جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۱۸، بهار ۱۳۹۵
وصول مقاله : ۱۳۹۴/۴/۸
تأیید نهایی : ۱۳۹۴/۱۲/۳
صفحات : ۱۱۸ - ۹۷

شناسایی و طراحی یک الگوی بهینهٔ مکانیابی با تأکید بر تلفیق روش‌های داده‌مبنا و دانش‌مبنا در سطح تصمیم‌گیری با GIS (با تأکید بر پهنه‌بندی اقتصادی شهر تهران)

غدیر عشورنژاد[۱]، دکتر علی درویشی بلورانی[۲]، دکتر نجمه نیسانی سامانی[۳]، محسن جعفری[۴]، رضا آقاطاهر[۵]، محمد فلاح ززولی[۶]

چکیده

استفاده از GIS در مکان‌یابی دارای قدمتی تقریبی برابر با ظهور این فناوری است و در مطالعات مختلفی که به نوعی با عوارض مکانی سروکار دارند، به‌کار گرفته می‌شود. استفاده از این سیستم در مکان‌یابی دارای مزایای فراوانی است که باعث صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌های اجرایی می‌شود. از این‌رو استفاده از فناوری GIS در مکان‌یابی و سایر فعالیت‌های مرتبط با آن، تضمینی برای دستیابی به نتایج بهتر، دقیق‌تر و سریعتر با هزینه‌های کمتر است. تاکنون روش‌های مختلفی با استفاده از مدل‌های گوناگون برای مکان‌یابی به‌کار گرفته شده است. در اغلب این مطالعات و همچنین مطالعاتی که در آن به پهنه‌بندی فضا پرداخته می‌شود، از روش‌های مبتنی بر نظرات متخصصین (روش‌های ذهنی) استفاده می‌شود و شاهد تحقیقات اندکی با استفاده از روش‌های مبتنی بر داده‌ها (روش‌های عینی) هستیم. از اینرو، بررسی و شناخت یک الگوی بهینهٔ مکان‌یابی در تلفیق روش‌ها و مدل‌های گوناگون مبتنی بر نظرات متخصصین (روش‌های ذهنی) و مبتنی بر داده‌ها (روش‌های عینی) در GIS و نحوه تلفیق این نتایج (تلفیق در سطح تصمیم‌گیری) در جهت رسیدن به مناسب‌ترین مکان با دقتی مطلوب ضروری می‌نماید. علاوه بر این نحوهٔ تلفیق نتایج به‌دست آمدهٔ حاصل از روش‌های مختلف در GIS از جمله مواردی است که کم‌تر در تحقیقات به آن پرداخته شده است. در این تحقیق پهنه‌بندی اولیهٔ فضای جغرافیایی (غربالگری) و اولویت‌بندی مکان‌های بهینه شناسایی شده (مکان‌یابی) با روش‌های مبتنی بر نظرات متخصصین (روش‌های ذهنی) و روش‌های مبتنی بر داده‌ها (روش‌های عینی) مورد بررسی قرار می‌گیرد. الگوی پیشنهادی جهت شناسایی ویژگی‌های هر کدام از این روش‌ها با توجه به نتایج به‌دست آمده در یک نمونهٔ مطالعاتی (پهنه‌بندی اقتصادی فضای شهری واولویت‌بندی پهنه‌های بهینه) به عنوان یافته‌های تحقیق تشریح می‌گردد. نتایج ارزیابی بیانگر آن است که به ترتیب هر سه روش عینی (RBFLN، Fuzzy Clustring و PNN) نسبت به سه روش ذهنی (SAW، GCA و Fuzzy Logic) عملکرد بهتری داشته‌اند. همچنین از میان پهنه‌های بهینه حاصل از تلفیق این روش‌های (غربالگری اولیه)، پهنه‌های میدان تجریش، انقلاب و ۱۵ خرداد در رتبه‌بندی حاصل از روش‌های چند شاخصه با معیارهای کیفی اولویت اول در استقرار خدمات را به خود اختصاص داده‌اند.

کلید واژگان: مکان‌یابی، روش‌های داده مبنا و دانش مبنا ،تلفیق در سطح تصمیم‌گیری، GIS.

۱- دانشجوی دکتری تخصصی سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تهران (نویسنده مسؤول) ashournejad@ut.ac.ir
۲- استادیار دانشگاه تهران hedayat.nouri@gmail.com
۳- استادیار دانشگاه تهران nneysani@ut.ac.ir
۴- کارشناس ارشد GIS دانشگاه خواجه نصرالدین طوسی mohsen.jafari121@gmail.com
۵- کارشناس GIS دانشگاه تهران reza_aghataher@yahoo.com
۶- کارشناسی ارشد RS & GIS دانشگاه آزاد اسلامی mohammadfallah2092@yahoo.com

مقدمه

در دهه‌های اخیر، GIS به عنوان یک فناوری پویا و کم‌نظیر، با هدف مدیریت بهینهٔ داده‌های مکانی، در دسترس کاربران علوم و فنون مختلف قرار گرفته است؛ به طوری که امروزه GIS یکی از ابزارهای مهم و مؤثر در روند تصمیم‌گیری و مدیریت بهینه به شمار می‌رود و کاربرد آن روز به روز افزایش یافته و امروزه استفاده از آن در روند تصمیم‌سازی، نیازی ضروری و اجتناب‌ناپذیر است.

در سال‌های اخیر مطالعات مکان‌یابی به عنوان یکی از عناصر کلیدی در موفقیت اکثر پروژه‌ها مطرح است. تقریباً تمامی مراکز خصوصی و دولتی با مکان‌یابی مواجه هستند. معیارهای متعددی در موفقیت طرح و کاهش هزینه‌های اجرا، بهره‌برداری و ریسک طرح مؤثر است که بسیاری از آن‌ها به انتخاب محل مناسب بر می‌گردد. متأسفانه در حال حاضر بیشتر اوقات انتخاب محل با توجه به علایق شخصی کارفرما، سرمایه‌گذاران، سهام‌داران و یا تشویق‌های دولتی و غیره است. البته تمام این عوامل در تعیین محل نقش دارند؛ ولی نه تا این حد که به تنهایی منجر به تعیین محل احداث طرح گردند. همچنین باید توجه داشت که انتخاب محلی که از کلیه جهات مناسب باشد، شاید امری ایده‌آل و دور از دسترس بوده و در عمل امکان‌پذیر نباشد (فرقانی و دیگران،۱۳۸۷: ۱۰ و ۱۲)؛ ولی با افزایش دسترسی به داده‌های مکانی با دقت بالا در کنار فناوری GIS دستیابی به نتایج بهتر، دقیق‌تر و سریعتر با هزینه‌های کمتر دور از انتظار نیست. GIS کاربردهای وسیعی در عرصه‌های مختلف برنامه‌ریزی، مدیریت و تصمیم‌گیری داراست و روز به روز بر حوزه‌های کاربردی آن افزوده می‌شود. بر همین اساس لازم است که روش‌ها و مدل‌های مختلف تحلیل، تصمیم و برنامه‌ریزی در ملازمت با قابلیت‌ها و توانایی‌های GIS مورد بررسی قرار گرفته و از آن‌ها به طرز مطلوبی استفاده شود (مالچفسکی،۱۳۹۰: ۱).

اهمیت و ضرورت تحقیق

تاکنون روش‌های مختلفی با استفاده از مدل‌های گوناگون برای مکان‌یابی به‌کار گرفته شده است. در اغلب این مطالعات و مطالعاتی که در آن به پهنه‌بندی فضا پرداخته می‌شود، از روش‌های مبتنی بر نظرات متخصصین (روش‌های ذهنی) استفاده می‌شود و شاهد تحقیقات اندکی با استفاده از روش‌های مبتنی بر داده‌ها (روش‌های عینی) می‌هستیم. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy AHP)، فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی (Fuzzy ANP) و غیره از جمله روش‌های مبتنی بر نظرات متخصصین (روش‌های ذهنی) در وزن‌دهی به عوامل و معیارها است و از شبکه عصبی مصنوعی می‌توان به عنوان یکی از روش‌های مبتنی بر داده‌ها (روش‌های عینی) نام برد. از آنجایی که هم روش‌های مبتنی بر نظرات متخصصین (روش‌های ذهنی) و هم روش‌های مبتنی بر داده‌ها (روش‌های عینی) بر اساس ویژگی‌های خاصشان نتایج متفاوتی را تولید می‌کنند، استفاده همزمان از مجموعه‌ای از این روش‌ها امید بیشتری در بهبود نتایج طبقه‌بندی ایجاد می‌کند. به منظور حل مشکلات این روش‌ها به صورت انفرادی، تلاش‌های گسترده‌ای در زمینهٔ ترکیب آن‌ها صورت پذیرفته است. یکی از مهم‌ترین و کارآمدترین این تلاش‌ها، ارائه مفهوم ادغام در سطح تصمیم‌گیری است (صمدزادگان و دیگران،۱۳۹۳: ۱۴۷).

از اینرو، بررسی و شناخت یک فرایند بهینه مکان‌یابی در تلفیق روش‌ها و مدل‌های گوناگون مبتنی بر نظرات متخصصین (روش‌های ذهنی) و مبتنی بر داده‌ها (روش‌های عینی) در GIS در جهت رسیدن به مناسب‌ترین مکان ضروری می‌نماید.

اهداف تحقیق

هدف این تحقیق ارائه یک الگوی مکان‌یابی می‌است. در این تحقیق، پهنه‌بندی اولیهٔ فضای جغرافیایی (غربالگری) و اولویت‌بندی مکان‌های بهینه شناسایی

شده (مکان‌یابی) با روش‌های مبتنی بر نظرات متخصصین (روش‌های ذهنی) و روش‌های مبتنی بر داده‌ها (روش‌های عینی) مورد بررسی قرار می‌گیرد. علاوه بر این نحوهٔ تلفیق نتایج به‌دست آمده حاصل از روش‌های مختلف در GIS از جمله مواردی دیگری است که در این تحقیق به آن پرداخته می‌شود. الگوی پیشنهادی جهت شناسایی ویژگی‌های هر کدام از این روش‌ها با توجه به نتایج به‌دست آمده در یک نمونهٔ مطالعاتی (پهنه‌بندی اقتصادی فضای شهری و اولویت‌بندی پهنه‌های بهینه) به عنوان یافته‌های تحقیق تشریح می‌شود. اهداف تفصیلی تحقیق نیز شامل موارد زیر می‌شود:

- شناسایی فرایند مناسب پهنه‌بندی (غربالگری) در روش‌های ذهنی و عینی
- بررسی روش‌های مناسب وزن‌دهی عوامل و معیارها در روش ذهنی
- بررسی روش‌های مناسب تلفیق عوامل و معیارها در روش ذهنی و عینی
- مقایسهٔ روش‌های ذهنی و عینی در پهنه‌بندی (غربالگری)
- بررسی روش‌های مناسب اولویت‌بندی در مکان‌های بهینه شناسایی شده (مکان‌یابی)

مواد و روش‌ها

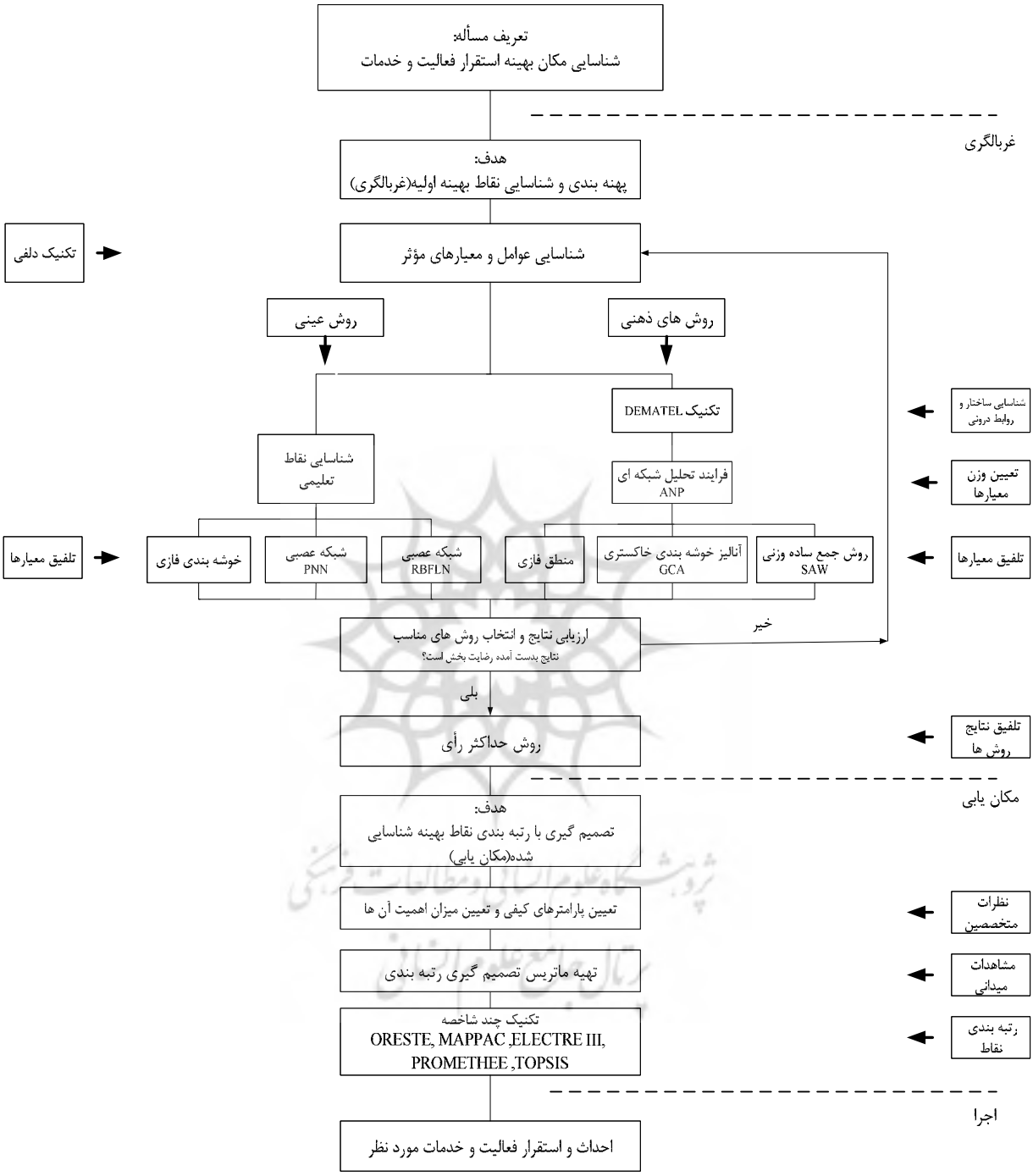
الگوی مکان‌یابی پیشنهادی از دو بخش تشکیل شده است (شکل ۱).

- بخش اول: شناسایی پهنه‌های بهینهٔ اولیه با استفاده از پهنه‌بندی حاصل از روش‌های عینی و ذهنی
- بخش دوم: رتبه‌بندی پهنه‌های بهینهٔ شناسایی شده به منظور اولویت در استقرار مراکز خدمات و تسهیلات

بخش اول با هدف شناسایی نقاط بهینهٔ اولیه تدوین شده است. در این بخش از روش‌های ذهنی در کنار روش‌های عینی استفاده شده است. این بخش با شناسایی معیارها و عوامل مؤثر با موضوع مورد مکان‌یابی آغاز می‌شود و هر دو دسته از معیارهای مکانی و غیر مکانی (بدون بُعد فضایی) را شامل می‌شود. جهت شناسایی این عوامل و معیارها می‌توان از ادبیات مربوط به موضوع مورد نظر، مطالعات تحلیلی و پیمایش عقاید و آرای متخصصین استفاده کرد. در ادامهٔ کار، موضوع مورد نظر از دو دیدگاه روش‌های مبتنی بر نظرات متخصصین (روش‌های ذهنی) و روش‌های مبتنی بر داده‌ها (روش‌های عینی) مورد بررسی قرار می‌گیرد. در فرایند مناسب پهنه‌بندی (غربالگری) در روش‌های ذهنی از روش DEMATEL[1] برای تعیین ساختار و روابط بین معیارها جهت تعیین روش مناسب وزن‌دهی به معیارها استفاده می‌شود. همچنین در صورت وجود ساختار اثرگذاری و اثرپذیری معیارها و عوامل که از نتایج روش DEMATEL حاصل می‌شود وزن هر کدام از معیارها پس از تکمیل پرسشنامه مقایسه زوجی از سوی کارشناسان به وسیلهٔ مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)[2] مشخص می‌شود. در ادامه روش‌های جمع سادهٔ وزنی (SAW)[3]، آنالیز خوشه‌بندی خاکستری (GCA)[4] و توابع تلفیق منطق فازی جهت ترکیب معیارها و عوامل مؤثر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در خصوص روش‌های مبتنی بر داده‌ها (روش‌های عینی) از شبکه عصبی RBFLN[5]، PNN[6] و خوشه‌بندی فازی[7] جهت مدل‌سازی فضایی و پهنه‌بندی(غربالگری) استفاده شد. همچنین نتایج هر کدام از مدل‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مرحله با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان روش‌های مناسب را برای تلفیق انتخاب نمود. به منظور تلفیق نتایج روش‌های بهینه از روش رأی‌گیری استفاده گردید. در این روش پهنه‌هایی که حداکثر رأی را در کلاس یک به خود اختصاص دادند، به عنوان پهنه‌های بهینهٔ اولیه شناخته می‌شوند. در بخش دوم پهنه‌های بهینهٔ شناسایی شده به وسیلهٔ روش رتبه‌بندی چند

1.DEMATEL: Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
2. ANP: Analytic Network Process
3. SAW: Simple Additive Weighting
4. GCA: Gray Cluster Analysis
5. RBFLN: Radial Basis Function Link Networks
6. PNN: Probabilitic Neural Networks
7. Fuzzy Clustering

شاخصه ORESTE[1]، MAPPAC[2]، ELECTRE III[3]، PROMETHEE[4] و TOPSIS[5] با معیارهای کیفی (غیر مکانی) جهت اولویت‌بندی در استقرار مراکز خدماتی و تسهیلات رتبه‌بندی گردید.



شکل ۱. طرح کلی مدل

منبع: نگارندگان

1.Organisation, Rangement Et Synthese de donnees Relationnelles

2- Multicriterion Analysis of Preferences by Means of Pairwise Actions and Criterion Comparisons

3. Elimination et Choice in Translating to Reality
PROMETHEE: Preference Ranking Organization Method

4.for Enrichment Evaluations

5.TOPSIS: Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

به منظور رسیدن به اهداف تعیین شده در این تحقیق، سه نوع از داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز است. این داده‌ها عبارتند از:

- داده‌های مکانی هر کدام از معیارها و عوامل مؤثر در شناسایی مکان بهینهٔ استقرار بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری
- داده‌های حاصل از پرسشنامه‌های روش‌های DEMATEL، ANP
- داده‌های تعلیمی مورد استفاده در شبکه عصبی RBFLN، PNN و خوشه‌بندی فازی
- داده‌های کیفی حاصل از مشاهدات میدانی

همچنین از نرم‌افزارهای زیر در جریان تحقیق استفاده شد.

- از نرم‌افزار Matlab به منظور انجام محاسبات روش DEMATEL
- از نرم‌افزار Super Decision برای انجام محاسبات مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)
- از نرم‌افزار ArcGIS 9.3 جهت آماده سازی داده‌های مکانی، مدل‌سازی فضایی و پهنه‌بندی
- از اکستنشن Arc-SDM با قابلیت اجرا در نرم‌افزار ArcGIS برای مدل سازی و تحلیل شبکه عصبی RBFLN، PNN و خوشه‌بندی فازی
- از نرم‌افزار Excel به منظور انجام محاسبات روش‌های رتبه‌بندی چند شاخصه ORESTE، MAPPAC III، ELECTRE، PROMETHEE و TOPSIS استفاده شد.

روش‌های وزن دهی به فاکتورهای ورودی مدل (عینی، ذهنی و ترکیبی)

فرایند تعیین اهمیت نسبی اطلاعات، وزن‌دهی نامیده می‌شود. وزن هر فاکتور نشان دهندهٔ میزان اهمیت و ارزش آن نسبت به فاکتورهای دیگر در عملیات تعیین مکان است؛ بنابراین، انتخاب آگاهانه و صحیح وزن‌ها کمک بزرگی در جهت تعیین مکان درست می‌نماید. عملیات وزندهی به فاکتورها به سه روش قابل انجام است (حسینعلی و دیگران، ۱۳۸۸: ۷۴؛ شاد و دیگران، ۱۳۸۸: ۵۵۲).

- استفاده از دانش کارشناسی (روش‌های دانش مبنا[1])

در این روش فردی متخصص یا گروهی از متخصصان کار وزن‌دهی به فاکتورها را بر عهده دارند و با استفاده از تجربه و دانش آن‌ها در زمینهٔ کاربرد مورد نظر، ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی تشکیل شده و فاکتورهای مناسب با روش‌های وزندهی تصمیم‌گیری چند معیارهٔ گسسته (MADM) وزن‌دهی می‌شوند. از مزایای این روش می‌توان به ساده و مستند بودن آن اشاره نمود؛ اما دارای معایبی مانند احتمال اشتباه نمودن متخصص یا متخصصین در تعیین وزن‌ها، ناسازگاری در ماتریس‌های مقایسه زوجی و مشکل بودن استانداردسازی واحدهای اندازه‌گیری ذهنی، نیز می‌باشد (شاد و دیگران،۱۳۸۸: ۵۵۲). روش بردار ویژه (Eigenvector)، روش کمترین مجذورات وزین شده، فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP)، فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی(Fuzzy AHP)، فرایند تحلیل شبکه‌ای(ANP) (فرجی سبکبار و دیگران، ۱۳۸۹؛ فرجی سبکبار و دیگران، ۱۳۹۰؛ موسوی و کشکولی، ۱۳۹۱؛ داداش‌پور، ۱۳۹۱؛ خیری‌زاده و دیگران، ۱۳۹۱؛ فرجی سبکبار و دیگران، ۱۳۹۱؛ عنابستانی و جوانشیری، ۱۳۹۲؛ احدنژاد روشتی و دیگران، ۱۳۹۲؛ میکانیکی و صادقی، ۱۳۹۲؛ رضوانی و دیگران، ۱۳۹۲؛ فرجی سبکبار و دیگران، ۱۳۹۲؛ پورخباز و دیگران، ۱۳۹۲) و فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی (Fuzzy ANP) از جمله روش‌های مبتنی بر دانش کارشناسی هستند.

اما انتخاب از میان این روش‌ها باید بر اساس آشنایی با ساختار درونی این معیارها باشد. روش DEMATEL که از انواع روش‌های تصمیم‌گیری بر پایهٔ مقایسه زوجی است با بهره‌مندی از قضاوت خبرگان در استخراج عوامل یک سیستم و ساختاردهی سیستماتیک به آن‌ها توسط به‌کارگیری اصول تئوری گراف‌ها، ساختار سلسله مراتبی از عوامل موجود در سیستم همراه با روابط تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متقابل عناصر مذکور به‌دست می‌دهد، به گونه‌ای که

1. Knowledge-driven

شدت اثر روابط مذکور را به صورت امتیازی عددی معین می‌کند. قضاوت خبرگان در مقایسه‌های زوجی این روش ساده بوده و نیازمند آگاهی ایشان از چگونگی فرایند DEMATEL نیست؛ اما کیفیت نظر و گستره بینش آن‌ها از جوانب گوناگون مسأله در نتیجه حاصل از DEMATEL بسیار اثرگذار است و باید معلومات کافی از مسأله را دارا باشند (عشورنژاد و دیگران، ۱۳۹۰؛ فرجی سبکبار و دیگران، ۱۳۹۲؛ پورخباز و دیگران، ۱۳۹۲؛ عشورنژاد و دیگران، ۱۳۹۲).

