مجله کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی وسنجش از دوردر برنامه ریزی،دوره ۱۲،شماره۴(پیاپی۴۶)زمستان ۱۴۰۰

تحلیل محدوده خدمات‌رسانی ایستگاه‌های مترو شهر تهران و تخصیص ایستگاه‌های جدید با روش ANP

مقاله پژوهشی:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۱۹ **تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۰۵/۳۱**

ابراهیم نجات[۱]، محمدحسن وحیدنیا[۲*]، حسین آقامحمدی[۲]

صحفات: ۶۴-۷۷

چکیده

رشد سریع جمعیت و شهرنشینی در دهه‌های اخیر مسائل متعددی را در زندگی روزمره بشر ایجاد کرده است. یکی از مسائل مهم در همین ارتباط مسئله حمل و نقل شهری است که بهترین شکل آن حمل و نقل عمومی است و امروزه بسیار مورد توجه است. مطالعه بر روی عوامل این انتخاب و ارزیابی مکان‌یابی پایانه‌ها یکی از مسائل مهم و ضروری در بافت شهری عصر حاضر می‌باشد. اهمیت و اعتبار هر شهر بستگی به خدمات شهری آن شهر دارد. هر چه این خدمات و تأسیسات در سطح ایده‌آل قرار داشته باشد، دارای شرایط راحت‌تری برای زندگی شهروندان می‌باشد و باعث افزایش رضایت شهروندان می‌شود که یکی از مهم‌ترین خدمات شهری حمل و نقل عمومی، خصوصا مترو شهری می‌باشد. بر همین اساس هدف علمی این تحقیق استفاده از تحلیل‌های GIS برای شناسایی محدوده‌های خدمات رسانی و استفاده از مدل‌های تصمیم گیری چند معیاره برای مکان‌یابی ایستگاه‌های جدید است. این تحقیق طی مراحلی از جمله شناسایی متغیرها، تهیه نقشه‌های نرمال استاندارد، بدست آوردن وزن لایه‌ها، اعمال وزن لایه‌ها، و همپوشانی فازی لایه‌ها انجام شده است. جهت وزن دهی معیارها از مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده شد. در نتایج وزن‌دهی فاصله از گسل، فاصله از پارکینگ و جمعیت بدون خودرو بیشترین تاثیر را در مکان‌یابی داشته‌اند. نهایتاً مکان‌های مناسب جهت احداث ایستگاه مترو مشخص شدند.

واژگان کلیدی: سیستم اطلاعات جغرافیایی، تحلیل شبکه، ایستگاه مترو، تصمیم گیری چندمعیاره، مکان‌یابی

[۱] کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

[۲] استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

* نویسنده مسئول مقاله: **mhvahidnia@srbiau.ac.ir**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

رشد سریع جمعیت و شهرنشینی در دهه‌های اخیر مسائل متعددی را در زندگی روزمره بشر ایجاد کرده است. یکی از مسائل مهم در همین ارتباط مسئله حمل و نقل شهری است که بهترین شکل آن حمل و نقل عمومی است و امروزه بسیار مورد توجه می باشد (Sun and Cui, 2018). مطالعه بر روی عوامل این انتخاب و ارزیابی مکان‌یابی پایانه‌ها یکی از مسائل مهم و ضروری در بافت شهری عصر حاضر می‌باشد. اهمیت و اعتبار هر شهر بستگی به خدمات شهری آن دارد. هر چه این خدمات و تأسیسات در سطح ایده‌آل قرار داشته باشد، شرایط راحت‌تری برای زندگی شهروندان فراهم شده و باعث افزایش رضایت شهروندان می‌شود. یکی از ارزانترین، سریعترین و مهم‌ترین خدمات شهری و حمل و نقل عمومی، مترو شهری می‌باشد (Zhao et al., 2018). در کلان شهرهایی همچون تهران، گسترش سامانه‌های حمل و نقل عمومی همچون مترو، لزوم مدیریت و مکان‌یابی مناسب این ایستگاه‌ها را ضروری می‌سازد (Farkas, 2009). این در حالی است که تفاوت امکانات و فرصت‌ها در مناطق شمالی و جنوبی تهران، سبب بروز شکاف و قطب‌بندی فضایی به لحاظ اجتماعی، اقتصادی و کالبدی بین این مناطق شده است. به عبارتی مناطق غیر برخوردار و جنوبی ارزش بسیار پایین‌تری نسبت به مناطق مرفه شمالی داشته و اغلب اقدامات نوسازانهٔ اخیر مدیریت شهری نتوانسته این شکاف را تعدیل کند. انتخاب مکان مناسب پایانه‌های مترو برای حمل و نقل عمومی در سطح یک شهر، بخصوص کلان شهری مانند تهران از اهمیت بالایی برخوردار است. از طرف دیگر جهت ارزیابی وضع موجود، مکان‌گزینی ایستگاه‌های مترو و شناسایی کم و کاستی خدمات‌رسانی ایستگاه‌های مترو، نیاز است بر اساس شعاع استاندارد محدوده خدمات رسانی، ایستگاه‌های مترو شهر تهران ارزیابی گردند.

هدف علمی این تحقیق استفاده از قابلیت‌های تحلیل مکانی در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای شناسایی محدوده‌های خدمات‌رسانی و استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای مکان‌یابی ایستگاه‌های جدید است. مطالعه محدوده دسترسی ایستگاه‌های موجود شهر تهران و تعیین محدوده‌های پرتقاضا برای ایستگاه‌های جدید، در عین توجه به سایر معیارهای طبیعی و کالبدی، مسئله‌ای است که در پژوهش‌های پیشین به آن پرداخته نشده است. بنابراین با ایجاد ساختارهای داده مکانی، تحلیل محدوده خدماترسانی انجام شده و با شناسایی عوامل موثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های جدید مترو، توزیع عادلانه ایستگاه‌های مترو در دستور کار قرار می‌گیرد. با تعیین اهمیت معیار و زیرمعیارها در مکان‌یابی ایستگاه‌های مترو به روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، ایستگاه‌های جدید تخصیص می‌یابند.

مرور تحقیقات پیشین

تحقیقات بسیاری انجام شده‌اند که از شیوه‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) برای مسائل مکان‌گزینی بهره برده‌اند. به طور مثال گائو و ژائو از شیوه Fuzzy TOPSIS برای انتخاب بهینه ایستگاه های شارژ الکترونیکی خودروها استفاده کردند (Guo and Zhao, 2015). بالیس از شیوه فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای حل مسئله مکان‌یابی فرودگاه در جزیره ساموتراکی در یونان استفاده کردند که معیارهای بسیاری را استفاده می‌نمود (Ballis, 2003). برخی مطالعات شیوه تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) را با AHP ترکیب نموده و در مسئله مکان‌یابی بکار بردند. مثلاً مهاجری و همکاران از همین شیوه برای مکان‌گزینی ایستگاه‌های راه آهن در

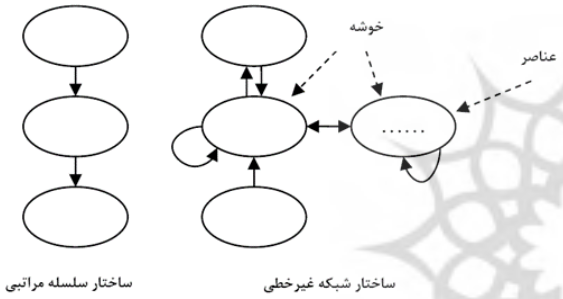
شهر مشهد در ایران استفاده نمودند (Mohajeri and Amin, 2010). ارباس و همکاران یک شیوه fuzzy AHP مبتنی بر GIS با ترکیب با TOPSIS برای مکان‌گزینی ایستگاه‌های شارژ الکترونیکی خودرو ارائه دادند (Erbaş et al., 2018). از دیگر کاربردها می‌توان به ترکیب روش-های تصمیم‌گیری چندمعیاره با GIS برای مکان-گزینی پنل‌های خورشیدی و یا ایستگاه آتش‌نشانی اشاره نمود (Al Garni et al., 2017; Habibi et al., 2008).

