تفرج گاه ها»، ف ۱، سازمان پارک ها و فضای سبز شهر تهران، ۱۳۷۴.
- 7- Luria, P., Lyons, M., 2010. Urban green space and public health. Liverpool: Liverpool John Moores University.
- 8- Wheater, C.P., Potts, E., Shaw, E.M., Perkins, C., Smith, H., Casstles, H. and et al. 2007. Urban parks and public health: exploiting a resource for healthy minds and bodies. Liverpool: Centre for Public Health, Liverpool John Moores University. <http://www.cph.org.uk/publications.aspx>.
- 9- Bunnes, M., Carrus, G., Fornara, F., Aiello, A. Bonaiuto, M., 2001. Inhabitants Perception of Urban Green areas in the city of Rome. Poster presented at the annual meeting for the Society of the International Conference on Biodiversity and Society. New York: Columbia University –UNESCO.
- 10- Panduro, T.E., Veie, K.L., 2013. Classification and valuation of urban green spaces – A hedonic house price valuation. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 120, pp. 119-128.
- 11- Dunnett, N., Swanwick, C., Woolley, H., 2002. Improving Urban Parks, Play areas and Green spaces. London: Department of Landscape, University of Sheffield.

- 26- Higgs, G., 2006. Integrating multi-criteria techniques with geographical information systems in waste facility location to enhance public participation. *Journal of Waste Management & Research*, Vol. 24, pp. 105-117.
- 27- Kong, F., Yin, H., Nakagoshi, N., 2007. Using GIS and landscape metrics in the hedonic price modeling of the amenity value of urban green space: A case study in Jinan City. China, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 79, pp. 240-252.
- ۲۸- وارثی، حمیدرضا، جمال محمدی و احمد شاهپوندی، «مکانیابی فضای سبز شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (نمونه موردی شهر خرم آباد)»، *مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای*، ۱۳۸۷، شماره دهم، صص ۸۳-۱۰۳.
- ۲۹- پریزادی، طاهر، حجت شیخی و مریم ابراهیم پور، «مکانیابی فضای سبز شهری (پارک های درون شهری) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی منطقه ۹ کلانشهر مشهد)»، *مجله علمی-پژوهشی برنامه ریزی فضایی*، ۱۳۹۱، سال دوم، شماره سوم، (پیاپی ۷)، صص ۱۱۱-۱۳۴.
- ۳۰- پایگاه اینترنتی منطقه ۸ شهرداری تهران، ۱۳۹۳. (<http://region8.tehran.ir>)
- ۳۱- مرکز ملی آمار ایران، ۱۳۹۰. ([www](http://www.amar.org.ir))
- 32- Voogd, H., 1983. *Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning*. London: Pion.
- 33- Ronald Eastman, J., 2012. *IDRISI Selva manual*. Clark University. Sitio web: [www. Clarklabs. org](http://www.Clarklabs.org).
- Management. *Environment & Management*, Vol. 9, pp. 227-251.
- 19- Rikalovic, A., Cosic, I., Lazarevic, D., 2014. GIS Based Multi-Criteria Analysis for Industrial Site Selection. *Procedia Engineering*, Vol. 69, pp. 1054-1063.
- 20- Tasoulasa, E., Varrasa, G., Tsirogiannisa, I., Myriounisa, C., 2013. Development of a GIS Application for Urban Forestry Management Planning. *Procedia Technology*, Vol. 8, pp. 70-80.
- 21- Eldrandaly, K., 2013. Developing a GIS-Based MCE Site Selection Tool in ArcGIS Using COM Technology. *The International Arab Journal of Information Technology*, Vol. 10(3).
- 22- Malczewski, J., 2006. Integrating multicriteria analysis and geographic information systems: the ordered weighted averaging (OWA) approach. *Int.J. Environmental Technology and Management*, Vol. 6(1/2).
- ۲۳- زبردست، اسفندیار، «کاربرد فرایند تحلیل شبکه ای در برنامه ریزی شهری و منطقه ای»، *نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی*، ۱۳۸۹، شماره ۴۱، صص ۷۹-۸۰.
- ۲۴- کریمی، سعید، «جزوه درس کاربرد GIS در برنامه ریزی محیط زیست»، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست، ۱۳۹۳.
- 25- Raines, G.L., Sawatzky, D.L., Bonham-Carter, G.F., 2010. Incorporating expert knowledge: new fuzzylogic tools in ArcGIS 10. *ArcUser Spring 2010*. Redlands, CA, USA: ESRI. <http://www.esri.com/news/arcuser/0410/files/fuzzylogic.pdf>.

- and Nonlinear Dynamics in Science and Engineering, Vol. 2, pp. 21-37.
- 42- Lee, S., 2007. Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. *Environmental Geology*, Vol. 52(4), pp. 615-623.
- 43- Dombi, J., 1990. Membership function as an evaluation. *Fuzzy sets and systems*, Vol. 35(1), pp. 1-21.
- 44- Atkinsona, D.M., Deadmanb, P., Dudychab, D., Traynorc, S., 2005. Multi-criteria evaluation and least cost path analysis for an arctic all-weather road. *Geography*, Vol. 25, pp. 287-307.
- 45- Bonham-Carter, G.F., 1994. *Geographic information systems for geoscientists: Modelling with GIS*. Ottawa: Pergamon.
- 46- Zimmermann, H.J., Zysno, P., 1980. Latent connectives in human decision making. *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 4, pp. 37-51.
- 47- Deng, H., 1999. Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparisons. *International Journal of Approximate Reasoning*, Vol. 21, pp. 215-231.
- 48- Boroushaki, S., Malczewski, J., 2008. Implementing an extension of the analytical ierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in ArcGIS. *Computers & Geosciences*, Vol. 34 (4), pp. 399-410.
- 49- Linkov, I., Satterstrom, F.K., Steevens, J., Ferguson, E., Pleus, R.C., 2007. Multi-criteria decision analysis and environmental risk assessment for nanomaterials. *Journal of Nanoparticle Research*, Vol. 9, pp. 543-554.
- 34- Malczewski, j., 1999. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. Newyork: John Wiely and Sons.
- ۳۵- شهابی، همین و چیا نیازی، «بررسی فاکتورهای موثر در مکانیابی ایستگاههای امداد و نجات جاده سقز- سنندج با استفاده از مدل ترکیب خطی وزنی»، همایش ژئوماتیک ۱۳۸۸، تهران.
- 36- Burrough, P.A., 1990. *Methods of Spatial Analysis in GIS*. *International Journal of Geographic Information Systems*, Vol. 4, pp. 221-223.
- 37- Lin, H., Kao, j., Li, k. and et al. 1996. Fuzzy GIS assisted landfill siting analysis. *Proceeding of international conference on Solid Waste Technology and Management*, pp. 322-324.
- 38- Valizadeh, k., shababi, H., 2009. Neces sities of GIS usage in urban water management at the time of Natural accidents, case study: saqqez city. *4th International Conference on Geographic*, Paris, France, pp. 10-19.
- 39- Hansen, H.S., 2005, January. GIS-based multi-criteria analysis of wind farm development. In *ScanGIS 2005: Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science*. Stockholm, Sweden, pp. 75-87.
- 40- Kabir, S., Edifor, E., Walker, M., Gordon, N., 2014, January. Quantification of Temporal Fault Trees Based on Fuzzy Set Theory. In *Proceedings of the Ninth International Conference on Dependability and Complex Systems DepCoS-RELCOMEX*. Brunów, Poland, pp. 255-264.
- 41- Ghosh, J.K., Bhattacharya, D., Sharma, S.K., 2012. Fuzzy Knowledge Based GIS for Zonation of Landslide Susceptibility. *Applications of Chaos*

- ۵۰- عالم تبریز، آ، باقرزاده آذر، م، «تلفیق ANP و TOPSIS تعدیل شده برای گزینش تامین کننده راهبردی»، پژوهش‌های مدیریت، ۱۳۸۸، دوره ۲، شماره ۲، صص ۱۴۹-۱۸۱.
- ۵۱- قدسی پور، سید ح، «فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)»، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، چاپ هشتم، تهران.
- ۵۲- رزمی، ج، صادق عمل نیک، م، هاشمی، م، «انتخاب تامین کننده با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی»، نشریه دانشکده فنی (دانشگاه تهران)، ۱۳۸۷، دوره ۴۲، شماره ۷، صص ۹۳۵-۹۴۶.
- 53- Leung, L. C., Cao, D., 2000. On consistency and ranking of alternatives in fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, Vol. 124(1).
- 54- Lin, L.Zh., Hsu, T.Ho., 2011. Designing a model of FANP in brand image decision-making. *Applied Soft Computing*, Vol. 11, pp. 561-573.