- استفاده از دانش داده‌ای (روش‌های داده مبنا[1])

در روش داده مبنا، اهمیت داده‌ها را خود آن‌ها تعیین می‌کنند و دانش داده‌ای متکی بر اطلاعات اولیه موجود در مورد جواب مسأله است. بدین نحو که با استفاده از جواب‌های اولیه موجود در مسأله و به‌کارگیری الگوریتم‌های کارا مانند وزن‌های نشانگر و شبکه عصبی می‌توان وزن فاکتورها و معیارهای تأثیرگذار را تعیین کرد (شاد و دیگران،۱۳۸۸: ۵۵۲). روش‌های داده مبنا مشکلات روش‌های دانش مبنا را در تصمیمات نادرست و انحراف یافته کاهش می‌دهند. این روش‌ها برای اجرایی و عملیاتی شدن نیاز به نمونه‌هایی از جواب مسأله دارند (حسینعلی و دیگران،۱۳۸۸: ۷۶) و درستی عملکرد آن‌ها بستگی به صحت و دقت جواب‌های اولیه موجود دارد (شاد و دیگران،۱۳۸۸: ۵۵۲).

- استفاده توأم از دانش کارشناسی و داده‌ای

در این روش با در نظر گرفتن نتایج حاصل از دانش و تجربیات کارشناسان و وزن‌دهی به روش دانش داده‌ای، به هر یک از فاکتورها وزن تعلق می‌گیرد. بدین نحو که ابتدا وزن‌ها از طریق دانش کارشناسی و داده‌ای به صورت مجزا محاسبه شده، سپس وزن مطلوب با مقایسه مقادیر به دست آمده تعیین می‌گردد. در نتیجه احتمال وقوع اشتباه کاهش یافته و وزن‌ها به واقعیت نزدیکتر خواهند شد (شاد و دیگران،۱۳۸۸: ۵۵۲).

1. Data-driven

انواع روش‌های تلفیق معیارها

روش جمع ساده وزنی (SAW)

روش جمع ساده وزنی (SAW) یکی دیگر از روش‌های ترکیب و تلفیق در سامانه اطلاعات جغرافیایی است که بر اساس فرمول زیر محاسبه می‌شود.

(۱)

$$A_i = \sum_{j=1}^{m} w_j X_{ij}$$

که در اینجا (A_i)، نقشهٔ نهایی به دست آمده از جمع تمامی شاخص‌ها (X_j)، در اوزان (w_j) مربوط به آن‌ها است. در این روش پس از استاندارد سازی تمامی معیارها به صورت نرمال (۰ تا ۱)، هر کدام از معیاره در وزن متعلق به آن‌ها ضرب می‌شود و در نهایت تمامی نقشه‌های معیارهای موزون با یکدیگر جمع می‌شوند (عشورنژاد و دیگران، ۱۳۹۰؛ فیضی‌زاده و دیگران، ۱۳۹۱).

آنالیز خوشه‌بندی خاکستری(GCA)

خوشه‌بندی خاکستری یکی از اجزاء تئوری خاکستری است. این روش بر پایهٔ توابع سفیدکننده[2] ارزش‌های خاکستری قرار گرفته است. آنالیز خوشه‌بندی خاکستری یک روش آماری خاکستری بوده که به بررسی ارزش شاخص‌های مورد بررسی مربوط به اهداف مورد نظر در طبقات خاکستری (طبقات از پیش تعیین شده براساس ترجیحات نخبگان) می‌پردازد و در آخر نیز در مورد تعلق این اهداف به هرطبقه قضاوت و تصمیم‌گیری می‌کند. به طور خلاصه ایدهٔ اساسی تئوری خاکستری را می‌توان این گونه بیان کرد که با تمرکز بر اطلاعات جزئی یا محدود موجود درباره یک سیستم، تلاش می‌شود که تصور کلی سیستم تجسم شود. در واقع در این روش n نمونه مورد نظر با نماد (j) با استفاده از m شاخص مورد بررسی با نماد (i) در p طبقه خاکستری با نماد (k) قرار می‌گیرد (فرجی سبکبار و دیگران، ۱۳۹۱؛ ملکیان و دیگران، ۱۳۹۲؛ میرزایی ترک و دیگران، ۱۳۹۲؛ فرجی سبکبار و دیگران، ۱۳۹۲؛ عشورنژاد و عباسپور، ۱۳۹۲؛ Faraji (Sabokbar et al, 2013.

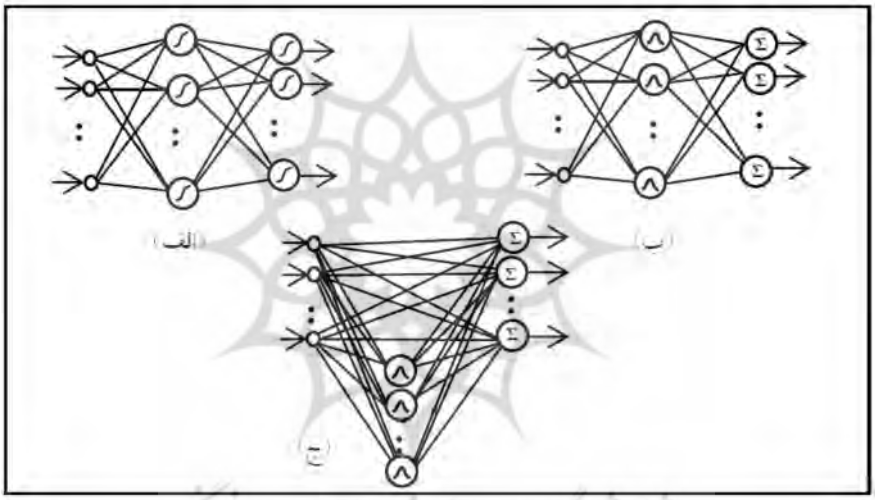
1. Whitening function

منطق فازی(Fuzzy Logic)

بر اساس نظریهٔ فازی مجموعه‌ها، یک مجموعه فازی زیر مجموعه‌ای است که مقدار عضویت عناصر آن در مجموعه اصلی با توجه به یک تابع عضویت حد واسط بین صفر و یک باشد. مقدار درجه عضویت هر کلاس و واحد مکانی بر اساس نظرات کارشناسی و استفاده از دانش داده‌ای تعیین می‌شود. سپس با استفاده از عملگرهای فازی عملیات تلفیقی مورد نظر انجام می‌شود. پنج عملگر فازی به نام اشتراک فازی، اجتماع فازی، ضرب فازی، جمع فازی و فازی گاما برای تلفیق مجموعه‌ی فاکتورها مورد استفاده قرار می‌گیرند که در نهایت با اعمال عملگرهای فازی واحدهای مکانی نقشه خروجی حاوی درجه عضویت خواهند بود (فرهودی و دیگران، ۱۳۸۴؛ پوراحمد و دیگران، ۱۳۸۶؛ شاد و دیگران، ۱۳۸۸، محمدی و دیگران، ۱۳۹۱؛ ملکیان و دیگران، ۱۳۹۲؛ فرجی سبکبار و دیگران، ۱۳۹۲).

شبکه عصبی RBFLN

Looney (2002) ساختار تغییر یافته‌ای از RBFNN را به نام RBFLN معرفی کرد. اختلاف اساسی RBFLN با RBFNN وجود خطوط رابط اضافی است که مستقیم لایهٔ ورودی را به لایهٔ خروجی وصل می‌کنند (شکل ۲).



شکل ۲. سه نوع شبکه عصبی پیشخور الف) یک شبکه پرسپترون چند لایه‌ای (MLP)، ب) یک شبکه عصبی با تابع شعاعی(RBFNN)، ج) یک شبکه RBFLN

منبع: بهنیا، ۱۳۸۵در نتیجه RBFLN گذشته از مدل غیر خطی RBFNN، شامل یک مدل خطی اضافی نیز است. این خطوط و وزن‌های اضافی، کار قسمت خطی تبدیل ورودی-خروجی را انجام می‌دهد و در نتیجه نیازی نیست که این قسمت توسط بخش غیرخطی به تقریب محاسبه شود. یادگیری کامل RBFLN شامل دو مرحله است: اول تشکیل اولیه مراکز، پارامترهای انتشار و وزن‌ها و دوم اصلاح پارامترها و وزن‌ها برای کمینه کردن خطای کل مجموع مربع‌ها(TSSE) که جمع کل خطاهای SSE بخشی است (بهنیا، ۱۳۸۵؛ عشورنژاد و عباسپور، ۱۳۹۲؛Corsini et al, 2009).

شبکه عصبی PNN

شبکه عصبی احتمالی یک نوع خاص از شبکه‌های عصبی پیش‌خور[1] بر اساس توابع پایه شعاعی[2] هستند. با اعمال تغییراتی اندک می‌توان از شبکه‌های RBF برای تخمین توابع چگالی احتمالی هر کدام از کلاس‌های الگو استفاده نمود. با انجام این کار، دسته‌بندی الگوها با احتمال موفقیت بالایی صورت خواهد گرفت. در واقع PNN همانند RBF، ساختاری ثابت است؛ بنابراین، شبکه PNN شامل یک لایه ورودی، یک لایه پنهان و یک لایه خروجی است. لایه ورودی صرفا یک لایه توزیع است و هیچ پردازشی در این لایه انجام نمی‌شود. لایه پنهان، لایه الگو نامیده می‌شود. تمامی نرون‌ها لایه پنهان، نوعی تابع فعال‌سازی دارند که معمولاً به شکل توابع پایه شعاعی و از نوع گاوسی انتخاب می‌شود (جهانبخشی و دیگران، ۱۳۹۰).

1. Feed-Forward
2. Radial Bases

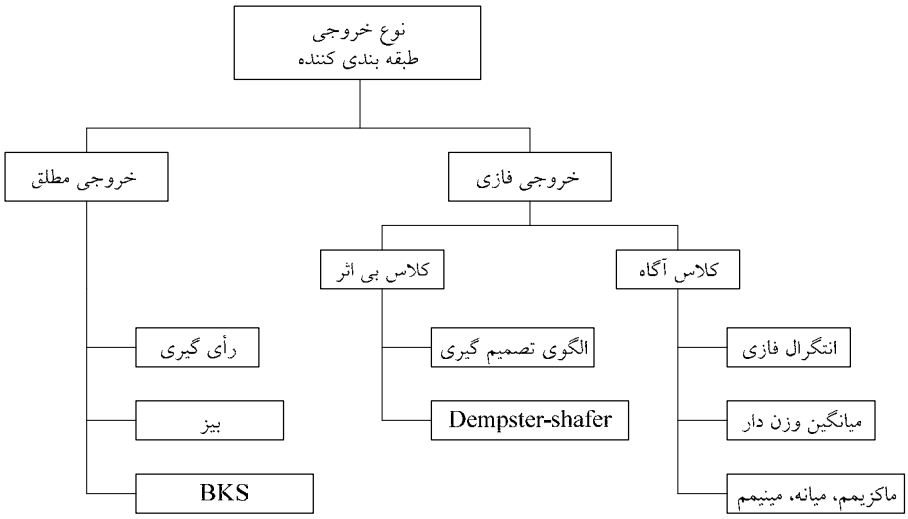
خوشه‌بندی فازی (Fuzzy Clustring)

داده‌های دنیای واقعی تقریباً هرگز در گروه‌های واضح و مشخص مرتب نمی‌شوند. در عوض خوشه‌ها به طور نادرستی به عنوان مرزهایی که با داده‌های فضایی همراه هستند و اغلب دارای همپوشی فضایی در خوشه‌های احاطه شده می‌باشند، تعریف می‌شوند. خوشه‌بندی فرایند دسته‌بندی اشیا در گروه‌های همگن می‌باشد به‌طوری که اشیا هرگروه بیشترین شباهت را به هم و بیشترین اختلاف را نسبت به سایرگروه‌ها داشته باشند. در پهنه‌بندی، کلاس‌ها و خصوصیات آن‌ها از قبل مشخص می‌باشد؛ ولی خوشه‌بندی یک فرایند نظارت نشده است و از قبل هیچ گونه الگویی وجود ندارد و داده‌ها براساس شباهت به گروه‌ها و زیرگروه‌ها تقسیم می‌شوند. از لحاظ تئوری خوشه‌بندی فازی بهترین راه حل برای وضعیتی که مرزهای بین خوشه دقیق نیستند می‌باشد (silver and shomoish, 2007).

ادغام در سطح تصمیم‌گیری

ادغام و ترکیب داده‌های مختلف به منظور دستیابی به اطلاعات جدید که حاوی جنبه‌های اطلاعاتی مفید در هر یک از داده‌های اولیه باشد، جایگاه ویژه‌ای دارد. یکی از زمینه‌های کاربردی اصلی مبحث ادغام داده‌ها در ترکیب داده‌های حاصل از سنجنده‌های سنجش از دور است و در تحقیقات اندکی به کاربرد این روش‌ها در زمینهٔ تلفیق خروجی مدل‌های گوناگون در یک سامانه اطلاعات جغرافیای (GIS) می‌پردازد. به طور کلی، ادغام داده‌ها می‌تواند در یکی از سطوح سیگنال، پیکسل، ویژگی و سطح تصمیم‌گیری صورت پذیرد (صمدزادگان و دیگران،۱۳۹۳: ۳۳). در این بین ادغام در سطح تصمیم‌گیری به عنوان بالاترین سطح از ادغام داده‌ها مطرح می‌شود. در این سطح از ادغام پس از آنالیز هر یک از داده‌های ورودی و اتخاذ تصمیمات، با استفاده از الگوریتم منطقی یا آماری مناسب، تصمیمات اتخاذ شده با یکدیگر ادغام می‌شوند. هدف از این نوع ادغام استفادهٔ همزمان از تصمیمات چندین طبقه‌بندی کنندهٔ متفاوت و ادغام نتایج آن‌ها به منظور ایجاد نتیجه‌ای است که هیچ یک از طبقه‌بندی کننده‌های انفرادی قادر به ایجاد آن نیست. این سطح از جمله سطوحی است که تلفیق نتایج حاصل از روش‌های مختلف پهنه‌بندی در GIS را امکان‌پذیر می‌سازد (همان: ۱۴۷).

روش‌های ادغام در سیستم‌های طبقه‌بندی کنندهٔ چندگانه، بر اساس نوع خروجی به دو گروه تقسیم می‌شوند: روش‌های مبتنی بر خروجی مطلق و روش‌های مبتنی بر خروجی فازی. شکل (۳) گروه‌بندی روش‌های ادغام در سیستم‌های طبقه‌بندی کنندهٔ چندگانه را بر اساس نوع خروجی طبقه‌بندی کننده نمایش می‌دهد (همان: ۱۶۲).



شکل۳. تقسیم‌بندی روش‌های ادغام در سیستم‌های طبقه‌بندی کنندهٔ چندگانه
منبع: صمدزادگان و دیگران،۱۳۹۳

روش رأی‌گیری یکی از پرکاربردترین روش‌های مطرح در ادغام طبقه‌بندی کننده‌های با خروجی مطلق است. در این روش با تصمیم هر طبقه‌بندی کننده به صورت یک رأی برخورد می‌شود. ساده‌ترین حالت این روش، حداکثر رأی نام دارد. در این روش اگر همهٔ طبقه‌بندی کننده‌ها وزن و دقت یکسانی داشته باشند، تصمیم تمام طبقه‌بندی کننده‌ها برای یک نمونهٔ ورودی، با وزن یکسان در نظر گرفته شده و تصمیم با بیشترین رأی به عنوان کلاس برنده برای نمونه معرفی می‌شود (همان: ۱۶۳).

روش‌های رتبه‌بندی چند شاخصه

در سال‌های اولیهٔ گسترش روش‌های MADM به چگونگی انتخاب روش‌ها توجه خاصی نمی‌شد؛ اما امروزه واضح است که یک انتخاب نادرست می‌تواند نتایجی مانند احتمال دستیابی به پاسخ غیر بهینه، صرف زمان و منابع مالی بیش از اندازه و منصرف شدن کاربران بالقوه از MADM را در برداشته باشد. به همین دلایل، محققان در سال‌های اخیر مدل‌هایی را برای انتخاب روش تصمیم‌گیری مناسب طراحی کرده‌اند. به طور خلاصه می‌توان مواردی همچون سهولت استفاده، تفسیر پارامترها، پایداری نتایج، میزان تعامل کاربر با مدل و سهولت درک نتایج را به عنوان معیارهای مقایسهٔ میان روش‌های MADM نام برد.

مدل‌های مختلفی در سال‌های اخیر برای انتخاب بهترین روش ارائه شده است که در این مطالعات روش PROMETHEE همواره به عنوان یکی از بهترین روش‌های تصمیم‌گیری شناخته شده است. روش PROMETHEE یکی از روش‌های پشتیبان تصمیم‌گیری است که موجب ایجاد تحول در روش‌های رتبه‌بندی شده است. این روش بدون نیاز به اطلاعات بیش از اندازه و گیج کننده و با کاربردی آسان، نتایج پایدار و قابل فهم ایجاد می‌کند.

سهولت استفاده برای کاربر، امکان تفسیر پارامترها (دسته‌بندی شاخص‌ها و گزینه‌ها)، پایداری نتایج در مقایسه با اغلب روش‌های دیگر، امکان تحلیل حساسیت به صورت ساده و سریع، امکان استفاده از طرح گرافیکی مدلسازی GAIA، امکان پشتیبانی تصمیم‌های گروهی، امکان در نظر گرفتن محدودیت‌های مختلف در بهینه‌سازی تصمیم و تعادل نسبی در دقت و سرعت تصمیم‌گیری از مزایای فراوان روش PROMETHEE نسبت به سایر روش‌های شناخته شده دیگر است (اصغری‌زاده، نصرالهی، ۱۳۸۶: ۷۱).

الگوریتم TOPSIS یک روش تصمیم‌سازی بسیار تکنیکی و قوی برای اولویت‌بندی گزینه‌ها از طریق شبیه نمودن به جواب ایده آل است. در این روش، گزینهٔ انتخاب شده بایستی کوتاهترین فاصله را از

جواب ایده آل و دورترین فاصله را از ناکارآمدترین جواب داشته باشد. از دیگر محاسن این روش تلفیق و ترکیب شاخص‌های کمّی و کیفی جهت تصمیم‌سازی است. یکی دیگر از مزایای بارز این منطق تصمیم‌سازی، متمایز ساختن و اهمیت دادن به کلیهٔ شاخص بر اساس شاخص‌های هزینه و سود است. روش‌های مبتنی بر نقطهٔ ایده آل، رتبه‌بندی و اطلاعات کاملی را در رابطه با فاصلهٔ نسبی هر گزینه نسبت به نقطه ایده‌آل به دست می‌دهند. در رویکرد مبتنی بر نقطه ایده آل، یک گزینه به عنوان یک دستهٔ تفکیک‌ناپذیر از صفات مورد توجه قرار می‌گیرد و بر همین اساس بی‌معنی خواهد بود که وابستگی را به صورت مجزا مورد بحث قرار داده و به ارزیابی ارزش‌ها و وابستگی ترجیحی پرداخته شود. تا زمانی که آزمون یا بازبینی وابستگی در میان صفات مشکل باشد، این موضوع باعث می‌شود روش‌شناسی مبتنی بر نقطه ایده‌آل به عنوان یک رویکرد جذاب در مسائل تصمیم‌گیری در آید. این حالت در وضعیت‌هایی بر مسائل تصمیم‌گیری فضایی که اغلب شامل وابستگی متقابل پیچیده در بین صفات هستند، به طور ویژه‌ای صدق می‌کند (اصغرپور، ۱۳۸۹؛ احمدپور و دیگران، ۱۳۸۸؛ رامشت و عرب عامری، ۱۳۹۰؛ مالچفسکی، ۱۳۹۰: ۳۷۸).

روش ELECTRE از روش‌های مبتنی بر همایی بر پایهٔ مقایسه دو به دو گزینه‌ها است. مزیت‌های روش‌های مبتنی بر همایی را می‌توان در توانایی در نظر گرفتن معیارهای عینی و ذهنی و نیز نیاز داشتن به حداقل اطلاعات از سوی تصمیم‌گیر عنوان کرد. عیب اصلی وارد بر این روش‌ها در آن است که ممکن است حصول به رتبه‌بندی کامل از گزینه‌ها عملی نباشد. باید به این نکته نیز اعتراف کرد که روش‌های مبتنی بر همایی یک رتبه‌بندی ترتیبی (و در بعضی مواقع تنها یک مرتب‌سازی جزیی از گزینه‌ها) را به دست می‌دهند (کزازی و دیگران، ۱۳۹۰؛ مالچفسکی، ۱۳۹۰: ۳۷۸؛ Buchanan et al,1999; Wang et al, 2008).

روش ORESTE هم در مواردی از یک مسأله تصمیم‌گیری چند شاخصه مورد استفاده قرار می‌گیرد که هدف، رتبه‌بندی m گزینه بر اساس k شاخص باشد و برای هر یک از شاخص‌ها یک ترتیب ضعیف روی مجموعهٔ گزینه‌ها تعریف و اهمیت نسبی (وزن) هر شاخص نیز با یک ترتیب ضعیف دیگر بیان گردد. این روش ابزاری را فراهم می‌کند که قادر است در نهایت گزینه‌های تصمیم را به طور کامل رتبه‌بندی نموده و تعارضات میان گزینه‌ها را نشان دهد (محامدپور و اصغری‌زاده، ۱۳۸۷؛ Isabelle et all, 2002؛ Pastijn et all, 1989).

تکنیک MAPPAC یک شیوه رتبه‌بندی چند هدفه است. این تکنیک از دو پیش رتبه‌بندی کامل تشکیل می‌شود که قسمت مشترک رتبه‌بندی نهایی را تشکیل می‌دهد. ویژگی اصلی تکنیک MAPPAC در بیان شاخص رتبه‌بندی چندمعیاره مبتنی بر اندازه‌گیری نزدیکترین راه حل ایده‌آل جهت طبقه‌بندی گزینه‌ها است (Matarazzo,1986; Martel and Matarazzo, 2005; Erdal Dincer, 2011).

یافته‌های تحقیق

از آنجاکه صحت و دقت یک مدل کاربردی تنها در مرحلهٔ اجرا مشخص می‌شود؛ لذا تلاش شد تا الگوی ارائه شده در این پژوهش در دنیای واقعی نیز اجرا شود. بر همین اساس، این مدل با پهنه‌بندی اقتصادی شهر تهران و شناسایی مکان‌های بهینهٔ مناسب استقرار شعب و خدمات بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری در این شهر مورد ارزیابی قرار گرفت.

بخش اول: شناسایی پهنه‌های بهینهٔ اولیه با استفاده از پهنه‌بندی حاصل از روش‌های عینی و ذهنی

در نخستین گام معیارها و عوامل تأثیرگذار در پهنه‌بندی و مکانیابی بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری تعیین گردید. در این مرحله از مطالعات پیشین جهت تدوین اولیهٔ معیارها و عوامل و جهت تکمیل از نظرات کارشناسان (روش دلفی در ۳ راند) در این زمینه استفاده شد (جدول ۱).

جدول ۱. عوامل مؤثر در شناسایی پهنه‌های بهینه اقتصادی و اوزان نهایی بدست آمده با استفاده از مدل ANP

معیار	حمل‌ونقل و ترافیک		خدمات و تسهیلات شهری				تقاضا/مصرف	
زیرمعیار	ترافیک	حمل‌ونقل	آموزشی و	اداری	تفریحی	بهداشتی و درمانی	جمعیت	اقتصادی و
وزن	۰,۲۰۰۴۵۰	۰,۱۴۳۷۸۸	۰,۰۴۰۸۲۵	۰,۰۶۳۸۰۳	۰,۰۲۳۵۰۲	۰,۰۹۸۵۷۷	۰,۱۷۱۵۳۴	۰,۲۵۷۵۲۱
لایه‌های مکانی مورد استفاده	تقاطع پرازدحام	ایستگاه مترو، ایستگاه اتوبوس‌های تندرو	دانشگاه، مدارس، کتابخانه، آموزشگاه‌های آزاد و مراکز فرهنگی	شهرداری، سفارتخانه، ادارات دولتی، دفتر اسناد	مجتمع‌های تفریحی، پارک، فضای سبز، تئاتر، سینما، باشگاه‌های ورزشی، هتل، مسافرخانه، موزه	بیمارستان، داروخانه، درمانگاه، کلینیک، آزمایشگاه، ساختمان پزشکان، اوژانس	تراکم جمعیت	فروشگاه‌های زنجیره‌ای، مراکز خرید، شرکت تعاونی، پمپ بنزین، بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری

منبع: نگارندگان

همچنین با توجه به شعاع بالقوه تأثیرگذاری هر کدام از معیارها (به جز معیار جمعیت) در یک ناحیهٔ مفروض، از مدلی که توسط کیتر ارائه گردیده است و در جدول (۲) نشان داده شده است، استفاده گردید. همانطور که مشاهده می‌شود، مدل ارائه شده بین شعاع بالقوه تاثیرگذاری و احتمال مراجعه یک مشتری، رابطهٔ معکوس را تعریف کرده است (فوکردی،۱۳۸۴: ۹۵-۹۴). همچنین از بلوک‌های جمعیتی با محاسبهٔ میزان تراکم هر بلوک برای شاخص جمعیت استفاده شد.

جدول ۲. شعاع اثرگذاری معیارها در یک محدودهٔ فرضی

شعاع تأثیرگذاری	۰ تا ۵۰ متر	۵۰ تا ۱۰۰ متر	۱۰۰ تا ۲۰۰ متر	۲۰۰ تا ۴۰۰ متر	۴۰۰ تا ۸۰۰ متر	۸۰۰ تا ۱۶۰۰ متر	۱۶۰۰ به بالا
احتمال مراجعه	۱	۱ تا ۰/۸	۰/۸ تا ۰/۶	۰/۶ تا ۰/۴	۰/۴ تا ۰/۲	۰/۲ تا ۰/۱	۰/۱ تا ۰

منبع: فوکردی،۱۳۸۴

جهت تلفیق عوامل و معیارهای مؤثر شناسایی شده با هر سه روش تلفیق ذهنی (روش جمع سادهٔ وزنی(SAW) آنالیز خوشه‌بندی خاکستری (GCA) و منطق فازی) از فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) به منظور دستیابی به میزان اهمیت (وزن) این عوامل استفاده شد (جدول ۱). همچنین از روش DEMATEL جهت تشکیل ساختار شبکه در فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده گردید.

در روش‌های مبتنی بر آموزش داده‌ها بر خلاف روش‌های جمع سادهٔ وزنی (SAW) و آنالیز خوشه‌بندی خاکستری (GCA) و منطق فازی که اهمیت معیارها بر اساس روش‌های ذهنی مشخص می‌شدند، این نقاط تعلیمی هستند که میزان اهمیت معیارها را مشخص می‌کنند. هر سه روش عینی (RBFLN، PNN و Fuzzy Clustring) احتیاج به دو سری نقاط آموزشی دارد. سری اول نقاطی هستند که نشان دهندهٔ حضور عوارض یا شرایط پیش‌بینی شده هستند (در این تحقیق از شعب نمونه بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری شهر تهران استفاده شد). سری دوم نقاطی هستند که نبود این عوارض را نشان می‌دهد. در این مطالعه، از ۶۹ شعبه نمونهٔ شناسایی شده به عنوان نقاط سری اول و ۳۴ نقطه غیر بهینه به عنوان نقاط سری دوم استفاده گردید.

در ادامهٔ کار، روش‌های ذهنی (SAW، GCA و Fuzzy Logic) و عینی (RBFLN، PNN و Fuzzy Clustring) برای پهنه‌بندی (غربالگری) منطقهٔ مورد مطالعه استفاده شدند (شکل ۴) و نتایج آن‌ها بر اساس ارزیابی به عمل آمده با هم مقایسه شدند. با توجه به موضوع تحقیق، میزان تراکم مؤسسات بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری موجود در شهر تهران به

عنوان معیار ارزیابی مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۳).

بدینگونه که پهنه‌بندی حاصل از روش تلفیق SAW بر اساس انحراف معیار به ۶ کلاس تقسیم شد (شکل ۴). کلاس ۱، به عنوان مطلوبترین کلاس جهت استقرار شعب جدید بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری است و دیگر کلاس‌ها به ترتیب در درجات اهمیت پایین‌تر اقتصادی قرار دارند.

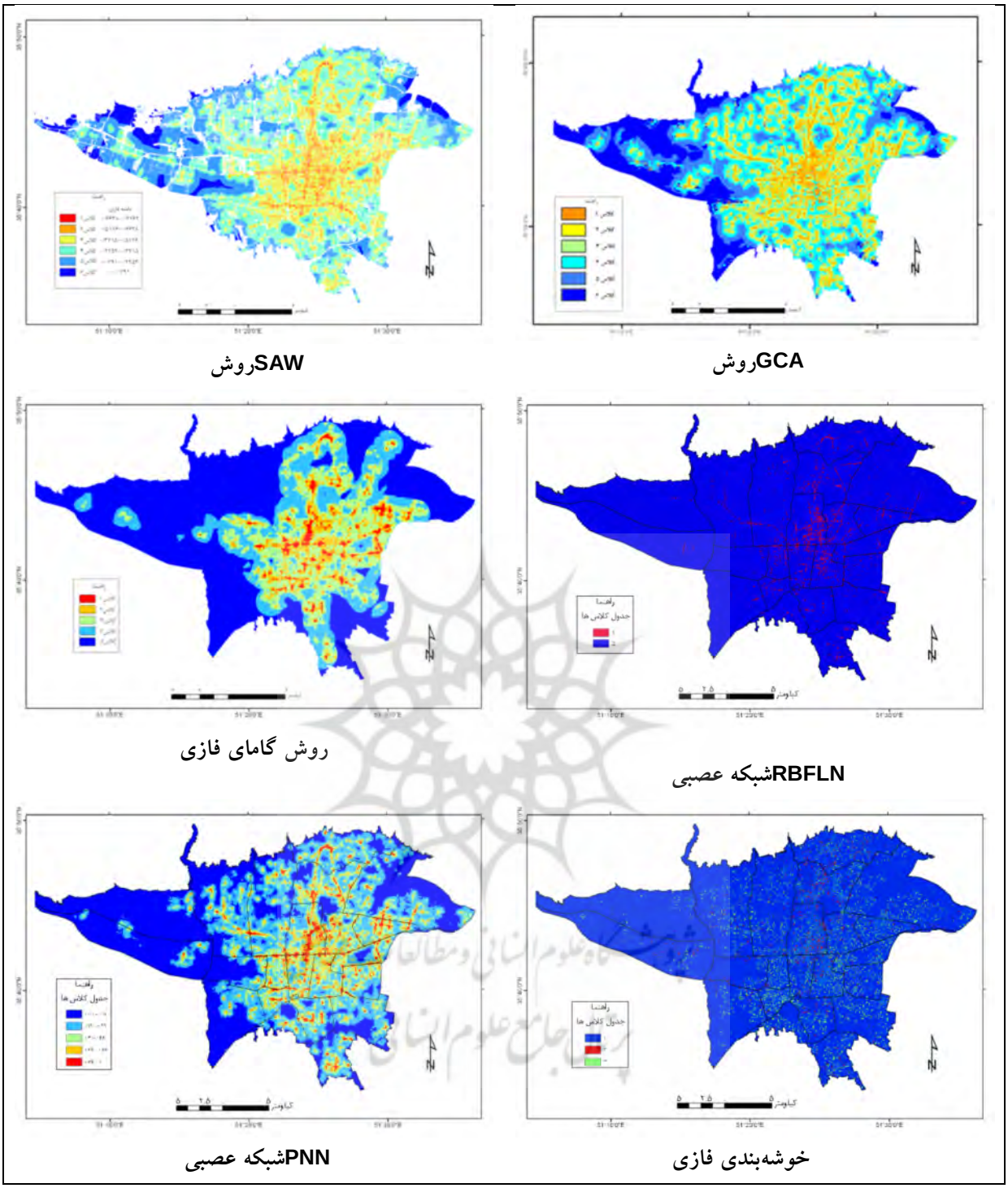
در خصوص روش GCA خوشه‌بندی در ۶ دسته صورت گرفت (شکل ۴). به طوری که کلاس ۱ به عنوان مطلوبترین کلاس اقتصادی جهت استقرار فعالیت‌های اقتصادی و تجاری بویژه استقرار شعب و به دنبال آن ارائهٔ خدمات وتسهیلاتشان (دستگاه های خودپرداز) است.

در خصوص پهنه‌بندی اقتصادی شهر تهران با منطق فازی از ضرایب گوناگون گاما در محیط GIS استفاده شد. به منظور ارزیابی ویژگی‌های اقتصادی منطقه و ارزیابی نتایج حاصل از هر کدام از ضرایب گاما، نتایج بدست آمده از هر معیار بر اساس انحراف معیار به ۴ تا ۵ کلاس تقسیم شد. نتایج، از عملکرد بهتر گامای فازی با ضریب ۰/۸ نسبت به سایر ضرایب حکایت می‌کند (شکل ۴).

نتایج RBFLN نقشه‌های ۲ کلاسه با دفعات تکرار ۸۰۰ بار مناسب‌ترین طبقه‌بندی با محدودهٔ خروجی ۱ – ۰ ارائه داده است و در نقشه‌های چند کلاسهٔ ورودی شاهد طبقه‌بندی ضعیفی هستیم. نتایج حاصل از شبکه RBFLN دو کلاسه با دفعات تکرار ۸۰۰ بار به عنوان مناسب‌ترین کلاس برای نقشه‌های نشانگر ورودی بر اساس شکست طبیعی (Natural Break) به ۲ کلاس تقسیم شد (شکل ۴). کلاس ۱، به عنوان مطلوبترین کلاس جهت استقرار شعب جدید بانک است و کلاس ۲ در درجهٔ اهمیت پایین‌تر اقتصادی قرار دارد.

نتایج شبکه عصبی احتمالی (PNN) نشان‌دهندهٔ پایین بودن میزان خطای یادگیری و طبقه‌بندی در نقشه‌های ۸ کلاسه است که نتایج ارزیابی مدل، بر اساس تراکم مؤسسات مالی و اعتباری موجود در شهر تهران برای هر کدام از نقشه‌های نشانگر ورودی نیز تأییدکنندهٔ این موضوع است. به منظور ارزیابی ویژگی‌های اقتصادی منطقه و ارزیابی نتایج شبکه عصبی احتمالی (PNN)، نتایج به‌دست آمده از هر معیار بر اساس انحراف معیار به ۵ کلاس تقسیم شد (شکل ۴).

خوشه‌بندی فازی سومین روش عینی مورد استفاده در پهنه‌بندی شهر تهران است (شکل ۴). روش مورد نظر نقشه‌های ۲ کلاسه را در ۳ خوشه، نقشه‌های ۴ کلاسه را در ۶ خوشه و نقشه‌های ۸ کلاسه را در ۹ خوشه قرار داده است. میزان اعتبار خوشه‌بندی به ترتیب برابر با ۱/۰۹۱، ۰/۵۶۵ و ۰/۹۹۶ است. نزدیک بودن این مقدار به صفر از خوشه‌بندی مناسب‌تر حکایت می‌کند. نتایج ارزیابی مدل برای هر کدام از خوشه‌های نقشه‌های نشانگر، بر اساس تراکم مؤسسات مالی و اعتباری موجود در شهر تهران نشان دهندهٔ تراکم بالای نقشه‌های نشانگر دو کلاسه در خوشه یک است.



شکل ۴. نقشه‌های پهنه‌بندی اقتصادی شهر تهران با روش‌های ذهنی و عینی

منبع: نگارندگان

نتایج ارزیابی بیانگر آن است که هر سه روش عینی (RBFLN، PNN و Fuzzy Clustring) نسبت به سه روش ذهنی (SAW، GCA و Fuzzy Logic) عملکرد بهتری داشته‌اند. بر اساس جدول (۳) ابتدا شبکه عصبی RBFLN با تراکمی برابر با ۱۵۵/۱۲، سپس خوشه‌بندی فازی با تراکمی برابر با ۱۲۴/۹۴ و شبکهٔ عصبی PNN با تراکمی برابر با ۱۱۰/۳۶ در کلاس ۱ عملکرد بهتری از خود نشان داده‌اند و روش‌های SAW، GCA و Fuzzy Logic (گامای فازی) با تراکم‌هایی برابر با ۱۰۸/۵۶، ۸۷/۴۹ و ۷۶/۷۷ در مرتبه‌های بعدی قرار دارند.

جدول ۳. نتایج ارزیابی روش‌های ذهنی و عینی در پهنه‌بندی اقتصادی شهر تهران بر اساس میزان تراکم بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری موجود در شهر تهران

کلاس	پارامترهای اندازه‌گیری شده	روش‌های ذهنی			روش‌های عینی		
		SAW	GCA	Fuzzy Gamma	RBFLN	PNN	Fuzzy Clustring
۱	(کیلومتر مربع) مساحت	۰/۵۶	۳۷/۸۰	۱۳/۱۳	۱۶/۸۵	۱۵/۶۶	۵/۹۹
	تعداد مؤسسات مالی و اعتباری	۶۱	۳۳۰۷	۱۰۰۸	۲۶۱۳	۱۷۲۹	۷۴۸
	تراکم در کیلومتر مربع	۱۰۸/۵۶	۸۷/۴۹	۷۶/۷۷	۱۵۵/۱۲	۱۱۰/۳۶	۱۲۴/۹۴
۲	مساحت(کیلومتر مربع)	۳۵/۵۲	۵۸/۸۸	۴۹/۲۶	۵۹۵/۷۹	۴۱/۵۵	۲/۶۱
	تعداد مؤسسات مالی و اعتباری	۲۳۳۴	۱۸۲	۱۶۴۶	۱۷۷۹	۱۴۶۹	۲۴۵
	تراکم در کیلومتر مربع	۶۵/۷۱	۳/۰۹	۳۳/۴۱	۲/۹۹	۳۵/۳۵	۹۳/۹۹
۳	مساحت(کیلومتر مربع)	۱۶۴/۸۶	۱۳۴/۷۹	۱۱۵/۴۸	–	۹۴/۷	۶۰۴/۰۴
	تعداد مؤسسات مالی و اعتباری	۱۸۵۴	۲۷۳	۸۸۰	–	۷۹۲	۳۳۹۹
	تراکم در کیلومتر مربع	۱۱/۲۵	۲/۰۳	۷/۶۲	–	۸/۳۶	۵/۶۳
۴	مساحت(کیلومتر مربع)	۲۰۵/۴۹	۱۵۴/۱۱	۱۱۸/۱۶	–	۱۷۸/۲۶	–
	تعداد مؤسسات مالی و اعتباری	۱۳۴	۳۶۰	۱۳۵	–	۱۹۲	–
	تراکم در کیلومتر مربع	۰/۶۵	۲/۳۴	۱/۱۴	–	۱/۰۷	–
۵	مساحت(کیلومتر مربع)	۱۳۵/۴۴	۸۱/۵۳	۳۱۶/۶۱	–	۱۶۴/۱۶	–
	تعداد مؤسسات مالی و اعتباری	۹	۱۵۷	۷۲۳	–	۳۲	–
	تراکم در کیلومتر مربع	۰/۰۷	۱/۹۳	۲/۲۸	–	۰/۱۹	–
۶	مساحت(کیلومتر مربع)	۴۷/۹۳	۱۲۲/۶۹	۴۹/۲۶	–	–	–
	تعداد مؤسسات مالی و اعتباری	۰	۱۱۳	۱۶۴۶	–	–	–
	تراکم در کیلومتر مربع	۰	۰/۹۲	۳۳/۴۱	–	–	–

منبع: نگارندگان

با توجه به قابل قبول بودن نتایج ارزیابی هر کدام از روش‌های پهنه‌بندی، از تمامی نتایج حاصل از این روش‌ها برای تلفیق نهایی استفاده شد. با توجه به ماهیت گسسته (مطلق) نتایج روش‌های آنالیز خوشه‌بندی خاکستری و خوشه‌بندی فازی، نتایج سایر روش‌ها (جمع ساده وزنی (SAW)، منطق فازی (عملگر گاما)، شبکه‌های عصبی RBFLN و شبکه عصبی PNN) پس از گسسته‌سازی با استفاده از روش رأی‌گیری با یکدیگر تلفیق شدند. در این روش پهنه‌هایی که حداکثر رأی را در کلاس یک به خود اختصاص دادند، به عنوان پهنه‌های بهینهٔ اولیه شناخته می‌شوند (جدول ۴).

بخش دوم: رتبه‌بندی پهنه‌های بهینهٔ شناسایی شده به منظور اولویت در استقرار مراکز خدمات و تسهیلات

در بخش دوم، پهنه‌های مناسب شناسایی شده در بخش اول به وسیلهٔ روش رتبه‌بندی چند شاخصه ELECTRE، ORESTE، MAPPAC III،

PROMETHEE و TOPSIS بـا پارامترهـای کیفـی حاصل از مشاهدات میـدانی ایـن پهنـه‌هـا (جـدول ۴) جهـت سـرمایه‌گـذاری در اسـتقرار شـعب بانـک‌هـا و مؤسسات مالی و اعتباری اولویت‌بندی گردیدند (جدول ۵).

این پارامترها عبارتند از:

- آیا رفت و آمد عمـومی در محـدودهٔ مـورد بررسـی قابل توجه است؟ (C1)
- محدودهٔ مورد نظر از نظر قرار گیری مراکز تجاری و خرید و فروش در چه وضعیتی قرار دارد؟ (C2)
- محدودهٔ مورد نظر از نظر ترافیکـی (قـرارگیـری در تقاطع اصلی، میادین اصـلی، چهـارراه و ویژگـی معبـر (یک طرفه و دو طرفه) چه ویژگی دارد؟ (C3)
- محدودهٔ مورد نظر در دسترسی به تسـهیلات ارائـه دهندهٔ خدمات شهری چه ویژگی دارد؟ (C4)
- محدودهٔ مورد نظر از لحاظ امنیتی چه ویژگی دارد؟ (C5)
- آیا در محدودهٔ مورد نظر امکان پارک کـردن وجـود دارد یا در نزدیکـی آن پارکینـگ عمـومی وجـود دارد؟ (C6)
- آیا در محدودهٔ مورد بررسی بانک‌های دیگـری نیـز فعال هستند؟ (C7)

نتایج حاصل از رتبه‌بندی اقتصادی بـا روش ORESTE میدان تجـریش، انقـلاب و ۱۵ خـرداد را در رتبـهٔ اول، میدان امام حسین را در رتبهٔ دوم و میدان امام خمینی (ره) را در جـای سـوم قـرار داده اسـت. در روش MAPPAC نتـایج خوشـه‌بنـدی، همانـند روش ORESTE اسـت. در روش ELECTRE III نتـایج به‌دست آمده با نتایج دو روش قبلی بـا انـدکی تفـاوت همراه بوده است. در این روش میدان امام خمینی (ره) در رتبه اول، میدان تجریش، انقلاب و ۱۵ خـرداد را در رتبه دوم و سپس میدان امام حسین در رتبهٔ سوم قـرار دارد. نتایج روش PRPMETHEE هم با اندکی تفـاوت نتایجی مشابه روش ORESTE را نشـان مـی‌دهـد. در میان نتـایج بدسـت آمـده روش TOPSIS رتبـه‌بنـدی مجزاتری از گزینه‌ها ارائه داده است که جـدول (۵) بـه خوبی این تفاوت در نتایج را نسـبت بـه سـایر روش‌هـا نشان می‌دهد. همچنین رتبـه‌بنـدی نهـایی بـر اسـاس نتایج حاصل از پنج روش فوق با میانگین‌گیری از نتایج آن‌ها به‌دست آمد (جدول ۵).

جدول۴. ماتریس تصمیم‌گیری حاصل از مشاهدات میدانی پهنه‌های مناسب استقرار بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری شهر تهران

منطقه	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
میدان تجریش	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۸	۱۰
میدان ونک	۹	۱۰	۱۰	۹	۸	۸	۱۰
فلکه دوم بخارایی	۶	۵	۷	۷	۷	۹	۷
میدان فاطمی و تقاطع خیابان فاطمی و خیابان ولیعصر	۹	۹	۹	۸	۹	۸	۱۰
میدان ولیعصر	۹	۱۰	۱۰	۸	۸	۹	۱۰
میدان توحید	۸	۸	۹	۹	۸	۹	۹
میدان انقلاب	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۸	۱۰
میدان جمهوری اسلامی	۸	۹	۸	۹	۸	۹	۷
میدان استاد معین	۷	۷	۷	۸	۷	۱۰	۷
میدان امام خمینی(ره)	۱۰	۸	۱۰	۱۰	۹	۹	۹
میدان منیریه	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸
میدان ۱۵ خرداد (تقاطع خیابان ۱۵ خرداد و خیابان خیام)	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۸	۱۰
میدان شمشمیری	۹	۹	۹	۷	۸	۹	۹
میدان مقدم	۷	۷	۷	۷	۷	۸	۷
چهارراه ولیعصر (تقاطع خیابان انقلاب و خیابان ولیعصر)	۹	۱۰	۹	۱۰	۱۰	۷	۱۰
تقاطع آیت الله مدنی و خیابان سبلان	۸	۸	۸	۷	۹	۸	۶
میدان خراسان	۹	۹	۹	۸	۸	۷	۸

میدان شهدا	۹	۹	۹	۱۰	۱۰	۸	۱۰
میدان امام حسین (ع)	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۹	۸	۱۰
تقاطع خیابان پیروزی و خیابان شیخ الرئیسی	۸	۷	۷	۹	۸	۹	۸
میدان بروجردی	۸	۷	۷	۷	۸	۸	۷
تقاطع خیابان پیروزی و خیابان نبرد و خیابان برادران افراسیابی	۹	۹	۸	۹	۸	۸	۹
تقاطع خیابان دماوند (تهران نو) و خیابان امامت و خیابان آیت	۸	۷	۷	۸	۸	۸	۶
تقاطع خیابان شهید داوود گلشن دوست و خیابان مسیل باختر و خیابان استاد حسن پناه	۴	۵	۵	۵	۷	۷	۵
میدان رسالت	۹	۸	۸	۹	۸	۸	۸
تقاطع خیابان رسالت و خیابان آیت	۸	۷	۸	۹	۸	۸	۷

منبع: نگارندگان

جدول ۵. نتایج اولویت استقرار بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری شهر تهران حاصل از تلفیق روش‌های ORESTE، MAPPAC، ELECTRE III، PROMETHEE و TOPSIS

مکان استقرار شعب بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری	ORESTE	MAPPAC	ELECTREE III	PROMETHEE	TOPSIS	رتبه نهایی
میدان تجریش	۱	۱	۲	۱	۱	**۱**
میدان انقلاب	۱	۱	۲	۱	۱	**۱**
میدان ۱۵ خرداد(تقاطع خیابان ۱۵ خرداد و خیابان خیام)	۱	۱	۲	۱	۱	**۱**
میدان امام حسین(ع)	۲	۲	۳	۲	۲	**۲**
میدان امام خمینی(ره)	۳	۳	۱	۳	۳	**۳**
میدان ولیعصر	۴	۴	۴	۵	۶	**۴**
میدان شهدا	۵	۵	۶	۴	۴	**۵**
چهارراه ولیعصر(تقاطع خیابان انقلاب و خیابان ولیعصر)	۶	۶	۴	۵	۷	**۶**
میدان ونک	۷	۷	۵	۶	۵	**۷**
میدان فاطمی و تقاطع خیابان فاطمی و خیابان ولیعصر	۸	۸	۷	۷	۸	**۸**
میدان شمشیری	۹	۹	۸	۸	۱۱	**۹**
میدان توحید	۱۰	۹	۸	۹	۱۰	**۱۰**
تقاطع خیابان پیروزی و خیابان نبرد و خیابان برادران افراسیابی	۱۱	۱۰	۸	۱۰	۹	**۱۱**
میدان رسالت	۱۲	۱۲	۸	۱۲	۱۲	**۱۲**
میدان جمهوری اسلامی	۱۳	۱۱	۸	۱۱	۱۴	**۱۳**
میدان خراسان	۱۳	۱۳	۸	۱۳	۱۳	**۱۴**
تقاطع خیابان پیروزی و خیابان شیخ الرئیسی	۱۴	۱۳	۸	۱۴	۱۶	**۱۵**
میدان منیریه	۱۵	۱۴	۸	۱۵	۱۵	**۱۶**
تقاطع خیابان رسالت و خیابان آیت	۱۶	۱۶	۸	۱۶	۱۷	**۱۷**
تقاطع آیت الله مدنی و خیابان سبلان	۱۷	۱۵	۸	۱۷	۱۸	**۱۸**
میدان استاد معین	۱۸	۱۵	۸	۱۸	۱۹	**۱۹**
تقاطع خیابان دماوند (تهران نو) و خیابان امامت و خیابان آیت	۱۹	۱۷	۸	۱۹	۲۰	**۲۰**
میدان بروجردی	۲۰	۱۷	۸	۲۰	۲۱	**۲۱**
فلکه دوم بخارایی	۲۱	۱۸	۸	۲۱	۲۳	**۲۲**
میدان مقدم	۲۲	۱۸	۸	۲۲	۲۲	**۲۳**
تقاطع خیابان شهید داوود گلشن دوست و خیابان مسیل باختر و	۲۳	۱۹	۸	۲۳	۲۴	**۲۴**

منبع: نگارندگان

نتیجه‌گیری

GIS با دخالت دادن فاکتورها و عوامل مؤثر مکانی نقش مهمی در تصمیم‌گیری‌ها دارد و به کمک آن انتخاب مکان‌های بالقوه و مستعد فعالیت‌های مختلف امکان پذیر میشود؛ اما نکاتی را باید همواره مورد توجه قرار داد تا اشتباه در تعیین مکان ضررهای جبران‌ناپذیری به دنبال نداشته باشد. در بیشتر موارد اشتباه در تعیین مکان هنگامی پیش می‌آید که تعریف درستی از آنچه از ما خواسته می‌شود، در دست نباشد؛ ولی اشتباهات دیگری همچون فقدان شرح دقیق عوامل و معیارهای تأثیر گذار، خطاهای احتمالی در کاربرد روش‌ها و روش‌های تصمیم‌گیری مکانی، عدم اولویت‌بندی (وزن‌دهی) مناسب به معیارهای تصمیم‌گیری و نبود اطلاعات دقیق و کافی در خصوص معیارهای مورد نظر وجود دارند که جهت دستیابی به نتایج بهینه باید مورد توجه قرار بگیرند.

با توجه به اهمیت معیارهای مکان‌یابی و نقشی که در اولویت‌بندی مناطق کاندیدا و انتخاب مکان مناسب دارند، لازم است نکاتی در نظر گرفته شوند. یکی از مراحل کلیدی در تصمیم‌گیری، تحلیل معیارهایی است که در تصمیم‌گیری تأثیرگذار هستند. یکی از کلیدی‌ترین و مهمترین مراحل در تحلیل معیارها، بررسی استقلال معیارها نسبت به یکدیگر است. در صورت وجود وابستگی بین معیارهای جبرانی (این معیارها سطوح و مقادیر مختلفی به خود می‌گیرند و بر اساس سطوح مختلف آن‌ها مطلوبیت یک نقطه تغییر می‌کند)، اثر یک عامل به جای یک معیار در چند معیار اعمال می‌گردد و در این صورت وقتی معیارهای وزن‌دهی شده با یکدیگر جمع جبری می‌شوند، آن عامل به طور غیر طبیعی وزن بیشتر از حد مورد انتظار پیدا می‌کند و تأثیرگذاری آن عامل در تصمیم‌گیری به‌طور ناخواسته افزایش می‌یابد. این امر باعث می‌شود که محاسبات انحراف غیر معقول به سمت یک معیار خاص داشته باشد که در این صورت از اعتبار محاسبات کاسته می‌شود و نتایج دور از واقعیت حاصل می‌شود.

بعد از لحاظ کردن نکات کلیدی در انتخاب معیارها، تعیین میزان اهمیت و یا به عبارتی وزن‌دهی به آن‌ها در روش‌های ذهنی صورت می‌گیرد. یکی از نکات مهم در این تحقیق اهمیت دقت در تعیین اوزان مربوط به هر کدام از معیارها در روش ذهنی می‌است که نقش مهمی در نتایج خروجی کار دارا می‌باشد. هر چه این اوزان با دقت بیشتری تعیین شود، نتایج کار به واقعیت نزدیک‌تر بوده و قابلیت اطمینان بالاتری خواهد داشت. در بسیاری از تحقیقات روش وزن‌دهی بدون توجه به ساختار معیارها انجام می‌گیرد. دست‌یابی به ساختار و میزان روابط میان معیارها نقش اساسی در تعیین روش وزن‌دهی دارد. از این رو روش DEMATEL با شناسایی روابط میان معیارها و با لحاظ کردن این روابط، نقش بسزایی در نزدیک کردن نتایج به واقعیت داراست. این نزدیکی به واقعیت زمانی حاصل می‌شود که روابط میان معیارها به درستی مشخص و از سوی متخصصین خبره صورت گرفته باشد. از آنجایی که روش‌های مبتنی بر مقایسهٔ زوجی میان معیارها به عنوان مناسب‌ترین روش‌های وزندهی شناخته شده‌اند، متناسب با ساختار استخراج شده از روش DEMATELروش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) برای وزن‌دهی به معیارها در روش ذهنی استفاده شد. جهت تلفیق این اوزان با نقشه‌های هر کدام از معیارها در روش ذهنی از ۳ روش SAW، GCA و Fuzzy Logic (گامای فازی) استفاده شد که در ادامه نقاط قوت و ضعف آن‌ها با توجه به نتایج تحقیق مطرح می‌شود.

روش جمع ساده وزنی (SAW) که در میان دو روش ذهنی دیگر بهترین میزان تراکم (۱۰۸/۵۶) را از نتایج ارزیابی کسب نموده است، یکی از متداولترین فنون مورد استفاده در تلفیق معیارها است. روش مبتنی بر SAW را می‌توان با استفاده از هر سیستم GIS دارای قابلیت همپوشی، عملیاتی کرد. این روش همچنین در هر دو محیط GIS شبکه‌ای (رستری) و برداری قابلیت اجرا دارد.

روش آنالیز خوشه‌بندی خاکستری (GCA) که در تلفیق معیارها در GIS به عنوان روش جدیدی مطرح است، با توجه به نتایج بدست آمده بعد از روش SAW قرار دارد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که مدل

خوشه‌بندی خاکستری با کمک گرفتن از توابع آنالیز GIS دارای دقت و سرعت قابل قبولی در زمینهٔ پهنه‌بندی و تصمیم‌گیری‌های گوناگون مکانی است.

در مقابل دو روش یاد شده منطق فازی (عملگر گامای فازی) نتایج ضعیف‌تری از خود ارائه داده است. این عملگر نیز که با تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب فازی و حساسیت خیلی کم عملگر جمع فازی توسعه یافته است، نتوانسته کارایی مناسبی در تلفیق عوامل در GIS از خود نشان دهد. از آنجایی که این منطق سازگاری بیشتری با توضیحات زبانی و بعضاً مبهم انسانی دارد، می‌تواند در تلفیق با روش‌های وزن‌دهی کارایی مناسبی از خود نشان دهد. این موضوع در صورت انتخاب متخصصان تقریباً هم سطح و با دانش و تخصص کافی در این مورد می‌تواند به نتایج قابل قبولی منجر شود.

در مقابل روش‌های ذهنی که مبتنی بر نظرات کارشناسان بوده‌اند، روش‌های عینی عملکرد بهتری در نتایج ارزیابی از خود نشان داده‌اند. در بین روش‌های عینی معرفی شده در این تحقیق (RBFLN، PNN وFuzzy Clustring)، شبکه عصبی RBFLN با بهترین میزان تراکم (۱۵۵/۱۲) نسبت به تمامی روش‌های ذهنی و عینی عملکرد بهتری در پهنه‌بندی اقتصادی فضای شهری داشته است. نتایج نشان داد که شبکه عصبی RBFLN می‌تواند در شناسایی مکان‌های بهینه مراکز مالی و تجاری استفاده شود و دست یافتن به نتایج مناسب مستلزم رعایت نکاتی است. نکته بسیار مهمی که در نتایج کار تأثیر گذار می‌است، عامل تعداد بردارهای ورودی (مناطق هم شرایط) در خطای طبقه‌بندی می‌باشد. به طوری که تعداد این بردارهای ورودی به گونه‌ای باید تعیین شوند که نه افزایش آن‌ها باعث افزایش خطای طبقه‌بندی شود و نه به گونه‌ای کاهش یابد که منجر به یک طبقه‌بندی ضعیف شود. نکته بسیار مهم دیگر توجه به پراکندگی خوب نقاط آموزشی در سطح منطقه و فراوانی هر دو دسته از نقاط آموزشی نسبت به هم است.

خوشه‌بندی فازی بعد از شبکه عصبی RBFLN بهترین نتیجه را در میان سایر روش‌های مورد استفاده در این تحقیق از خود نشان داده است.

شبکه عصبی مصنوعی احتمالی (PNN) بعد از شبکه عصبی RBFLN و خوشه‌بندی فازی نتایج بهتری را نسبت به روش‌های ذهنی از خود نشان داده است. مزیت PNN فرایند آموزش سریع آن می‌باشد. PNN یک ساختار موازی دارد که همگرایی به سمت دسته‌بندی بهینه را تضمین می‌کند. مقادیر عددی وزن‌ها در واحدهای پنهان (یعنی مراکز توابع گاوسی) به خودی خود مشخص می‌شود. هنگامی که مجموعهٔ آموزش افزایش می‌یابد، نمونه‌های در حال آموزش می‌توانند اضافه یا حذف شوند، بدون اینکه نیازی به آموزش مجدد داشته باشد. برای مسائلی با داده‌های پراکنده این شبکه می‌تواند راه حل خوبی باشد.

در خصوص اولویت‌بندی (مکانیابی) پهنه‌های شناسایی شده در مرحلهٔ غربالگری توجه به ماهیت این روش‌ها ضروری است. در سال‌های اولیهٔ گسترش روش‌های MADM به چگونگی انتخاب روش‌ها توجه خاصی نمی‌شد؛ اما امروزه واضح است که یک انتخاب نادرست می‌تواند نتایجی مانند احتمال دستیابی به پاسخ غیر بهینه، صرف زمان و منابع مالی بیش از اندازه و منصرف شدن کاربران بالقوه از MADM را در برداشته باشد.

منابع

احدنژادروشتی، محسن؛ صالحی‌میشانی، حیدر؛ وثوقی‌راد، لیلا؛ حسینی، سیداحمد (۱۳۹۲). نقش ارکان اصلی شهر ایرانی اسلامی در مکان‌گزینی مراکز اقامتی مورد شناسی: شهر زنجان، جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای، دوره ۳، شماره ۷، صص ۱۲۶-۱۱۱.

احمدپور، احمد؛ اکبرپورشیرازی، محسن؛ رضوی‌امیری، زهرا (۱۳۸۸). استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخص‌های در انتخاب سهام (شرکت‌های دارویی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران). فصلنامه بورس اوراق بهادار، شرکت بورس اوراق بهادار. سال دوم/ شماره ۵.

اصغر پور محمد جواد (۱۳۸۹). تصمیم‌گیری‌های چند معیاره. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ هشتم، تهران.

اصغری‌زاده عزت الله، نصراللهی مهدی (۱۳۸۶). رتبه‌بندی شرکت‌ها بر اساس معیارهای مدل سرآمدی- روش PROMETHEE، مدرس علوم انسانی، دوره ۱۱، شماره ۳، صص ۸۴-۵۹.

بهنیا پوران (۱۳۸۵). کاربرد شبکه‌های عصبی در تهیه نقشه پتانسیل معدنی: مطالعه موردی کانی‌زایی پروتروزوییک در منطقه ساغند – چادر ملو، ایران مرکزی، فصلنامه علوم زمین، شماره ۶۰، صص ۷۹-۷۲.

پوراحمد، احمد؛ حبیبی، کیومرث؛ محمدزهرایی، سجاد؛ نظری عدلی، سعید (۱۳۸۶). استفاده از الگوریتم‌های فازی و GIS برای مکان‌یابی تجهیزات شهری (مطالعه موردی: محل دفن زباله‌ی شهر بابلسر)، محیط شناسی، شماره ۴۲، صص ۴۲-۳۱.

پورخباز، حمیدرضا؛ جوانمردی، سعیده؛ یاوری، احمدرضا؛ فرجی‌سبکبار، حسنعلی (۱۳۹۲). کاربرد روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل تلفیقی ANP-DEMATEL در آنالیز تناسب اراضی کشاورزی (مطالعهٔ موردی: دشت قزوین)، محیط‌شناسی، دوره ۳۹، شماره ۳، صص ۱۶۴-۱۵۱.

جهانبخشی، رضا؛ امام‌زاده، سیدابوالقاسم؛ علیاری شوره‌دلی، مهدی؛ هاشمی، عبدالنبی؛ میری، رحمان (۱۳۹۰). پیش‌بینی گیر اختلاف فشاری لوله‌های حفاری با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی احتمالی در حفاری فراساحلی میادین خلیج فارس، پژوهش نفت، شماره ۶۵، صص ۵۷-۴۷.

حسینعلی، فرهاد؛ آل‌شیخ، علی‌اصغر؛ رجبی، محمدعلی، (۱۳۸۸)، بررسی روش‌های وزن‌دهی اطلاعات مکانی در GIS (مطالعه موردی: تهیه‌ی نقشه‌ی پتانسیل معدنی)، نشریه سنجش از دور و GIS ایران، شماره ۱، صص ۸۸-۷۳.

خیری‌زاده، منصور؛ ملکی، جبرئیل؛ عمونیا، حمید (۱۳۹۱)، پهنه‌بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب در حوضهٔ آبریز مردق‌چای با استفاده از مدل ANP، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، دوره ۱، شماره ۳، صص ۵۶-۳۹.

داداش‌پور، هاشم؛ خدابخش، حمیدرضا؛ رفیعیان، مجتبی (۱۳۹۱). تحلیل فضایی و مکانیابی مراکز اسکان موقت با استفاده از تلفیق فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۱، شماره ۱، صص ۱۳۱-۱۱۱.

رامشت، محمد حسین؛ عرب عامری، علیرضا (۱۳۹۰). اولویت‌بندی نواحی شهری به منظور تأسیس ایستگاه‌های آتش نشانی با استفاده از دوروش تخصیص خطی و TOPSIS با کمک روش GIS (مطالعه موردی شهر ماکو)، مجله برنامه‌ریزی فضایی، اصفهان، دوره ۱، شماره ۱، صص ۱۶-۱.

رضوانی، محمدرضا؛ اروجی، حسن؛ علیزاده، محمد؛ نجفی، محمد (۱۳۹۲). مکان‌یابی احداث پیست‌های اسکی از دیدگاه گردشگری (مطالعه موردی: مناطق شمالی استان تهران)، برنامه‌ریزی منطقه‌ای، دوره ۳، شماره ۱۰، صص ۴۴-۲۷.

شاد، روزبه؛ عبادی، حمید؛ سعدی‌مسگری، محمد؛ وفائی‌نژاد، علیرضا (۱۳۸۸). طراحی و اجرای GIS کاربردی جهت مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی با استفاده از مدل‌های فازی، وزن‌های نشان‌گر و ژنتیک، نشریه دانشکده فنی تهران، دوره ۴۳، شماره ۵، صص ۵۵۹-۵۴۷.

صمدزادگان، فرهاد؛ طبیب محمودی، فاطمه؛ بیگدلی، بهناز (۱۳۹۳). ادغام داده‌ها در سنجش از دور؛ مفاهیم و روش‌ها، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، تهران.

عشورنژاد، غدیر؛ طاهری، مرضیه؛ عباسپور، رحیم علی (۱۳۹۲). به‌کارگیری فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی (Fuzzy ANP) در شناسایی مکان بهینهٔ ایستگاه‌های انتقال پسماند شهرستان اصفهان، محیط شناسی، دوره ۳۹، شماره ۳، صص ۱۷۷-۱۶۵.

عشورنژاد، غدیر؛ عباسپور، رحیم علی (۱۳۹۲). به‌کارگیری خوشه‌بندی خاکستری و توابع پایه شعاعی در پهنه بندی اقتصادی کلانشهر تهران با تمرکز بر استقرار موسسات مالی و اعتباری، مدیریت شهری، دوره ۱۱، شماره ۳۲، صص ۲۴۴-۲۲۷.

عشورنژاد، غدیر؛ فرجی سبکبار، حسنعلی؛ علوی پناه، سید کاظم؛ نامی، محمد حسن (۱۳۹۰). مکانیابی شعب جدید بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی (Fuzzy ANP)، پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، شماره ۷، صص ۲۰-۱.

عنابستانی، علی اکبر؛ جوانشیری، مهدی (۱۳۹۲). مکان‌یابی محل دفن مناسب پسماندها در سکونتگاه‌های روستایی (مطالعه موردی: نقاط روستایی شهرستان خواف)، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۲، شماره ۶، صص ۱۲۲-۱۰۳.

فرجی‌سبکبار، حسنعلی؛ حسن‌پور، سیروس؛ عزیزی، علی؛ ملکیان، آرش؛ علوی‌پناه، سیدکاظم (۱۳۹۲). بررسی و مقایسهٔ کارایی روش‌های FAHP و GCA برای مکان‌یابی پخش سیلاب در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبریز گربایگان)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۵، شماره ۲، صص ۷۶-۵۵.

فرجی‌سبکبار، حسنعلی؛ سلمانی، محمد؛ فریدونی، فاطمه؛ کریم‌زاده، حسین؛ رحیمی، حسن (۱۳۸۹). مکان‌یابی محل

دفن بهداشتی زباله روستایی با استفاده از مدل فرآیند شبکه‌ای تحلیلی(ANP): مطالعه موردی نواحی روستایی شهرستان قوچان، مدرس علوم انسانی- برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۱۴ شماره ۱، صص ۱۴۹-۱۲۷.

فرجی‌سبکبار، حسنعلی؛ عشورنژاد، غدیر؛ رحیمی، سعید؛ فرهادی‌پور، احمد (۱۳۹۱). ارزیابی ظرفیت تعداد دستگاه‌های خودپرداز در شعب بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری با استفاده از (ANP) و (GCA) مطالعه موردی: حد واسط میدان انقلاب تا میدان فردوسی خیابان انقلاب تهران، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، شماره ۱۴، صص ۴۲-۲۳.

فرجی‌سبکبار، حسنعلی؛ علوی‌پناه، سیدکاظم؛ نامی، محمدحسن؛ عشورنژاد، غدیر (۱۳۹۰). ارزیابی مکان استقرار شعب بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری منطقه ۶ شهر تهران با استفاده از روش دیماتیل و فرایند تحلیل شبکه‌ای، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ۴۵، شماره ۳، صص ۹۴-۷۷.

فرجی‌سبکبار، حسنعلی؛ نصیری، حسین؛ حمزه، محمد؛ طالبی، سمیه؛ رفیعی، یوسف (۱۳۹۰). تعیین عرصه‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی بر پایهٔ تلفیق روش‌های ANP و مقایسه زوجی در محیط GIS، مطالعه موردی دشت گربایگان فسا، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۲۲ شماره ۴، صص ۱۶۶-۱۴۳.

فرقانی، علی؛ شریف‌یزدی، مهدی؛ آخوندی، علیرضا (۱۳۸۷). مکان‌یابی مراکز صنعتی و خدماتی با رویکرد کاربردی، انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی شریف، چاپ اول، تهران.

فرهودی، رحمت‌اله؛ حبیبی، کیومرث؛ زندی بختیاری، پروانه (۱۳۸۴). مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از منطق فازی (Fuzzy Logic) در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر سنندج)، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۲۳، صص ۲۴-۱۵.

فیضی‌زاده، بختیار؛ رضایی‌بنفشه، مجید؛ حجازی، میراسداله (۱۳۹۱). سطح‌بندی توسعهٔ اقتصادی - اجتماعی شهرستان‌های استان آذربایجان غربی با استفاده از تحلیل‌های مکانی و قواعد تصمیم گیری GIS، فضای جغرافیایی، دوره ۱۲، شماره ۴۰، صص ۲۵-۱.

کزازی، ابوالفضل؛ امیری، مقصود؛ رهبر یعقوبی، فاطمه (۱۳۹۰). ارزیابی و اولویت‌بندی استراتژی‌ها با استفاده از تکنیک الکتره ۳ در محیط فازی (مطالعه موردی: شرکت تماد)، مطالعات مدیریت صنعتی، شماره ۲۰، صص ۷۹-۴۹.

مالچفسکی، یاچاک (۱۳۹۰). سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیار، مترجم پرهیزکار، اکبر؛ غفاری گیلانده، عطا؛ انتشارات سمت، چاپ دوم، تهران.

محامدپور، مریم؛ اصغری‌زاده، عزت ا... (۱۳۸۷). رتبه‌بندی پژوهشکده‌های یک مرکز تحقیقاتی از طریق روش تصمیم‌گیری چند شاخصه ORESTE، پژوهش‌های مدیریت، شماره ۱، صص ۲۳۳-۲۱۷.

محمدی، حسین؛ مهدیان ماه‌فروزی، مجتبی؛ عشورنژاد،غدیر (۱۳۹۱)، امکان سنجی اقلیمی کشت گیاه آلوئه ورا در استان بوشهر، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دوره ۳، شماره ۱۰-۹، صص ۱۷-۱.

ملکیان، آرش؛ حسن‌پور، سیروس؛ فرجی‌سبکبار، حسنعلی؛ علوی پناه، سیدکاظم؛ رحیمی، سعید (۱۳۹۲). کاربرد و مقایسهٔ مدل‌های آنالیز خوشه‌بندی خاکستری و تحلیل سلسله مراتبی در مکان‌یابی عرصه‌های مناسب پخش سیلاب (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گربایگان)، علوم و مهندسی آبخیزداری، دوره ۷، شماره ۳۰، صص ۴۶-۳۵.

موسوی، میرنجف؛ باقری کشکولی، علی (۱۳۹۱). سطح بندی و مکان‌گزینی فعالیت‌های اقتصادی جهت ارائه راهبرد توسعه روستایی بر اساس مدل تحلیل شبکه (ANP): (مطالعه موردی: شهرستان بهاباد)، جغرافیا، دوره ۱۰، شماره ۳۲، صص ۲۳۸-۲۱۷.

میرزایی ترک، سهام؛ عشورنژاد، غدیر؛ فرجی‌سبکبار، حسنعلی (۱۳۹۲). به‌کارگیری آنالیز خوشه‌بندی خاکستری در مدلسازی مکانیابی پارکینگ‌های عمومی شهری مطالعه موردی؛ پهنه‌بندی منطقه ۶ شهر تهران، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۱۳، شماره ۲۹، صص ۱۷۸-۱۵۹.

میکانیکی، جواد؛ صادقی، حجت اله (۱۳۹۱). مکان‌یابی مراکز بهداشتی-درمانی (بیمارستان‌ها) شهر بیرجند، از طریق تلفیق فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و مقایسهٔ زوجی در محیط GIS، آمایش محیط، دوره ۵، شماره ۱۹، صص ۱۴۲-۱۲۱.

Buchanan, J., Shepperd, Ph., Vanderpooten, D.,(1999), Project Ranking Using the ELECTRE Method, Publisher Department of Management Systems, University of Waikato,42 Page.

Corsini, A., Cervi, F., Ronchetti, F., (2009), Weight of evidence and artificial neural networks for potential groundwater spring mapping: an application to the Mt. Modino area (Northern Apennines, Italy), Geomorphology, Volume 111, Issues 1–2, PP. 79-87.

Erdal Dincer Sait, (2011), The Structural Analysis of Key Indicators of Turkish Manufacturing Industry: ORESTE and MAPPAC Applications, European Journal of Scientific Research, Vol. 60, NO.1, 6-18.

Faraji Sabokbar, H. A., Mahmoudi Meimand . H., Rahimi, S., Shadman Roodposhti , M., (2013): The Evaluation of Land Eco-Capability for Water Planting Using Grey Clustering Analysis, World Applied Sciences Journal, Volume 21 Number 1, 142-151.

Isabelle. D. L, Pastijn. H (2002) , Selecting land mine detection strategies by means of outranking MCDM techniques, European Journal of Operations Research,139, 327-338.

Martel, J. M., and Matarazzo, B.,(2005), "Multiple Criteria Decision Analysis: State of The Art Surveys", International Series in Operations Research and Management Science, Volume 78, III, 197-259.

Matarazzo, B., (1986), "Multicriterion Analysis of Preferences by Means of Pairwise Actions and Criterion Comparisons (MAPPAC)", Applied Mathematics and Computation, 18 (2), 119-141.

Pastijn.H, Leysen. J (1989), Construction an outranking relation with ORESTE, Mathematical Computing Modeling, V.12, No 10/11, 1255-1268.

Silvera, H, shomoish, B. (2007)، Analysis of cognitive performance in schizophrenia patients and healthy individuals with supervised clustering models , psychiatry Research , volume 159,Issues 1-2 ,pages,168-179.

Wang, j., Lin, Z., Zhang, G.,(2008),A Decision Model for IS Outsourcing Based on AHP and ELECTREIII, Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 4th International Conference.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی