علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره هجدهم، ویژه نامه شماره۳، زمستان ۱۳۹۵

تلفیق ارزیابی چند معیاره فضایی فازی با تحلیل فرایند شبکه‌ای فازی برای مکان‌یابی پارک‌های شهری(مطالعه موردی: منطقه ۸ شهرداری تهران)

یاسرمعرب [۱*]

yassermoarab@ut.ac.ir

سعید کریمی [۲]

نگارفروغی [۳]

وحید نیک زاد [۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۲۹ تاریخ پذیرش:۱۳۹۴/۰۹/۱۰

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 صورت‌گرفت. در ادامه لایه‌های اطلاعاتی بدست آمده در محیط Idrisi استانداری 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*- (مسوول مکاتبات): کارشناس ارشد برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، ایران.

۲- استادیارگروه 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 استانداری 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 وفضای 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.

J.Env. Sci. Tech., Vol 18, Special No.2, Winter 2016

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 محیط های شهری از جمله؛ انواع آلودگی هوا، سرو صدا، بو، خستگی ناشی از زندگی شتاب-زده، آلودگی نوری و تنش و استرس را شاهد هستیم و انسان‌ها به تدریج از طبیعت دور شده و تراکم بیش ازحد 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 میادین با ایجاد مکان‌هایی برای تفریح و تمدد اعصاب می‌توانند باعث کاهش اثرات مضرمذکور 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 شدیدا 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. پارک-ها، 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 دست-یابی 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 ارایه 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 سر و 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 سرانه-های فضای سبز استاندارد مربوط می‌شود (۴). ارایه فرصت برابر در دسترسی به پارک‌ها و فضاهای سبز یکی از بخش های مهم در توزیع مناسب پارک‌ها و فضای سبز است. این موضوع یکی از جنبه های 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 سیستم-های اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های تصمیم گیری 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 بهینه سازی اهداف مطلوب برای تاسیسات خاص ایجاد می‌شود. این بهینه‌سازی اغلب شامل فاکتورهای متعدد تصمیم‌گیری،که معمولا در تناقض با هم هستند و شامل تعدادی سایت که هر یک مزایا و محدودیت‌هایی دارند، می‌شود. که تصمیم‌گیری براساس اطلاعات بی شمار 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 می تواند داده های مکانی مختلف را در لایه های مختلف ایجاد کند. همچنین یکپارچه سازی لایه‌های نقشه های

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).

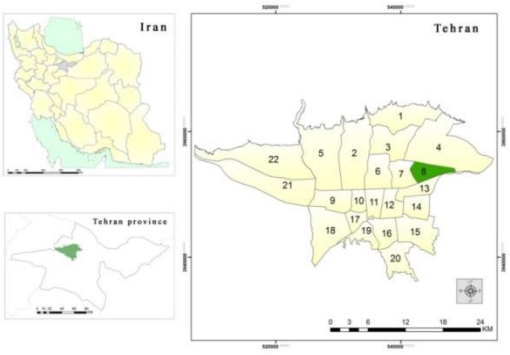
روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) نیز یک روش تصمیم-گیری است در این روش ارتباط پیچیده بین و میان عناصر تصمیم، از طریق جایگزینی ساختار سلسله مراتبی با ساختار شبکه‌ای در نظرگرفته می‌شود (۲۳). بنابراین این روش یک روش ایده آل به منظور مدل‌سازی و ایجاد تعاملات و وابستگی‌ها میان شاخص‌ها است. با توجه به ابهام و 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 لایه های موضوعی با توجه به اختصاص ۰ و ۱ رتبه‌بندی می‌کند (۲۵). بنابراین FANP از محدوده ای 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 سیستم های تصمیم گیری چند معیاره در ترکیب با سیستم اطلاعات جغرافیایی را مورد بحث قرار داد، (۲۷) با استفاده از GIS و متریک های سیمای سرزمین به مدل سازی بهره وری ارزش سازگار فضای سبز شهری پرداخت. همچنین (۲۰) به 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 پارک-های 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 ۱۲۵۷۵۷و جمعیتی بالغ بر ۳۷۸۱۱۸ را دارا می‌باشد (۳۱).



شکل ۱- نمونه مورد مطالعه

Figure 1- Study area

روش ارزیابی چند معیاری

در روش ارزیابی چند معیاره جهت مواجه 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 این‌جا بهترین مکان یا پیکسل) بر مبنای رتبه بندی آن‌ها از طریق ارزیابی چند معیار اصلی است. روش‌های متعددی برای تحلیل ارزیابی چندمعیاری 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 توافقی هستند (۳۴). ارزیابی چند معیاری اغلب به وسیله یکی از دو روش رویهم-گذاری 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 نقشه‌رستری 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 می گردد (۳۳).

روش ترکیب خطی وزن دار

روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) رایج ترین 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 مستقیما بر مبنای اهمیت نسبی هر معیار مورد بررسی، وزن‌هایی به معیارها می-دهد. سپس از طریق ضرب کردن وزن نسبی در مقدار آن خصیصه، یک مقدار نهایی برای هر گزینه به دست می‌آید. پس از آن‌که مقدار نهایی هر گزینه مشخص شد، گزینه‌ای که بیش-ترین 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 هم-پوشانی در GIS اجازه می‌دهد که برای تولید یک نقشه‌ی 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).

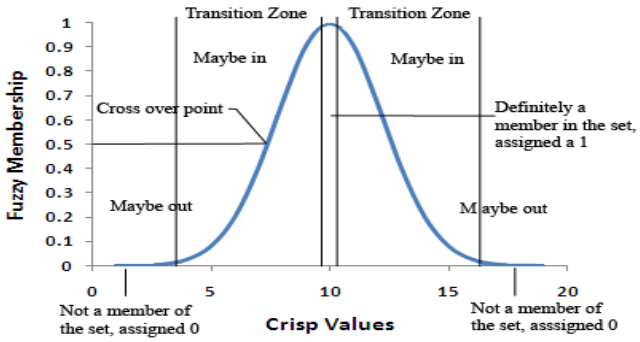
استاندارد سازی نقشه‌ها در منطق فازی

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

مقدار عضویت بـالاتر از مطلوبیـت بـالاتری برخـوردار اسـت. در منطق فازی مساله قطعیت موجود در منطق بولین وجود نـدارد و هر لایه در مقیاسی بین صفر و یـک درجـه بنـدی مـی‌شـود (۳۷). یکی دیگر از عوامل موثر در استاندارد سـازی نقشـه‌هـای فازی تعیین حد آسانه می‌باشد که به آن‌هـا نقـاط کنتـرل نیـز گفته می‌شود. اما نکته‌ای که بایستی در انتخاب تابع به آن توجه نمود، نوع کاهشی یا افزایشی بودن معیار مـورد نظـر مـی‌باشـد (۳۸). جدول ۱ نقاط کنترل و نوع تابع فازی آورده شده است.

روش مدل سازی فازی

در این روش کلیه فاکتورها در یک مرحله بـا هـم ترکیـب مـی شوند و الگوی هدفمند تلفیق نقشه ها را می توان بکار برد. ایده منطق فازی، اشیاء فضایی را بر روی نقشـه ماننـد اعضـای یـک مجموعه در نظر می‌گیرد. در تئوری مجموعه فازی، عضویت می تواند هر مقداری بین ۰ و ۱ را بگیرد که منعکس کننـده درجـه قطعی عضویت است و هیچ محدودیت عملی در انتخاب مقـادیر عضویت فازی وجود ندارد (۳۹، ۴۰ و ۴۱). روش منطـق فـازی، ترکیبات انعطاف‌پذیرتر نقشه‌های وزنی را به وجود می‌آورد و می تواند به آسانی با زبان مدل سازی GIS اجرا شود (۴۲). مقادیر براساس قضاوت ذهنـی انتخـاب مـی‌شـوند تـا درجـه عضـویت مجموعه را نشان دهند(شکل۲).



شکل ۲- نمودار تابع عضویت فازی (۴۳)

Figure 2- Fuzzy function membership diagram (43)

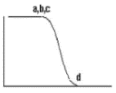
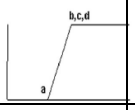
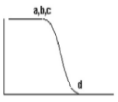
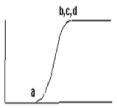
پنج عملگر فازی به نامهای OR، AND ، SUM ، Product و GAMMA را که بـرای ترکیـب مجموعـه داده‌هـا در GIS مورد استفاده قرار گرفتندبه این شرح می‌باشند۱- عملگرضرب فـازی (Fuzzy algebraic product) اعضـای فـازی را از طریق ضرب ترکیب می‌کنـد. ایـن مـدل بـه دلیـل آنکـه ارزش خروجی همیشه کمتر یا مساوی کوچکترین عضو فـازی اسـت ، کاهنده می‌باشد (۴۴). ۲- عملگراجتماع فـازی (Fuzzy OR) نیز مشابه اجتماع در مجموعه‌های کلاسیک می‌باشد تـاثیر ایـن عملگر آن است که نقشه های خروجی توسط بزرگتـرین مقـدار عضویت فازی که در هر موقعیـت روی مـی دهـد، کنتـرل مـی شـود(۲۴). ۳- همچنـین عملگـر جمعـی فـازی(fuzzy algebraic sum) مکمل محصول جبری فازی است . برخلاف محصول جبری حاصل جمع جبری،همیشه بزرگتـر یـا مسـاوی بزرگترین مقدار عضو فازی است (۴۴). ۴- عملگر اشتراک فازی (Fuzzy AND) که نیـز مشـابه اشـتراک در مجموعـه هـای کلاسیک می‌باشد. تاثیر این عملگرآن است کـه نقشـه خروجـی توسط کوچکترین مقدار عضویت فازی که در هر موقعیـت روی می دهد کنترل می شـود.(۲۴) ۵- و در نهایـت عملگـر گامـای فازی(Fuzzy gumma operation) از حاصل ترکیب جمـع جبری و محصول جبری است واز فرمول زیر بدست می آید :

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

پارامتر γ در محدوده (۱و۰) انتخاب شده اسـت.وقتی γ عـدد ۱ بگیرد، ترکیب همانند جمع جبری است در حالیکه وقتی γ ، ۰ باشـد ترکیـب همـان محصـول جبـری اسـت (۴۵ و ۴۶) . در جدول۲ روابط و توابع عضویت فازی ایـن عملگرهـا آورده شـده است.

جدول ۱-استاندارد سازی نقشه ها

Table 1- Maps standardization

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

جدول ۲- توابع و روابط عضویت فازی(۳۴)

Table 2- Fuzzy membership functions and relations (34)

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

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 این‌که دنیای واقعی معیارها معمولا وابسته به یکدیگرند، رهیافت‌های سنتی در این زمینه به شکل مناسبی قابل اندازه‌گیری نیستند. به همین علت، ساعتی فرایند تحلیل شبکه‌ای را که توسعه یافته فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است، برای بدست آوردن مجموعه‌ای از وزن‌های مناسب برای معیارها معرفی کرد (۵۰ و ۵۱). لازمه‌ی استفاده از این روش، شناخت کافی از هدف تصمیم گیری، محیط تصمیم و تمامی عناصر تصمیم گیری به وسیلهٔ تصمیم گیرنده است . این شناخت به این علت لازم است که تصمیم گیرنده بتواند همه‌ی ملاک‌های مؤثر در تصمیم را تعیین و تأثیر آن‌ها بر یکدیگر را مشخص و بتواند واقعی‌ترین حالتی از شبکه را رسم کند . مقایسه‌های زوجی بایستی اولویت واقعی عناصر نسبت به یکدیگر را نشان دهند، اما از آن‌جا که این شناخت کافی از سیستم همیشه

موجود نیست و تصمیم گیرنده نمی تواند در حالت کلی با اطمینان کامل در مقایسه های زوجی قضاوت کند، بنابراین برای رفع این مشکل مدل تحلیل شبکه‌ای توسعه داده می شود. راه حل طبیعی برای انجام مقایسه ها در حالت های نبود قطعیت استفاده از مقایسه های فازی است که حالت های ابهام در مقایسه را مدل سازی می کند (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 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 جدول۳صورت پذیرفت. در ادامه جهت اجماع نظر کارشناسان، از مقایسات زوجی پاسخ دهندگان میانگین هندسی گرفته شد.

جدول۳- طیف فازی و عبارت کلامی متناظر

Table 3- Fuzzy range and the corresponding verbal expression

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

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 طوری‌که :

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

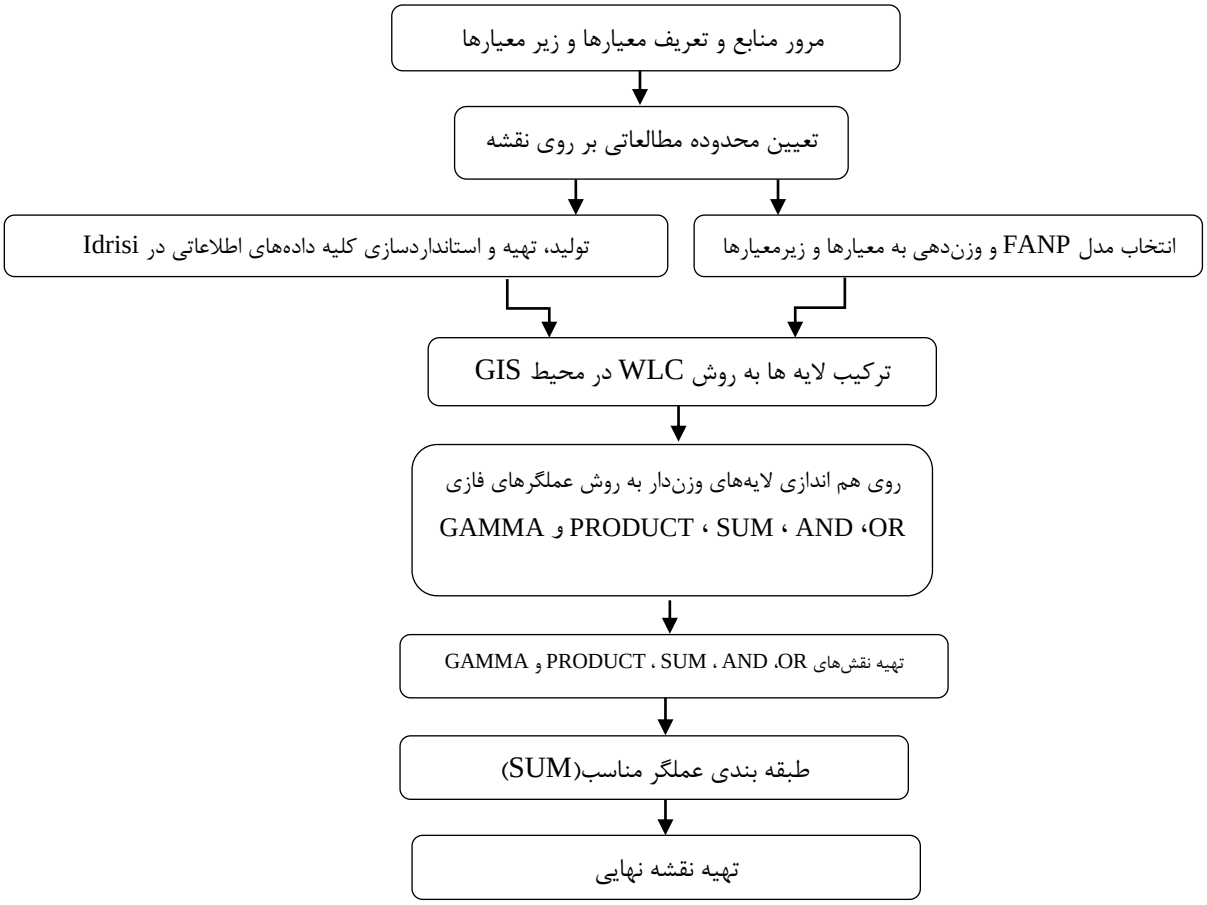
مرحله سوم: تشکیل ماتریس‌های بردار ویژه (W_{ij}): این ماتریس‌ها شامل بردارهای ویژه‌ای هستند که از مقایسات زوجیِ مرحله دوم به دست آمده‌اند. به علت زیاد بودن جدول‌ها نگارندگان قادر با ارایه آن‌ها در این پژوهش نبودند.

مرحله چهارم: محاسبه اوزان نهایی سطوح: برای محاسبه وزن نهایی مؤلفه‌های هر سطح(W_i^*) می‌بایست حاصل‌ضرب 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 صورتی‌که برای یک سطح ماتریس W_{ii} وجود نداشت، لازم است یک ماتریس یکه هم درجه جایگزین آن گردد. به عبارت دیگر می‌بایست از فرمول زیر استفاده نمایید.

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



نمودار۱- فلوچارت 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 که لایه‌های اطلاعاتی آن‌ها قابلیت تهیه و یا در دسترس بود (جدول ۴) در مدل تصمیم گیری این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند.

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 .۰,۰۷۱۴۶۴ نفر در متر مربع بود)
۴- فاصله از مراکز مطلوب	فرهنگی ؛ مساجد و اماکن ورزشی، آموزشی؛ مدارس و دانشگاها ، 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 وصوتی 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 زیرشاخص ها

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 شاخص‌ها نسبت به یکدیگر

Table 6- Sub- Criteria internal relationships

زیرشاخص‌ها	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 شاخص‌ها بر اساس ارزش و اهمیت آن ها در مکان‌یابی پارک و فضای سبز، وزن مناسبی در نظر گرفته شده است. وزن هر یک از شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها درجدول های ۷و ۸ آمده است.

جدول۷- ماتریس اوزان نهایی شاخص‌ها

Table 7- final criteria weights matrix

ردیف	شاخص‌ها	وزن فازی نهایی	وزن قطعی نهایی مولفه‌ها
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	مراکزمطلوب	(۰/۰۴۳,۰/۰۵۴,۰/۰۷۶)	۰/۰۵۵
۵	مراکزنامطلوب	(۰/۲۱,۰/۲۹۱,۰/۳۴۶)	۰/۲۸۶

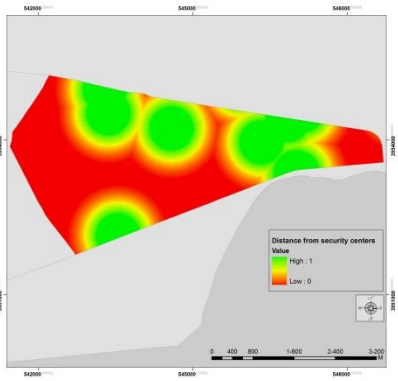
جدول ۸- ماتریس اوزان نهایی زیرشاخص‌ها

Table 8- Final sub criteria weights matrix

مولفه‌ها	وزن فازی نهایی	وزن قطعی نهایی مولفه‌ها	مولفه‌ها	وزن فازی نهایی	وزن قطعی نهایی مولفه‌ها
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	(۰.۰۳,۰.۰۵۴,۰.۰۸۸)	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

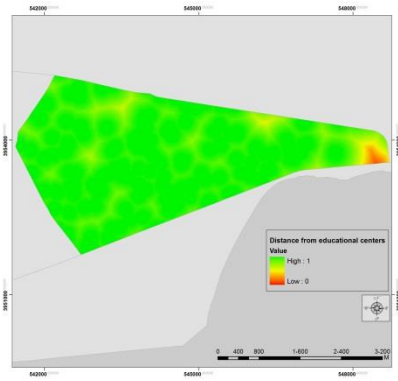
آنالیز عوامل تاثیر گذار در مکان یابی منطقه مورد مطالعه

برای بالارفتن دقت و صحت مکان یابی منطقـه ۸ را بـه صـورت بسته در نظرگرفته نشده است بـه همـین دلیـل بـافری ۱۰۰۰ در اطراف منطقه زده شده است. سپس نقشه‌های فـازی عوامـل تاثیرگذار در مکان یابی پارک و فضای سبز شهری در منطقـه ۸ شهرداری تهـران پـس از اسـتاندارد سـازی لایـه‌هـا در محـیط Idrisi، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیـه گردیـد. نقشه هر یک از این عوامل در ادامه پژوهش آورده شده است.



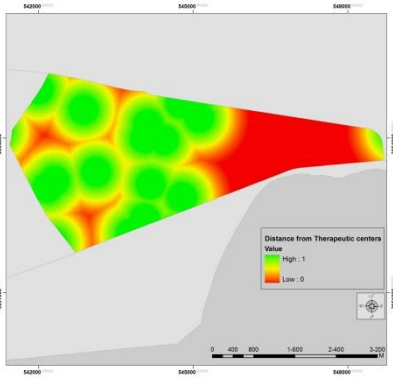
شکل ۲- نقشه فاصله از مراکز امنیتی

Figure 2- Distance from security centers



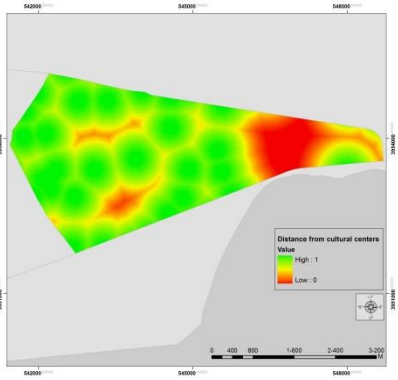
شکل ۳ - نقشه فاصله از مراکز آموزشی

Figure 3- distance from educational centers



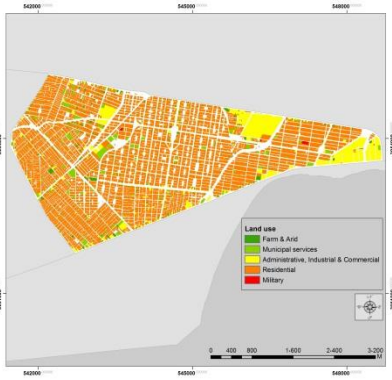
شکل ۴ -نقشه فاصله از مراکز درمانی

Figure 4- Distance from Therapeutic centers



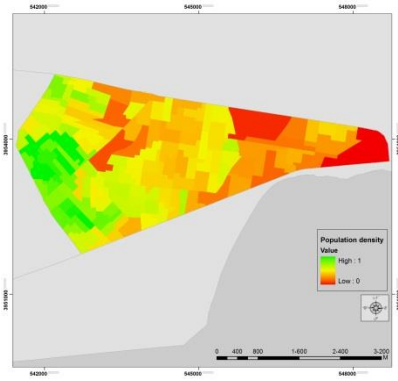
شکل ۵- نقشه فاصله از مراکز فرهنگی

Figure 5- distance from cultural centers



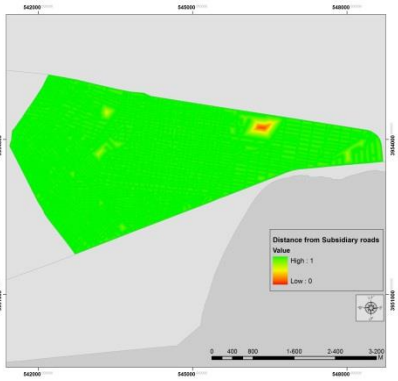
شکل۶- نقشه کاربری

Figure 6- land use



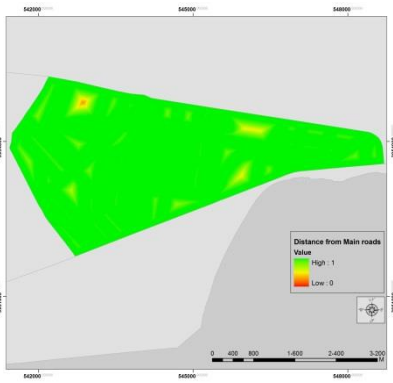
شکل ۷- نقشه میزان تراکم جمعیت

Figure 7- population density



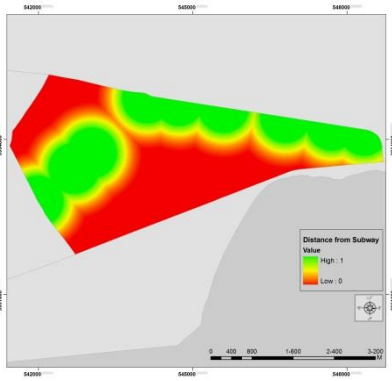
شکل ۸- نقشه شبکه راه‌های فرعی

Figure 8- subsidiary roads



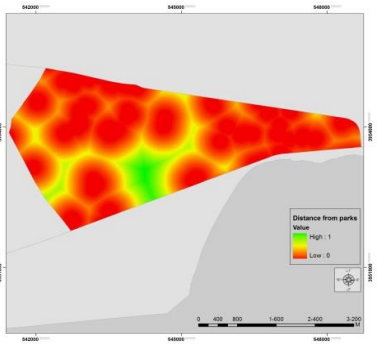
شکل ۹- نقشه شبکه راه های اصلی

Figure 9- main roads



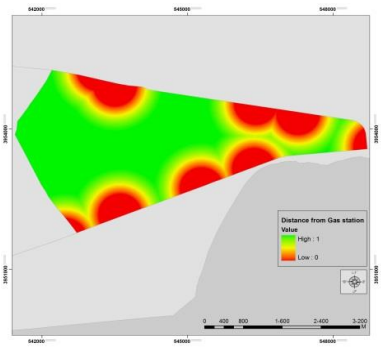
شکل ۱۰- نقشه شبکه مترو

Figure 10- subway network



شکل ۱۱- نقشه فاصله از پارک

Figure 11- distance from park

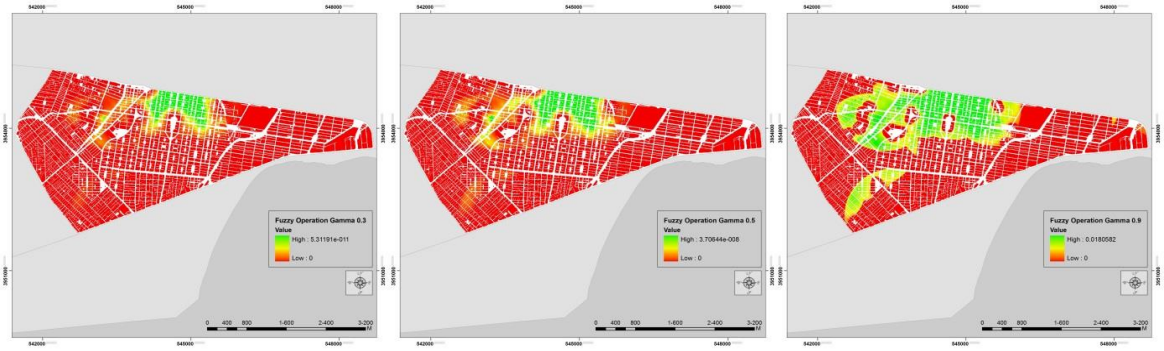


شکل۱۲- نقشه فاصله از پمپ بنزین

Figure 12- distance from petrol station

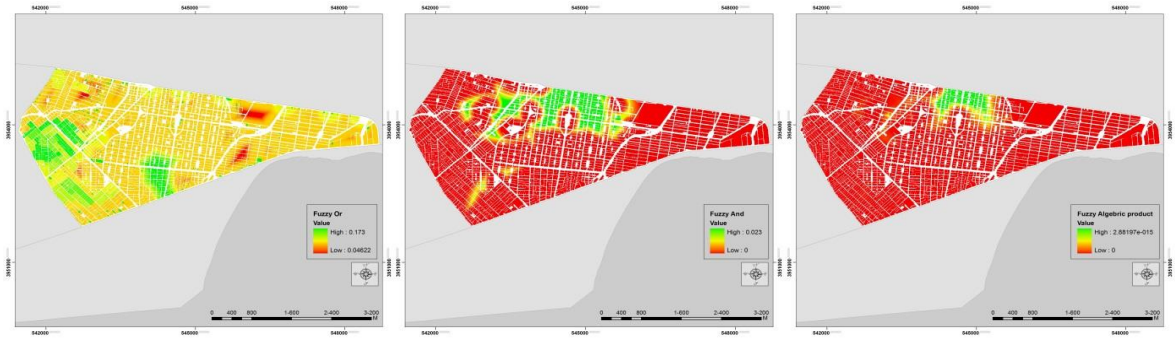
تهیه نقشه‌های نهایی

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 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 ازآن‌ها آورده شده است.



شکل۱۳- لایه روی‌هم‌گذاری شده با روش gumma 0.9,0.5,0.3

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



شکل۱۴- لایه رویهم‌گذاری شده با روش Product

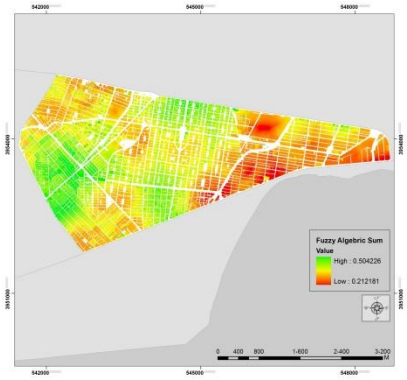
Figure 14- Layer combination by using Product

شکل۱۵- لایه رویهم‌گذاری شده با روش And

Figure 15- Layer combination by using And

شکل۱۶- لایه رویهم‌گذاری شده با روش Or

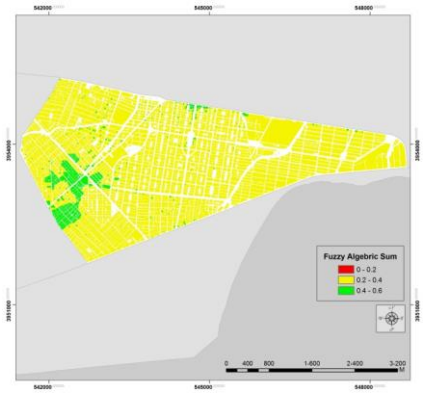
Figure 16- Layer combination by using Or



شکل ۱۷- لایه رویهم‌گذاری شده با روش Sum

Figure 17- Layer combination by using Sum

در نهایت در این پژوهش عملگر جمع به عنوان عملگر مناسب برای مکان‌یابی 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 در نظر گرفته شد. در شکل ۱۸ طبقه بندی این نقشه آورده شده است. باید گفت که نقشه فاقد طبقه‌های ۱،۴،۵ بوده است در جدول ۹ خلاصه اطلاعات نقشه داده شده است.



شکل ۱۸- طبقه بندی عملگر Sum

Figure 18- Classification of sum operator.

جدول۹- اطلاعات نقشه طبقه بندی شده

Table 9- Data Classification of maps

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

بحث و نتیجه گیری

بـا وجـود معضـلات محـیط‌زیسـتی در فضـاهای شـهری 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 پـژوهش از منطق فازی، برای تهیه نقشه‌هـای فـازی و از روش FANP برای داشتن وزن‌های فازی اسـتفاده کـرده انـد. بـه ایـن دلیـل منطق فازی وFANP در این پژوهش مد نظر قرار گرفـت کـه نمی‌توان برای محیط‌های شهری بـه صـورت مطمـئن و قطعـی تصمیم گیری کرد. برای همین سعی شد نقشـه‌هـا و همچنـین وزن‌ها به صورت فازی تهیه شود تـا بهتـرین تصـمیم‌گیـری در مکان‌یابی پارک و فضای سبز منطقه ۸ شهرداری تهران صـورت گیرد. در این پژوهش نیز، از سیستم‌های اطلاعات جغرافیـایی 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 ضـرب فـازی (Fuzzy product) همه معیارها به طور هم‌زمان در تهیه نقشه نهـایی دخالـت دارد بنابراین همیشه ارزش خروجی کم‌تر یـا مسـاوی کوچـک‌تـرین عضو فازی است بنابراین نقشه نهایی فقط ایده آل‌ترین منـاطق را مشخص می کند و بیش ترین احتیاط را برای مکـان‌یـابی در نظر می‌گیرد به همین علت این عملگر مناسب ایـن نـوع مکـان یـابی نمـی‌باشـد. عملگـر بعـدی گامـای فـازی (Fuzzy gumma)می‌باشد این عملگـر کـه ترکیبـی از عملگـر جمـع و ضرب می باشد. وقتی مقدارγ به سمت صفر انتخـاب مـی‌گـردد فازی ضرب تاثیر بیش‌تری در تهیه نقشه هـای خروجـی دارد و احتیاط بیش تری را مـد نظـر داد ماننـد گامـای ۰/۳ و وقتـی مقدارγ به سمت یک انتخاب می گردد فازی جمع تـاثیر بـیش تری بر نقشه های خروجی دارد مانندگامای ۰/۹و گامای با عدد ۰/۵ بین عملگرجمع و ضرب قـرار مـی‌گیـرد بـه همـین خـاطر احتیاط کم‌تر نسبت به عملگر ضرب و احتیاط بیش‌تری نسـبت به عملگر جمع در مکان‌یابی، انجام می‌دهد این نوع عملگر نیـز مناسب این نوع مکان یابی نمـی‌باشـد. عملگـر اشـتراک فـازی (Fuzzy AND) نیز ، که بیش تر عوامل نامطلوب تاثیرگـذار در مکان یابی پارک و فضای سبز در نظر دارد در مقابل عملگـر اجتماع فازی(Fuzzy OR) که بیش تر عوامل مطلـوب را مـد نظر قرار می‌دهد، قرارمی‌گیرد. به همین خـاطر عملگـر اجتمـاع فازی نسبت به عملگر اشتراک فازی مساحت بیش تری را برای مکان یابی در نظر می‌گیرد ولی در مجموع این دو عملگـر مثـل عملگرهای قبلی مناسب مکان یابی پارک و فضـای سـبز نمـی-باشد. در نهایت عملگر جمع فازی(Fuzzy Sum) می‌باشـد 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 کم‌تـرین احتیـاط را برای مکان یابی در نظر می گیـرد. در ایـن ارتبـاط بایـد گفـت عملگر جمع فازی در منطقه ۸ شهرداری تهـران منطقـی‌تـرین حالت را برای مکان‌یابی پارک و فضای سبز در اختیار تصـمیم-گیرندگان و برنامه ریزان 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 دهیاری های کشور،ص ۱۰، ۱۳۸۳.

۴- پورسراسکانرود، محمد اکبر، مهدی قرخلو و محبوبه نوروزی، «ارزیابی و مکان یابی کاربری فضای سبزمنطقه ۹ شهرداری تهران» ، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۳۸۸،ج۱۱،شماره ۱۴.

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، شماره۱۱، صفحه ۳۶.

۶- مجنونیان، هنریک، « مباحثی پیرامون پارک ها، فضای سبز و تفرج گاه ها »، ف۱، 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.

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 پشتی، 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

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.

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 شاهیوندی، «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.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.

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 ایستگاهای 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 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.

۵۰- عالم تبریز، آ، باقرزاده آذر، م، «تلفیق ANP و TOPSISتعدیل شده برای گزینش تامین کننده راهبردی»، پژوهش‌های مدیریت،۱۳۸۸، دوره ۲،شماره۲، 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.