اما به طور خاص در رابطه با استفاده از ظرفیت‌های تحلیلی GIS در کنار MCDM برای مکان‌گزینی ایستگاه مترو می‌توان به چند مورد اشاره نمود. قربانزاده و همکاران از AHP و GIS برای این منظور در شمال ایران بهره جستند (Ghorbanzadeh et al., 2020). ژوانی و همکاران نیز تحقیق مشابهی در شهر ستیف در الجزیره انجام دادند (Djouani et al., 2022). استفاده از روش‌های جدیدتر نسبت به AHP مانند شیوه ANP تاکنون برای این مسئله استفاده نشده است، که موضوع تحقیق پیش رو می-باشد.

روش

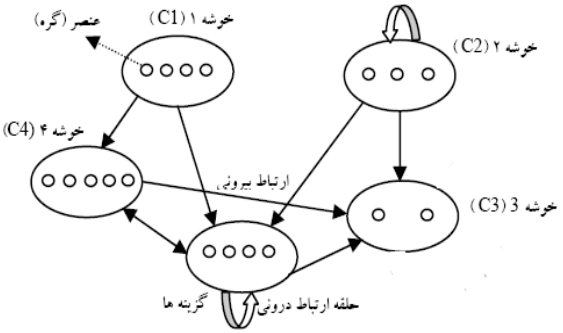
فرآیند تحلیل شبکه‌ای

به علت عدم جامعیت روش AHP، در سال ۱۹۸۰، روش گسترش یافته‌ای تحت عنوان فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) ارائه شد. در واقع ANP به عنوان تعمیمی برای AHP مطرح شد. در دنیای واقعی، نمی‌توان بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره را به دلیل وابستگی‌های درونی و بیرونی و روابط و تعاملات میان عناصر خوشه‌ها در سطوح تصمیم-گیری، به صورت ساختار سلسله‌مراتبی در نظر گرفت. بنابراین ANP با چارچوب جامع و فراگیر می‌تواند تمامی تعاملات و روابط میان سطوح تصمیم‌گیری را که تشکیل یک ساختار شبکه‌ای می‌دهد، در نظر بگیرد. رویکرد بازخوردی ANP، ساختار سلسله-مراتبی را با ساختار شبکه‌ای جایگزین کرده است چرا که ساختار سلسله‌مراتبی با روابط خطی بالا به پایین نمی‌تواند در مورد سیستم‌های پیچیده مناسب باشد. همانطور که AHP بستری را برای ساختارهای سلسله مراتبی با روابط یک سویه فرآهم می‌آورد ANP نیز روابط پیچیده داخلی بین سطح‌های مختلف تصمیم و معیارها را اجازه می‌دهد. تفاوت ساختاری ANP و AHP به شرح شکل ۱ می‌باشد.



شکل ۱: تفاوت ساختاری ANP و AHP

شکل ۲ ساختار یک شبکه ANP را نشان می‌دهد. خوشه‌ها معرف سطوح تصمیم‌گیری اند و خطوط مستقیم یا کمان‌ها تعاملات میان سطوح تصمیم‌گیری را نشان می‌دهند. جهت کمان‌ها وابستگی را مشخص می‌کند و حلقه‌ها نیز وابستگی درونی عناصر هر خوشه را نشان می‌دهند.



شکل ۲: ساختار شبکه ای ANP

ANP از چهار گام اصلی بوجود می‌آید:

گام ۱. پایه‌ریزی مدل و ساخت شبکه: مسأله باید به شکل روشن بیان شده و مانند یک شبکه به یک سیستم عقلایی مجزا شوند. این ساختار شبکه‌ای می‌تواند توسط تصمیم گیرنده‌ها تعیین شود.

گام ۲. ماتریس مقایسات زوجی و بردارهای اولویت: در ANP نیز همانند روش AHP، اهمّیت نسبی زوج‌های عناصر تصمیم‌گیری در هر خوشه، به طور مستقیم از طریق قضاوت‌هایی با استفاده از مقایسات زوجی و تحت کنترل معیارهای مربوطه بدست می‌آید. مقایسات زوجی در ANP نیز در چارچوب یک ماتریس انجام می‌شود.

گام ۳. تشکیل سوپرماتریس: در تکنیک ANP برای نشان دادن تعاملات و وابستگی‌های بین سطوح تصمیم‌گیری و تعیین اهمیت نسبی معیارها و اولویت بندی آلترناتیوهای مسئله، از سوپرماتریس (ابرماتریس) استفاده می‌شود. برای پر نمودن ماتریس‌های مختلف موجود در سوپرماتریس، بردارهای اولویت مربوط به هر ماتریس مقایسه زوجی باید محاسبه گردد. هنگامی که از سازگاری مقایسات زوجی اطمینان حاصل شد وزن‌های مربوط به اهمیّت نسبی هر ماتریس مقایسه زوجی محاسبه می‌شود:

$$W = \begin{array}{c} \\ e_{11} \\ e_{12} \\ C_1 \quad \text{M} \\ e_{1n_1} \\ e_{21} \\ e_{22} \\ C_2 \quad \text{M} \\ e_{2n_2} \\ \text{M} \quad \text{M} \\ e_{m1} \\ e_{m2} \\ C_m \quad \text{M} \\ e_{mn} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & & C_2 & \text{L} \quad C_m \end{array} \\ \begin{array}{cccccccc} e_{11} & \text{L} & e_{1n_1} & e_{21} & \text{L} & e_{2n_2} & \text{L} & e_{mn_m} \end{array} \\ \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \text{L} & W_{1m} \\ & & & \\ W_{21} & W_{22} & \text{L} & W_{2m} \\ \text{M} & \text{M} & \text{MM} & \text{M} \\ W_{m1} & W_{m2} & \text{L} & W_{mm} \end{bmatrix} \end{array} \qquad (۱)$$

که در آن C نشان‌دهنده خوشه‌ها و e نشان‌دهنده زیرمعیارهای یک خوشه می‌باشد. بردارهای W درون ماتریس نیز، بردارهای وزنی حاصله از مقایسات زوجی عناصر گره‌ها با یکدیگر است.

گام ۴. حل سوپرماتریس و انتخاب بهترین گزینه: در سوپرماتریس اولیه ممکن است بعضی از ستون‌ها به صورت ستون‌های احتمالی نبوده یا به عبارت ساده‌تر حاصل جمع عناصر ستون‌ها برابر یک نباشد. در این حالت نمی‌توان گفت که تأثیر نهایی ملاک کنترلی مورد نظر بر تمامی عناصر به درستی نشان داده شده اند. برای جلوگیری از این حالت هر یک از عناصر ستون‌ها بر مجموع عناصرستون مربوطه تقسیم می‌گردد. ماتریس حاصله سوپرماتریس موزون یا تصادفی نامیده می‌شود که در واقع از نرمال‌سازی سوپرماتریس اولیه به دست می‌آید. با استفاده ازسوپرماتریس تصادفی به‌دست‌آمده، می‌توان سوپرماتریس نهایی را محاسبه کرد و اولویت‌های نهایی هرگزینه را به دست آورد. برای محاسبه سوپرماتریس نهایی، کافی است سوپرماتریس تصادفی را به توان بی‌نهایت (یا عدد خیلی بزرگی) رساند. توماس.ال ساعتی با استفاده از ماتریس‌های احتمالی و زنجیره‌های مارکف اثبات می‌کند که وزن نهایی عناصر، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$W = \lim_{K \to \infty} W^{2k+1} \qquad (۲)$$

دلیل و مزیت اصلی استفاده از ANP نسبت به سایر روش‌ها مانند AHP این است که این روش می‌تواند در مسایلی که تعامل بین عناصر سیستم تشکیل ساختار شبکه‌ای می‌دهند به کار گرفته شود. در بیشتر اوقات بین گزینه‌های تصمیم و معیارهای تصمیم‌گیری، روابط و همبستگی متقابل وجود دارد و این همبستگی در روش‌های دیگر قابل مدلسازی نیست. در روش ANP برخلاف AHP اهمیت عناصر هر سطح لزوماً بر اساس سطح بالاتر مشخص

نمی‌شود و از این حیث انعطاف‌پذیری لازم را در تصمیم‌گیری‌های پیچیده تر دارد.
فرآیند تجزیه و تحلیل شبکه‌ای شرایطی را مهیا می‌کند که روابط متقابل بین سطوح تصمیم‌گیری و معیارهای تصمیم به شکل کلی‌تری مورد بررسی و ملاحظه قرار گیرند. اگرچه فرآیند تجزیه و تحلیل شبکه‌ای نیز یک مقیاس اندازه‌گیری نسبی مبتنی بر مقایسات زوجی را به کار می‌گیرد، اما به مانند AHP یک ساختار اکیداً سلسله‌مراتبی را به مسئله تحمیل نمی‌کند، بلکه مسئله تصمیم‌گیری را با به کارگیری دیدگاه سیستمی توأم با بازخورد، مدلسازی می‌کند.

روش تهیه نقشه های معیار و تحلیل مکانی

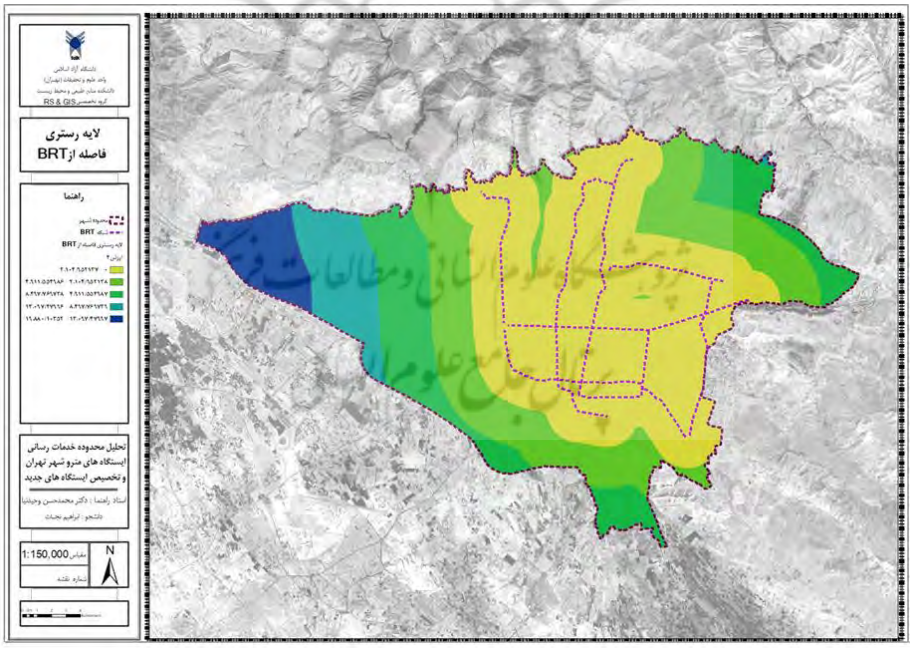
با مطالعات به عمل آمده، عوامل گوناگونی جهت مکان‌یابی ایستگاه‌های جدید مترو در نظر گرفته شد. حاصل این بررسی استخراج ۳ عامل اصلی بالقوه تاثیرگذار شامل عوامل کالبدی، جمعیتی و طبیعی می‌باشد. هر یک از این سه معیار شامل زیرمعیارهایی می‌باشند که عناصر خوشه‌ها را در روش ANP تشکیل می‌دهند. معیار کالبدی شامل زیرمعیارهای فاصله از خطوط BRT، نقاط جاذب سفر، شریان‌های اصلی، ایستگاه‌های مترو، و پارکینگ می‌شود. معیار جمعیتی شامل زیرمعیارهای محدوده بدون خودرو، و تراکم جمعیتی می‌شود. معیار طبیعی شامل زیرمعیارهای فاصله از گسل و میزان شیب زمین می‌باشد. پس از تهیه داده‌های هر معیار با تحلیل‌های مکانی و تبدیل به رستر و نرمال‌سازی مقادیر، نقشه‌های معیار جهت ورود به تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره آماده می‌شوند.

پیاده‌سازی و نتایج

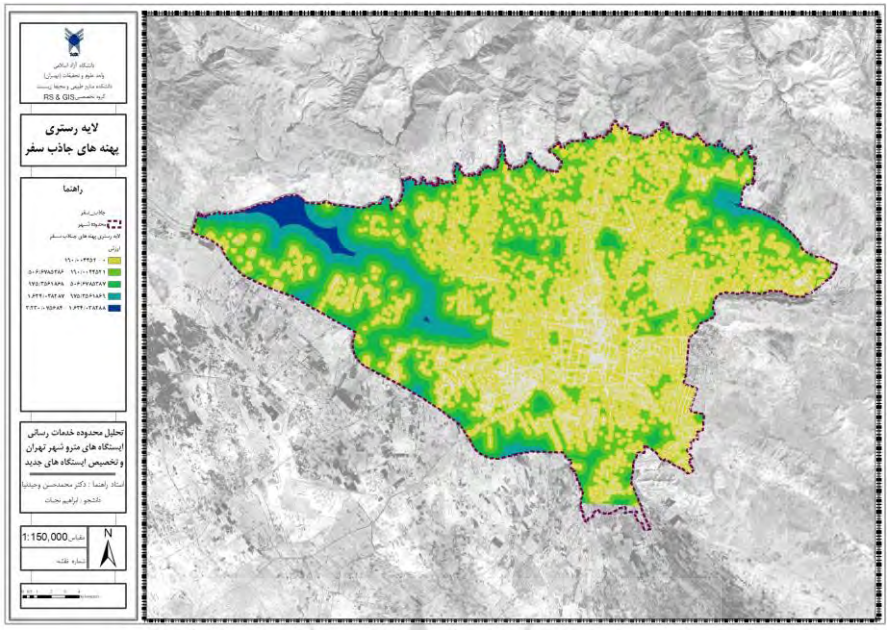
در راستای ایجاد لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS و با توجه به اینکه فرآیند تخصیص ایستگاه‌های جدید مترو یک بحث تصمیم‌گیری چندصفته و با مدل سلولی قابل انجام است، می‌بایست داده‌های برداری به داده‌های رستری تبدیل گردد و نقشه‌های معیار نرمال و استاندارد آماده گردد. از آنجا که پیوستگی و وجود ارتباط بین گونه‌های حمل و نقلی دارای اهمیت می‌باشد، تخصیص ایستگاه‌های مترو جدید باید در مکان‌هایی باشد که مسافرین بتوانند از گونه‌های دیگر حمل و نقل شهری استفاده نمایند. از این رو با توجه به لایه شبکه خطوط BRT و تبدیل داده‌های اطلاعاتی به رستر هرچه میزان فاصله از خطوط BRT بیشتر باشد از درجه مطلوبیت تخصیص ایستگاه‌های مترو کاسته خواهد گردید و هرچه موقعیت سایت انتخابی جهت تخصیص ایستگاه جدید به این شبکه‌ها نزدیکتر باشد درجه مطلوبیت بالاتری خواهد داشت (شکل ۳). تخصیص ایستگاه‌های جدید مترو باید در فاصله اندکی نسبت به نقاط جاذب سفر مکان‌یابی گردد و نزدیکی ایستگاه مترو با نقاط جاذب سفر (از جمله ادارات، مراکز تجاری، مراکز تفریحی و مراکز آموزشی و غیره) از درجه مطلوبیت بالایی برخوردار است چرا که باعث افزایش بهره‌وری و کارایی ایستگاه‌های مترو خواهد گردید (شکل ۴). از آنجا که انجام سفرهای شهری با استفاده از شریان‌های اصلی شهر صورت می‌گیرد لذا، نزدیکی به شریان‌های اصلی شهر در انتخاب سایت تخصیص ایستگاه‌های جدید مترو دارای مطلوبیت خواهد بود (شکل ۵). با تحلیل لایه رستری ایستگاه‌های موجود شهر تهران و در نظر گرفتن این آیتم به عنوان یکی از عوامل کالبدی تاثیرگذار در تحلیل محدوده خدمات‌رسانی ایستگاه‌های مترو شهر تهران تا شعاع ۵۰۰ متری ایستگاه‌های مترو فعلی در بازه مطلوب و نسبتاً مطلوب واقع گردیده‌اند و پس از آن فاصله نیازمند تخصیص ایستگاه جدید خواهد بود (شکل ۶).
عمده‌ترین دلیل در نظر گرفتن فاصله از پارکینگ‌ها به دلیل کاهش ترافیک شهری و تبدیل گونه‌های

حمل و نقلی به یکدیگر است که با برنامه‌ریزی در جهت کاهش استفاده از وسایل نقلیه شهری و افزایش استفاده از وسایل حمل و نقل عمومی می‌تواند به این امر دست یافت. لذا در نظر گرفتن کمترین فاصله با پارکینگ‌ها می‌تواند باعث کاهش سفرهای شهری با وسایل نقلیه شخصی گردد و سهل و الوصول بودن دسترسی وسایل نقلیه شخصی به جای پارک مطمئن دارای درجه مطلوبیت بالایی است (شکل ۷). یکی از فاکتورهای تاثیرگذار در معیارهای جمعیتی عامل بدون خودرو است که در شکل ۸ ملاحظه می‌شود. از دیگر عوامل جمعیتی تاثیرگذار در تخصیص ایستگاه های جدید زیر معیار تراکم جمعیتی است، مناطق با تراکم جمعیتی بالا دارای اولویت احداث و تخصیص ایستگاه‌های جدید هستند (شکل ۹).

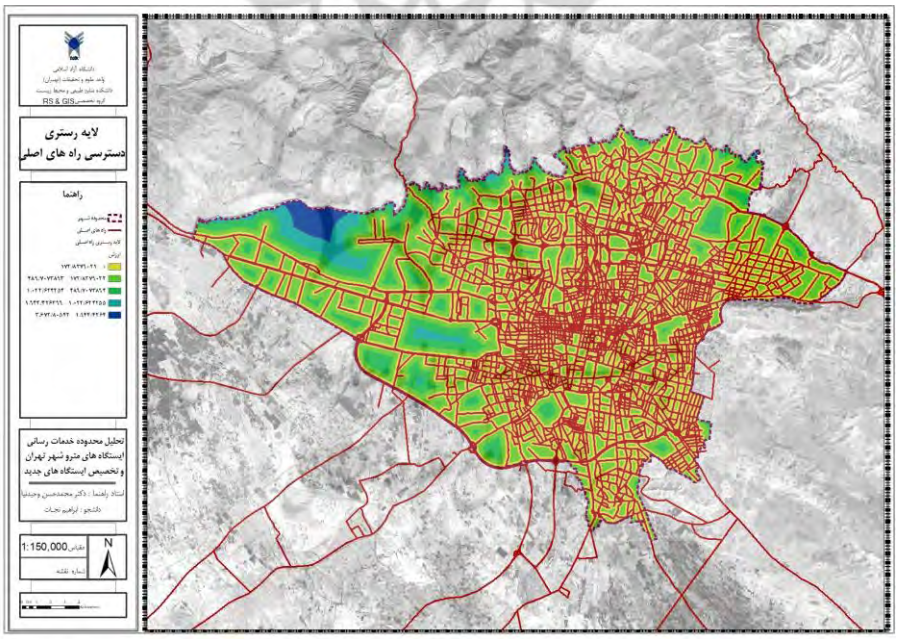
خطر زلزله از دیرباز تاکنون سکونت‌گاه‌های انسانی را مورد تهدید قرار داده است. با وجود پیشرفت علم و فنّاوری در عصر حاضر نیز انسان هنوز نتوانسته به‌صورت دقیق به پیش‌بینی و مقابله با این بلای طبیعی بپردازد. با این وجود می‌توان با مدیریت صحیح آثار زیان‌بار آن را به حداقل ممکن تقلیل داد. بر مبنای اصول پدافند غیر عامل احداث ایستگاه‌های مترو یه عنوان نقاط حساس می‌باست از گسل‌ها دارای فاصله مناسب باشد (شکل ۱۰). از عوامل طبیعی تاثیرگذار در تخصیص و احداث ایستگاه‌های جدید مترو فاکتور درصد شیب زمین می‌باشد که برآیند این فاکتور و تبدیل داده‌های آن به رستر در شکل ۱۱ نشان داده شده است. در تخصیص و احداث ایستگاه‌های جدید مترو حتی‌الامکان می‌بایست به این عامل توجه گردد.



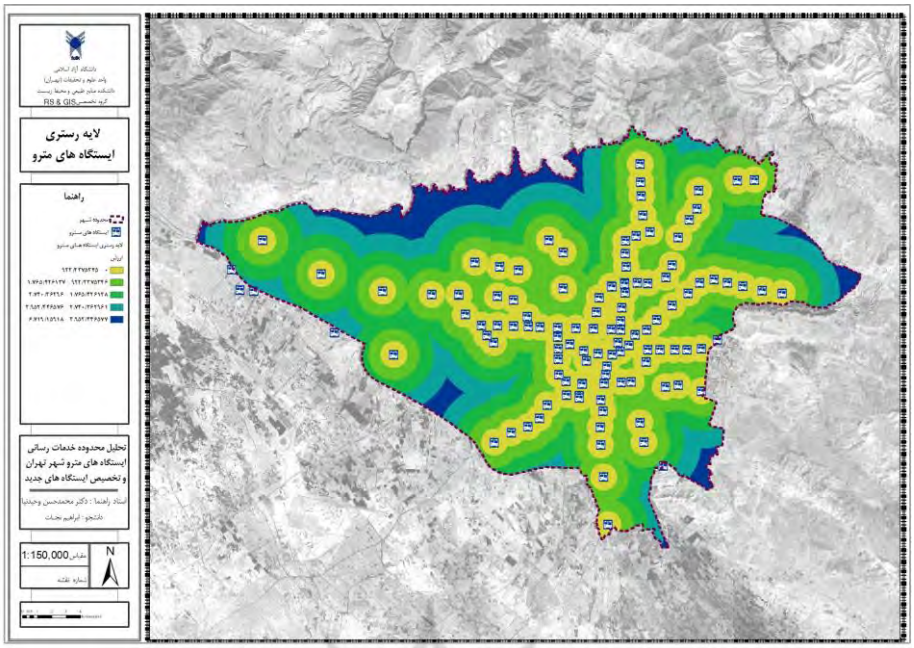
شکل ۳: زیرمعیار فاصله از خطوط BRT



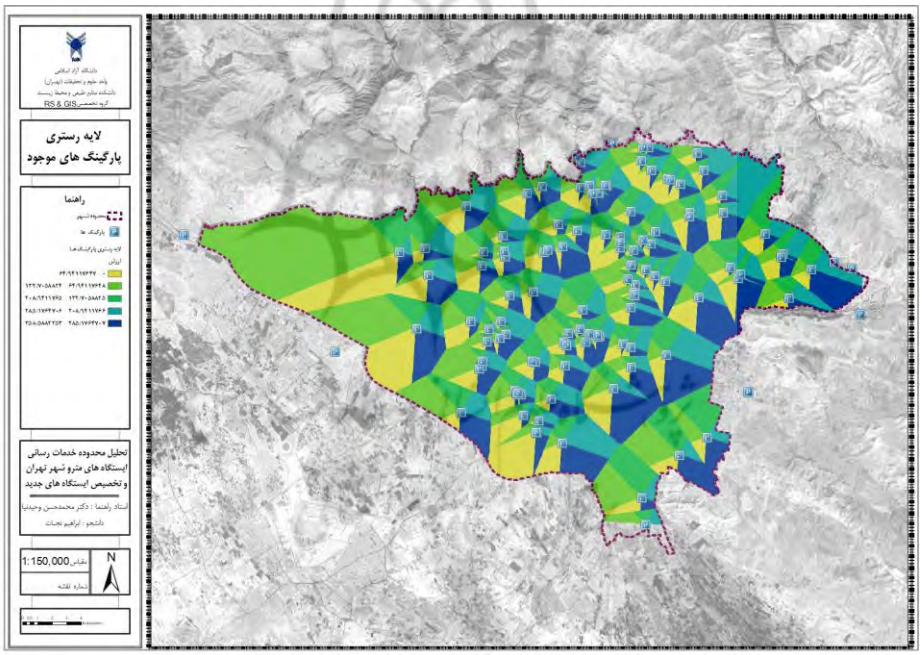
شکل ۴: نقشه زیرمعیار فاصله از نقاط جاذب سفر



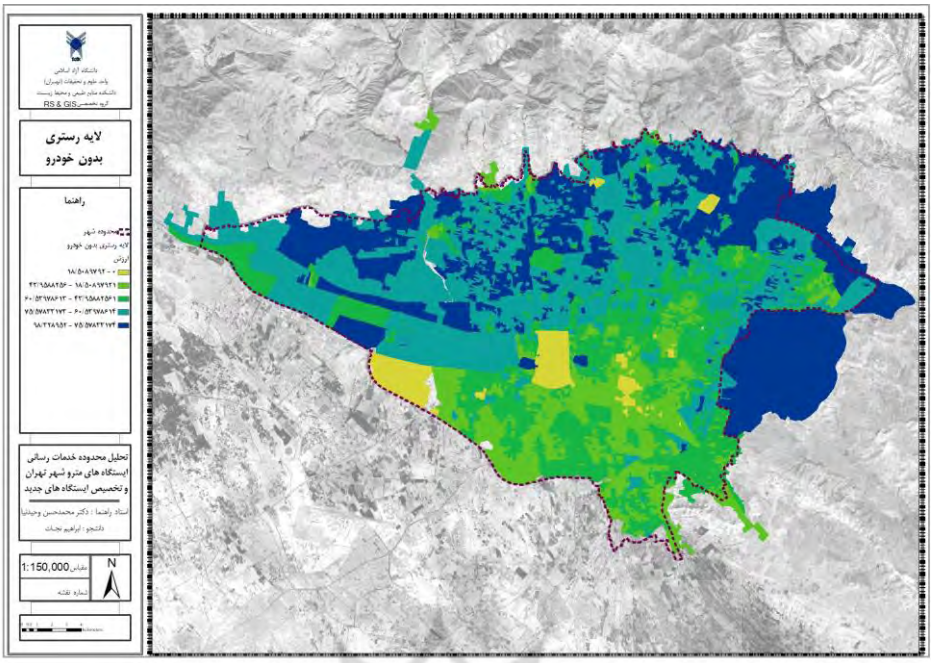
شکل ۵: زیرمعیار فاصله از شریان اصلی



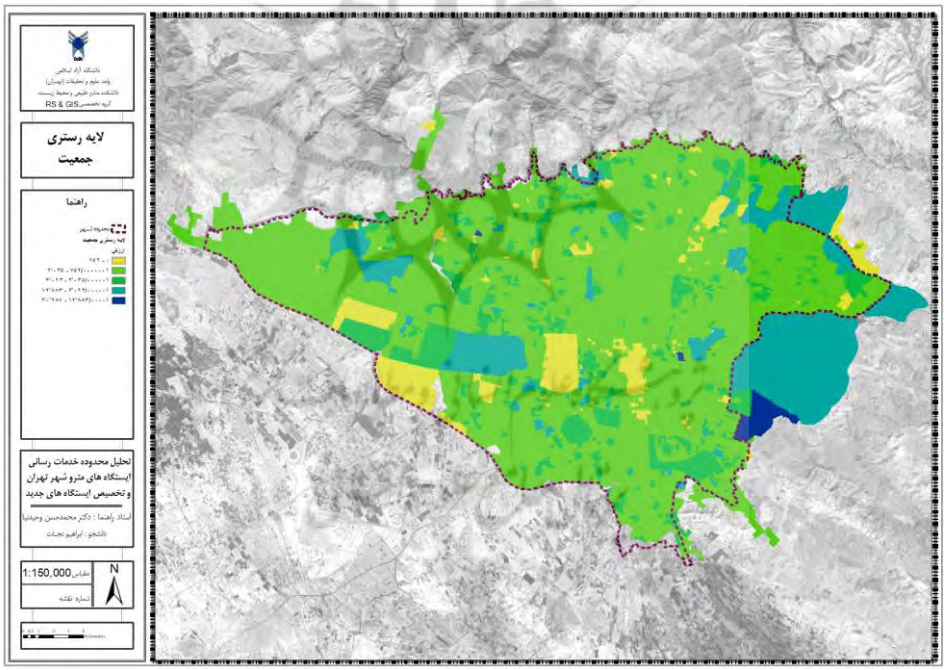
شکل ۶: نقشه زیرمعیار فاصله از ایستگاه های مترو



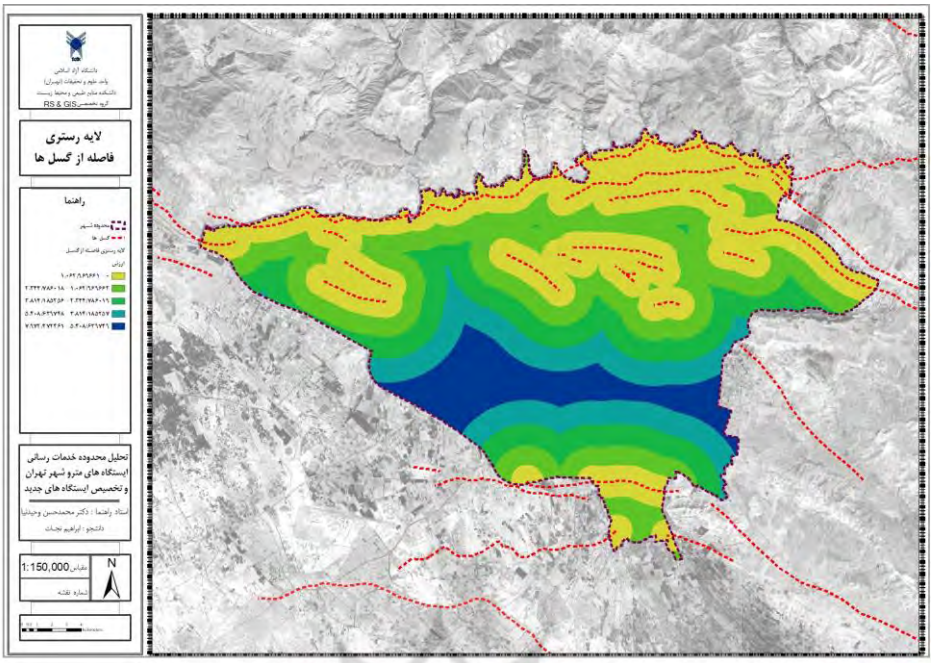
شکل ۷: نقشه زیرمعیار فاصله از پارکینگ ها



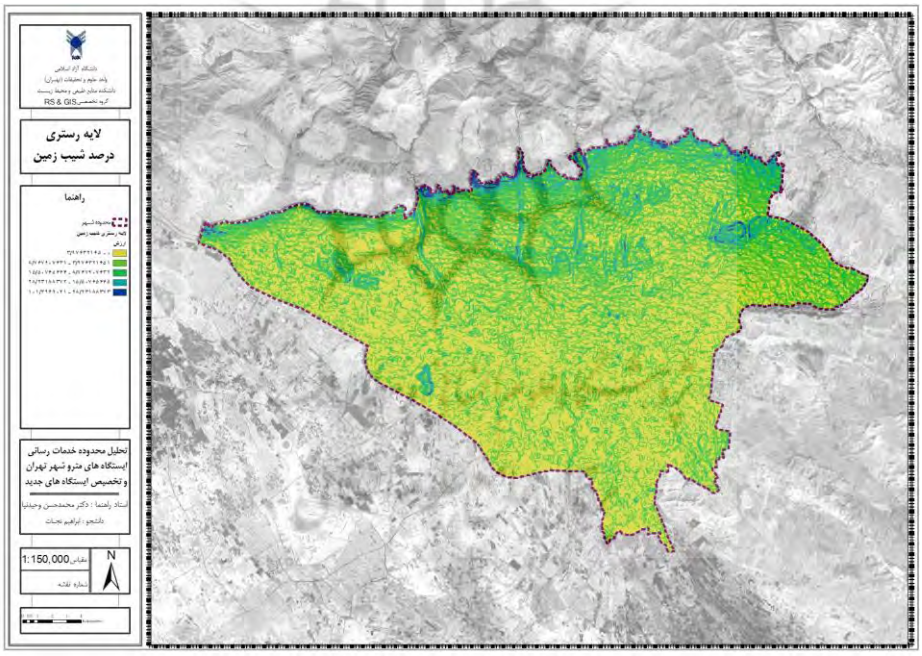
شکل ۸: نقشه زیرمعیار بدون خودرو



شکل ۹: نقشه زیرمعیار تراکم جمعیتی

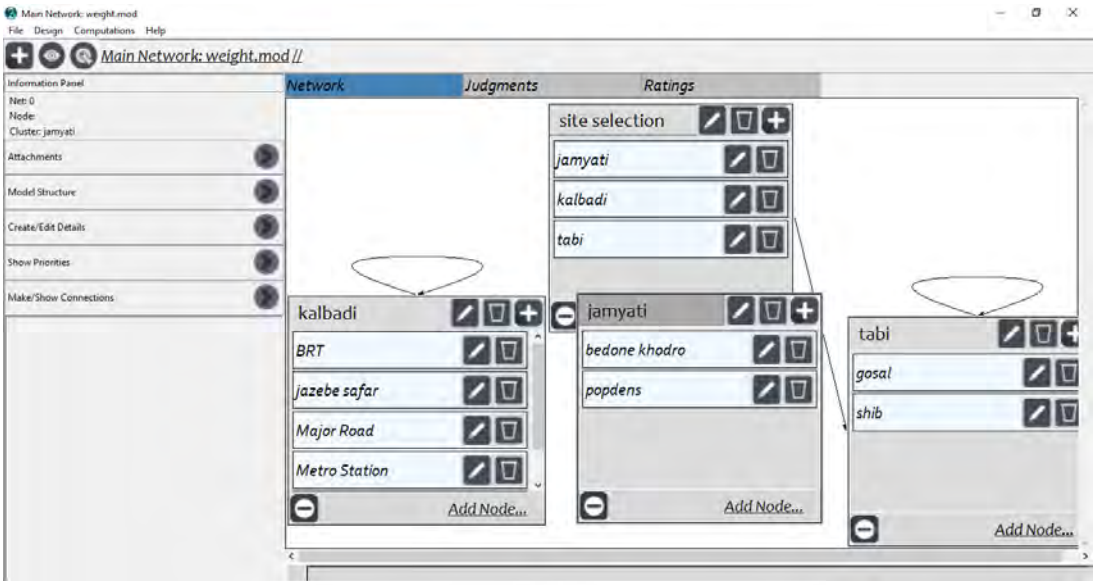


شکل ۱۰: نقشه زیرمعیار فاصله از گسل



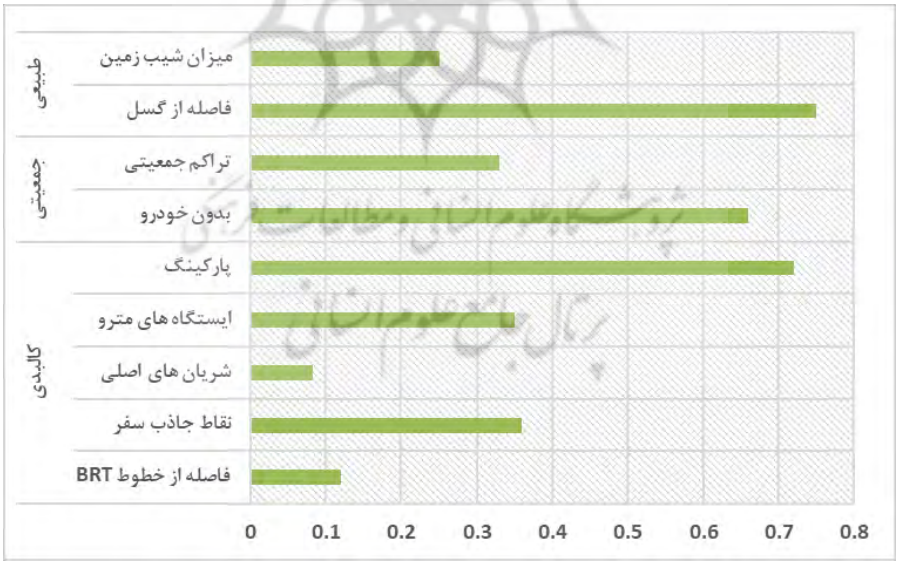
شکل ۱۱: نقشه زیرمعیار میزان شیب زمین

به منظور تحلیل محدوده خدمات‌رسانی ایستگاه‌های مترو شهر تهران و تخصیص ایستگاه‌های جدید و در راستای تعیین وزن هر فاکتور با استفاده از ANP از نرم‌افزار SuperDecision استفاده شد. در شکل ۱۲ نمایی از پیاده‌سازی در این نرم‌افزار مشاهده می‌شود. برای ساخت یک تحلیل شبکه‌ای ابتدا باید هر سطح (هدف، معیار، گزینه) را به صورت یک خوشه در نرم افزار ساخت. پس از آن ماتریس‌های مقایسه زوجی تکمیل می‌شوند و ابرماتریس محاسبه می‌شود.



شکل ۱۲: پیاده سازی در نرم افزار SuperDecisions و معیارها و ارتباطات آن ها در مدل ANP

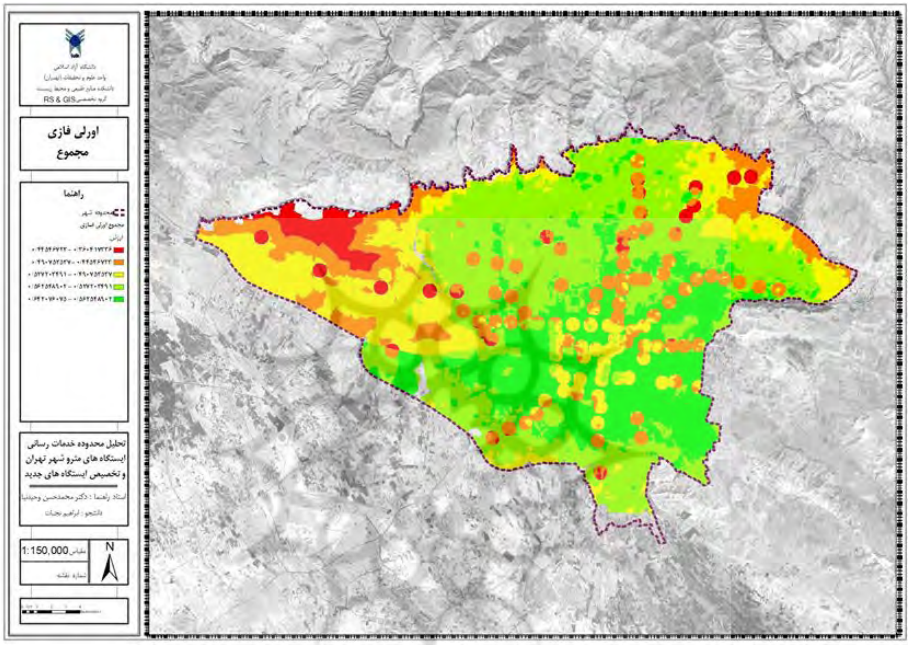
با تکمیل ماتریس‌های مقایسه زوجی در هر سطح وزن ها به روش AHP محاسبه گردید. سپس تشکیل ابرماتریس ANP بر اساس وزن‌های بدست آمده انجام شد. سپس ابرماتریس به توان‌های محدود می-رسد تا نهایتاً به وزن‌های با ثبات دست یابیم. در شکل ۱۳ وزن‌های نهایی بدست آمده برای معیارها به روش ANP مشاهده می‌شود.



شکل ۱۳: امتیاز نهایی معیارها در جدول مقایسات زوجی ANP در نرم افزار SuperDecisions

در ادامه نیز در شکل ۱۴ نتیجه تجمیع نقشه‌های معیار وزن‌دار شده به روش ANP و همپوشانی بر اساس تابع فازی ملاحظه می‌شود. لازم به ذکر است که در این مرحله از توابع فازی دیگری نظیر gamma، product و And نیز استفاده شد، اما بهترین و همگن‌ترین نتایج مربوط به تابع Or فازی بود. معیار مورد نظر برای انتخاب روش نهایی یا بهترین از بین عملگرهای فازی gamma، product،

And، و Or همگنی نواحی بدست آمده در نقشه نهایی می‌باشد. بدین معنی که هرچقدر نواحی بدست آمده به لحاظ مکانی پیوسته‌تر و همگن‌تر بوده و فضای بهتری برای انتخاب ایستگاه نهایی ایجاد می-کرد، آن روش برگزیده می‌شد. نقشه حاصل از سایر روش‌ها محدوده‌های کوچک و پراکنده‌ای در منطقه معرفی می‌نمود و بر این اساس Or فازی بهترین نتیجه را حاصل نمود. در این نقشه مناطقی که امتیاز بیشتری دارند، برای احداث ایستگاه جدید مناسب‌تر می‌باشند. باتوجه به نتایج نقشه تصمیم‌گیری، حوزه-های همگن و مناسب‌ترین سایت‌ها جهت تخصیص ایستگاه‌های جدید مترو شهر تهران عمدتاً در غرب و شمال شرق پیشنهاد می‌گردند.



شکل ۱۴: اعمال تابع همپوشانی فازی برای تجمیع لایه ها و اجرای گام نهایی مدلسازی تخصیص ایستگاه های جدید مترو شهر تهران

بحث و نتیجه‌گیری

در امتداد پاسخ‌گویی به هدف تحقیق، تحلیل محدوده خدمات‌رسانی ایستگاه‌های مترو شهر تهران و تخصیص ایستگاه‌های جدید، ابتدا عوامل موثر در تصمیمات شناسایی و با تحلیل‌های GIS آماده گردید. پس از آن و با به کارگیری فرایند تحلیل شبکه (ANP) یک مدل مکان‌یابی جهت احداث ایستگاه جدید مترو شهری ارایه شد که خروجی آن تعیین اوزان معیارهای موثر در انتخاب بهترین مکان جهت خدمات‌رسانی ایستگاه مترو و همچنین محاسبه اوزان گزینه‌های پیشنهادی بود. به دلیل ایرادات شیوه AHP که در مطالعات پیشین به آن پرداخته شد، استفاده از روش ANP برای مکان‌گزینی ایستگاه مترو، نوآوری این پژوهش محسوب می‌شود. روش ANP به غیر از انجام مقایسات زوجی، وزن‌های میان گره‌ها یا همان خوشه‌های زیرمعیارها را نیز در نظر می‌گیرد و می‌تواند یک مدلسازی پیچیده‌تری از مسئله تصمیم‌گیری ارائه دهد. نکته دیگر استفاده از عملگرهای فازی برای تلفیق نهایی معیارها بود که در تحقیقات پیشین عمدتاً از مجموع وزن دار استفاده می‌گردید. استفاده از عملگرهای مختلفی چون گاما، اجتماع، اشتراک، و پروداکت این امکان را فراهم آورد که با انعطاف‌پذیری بیشتری نقشه تصمیم گیری بدست آید و نهایتاً آن نقشه‌ای که همگنی بهتری در

محدوده گزینه‌ها را دارد، یعنی اجتماع فازی، نهایتاً برگزیده شد. در تحلیل شبکه معیارها و زیر معیارهای تحلیل محدوده خدمات‌رسانی ایستگاه‌های مترو شهر تهران و تخصیص ایستگاه‌های جدید، زیر معیار فاصله از گسل در عوامل طبیعی بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده و پس از آن به ترتیب عواملی نظیر فاصله از پارکینگ در عوامل کالبدی و بدون خودرو در فاکتورهای جمعیتی دارای اهمیت می‌باشند.

یکی از چالش‌های موجود در این تحقیق عدم دسترسی به داده‌های واقعی تعداد و سرعت حرکت قطارهای مترو، و جمعیت قابل حمل در خطوط مختلف، علیرغم تلاش‌های انجام شده، بود. با توجه به اینکه در ساختار داده شبکه در GIS لازم است وزن-ها بر اساس سرعت، جمعیت قابل حمل، یا زمان به یال‌ها اختصاص یابد، عدم وجود چنین اطلاعاتی عملاً تحلیل محدوده دسترسی در شبکه را مختل می‌نمود. لذا به ناچار در پیاده‌سازی از فاصله اقلیدسی استفاده گردید. پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آتی حتماً چنین اطلاعاتی مبنای کار قرار گیرد.

با برآورد نسبتاً دقیقی از جمعیت استفاده‌کنندگان از خطوط مترو در مسیرهای گوناگون و موقعیت شاه‌راه های پر درخواست در شبکه سفرهای شهری می‌توان فاکتورهای تخصیص ایستگاه‌های جدید مترو را با نیازهای بهره‌برداران از آن نیز حتی‌الامکان تدقیق نمود. همچنین پیشنهاد می‌گردد ایستگاه‌هایی که در مجاورت فاکتورهایی نظیر گسل و غیره قرار داشته و امتیاز بسیار کمی را کسب نموده‌اند شناسایی و مناسب‌سازی گردند تا در صورت بروز بحران‌های احتمالی کمترین میزان خسارات را در پی داشته باشد. می‌توان در پهنه‌های مناسب جهت احداث ایستگاه جدید به مسیر خطی از مسیرهای دایره‌ای و مانند آن به منظور ایجاد بیشترین پوشش با کمترین ایستگاه و مسیر مورد بررسی قرار گیرد. لازم به ذکر است ملاحظات و ارزیابی‌های فنی نیز می‌بایست در تصمیمات مکان‌یابی لحاظ گردد و با این کار مسائل و شرایط متخصصین و کارکنان داخلی نیز در نظر گرفته خواهد شد. در این صورت نه تنها از افت بهره-وری سازمان جلوگیری می‌شود، بلکه بهره‌وری نیز ارتقاء می‌یابد.

منابع

Sun, Y., & Cui, Y. (2018). Evaluating the coordinated development of economic, social and environmental benefits of urban public transportation infrastructure: Case study of four Chinese autonomous municipalities. Transport Policy, 66, 116-126.

Zhao, L., Li, H., Li, M., Sun, Y., Hu, Q., Mao, S., ... & Xue, J. (2018). Location selection of intra-city distribution hubs in the metro-integrated logistics system. Tunnelling and Underground Space Technology, 80, 246-256.

Farkas, A. (2009, June). Route/site selection of urban transportation facilities: an integrated GIS/MCDM approach. In 7th International Conference on Management, Enterprise and Benchmarking June (pp. 5-6).

Guo, S., & Zhao, H. (2015). Optimal site selection of electric vehicle charging station by using fuzzy TOPSIS based on sustainability perspective. Applied Energy, 158, 390-402.

Ballis, A. (2003). Airport site selection based on multicriteria analysis: the case study of the island of Samothraki. Operational Research, 3(3), 261-279.

Mohajeri, N., & Amin, G. R. (2010). Railway station site selection using analytical hierarchy process and data envelopment analysis. Computers & Industrial Engineering, 59(1), 107-114.

Erbaş, M., Kabak, M., Özceylan, E., & Çetinkaya, C. (2018). Optimal siting of electric vehicle charging stations: A GIS-based fuzzy Multi-Criteria Decision Analysis. Energy, 163, 1017-1031.

Al Garni, H. Z., & Awasthi, A. (2017). Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia. Applied energy, 206, 1225-1240.

Habibi, K., Lotfi, S., & Koohsari, M. J. (2008). Spatial analysis of urban fire station locations by integrating AHP model and IO logic using GIS (a case study of zone 6 of Tehran). Journal of Applied Sciences, 8(19), 3302-3315.

Ghorbanzadeh, M., Effati, M., Gilanifar, M., & Ozguven, E. E. (2020). Subway station site selection using GIS-based multi-criteria decision-making: a case study in a developing country. Comput. Res. Prog. Appl. Sci. Eng, 6, 60-69.

Djouani, I., Dehimi, S., & Redjem, A. (2022). Evaluation of the efficiency and quality of the tram route of Setif city, Algeria: Combining AHP and GIS approaches. Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić" SASA, 72(1), 85-102.

Analysis of the Service Area of Tehran Subway Stations and the Allocation of new Stations using the ANP Method

Ebrahim Nejat[1], Mohammad H. Vahidnia[2*], Hossein Aghamohammadi[2]

Abstract

The rapid growth of population and urbanization in recent decades has created many problems in human daily life. One of the important issues in this connection is urban transportation, especially public transportation, and it is of great interest today. Studying the effective factors and evaluating the location of subway stations is one of the important and necessary issues in the urban context. The importance and prestige of any city depends on its city services. The more these services and facilities are at an ideal level, the more comfortable the conditions are for the citizens' lives and the more the satisfaction of the citizens, which is one of the most important urban services of public transportation, especially the urban subway. Accordingly, the scientific goal of this research is to use GIS analysis to identify service areas and use multi-criteria decision models to locate new stations. This research has been carried out through several steps, including identifying variables, preparing standard criteria maps, obtaining the weight of layers, applying the weight of layers, and fuzzy overlapping of layers. Analytical Network Process (ANP) model was used to weight the criteria. In the results of weighting, the distance from the fault, the distance from the parking lot, and the population without cars had the greatest impact on positioning. Finally, suitable places for the construction of the metro station were suggested.

Key words: Geographic Information System, Network Analysis, Subway station, Multicriteria Decision Analysis, site selection

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی