



مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه با رویکرد توسعه پایدار (مورد مطالعه: شهر قم)

سعید صادقی دروازه* دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی - تحقیق در عملیات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
احمد رضا قاسمی استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران
ندا رسولی تیله نوئی کارشناس ارشد مدیریت صنعتی - تولید، دانشکده مدیریت و حسابداری، پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران
عباس شول استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران

دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۰۷ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۴

چکیده: افزایش جمعیت و توسعه شهرها، استفاده روزافزون از خودروهای شخصی، عرض کم خیابان‌ها و کمبود فضای پارک حاشیه‌ای به ویژه در بخش‌های مرکزی شهر، مشکلات فراوانی را برای شهرهای بزرگ و پرجمعیت در پی داشته است. مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه که با اشغال مساحت کمتر، ظرفیت پارک بالایی دارند، از ضرورت‌های برنامه‌ریزی شهری و ترافیک شهرهای بزرگ می‌باشد. هدف پژوهش حاضر، وزن‌دهی و اولویت‌بندی معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه با رویکرد توسعه پایدار و سپس رتبه‌بندی مکان‌های بالقوه برای احداث پارکینگ‌های مکانیزه در موقعیت مرکزی شهر مقدس قم می‌باشد. بنابراین، ابتدا با در نظر گرفتن اصول و مؤلفه‌های توسعه پایدار و برنامه‌ریزی کاربری زمین شهری و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و ترافیک و نیز با توجه به ویژگی‌های شهر قم، سه معیار و ۱۶ زیرمعیار برای مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه انتخاب شدند. برای تحلیل داده‌ها، از دو تکنیک ANP و PROMETHEE فازی استفاده شد. نتایج به‌دست آمده از وزن‌دهی به معیارها، حاکی از آن بودند که معیار زیست‌محیطی با وزنی معادل ۰/۴۲۹ در رتبه اول، معیار اقتصادی با وزنی معادل ۰/۳۴۷ در رتبه دوم و معیار اجتماعی با وزنی معادل ۰/۲۵۱ در رتبه سوم قرار گرفت. همچنین نتایج به‌دست آمده از رتبه‌بندی مکان‌های بالقوه برای احداث پارکینگ مکانیزه نیز به این صورت مشخص شد: مکان مربوط به خیابان کیوانفر در رتبه اول، مکان مربوط به کوچه صداقت در رتبه دوم، مکان مربوط به خیابان امیرکبیر در رتبه سوم و مکان مربوط به کارخانه یخ‌سازی، در رتبه چهارم قرار گرفتند.

واژگان کلیدی: مکان‌یابی، پارکینگ‌های مکانیزه، توسعه پایدار، ANP، PROMETHEE

طبقه‌بندی JEL: R11, R41, R42, R53, Q01

۱- مقدمه

امروزه تقریباً هر خانواده از طبقه متوسط دارای خودرو شخصی است و این موضوع همراه با افزایش بی‌رویه جمعیت شهرنشینی و به دنبال آن افزایش وسایل نقلیه، باعث بروز مشکلات متعددی هم برای ساکنان و هم برای مسافران شده است. اگر این روند ادامه داشته باشد در آینده‌ای نه چندان دور، کمبود فضای پارک، به یکی از مشکلات بزرگ شهرهای بزرگ و پررفت‌وآمد تبدیل خواهد شد. لذا این مسئله توجه بسیاری از مسئولان را به منظور اندیشیدن چاره‌ای برای برطرف کردن این مشکل، به خود معطوف کرده است. یکی از آخرین و ساده‌ترین فناوری‌هایی که به منظور رفع این مشکل مورد استفاده قرار گرفته، استفاده از پارکینگ مکانیزه است. پارکینگ‌های مکانیزه، با جایگزینی فضای عمودی به جای فضای افقی، نقش بسزایی در بهینه‌سازی فضای پارکینگ و نیز کاهش زمان و مصرف سوخت به منظور یافتن مکان فضای خالی در پارکینگ برای پارک و استقرار خودروها ایفا کرده‌اند (Mahajan & Agrawal, 2017).

مکان‌یابی با استفاده از رویکرد توسعه پایدار، یکی از رویکردهای مهم در مکان‌یابی پارکینگ‌ها است. رویکرد توسعه پایدار با در نظر گرفتن سه مؤلفه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در مکان‌یابی، یکی از فاکتورهای کلیدی در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای است (Puente et al., 2007). از سوی دیگر، صرفه‌جویی مالی ناشی از مکان‌یابی مناسب و همچنین عوارض ناشی از عدم مکان‌یابی مناسب پارکینگ‌ها و تأثیر سوء اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی آن، توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است (Takayama & Kuwahara, 2016). به اعتقاد فوسگرا و دی پالما^۱ (۲۰۱۳) هزینه پارک خودرو در پارکینگ مناسب، بسیار کمتر از هزینه‌های مادی ناشی از تأمین سوخت و عوارض عصبی و زیست‌محیطی ناشی از تردد در خیابان‌های شلوغ شهرها است.

انتخاب مکان مناسب احداث پارکینگ، از چند وجه، برنامه‌ریزی به منظور توسعه پایدار را تقویت می‌کند: اولین وجه آن جلوگیری از اتلاف انرژی و کاهش آلودگی است که پایداری زیست‌محیطی را در پی خواهد داشت. دومین مورد اهمیت دادن دولت‌مردان و سیاست‌گذاران به انسان و جامعه، افزایش همبستگی اجتماعی و توجه به هویت فرهنگی است که این امر منجر به پایداری اجتماعی می‌شود. مسئله آخر این است که با توجه به صرف هزینه در جای مناسب و جلوگیری از هزینه‌های غیرضروری و دوباره‌کاری، پایداری اقتصادی نیز میسر خواهد شد. علاوه بر ایده‌هایی که در زمینه گسترش زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی نظیر اتوبوس، مترو و ... در راستای رفع گره‌های ترافیکی عملیاتی شده‌اند، در سال‌های اخیر مهندسان شهرسازی ایده ساخت پارکینگ‌های مکانیزه را مطرح کرده‌اند که با استقبال بسیار زیادی روبه‌رو شده است. به‌طور کلی، استفاده از پارکینگ مکانیزه مزایای متعددی دارد که از آن جمله می‌توان به استفاده از فضای بهینه و حداقل برای پارک خودروها، امکان استفاده از ارتفاعات بیشتر و فضای زیرزمین در تأمین جای پارک، افزایش سطح ایمنی مسافران و سرنشینان خودروها و عدم تصادفات احتمالی خودروها اشاره کرد.

شهر مقدس قم به عنوان دومین شهر مذهبی ایران، سالانه مسافران زیادی را به خود جذب می‌کند و از این رو، نیاز به مکان‌های مناسب پارک وسایل نقلیه به منظور تسهیل جابه‌جایی و جلوگیری از پارک‌های حاشیه‌ای و پیامدهای آن را بیش از پیش تشدید می‌کند. بنابراین هدف از پژوهش حاضر، ابتدا شناسایی و وزن‌دهی معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه با رویکرد توسعه پایدار و سپس رتبه‌بندی هر یک از مکان‌های بالقوه برای احداث پارکینگ‌های مکانیزه در شهر قم است. پژوهش حاضر درصدد پاسخگویی به این سوالات است:

راسلی^۴ و همکارانش (۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان «رویکرد یکپارچه AHP و GIS در مکان‌یابی پارکینگ‌های مالزی» با به‌کارگیری تکنیک AHP اقدام به وزن‌دهی معیارهای مکان‌یابی پارکینگ‌های شهر ایسکاندر^۵ در مالزی نموده و سپس با استفاده از تکنیک GIS مکان‌های بالقوه احداث پارکینگ را رتبه‌بندی کردند.

ب) پژوهش‌های داخلی

متکان و همکارانش (۱۳۸۶) با اعمال ضابطه‌هایی مانند: فاصله از مراکز جذب سفر، فاصله از معابر، هزینه تملک زمین و کاربری‌های مناسب برای احداث پارکینگ و با اعمال محدودیت‌هایی از قبیل: فاصله از گسل‌ها و کاربری‌های نامناسب، محل‌های بهینه برای احداث پارکینگ در منطقه یک تهران (منطقه تجریش) را با استفاده از تکنیک وزن‌دهی AHP و ابزار GIS مشخص کردند.

کریمی و همکارانش (۱۳۸۶) در پژوهشی با استفاده از روش AHP و ابزار GIS، به مکان‌یابی تأسیسات شهری با تأکید بر مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی پرداختند. شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل: کیفیت بنا، دسترسی، فاصله از مراکز جذب سفر و ارزش ملک بودند. نتایج به‌دست آمده از وزن‌دهی به شاخص‌ها با تکنیک AHP حاکی از آن بودند که شاخص فاصله از مراکز جذب سفر با وزنی معادل ۰/۵۴۷ در جایگاه اول اهمیت قرار دارد. بعد از آن شاخص سطح دسترسی با وزنی معادل ۰/۲۴۰، جایگاه دوم اهمیت را به خود اختصاص داد.

زمانی (۱۳۸۹) در پژوهشی با استفاده از تکنیک ANP فازی و ابزار GIS به مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی شهر قم پرداخت. نتایج پژوهش نشان دادند که معیارهای فاصله از مراکز جذب سفر، دسترسی و ویژگی‌های قطعه، به ترتیب با اوزانی معادل ۰/۴۰۲،

معیارها و زیرمعیارهای مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه شهر قم با رویکرد توسعه پایدار کدامند؟

میزان اهمیت هریک از این معیارها و زیرمعیارها چقدر است؟

اولویت هریک از مکان‌های بالقوه احداث پارکینگ مکانیزه با توجه به معیارهای توسعه پایدار به چه صورت است؟

۲- پیشینه تحقیق

با افزایش معضلات ترافیکی شهرها و به تبع آن کاهش رضایت شهروندان، پژوهشگران خارجی و داخلی به‌منظور ساماندهی و برنامه‌ریزی فضایی صحیح، مطالعات گوناگونی در زمینه حمل‌ونقل شهری و به طور خاص کاربری پارکینگ با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های پژوهش عملیاتی صورت داده‌اند که در ادامه به برخی از آنها اشاره شده است:

الف) پژوهش‌های خارجی

وانگ و یوان^۱ (۲۰۱۳) در پژوهشی به بررسی مدیریت پارکینگ شهری و سیاست برنامه‌ریزی پارکینگ در خیابان به منظور حل مشکل دسترسی به پارکینگ در یکی از شهرهای چین پرداختند.

اوتاسون^۲ و همکارانش (۲۰۱۳) در پژوهشی که در سیاتل انجام دادند به تعیین میزان بهینه پارکینگ برای دستیابی به سطح مورد نظر و اشغال پارکینگ در هر بلوک ساختمانی در هر منطقه پرداختند.

جلوخانی- نیاراکي و مالزوسکی^۳ (۲۰۱۵) در پژوهشی با عنوان «سیستم پشتیبانی چندمنظوره در انتخاب محل پارکینگ» با به‌کارگیری رویکرد ترکیبی و یکپارچه GIS و MCDA، به رتبه‌بندی مکان‌های پیشنهادی احداث پارکینگ در شهر تهران پرداختند.

1- Wang and Yuan

2- Ottosson

3- Jelokhani- Niaraki and Malczewski

4- Rasli

5- Iskandar

۰/۳۹۳ و ۰/۲۰۵، رتبه‌های اول، دوم و سوم را به خود اختصاص دادند.

طالبی (۱۳۸۹) در پژوهشی، به مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی منطقه هفت شهرداری تهران پرداخت. در این پژوهش با بهره‌گیری از روش هم‌پوشانی شاخص و فازی به منظور وزن‌دهی به معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌های استفاده کرد. در نهایت با به‌کارگیری نرم‌افزار GIS، مکان‌های بالقوه برای احداث پارکینگ‌های طبقاتی رتبه‌بندی شدند.

عباسی کلکانی و سیدحسینی (۱۳۹۰) در پژوهشی با استفاده از روش‌های AHP و GIS به مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی در منطقه سه کلان‌شهر کرج پرداختند. ابتدا با استفاده از تکنیک AHP، معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی شامل: فاصله از مراکز جذب سفر (تجاری، اداری، آموزشی، فرهنگی، ورزشی، مذهبی، بهداشتی- درمانی)، فاصله از معابر شهری و کاربری زمین‌های موجود (پارکینگ‌های موجود، زمین‌های بایر، ساختمان‌های نیمه‌کاره)، وزن‌دهی و سپس با به‌کارگیری نرم‌افزار GIS، مکان‌های مناسب برای احداث پارکینگ رتبه‌بندی شدند.

روستایی و همکارانش (۱۳۹۰) در پژوهشی با استفاده از روش‌های AHP و GIS به مکان‌یابی پارکینگ‌های محله‌ای در منطقه سه و چهار شهرداری تبریز پرداختند. در این پژوهش، معیارهای جمعیت، تراکم ساختمانی، فاصله پیاده‌روی تا پارکینگ، دسترسی بر اساس عرض معابر، عرضه پارکینگ، تعداد خودروها، تقاضای پارکینگ، قیمت زمین، سازگاری کاربری‌ها و ظرفیت پارکینگ به عنوان معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌های محله‌ای مدنظر قرار گرفتند.

قنبری و قاضی عسکرنایینی (۱۳۹۰) در پژوهشی، علاوه‌بر ارزیابی انواع روش‌های وزن‌دهی به معیارهای مکان‌یابی با رویکردهای فازی و قطعی، در نهایت روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

(AHP) فازی را به عنوان بهترین و دقیق‌ترین روش وزن‌دهی به معیارهای مکان‌یابی معرفی کردند. شاخص‌های مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی در این پژوهش شامل: فاصله از مراکز جذب سفر، نزدیکی به خیابان‌ها، ملک، جمعیت، کاربری‌های مناسب برای احداث پارکینگ و مراکز نامناسب برای احداث پارکینگ بودند.

رشیدی‌فرد و همکارانش (۱۳۹۰) در پژوهشی با استفاده از مدل تحلیل شبکه و GIS، به مکان‌یابی پارکینگ شهر دهدشت بر اساس معیارهای تراکم جمعیت، فاصله پیاده‌روی، قیمت زمین، تقاضای پارکینگ، تعداد خودرو، تراکم ساختمانی، دسترسی و ظرفیت پارکینگ پرداختند.

سلیمانی و همکارانش (۱۳۹۳) در پژوهشی با استفاده از روش فازی در محیط GIS، به مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی بر اساس معیارهای فاصله از مراکز جذب سفر، فاصله از راه‌های دسترسی و مسیرها، قیمت زمین، کاربری مناسب برای تأسیس پارکینگ در شهرهای میانه پرداختند.

یغفوری و همکارانش (۱۳۹۵) در پژوهشی، با استفاده از تحلیل‌های موجود در سیستم اطلاعات جغرافیایی از جمله مدل شاخص هم‌پوشانی^۱ به تعیین محدوده‌های مناسب جهت احداث پارکینگ در مناطق ۲ و ۸ شهرداری شیراز پرداختند.

۳- مبانی نظری

انتخاب موقعیتی مناسب برای استقرار یک کاربری، جست‌وجویی برای یافتن مکانی است که بتواند با نیازهای خاص آن کاربری، هماهنگ باشد. نیازهای مربوط به استقرار کاربری‌های مختلف در محل مناسب همان معیارهای انتخاب یا معیارهای مکان‌یابی هستند. فرایند یافتن و انتخاب موقعیت محل کاربری‌ها با توجه به معیارهای مورد نظر، مکان‌یابی گفته می‌شود. در

چنین فرایندی، جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات، پس از مشخص شدن معیارهای مکان‌یابی، اولین گام می‌باشد. در واقع مکان‌یابی، بخشی از برنامه‌ریزی کاربری زمین شهری است که با در نظر گرفتن شاخص‌ها و معیارها و با استفاده از روش‌های تحلیلی، مکان‌های مناسب و بهینه برای یک کاربری خاص در بافت پیچیده شهر، انتخاب می‌شود. مهاجرت و افزایش بی‌رویه شهرنشینی و به دنبال آن افزایش وسایل نقلیه موتوری در دهه‌های اخیر، مسئولان و برنامه‌ریزان کلان‌شهرها را با مشکلات متعددی در خصوص کاهش پارک‌های حاشیه‌ای مواجه کرده که شناسایی معیارها و به‌کارگیری روش‌ها و ابزارهای مناسب در مکان‌یابی پارکینگ‌ها می‌تواند تا حد زیادی مشکلات ناشی از پارک‌های حاشیه‌ای را برطرف کند (Jelokhani-Niaraki & Malczewski, 2015). ارزیابی دقیق نیازهای آتی پارکینگ به دلیل تأثیر فاکتورهای مختلف در این زمینه مانند: افزایش ماشین‌های شخصی، افزایش جمعیت، توسعه مناطق تجاری و افزایش محدوده خرید که باعث افزایش جابه‌جایی جمعیت می‌شود، کار دشواری است (فرانسواز، ۱۳۹۲).

با توجه به مطالب بیان شده در پیشینه پژوهش، پژوهشگران مختلف بسته به نوع پارکینگ اعم از عمومی، طبقاتی، مکانیزه و ... و نیز خصوصیات منطقه مورد مطالعه، رویکردها و معیارهای مختلف و متفاوتی را در پژوهش‌های خود مدنظر قرار داده‌اند. یکی از رویکردهایی که در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته، رویکرد توسعه پایدار است.

یکی از مشکلات عمده توسعه پایدار شهری، حمل‌ونقل شهری است. بحث در مورد شیوه‌های سازگار با محیط‌زیست و مسئولیت اجتماعی در زمینه‌های مختلف توسعه شهری، موضوعی است که در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است. این موضوع برای مدیرانی که می‌خواهند سرمایه‌گذاری قابل توجهی برای

شیوه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی انجام دهند، مهم‌تر است؛ زیرا امروزه نگرانی‌های ناشی از تأثیرات منفی اجتماعی و زیست‌محیطی ناشی از افزایش تعداد خودروها و ترافیک‌های سنگین، رو به افزایش است و این تأثیرات منفی اجتماعی و زیست‌محیطی بر مسائل اقتصادی نیز تأثیر سوء خواهد گذاشت (Wan Ahmad et al., 2016). یک شهرساز برای مکان‌یابی مناسب هر نوع کاربری شهری باید با رعایت اصول برنامه‌ریزی کاربری زمین شهری، تمامی جنبه‌ها و مسائل مرتبط با شهر و به ویژه شهرنشینی را در نظر گرفته و معیارهای مکان‌یابی را بر اساس شش اصل سازگاری، آسایش، کارایی، مطلوبیت، سلامتی و ایمنی انتخاب کند (سعیدنیا، ۱۳۸۳). همچنین تمامی ملاحظات اجتماعی، اقتصادی و نیز زیست‌محیطی در راستای نیل به توسعه پایدار در نظر گرفته شود. ویژگی‌های خاص محدوده مورد مطالعه به عنوان بستر انجام کار می‌تواند باعث تغییر در معیارها یا ارجحیت آن‌ها گردد؛ لذا لازم است تا معیارهای مکان‌یابی یک کاربری یا مرکز خدماتی در یک شهر، با توجه به شرایط خاص و نقش بارز آن شهر صورت پذیرد. بنابراین برخی معیارها برای تمامی شهرها قابل استفاده هستند و برخی دیگر وابسته به شهر مورد مطالعه می‌باشند. رویکرد توسعه پایدار، با توجه به سه مؤلفه اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی به صورت توأمان، قابلیت تعمیم و سازگاری بالایی با نیازهای خاص کاربری در هر منطقه و با هر خصوصیتی را فراهم می‌آورد. در پژوهش حاضر، به مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه در شهر قم به عنوان دومین قطب زیارتی کشور، با رویکرد توسعه پایدار پرداخته شده است؛ بنابراین با توجه به ویژگی‌های خاص پارکینگ‌های مکانیزه، رعایت اصول و ملاحظه‌های برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و ترافیک

شهری، ضروری است. از سوی دیگر، شهر قم دارای ویژگی‌های منحصربه‌فردی است که سالانه زائران و همچنین طلاب بسیاری را از نقاط مختلف ایران و جهان به خود جذب می‌کند و ضروری است تمهیدات لازمی در این زمینه نیز مدنظر قرار گیرد.

محققان بسیاری بر اساس معیارها و رویکردهای مختلف و با استفاده از فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره، معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌ها را وزن‌دهی و با به کارگیری روش GIS، مکان مناسب برای احداث انواع پارکینگ‌ها را تعیین کرده‌اند. در پژوهش حاضر پس از مرور ادبیات و پیشینه پژوهش، معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه، شناسایی و استخراج شدند؛ سپس با استفاده از نظر خبرگان، اقدام به تطبیق و ویژه‌سازی معیارهای شناسایی شده در مرحله قبل بر اساس ویژگی‌های خاص شهر قم شد. جدول ۱، معیارها و زیرمعیارهای مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه مورد استفاده در پژوهش حاضر را که بر اساس پژوهش‌های قبلی و نیز نظرسنجی و مصاحبه با کارشناسان و متخصصان شهرسازی و حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری قم، استخراج، تطبیق و ویژه‌سازی شده است نشان می‌دهد. در جدول ۱، ۱۶ زیرمعیار مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه شهر قم در قالب سه مؤلفه توسعه پایدار؛ اعم از اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی، طبقه‌بندی شده‌اند.

آنچه پژوهش حاضر را از پژوهش‌های پیشین متمایز می‌کند می‌توان در قالب دو دسته نوآوری موضوعی و نوآوری روشی خلاصه کرد. پژوهش حاضر از آن جهت که برای اولین بار با به کارگیری رویکرد توسعه پایدار اقدام به مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه در شهر قم نموده است، دارای نوآوری موضوعی است. به عبارتی در صورتی که تمامی جوانب امر را در اقدامات خود در تعامل

میان سه مؤلفه توسعه پایدار مورد توجه قرار دهیم، حاصل کار مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه با رویکرد توسعه پایدار خواهد بود. همچنین از آنجایی که در پژوهش حاضر، برای اولین بار از یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به نام PROMETHEE به منظور رتبه‌بندی مکان‌های بالقوه احداث پارکینگ در شهر قم استفاده شده دارای نوآوری روشی است. همان‌طور که در بررسی پیشینه مشاهده شد اغلب پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه مکان‌یابی، از تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) به عنوان ابزار وزن‌دهی به معیارهای مکان‌یابی استفاده نمودند. در پژوهش حاضر از تکنیک فرایند تحلیل شبکه (ANP)^۱ که نسخه توسعه‌یافته تکنیک AHP است، استفاده شده است. تکنیک ANP، یکی از تکنیک‌های پر کاربرد از سری تکنیک‌های پژوهش عملیاتی نرم است که با رد فرض استقلال معیارها (که از فرض‌های پایه‌ای تکنیک AHP است) امکان برقراری ارتباط میان معیارهای پژوهش را فراهم می‌آورد. از آنجایی که فرض استقلال معیارهای دخیل در مکان‌یابی (برای مثال استقلال و عدم تأثیرگذاری معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بر یکدیگر) بعید است، استفاده از تکنیک ANP ضمن رفع کاستی‌های مربوط به تکنیک AHP، با در نظر گرفتن امکان تأثیرگذاری میان معیارهای مختلف در یک سطح یا سطوح مختلف و برقراری روابط عمودی و افقی، نتایج واقعی‌تر و با قابلیت اطمینان بالاتری به دست می‌دهد.

جدول 1- معیارها و زیرمعیارهای مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه

منبع	زیرمعیار	معیار
قاضی عسکر نایینی (۱۳۸۳) زمانی (۱۳۸۹)	ارزش ملک	اقتصادی
	کاربری زمین	
	ویژگی‌های بنا	
قاضی عسکر نایینی (۱۳۸۳) عبادی (۱۳۸۶) متکان (۱۳۸۶) مهندسین مشاور گذرراه (۱۳۸۷) مهندسان مشاور فرهاد (۱۳۸۷) وانگ و یون (۲۰۱۳) یغفوری و همکاران (۱۳۹۵)	جمعیت	اجتماعی
	نزدیکی به مراکز تجاری	
	نزدیکی به مراکز اداری	
	نزدیکی به مراکز مذهبی	
	نزدیکی به مراکز آموزش علوم دینی	
	نزدیکی به بیمارستان	
	نزدیکی به پایانه - ایستگاه	
	نزدیکی به مراکز تفریحی- ورزشی و سینما	
شریان‌های اصلی		
مهندسین مشاور گذرراه (۱۳۸۷) مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران (۱۳۹۳) اوتاسون (۲۰۱۳) جلوخانی نیاراکي و مالزوسکی (۲۰۱۵) راسلی و همکاران (۲۰۱۶)	آلودگی هوا	زیست‌محیطی
	آلودگی صوتی	
	سوانح و تصادفات	
	تغییر اقلیم	

۴- روش تحقیق

پژوهش حاضر از لحاظ هدف، کاربردی و از نظر نحوه گردآوری اطلاعات، توصیفی-پیمایشی است. برای تدوین مبانی نظری از روش کتابخانه‌ای استفاده شده است. برای شناخت محدوده مورد مطالعه و جمع‌آوری داده‌های مقایسه زوجی، از روش توصیفی-پیمایشی بهره گرفته شد. پرسشنامه پژوهش حاضر، از نوع پرسشنامه مقایسه زوجی است که در قالب جداولی، معیارها به صورت دو به دو با یکدیگر مقایسه می‌شوند. از لحاظ موضوعی در قلمرو مباحث مکان‌یابی و به طور خاص در حوزه مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه با رویکرد توسعه پایدار قرار می‌گیرد. داده‌های مورد نیاز در پژوهش حاضر در دو مرحله جمع‌آوری شدند. به این صورت که ابتدا با مروری دقیق و گسترده در ادبیات و پیشینه پژوهش، عوامل و معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه با رویکرد توسعه پایدار، استخراج گردید. سپس به منظور تطبیق و ویژه‌سازی معیارهای استخراج شده، از مدیران، خبرگان و کارشناسان شهرداری شهر قم، نظرسنجی به عمل آمد و سپس با

به‌کارگیری تکنیک ANP فازی، معیارهای شناسایی شده در مرحله قبل، وزن‌دهی گردیدند. در نهایت نیز مکان‌های بالقوه احداث پارکینگ مکانیزه با استفاده از تکنیک PROMETHEE فازی، رتبه‌بندی شدند. در مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر قم، کل منطقه شهری و حومه شهری قم به عنوان محدوده مورد مطالعه در نظر گرفته شد. با در نظر گرفتن این نکته که در برخی از ناحیه‌های شهری با توجه به نوع کاربری‌های موجود، مسأله پارکینگ وجود نداشته یا این‌که وضعیت آن مطلوب می‌باشد، موقعیت مرکزی شهر قم برای مطالعه مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه شهر قم تعیین شد. پس از مصاحبه با خبرگان و مسئولان شهرداری، چهار مکان بالقوه برای احداث پارکینگ مکانیزه، شناسایی شد. همان‌طور که در نقشه ۱ مشاهده می‌شود، تمام مکان‌های بالقوه برای احداث پارکینگ، در خیابان امام خمینی- حد فاصل میدان امام خمینی و میدان شهید سعیدی قرار دارند. هریک از مکان‌های بالقوه با استفاده از نمادهای P1 تا P4 در این شکل مشخص شده‌اند؛ به‌طوری که P1، موقعیت مکانی پارکینگ شماره

یک واقع در تقاطع خیابان امام خمینی و خیابان کیوانفر، P2، موقعیت مکانی پارکینگ شماره دو واقع در خیابان امام خمینی - خیابان کیوانفر - جنب کوچه صداقت منش، P3، موقعیت مکانی پارکینگ شماره سه واقع در خیابان امام خمینی بالاتر از میدان سعیدی، حدفاصل ۸ متری امیرکبیر و کوچه ۴۵ و P4، موقعیت مکانی پارکینگ شماره چهار واقع در خیابان امام خمینی - میدان سعیدی - بلوار نیروی هوایی را نشان می‌دهد.

جامعه آماری پژوهش حاضر شامل کلیه مدیران، خبرگان و کارشناسان شهرسازی و حمل‌ونقل و ترافیک شهری شهرداری قم می‌باشد که دانش لازم در مورد مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه و مؤلفه‌های توسعه پایدار و نیز اشراف کافی بر مشکلات حمل‌ونقل و ترافیک شهر قم را داشتند. پس از مشورت با شهردار قم، حجم جامعه دو نفر برآورد شد. مبنای انتخاب خبرگانی که پرسش‌نامه‌های مقایسه زوجی را تکمیل کردند، تحصیلات، تجربه و مهم‌تر از همه داشتن دانش و تجربه توأم در زمینه مکان‌یابی و نیز مؤلفه‌های توسعه پایدار بود؛ به طوری که هر دو خبره دارای تحصیلات بالاتر از کارشناسی ارشد، سابقه بیش از هفت سال و نیز تجربه توأم در زمینه مکان‌یابی پارکینگ‌ها و نیز مؤلفه‌های

توسعه پایدار بودند. لازم به ذکر است که در روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، رابطه یا فرمول خاصی برای تعیین اندازه نمونه وجود ندارد بلکه به سبب کوچک بودن جامعه هدف، سعی در سرشماری از آحاد خبرگان است؛ بنابراین راهبرد نمونه‌گیری نیز هدفمند یا قضاوتی است (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۴). از این رو به منظور تکمیل پرسش‌نامه‌های مقایسه زوجی از نظر هر دو خبره استفاده شد. برای جمع‌آوری داده‌ها نیز از پرسشنامه‌های مقایسه زوجی با طیف پنج‌گزینه‌ای استفاده شد. در پرسشنامه خبره که مبتنی بر مقایسه زوجی تمامی عناصر با یکدیگر است احتمال این که یک متغیر در نظر گرفته نشود صفر است. بنابراین تمامی معیارها در این سنجش مورد توجه قرار گرفته است و طراح قادر به جهت‌گیری خاصی در طراحی سؤالات نمی‌باشد؛ بنابراین پرسشنامه‌های مبتنی بر مقایسه زوجی فی‌نفسه از روایی برخوردار هستند (قدسی‌پور، ۱۳۸۱). به منظور بررسی پایایی مقایسات نیز از نرخ سازگاری گوگوس و بوچر^۱ (۱۹۹۷) استفاده گردید و پس از تجدیدنظر و تکمیل مجدد برخی از ماتریس‌های ناسازگار، در نهایت نرخ ناسازگاری تمامی مقایسات کمتر از ۰/۱ گزارش شد.



نقشه ۱- مکان‌های بالقوه احداث پارکینگ مکانیزه شهر قم

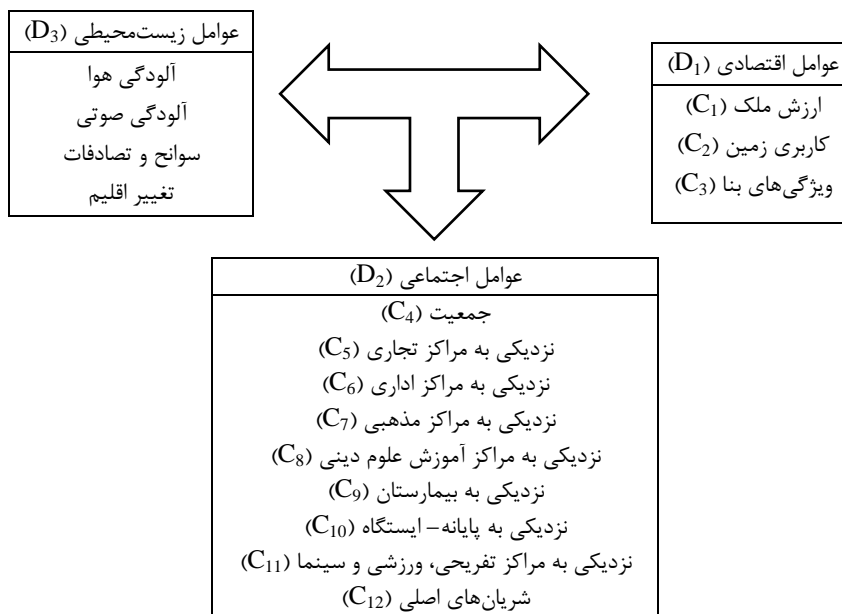
همان‌طور که قبلاً اشاره گردید در پژوهش حاضر از دو تکنیک ANP و PROMETHEE فازی به منظور تحلیل داده‌ها استفاده شده است. تکنیک ANP، یکی از تکنیک‌های پرکاربرد در زمینه وزن‌دهی و رتبه‌بندی معیارها است که توسط توماس ساعتی در سال ۱۹۹۹ ابداع شد. در پژوهش حاضر به منظور وزن‌دهی به معیارهای دخیل در مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه، از تکنیک ANP در شرایط فازی بهره گرفته شده است. روش تکنیک PROMETHEE در دهه ۱۹۸۰ ارائه شد. پس از تعیین وزن معیارهای مکان‌یابی با استفاده از تکنیک ANP فازی لازم است که مکان‌های بالقوه احداث پارکینگ بر اساس معیارها رتبه‌بندی شوند. در پژوهش حاضر به منظور انجام این مهم از تکنیک PROMETHEE استفاده شد.

۵- یافته‌های تحقیق

تعیین اوزان شاخص‌ها با استفاده از تکنیک FANP

گام اول در تکنیک ANP، ترسیم شبکه و تعیین روابط میان معیارها است. در پژوهش حاضر به منظور ترسیم شبکه و تعیین روابط میان معیارهای پژوهش، از نظرسنجی از خبرگان شهرداری استفاده شد. براساس نظر خبرگان، هر سه مؤلفه توسعه پایدار اعم از اقتصادی،

اجتماعی و زیست‌محیطی، تأثیر متقابلی بر یکدیگر دارند که این مورد در رسم شبکه مورد توجه قرار گرفت. بعد از ترسیم شبکه، روابط معیارهای پژوهش که در شکل ۱ نشان داده شده است، اوزان نهایی معیارها و زیرمعیارهای مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه شهر قم با استفاده از تکنیک ANP فازی محاسبه و به ترتیب در جداول ۲ و ۳ ارائه شدند؛ به این صورت که هریک از شاخص‌ها و زیرشاخص‌های پژوهش در قالب جداول مقایسات زوجی و توسط هریک از خبرگان با یکدیگر مقایسه شدند. سپس وزن نهایی هریک از شاخص‌ها و زیرشاخص‌های دخیل در مکان‌یابی پارکینگ‌ها بر اساس میانگین نظرات خبرگان احصا شد. از بین معیارهای اصلی پژوهش، مؤلفه زیست‌محیطی با وزنی معادل ۰/۴۲۹، جایگاه اول اهمیت را به خود اختصاص داده است. پس از آن، مؤلفه‌های اقتصادی و اجتماعی، به ترتیب با اوزانی معادل ۰/۳۴۷ و ۰/۲۵۱، در جایگاه‌های دوم و سوم اهمیت قرار گرفتند. در میان زیرمعیارهای پژوهش نیز زیرمعیار سوانح و تصادفات از خوشه زیست‌محیطی با وزنی معادل ۰/۳۰۶ به عنوان مهم‌ترین زیرمعیار شناخته شد. در نمودار ۱، اوزان نهایی قطعی معیارهای پژوهش نشان داده شده است.



شکل ۱- ساختار مدل ANP

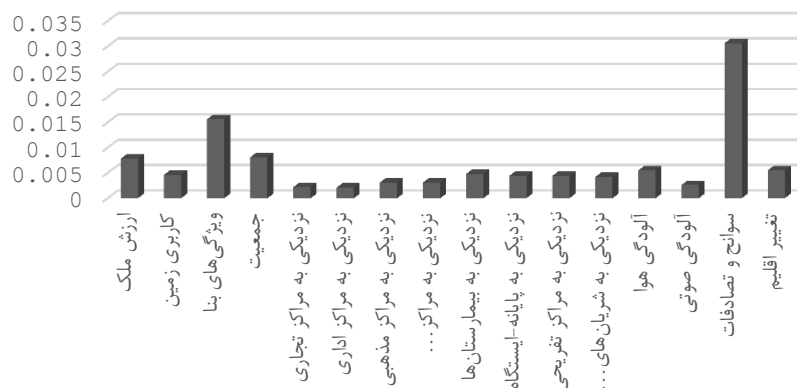
جدول ۲- اوزان نهایی معیارهای اصلی پژوهش

معیار	وزن فازی	وزن قطعی
اقتصادی	(۰/۱۱۷۹, ۰/۳۳۹, ۰/۵۴۳)	۰/۳۴۷
اجتماعی	(۰/۱۳۶, ۰/۲۳۷, ۰/۴۲۲)	۰/۲۵۱
زیست محیطی	(۰/۲۲۹, ۰/۴۲۳, ۰/۶۵۴)	۰/۴۲۹

جدول ۳- اوزان نهایی زیرمعیارهای پژوهش

زیرمعیار	وزن فازی	وزن قطعی
ارزش ملک	(۰/۰۳, ۰/۰۷۵, ۰/۱۳۸)	۰/۰۷۸
کاربری زمین	(۰/۰۱۵, ۰/۰۳۹, ۰/۱۰۶)	۰/۰۴۶
ویژگی های بنا	(۰/۰۶۱, ۰/۱۵, ۰/۲۷۷)	۰/۱۵۶
جمعیت	(۰/۰۲۳, ۰/۰۷۲, ۰/۱۷۸)	۰/۰۸۱
نزدیکی به مراکز تجاری	(۰/۰۰۶, ۰/۰۱۹, ۰/۰۴۹)	۰/۰۲۲
نزدیکی به مراکز اداری	(۰/۰۰۶, ۰/۰۱۸, ۰/۰۴۹)	۰/۰۲۱
نزدیکی به مراکز مذهبی	(۰/۰۰۸, ۰/۰۲۷, ۰/۰۷۳)	۰/۰۳۱
نزدیکی به مراکز آموزش علوم دینی	(۰/۰۰۸, ۰/۰۲۶, ۰/۰۷۳)	۰/۰۳۱
نزدیکی به بیمارستان ها	(۰/۰۱۳, ۰/۰۴۱, ۰/۱۱۱)	۰/۰۴۸
نزدیکی به پایانه- ایستگاه	(۰/۰۱۳, ۰/۰۳۷, ۰/۱۰۱)	۰/۰۴۴
نزدیکی به مراکز تفریحی	(۰/۰۱۳, ۰/۰۳۷, ۰/۱۰۱)	۰/۰۴۴
نزدیکی به شریان های اصلی	(۰/۰۱۲, ۰/۰۳۵, ۰/۰۹۹)	۰/۰۴۲
آلودگی هوا	(۰/۰۲, ۰/۰۵۲, ۰/۱)	۰/۰۵۵
آلودگی صوتی	(۰/۰۰۹, ۰/۰۲۲, ۰/۰۶۲)	۰/۰۲۶
سوانح و تصادفات	(۰/۱۲۷, ۰/۲۹۷, ۰/۵۲)	۰/۳۰۶
تغییر اقلیم	(۰/۰۲, ۰/۰۵۲, ۰/۱)	۰/۰۵۵

اوزان قطعی



نمودار ۱- نمودار میله ای اوزان نهایی معیارهای پژوهش

PROMETHEEII را دارد. شکل ۲، معرف خروجی PROMETHEEI است. در این شکل، ستون سمت چپ، رتبه‌بندی گزینه‌ها که مکان‌های بالقوه برای احداث پارکینگ مکانیزه هستند را بر پایه Φ^+ نمایش می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود مکان بالقوه واقع در خیابان کیوانفر با بیشترین Φ^+ در رتبه اول قرار گرفته است. اولویت گزینه‌ها عبارت است از:

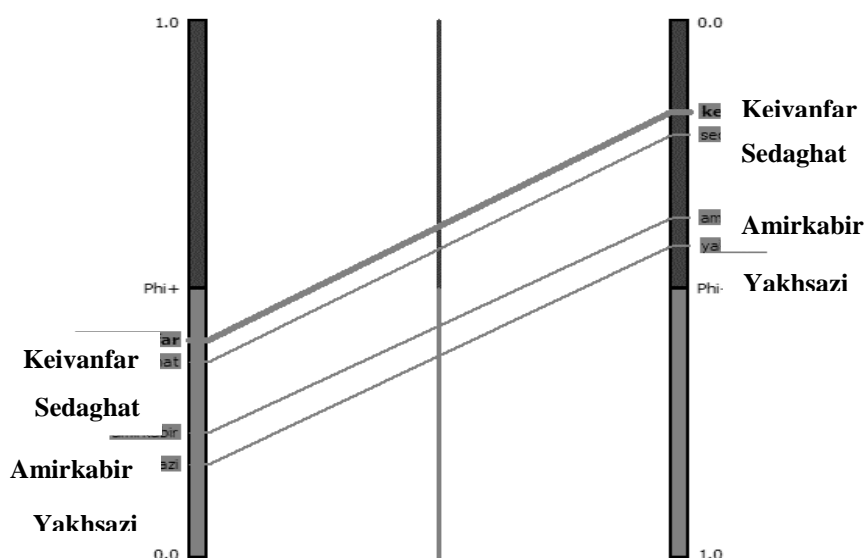
Keivanfar > Sedaghat > Amirkabir > Yakhsazi
 ستون سمت راست نیز رتبه‌بندی گزینه‌ها را بر پایه Φ^- نمایش می‌دهد. رتبه‌بندی گزینه‌ها بر پایه Φ^- نیز نتایج مشابهی را به ترتیب زیر نشان می‌دهد:

Keivanfar > Sedaghat > Amirkabir > Yakhsazi
 جدول ۴ نیز نتایج به‌دست آمده از رتبه‌بندی گزینه‌ها را براساس دو پارامتر Φ^+ و Φ^- نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر Φ^+ و Φ^- می‌توان گزینه‌ها را با اطمینان کامل رتبه‌بندی کرد.

بعد از وزن‌دهی معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه شهر قم با رویکرد توسعه پایدار، مکان‌های بالقوه احداث پارکینگ رتبه‌بندی شدند؛ به این صورت که ابتدا پرسشنامه‌ای برای مقایسات زوجی مکان‌های بالقوه احداث پارکینگ براساس هریک از زیرشاخص‌ها طراحی و در میان جمعی از خبرگان، توزیع شد. مقایسه زوجی گزینه‌ها توسط خبرگان با استفاده از متغیرهای زبانی صورت گرفت. سپس معادل فازی متغیرهای زبانی، جایگزین و وزن فازی گزینه‌ها محاسبه گردید. سپس با استفاده از میانگین‌گیری حسابی، وزن قطعی هریک از گزینه‌ها محاسبه و ماتریس تصمیم پرامتی براساس وزن‌دهی فازی شده گزینه‌ها تشکیل شده و وارد نرم‌افزار گردید. در این پژوهش به منظور ارزیابی و رتبه‌بندی گزینه‌ها، نرم‌افزار PROMETHEE و GAIA به کار گرفته شد. این نرم‌افزار قابلیت تحلیل و رتبه‌بندی گزینه‌ها با روش PROMETHEEI و

جدول ۴- جریان‌های اولویت‌بندی بیرونی

ردیف	مکان بالقوه پارکینگ	Φ^+	Φ^-	Φ
۱	کیوانفر	۰/۴۰۴۸	۰/۱۷۱۳	۰/۲۳۳۵
۲	صداقت	۰/۳۶۳۳	۰/۲۱۴۵	۰/۱۴۸۸
۳	امیرکبیر	۰/۲۳۱۰	۰/۳۶۷۳	-۰/۱۳۶۳
۴	یخ‌سازی	۰/۱۷۳۸	۰/۴۱۹۸	-۰/۲۴۶۱



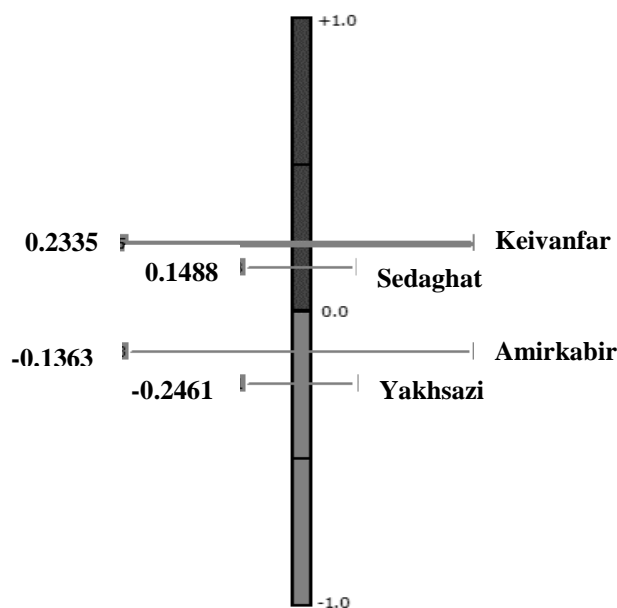
شکل ۲- خروجی نرم‌افزار - رتبه‌بندی جزئی در PROMETHEEI

همه گزینه‌ها قابل مقایسه خواهند بود و جریان خالص بزرگ‌تر، به معنای گزینه برتر است؛ یعنی اگر میزان جریان خالص a بیشتر از جریان خالص b باشد، آن‌گاه گزینه a به گزینه b ترجیح داده می‌شود و اگر میزان جریان خالص اولویت‌بندی دو گزینه با هم برابر باشد، آن‌گاه این دو گزینه در یک رتبه قرار خواهند گرفت. شکل ۳ معرف رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها براساس خروجی PROMETHEEII است. همان‌طور که مشاهده می‌شود نتایج به‌دست آمده از رتبه‌بندی کامل PROMETHEEII نیز دقیقاً مشابه نتایج رتبه‌بندی جزئی PROMETHEEI است و این نشان از سازگاری قضاوت‌ها و در نتیجه قابلیت اطمینان بالای نتایج پژوهش است. جدول ۵ نتایج رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها را نشان می‌دهد.

رتبه‌بندی گزینه‌ها در پرامتی I براساس شاخص جریان مثبت یا منفی به طور جداگانه انجام می‌گیرد. با توجه به شکل ۲، نتایج حاصل از پرامتی I براساس هریک از شاخص‌های فی مثبت و فی منفی، اولویت‌های مشابهی را به دست داده است و این حاکی از قابلیت اعتماد و اطمینان بالای نتایج رتبه‌بندی است. بر اساس نتایج حاصل از پرامتی I، مکان‌های مربوط به کیوانفر، صداقت، امیرکبیر و یخ‌سازی، به ترتیب رتبه‌های اول تا چهارم را به خود اختصاص داده‌اند. از آنجا که در برخی موارد، رتبه‌بندی گزینه‌ها با مشکلاتی مواجه می‌شود که برگرفته از عدم توافق کامل بر رتبه‌بندی‌های ناشی از جریان‌های مثبت و منفی است. برای حل مشکل موجود در روش PROMETHEEI باید جریان خالص اولویت‌بندی را محاسبه کرد که نشان‌دهنده میزان قدرت هر گزینه نسبت به گزینه‌های دیگر است. در این حالت

جدول ۵- رتبه‌بندی کامل مکان بالقوه احداث پارکینگ مکانیزه

رتبه	مکان بالقوه احداث پارکینگ مکانیزه
۱	خیابان کیوانفر (هفت تیر) جنب پست برق
۲	خیابان کیوانفر، جنب کوچه صداقت‌منش
۳	حذف‌اصل ۸ متری امیرکبیر و کوچه ۴۵
۴	بلوار نیروی هوایی، کارخانه یخ‌سازی



شکل ۳- رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها براساس روش PROMETHEEII

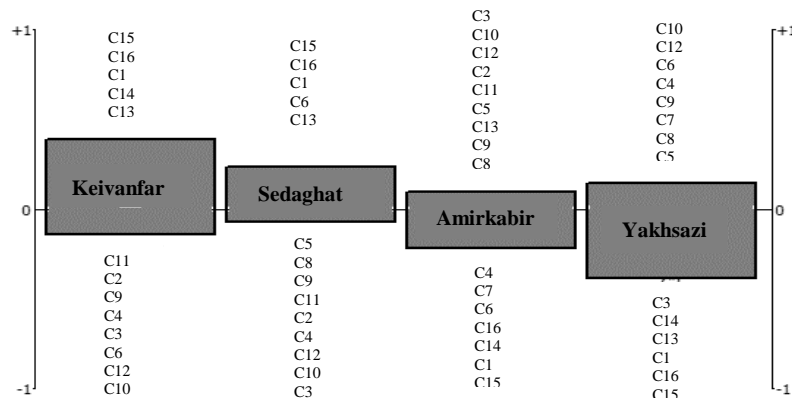
- صداقت: معیارهای شماره ۱، ۶، ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶، تأثیر مثبتی بر رتبه مربوط به گزینه صداقت دارند و برعکس معیارهای شماره ۲، ۳، ۴، ۵، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲، تأثیر منفی بر رتبه مربوط به گزینه صداقت دارند.

- امیرکبیر: معیارهای شماره ۲، ۳، ۵، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳، تأثیر مثبتی بر رتبه مربوط به گزینه امیرکبیر دارند و برعکس معیارهای شماره ۱، ۴، ۶، ۷، ۱۴، ۱۵ و ۱۶، تأثیر منفی بر رتبه مربوط به گزینه امیرکبیر دارند.

- یخ‌سازی: معیارهای شماره ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲، تأثیر مثبتی بر رتبه مربوط به گزینه یخ‌سازی دارند و برعکس معیارهای شماره ۱، ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶، تأثیر منفی بر رتبه مربوط به گزینه یخ‌سازی دارند.

نمودار ارائه شده در شکل ۴ که رنگین‌کمان پرامتی نام دارد، گزینه‌ها را از چپ به راست، از بالاترین رتبه تا پایین‌ترین رتبه نشان می‌دهد. رنگین‌کمان پرامتی، دیدگاه تفکیکی پرامتی ۲ می‌باشد که رتبه‌بندی را کامل می‌کند. تکه‌های انباشته برای هر گزینه، نشان‌دهنده عناصر جریان خالص هر گزینه است. معیارهایی که در قسمت بالای تکه‌های انباشته مربوط به هر گزینه قرار دارند، تأثیر مثبتی بر رتبه‌بندی گزینه مربوطه دارند و برعکس، معیارهایی که در قسمت پایین تکه‌های انباشته مربوط به هر گزینه قرار دارند، تأثیر منفی در رتبه‌بندی گزینه مربوطه دارند. برای مثال:

- کیوانفر: معیارهای شماره ۱، ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶، تأثیر مثبتی بر رتبه مربوط به گزینه کیوانفر دارند و معیارهای شماره ۲، ۳، ۴، ۶، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲، تأثیر منفی بر رتبه مربوط به گزینه کیوانفر دارند.



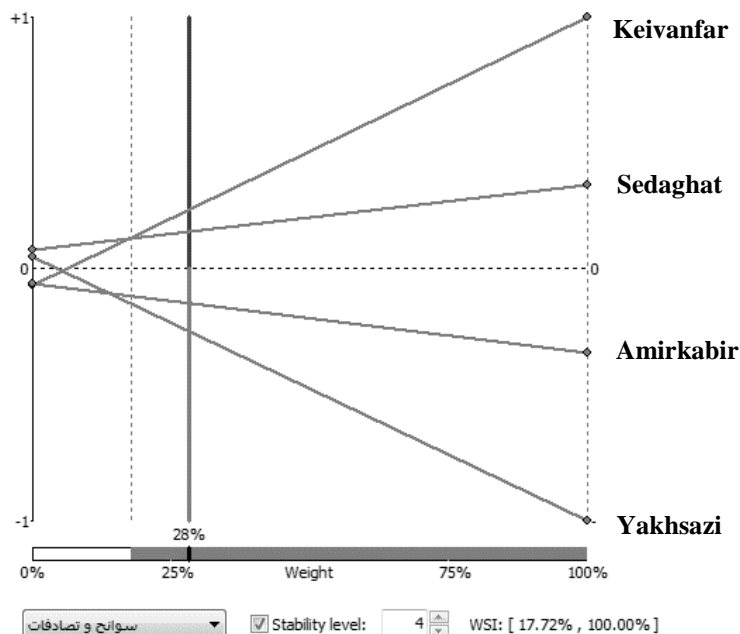
شکل ۴- نمودار تفکیکی رنگین‌کمان پرامتی

و نتایج آن کمک شایانی می‌کند. شکل ۵، بیانگر تحلیل حساسیت گزینه‌ها براساس زیرمعیار سوانح و تصادفات از خوشه زیست‌محیطی است که براساس نتایج حاصل از وزن‌دهی با روش FANP، به عنوان مهم‌ترین زیرمعیار شناخته شد. تحلیل نمودار شکل ۵ بدین شرح است که با افزایش یا کاهش تدریجی وزن زیرمعیار سوانح و تصادفات چه تغییری در رتبه‌بندی گزینه‌ها رخ می‌دهد؟ با توجه به شکل ۵، با کاهش وزن زیرمعیار سوانح و

تحلیل حساسیت بر پایه زیرمعیار سوانح و تصادفات در این بخش از پژوهش با استفاده از تحلیل حساسیت، به بررسی میزان پایایی و قابلیت اعتماد به نتایج پژوهش پرداخته شده است. همچنین در تحلیل حساسیت، به این نکته پرداخته می‌شود که با افزایش یا کاهش تدریجی وزن یک معیار، چه تغییری در رتبه‌بندی گزینه‌ها رخ می‌دهد. ابزار یاد شده به تصمیم‌گیرندگان در مورد بازنگری در وزن‌های شاخص‌ها

کوچه صداقت منش می‌دهد. به عبارتی رتبه گزینه‌های یک و دو عوض می‌شود.

تصادفات به کمتر از ۱۷/۷۲ درصد، مکان مربوط به خیابان کیوانفر - جنب پست برق که اکنون در رتبه اول قرار دارد، جای خود را به مکان خیابان کیوانفر - جنب



شکل ۵- نمودار تحلیل حساسیت ترجیح رتبه‌ها بر اساس زیرمعیار سوانح و تصادفات

روش‌های مشابه همچون AHP به‌دست می‌دهد. در پژوهش حاضر، مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه شهر قم با رویکرد توسعه پایدار مدنظر بوده تا با شناسایی معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه و وزن‌دهی آنها با تکنیک ANP و سپس رتبه‌بندی مکان‌های بالقوه احداث پارکینگ با به‌کارگیری تکنیک PROMETHEE در شهر قم، گامی در راستای حل مشکل کمبود پارکینگ در این شهر برداشته شود. بدین منظور پس از تعیین اوزان معیارها و زیرمعیارهای مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌ها، به رتبه‌بندی مکان‌های بالقوه احداث پارکینگ پرداخته شد. ابتدا با به‌کارگیری تکنیک FANP، وزن هر یک از معیارها و زیرمعیارهای مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌ها محاسبه و سپس با استفاده از تکنیک FPROMETHEE، مکان‌های چهارگانه بالقوه برای احداث پارکینگ‌های مکانیزه به این ترتیب رتبه‌بندی شدند:

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهاد

امروزه معضل کمبود محل توقف وسایل نقلیه به‌خصوص در مناطق مرکزی و پرتردد شهر، گریبان‌گیر برخی از شهرهای پرجمعیت کشور و به‌خصوص شهر قم به‌عنوان دومین قطب مذهبی کشور می‌باشد. از این رو به‌منظور کاهش ترافیک در مناطق مرکزی شهر قم به‌خصوص در ایام و اعیاد مذهبی، احداث پارکینگ‌های مکانیزه با حداقل فضای مورد نیاز نسبت به سایر انواع پارکینگ‌ها، منجر به کاهش حجم پارک حاشیه‌ای و در نتیجه روان‌تر شدن ترافیک می‌شود. روش‌های مختلف تصمیم‌گیری در راستای انتخاب مکان مناسب برای احداث پارکینگ‌ها بر اساس معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. یکی از این روش‌های تصمیم‌گیری، روش ANP فازی است که با در نظر گرفتن امکان برقراری روابط متقابل میان معیارها، نتایج واقعی‌تر و با قابلیت اطمینان بالاتری را نسبت به سایر

معیارها و زیرمعیارهای مکان‌یابی و نیز رتبه‌بندی مکان‌های بالقوه احداث پارکینگ استفاده کنند.

- تأثیر مؤلفه‌های توسعه پایدار بر مکان‌یابی پارکینگ‌ها با استفاده از روش معادلات ساختاری بررسی شود.

- در پژوهش حاضر به منظور تعیین روابط درونی خوشه‌ها و عناصر، از نظرات خبرگان استفاده شده است؛ پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، از روش‌های دیگر تحقیق در عملیات نرم مانند DEMATEL برای تعیین روابط درونی خوشه‌ها و عناصر استفاده شود.

- به منظور ارائه تصویری بهتر و واضح‌تر از مناطق بالقوه احداث پارکینگ، از نرم‌افزار ArcGIS که به کاربران این امکان را می‌دهد که به سادگی اطلاعات مکانی و داده‌های توصیفی را برای ایجاد نقشه‌ها، جداول و نمودارها به کار گیرند، استفاده شود.

۷- منابع

رشیدی‌فرد، سید نعمت‌الله؛ کرامتی اصل، رحمت‌اله؛ فرخی، احسان. (۱۳۹۰). مکان‌یابی پارکینگ شهر دهمش با استفاده از GIS و مدل تحلیل شبکه. یازدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک.

روستایی، شهریور؛ قنبری، حکیمه؛ کاظمی‌زاد، شمس‌اله؛ نوریان، رحیمه. (۱۳۹۰). ارائه الگوی بهینه مکان‌یابی پارکینگ‌های محله‌ای با استفاده از روش AHP و GIS مطالعه موردی: منطقه ۳ و ۴ شهرداری تبریز. فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۹(۲۳)، ۱۸۴-۱۶۳.

زمانی، وحید. (۱۳۸۹). مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی در شهر قم با استفاده از روش تحلیل چندمعیاره ANP پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر اصفهان.

سعیدنیا، احمد. (۱۳۸۳). کتاب سبز شهرداری‌ها، جلد دوم: کاربری زمین شهری. تهران: انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.

سلیمانی، علیرضا؛ پریشان، مجید؛ اعلی، میثم. (۱۳۹۳). مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی برای CBD شهرهای میانه‌اندام با ابزار GIS (نمونه موردی: شهر مراغه).

۱- خیابان کیوانفر (هفت‌تیر) جنب پست برق

۲- خیابان کیوانفر، جنب کوچه صداقت‌منش

۳- خیابان امام خمینی بالاتر از میدان سعیدی،

حد فاصل ۸ متری امیرکبیر و کوچه ۴۵

۴- خیابان امام خمینی، میدان سعیدی، بلوار نیروی هوایی، به سمت امامزاده ابراهیم، کارخانه یخ‌سازی.

عمده‌ترین محدودیت این پژوهش، استفاده از پرسشنامه (اندازه‌گیری ذهنی) برای آن دسته از متغیرهایی است که ماهیت عینی دارند. به دلیل نبود پایگاه داده‌ای جامع و حساسیت مدیران، امکان دسترسی پژوهش‌گران به داده‌های واقعی مهیا نشد. با توجه به نتایج حاصل از وزن‌دهی به شاخص‌ها، شاخص زیست‌محیطی به عنوان مهم‌ترین شاخص در مکان‌یابی پارکینگ‌های مکانیزه معرفی شد؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود که مدیران و تصمیم‌گیرندگان در تصمیمات خود همواره مسائل زیست‌محیطی از قبیل: آلودگی هوا، آلودگی صوتی و سوانح و تصادفات را به عنوان عوامل اصلی مؤثر بر مکان‌یابی پارکینگ‌ها مدنظر قرار دهند. از طرفی بر اساس نتایج حاصل از رتبه‌بندی زیرمعیارها، زیرمعیار سوانح و تصادفات به عنوان مهم‌ترین زیرمعیار شناخته شد؛ از این رو با افزایش جریمه‌ها و هزینه‌های ناشی از پارک‌های حاشیه‌ای می‌توان تا حد زیادی از بروز سوانح و تصادفات ناشی از پارک‌های حاشیه‌ای جلوگیری کرد. همچنین پیشنهادهای زیر برای پژوهش‌های آتی ارائه می‌شوند:

- مدل و معیارهای پیشنهاد شده در پژوهش حاضر را به منظور مکان‌یابی پارکینگ‌ها در سایر شهرها به کار گیرند.

- محققان می‌توانند از سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند روش بهترین-بدترین (BWM)^۱ که یکی از تکنیک‌های نوین و بسیار کارای تصمیم‌گیری چندمعیاره است به منظور وزن‌دهی به

1- Best Worst Method

GIS با تأکید بر مکان‌یابی پارکینگ‌های طبقاتی. همایش ژئوماتیک ۸۶، تهران.

متکان، علی‌اکبر؛ شکیبیا، علیرضا؛ پورعلی، سید حسین؛ عبادی، عیسی. (۱۳۸۶). کاربرد GIS در مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی طبقاتی به روش OWA (مطالعه موردی: منطقه یک شهر تهران). همایش ژئوماتیک ۸۶، تهران.

متکان، علی‌اکبر؛ شکیبیا، علیرضا؛ پورعلی، عبادی. (۱۳۸۸). تصمیم‌گیری قطعی و فازی در مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی طبقاتی. نشریه علوم محیطی، ۶(۳).

محمدی، جمال؛ کیومرثی، حسین؛ نصیری، یوسف. (۱۳۹۲). مکان‌یابی بهینه پارکینگ‌های شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهر آبداه). فصلنامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی، ۱۳(۴۴)، ۹۱-۱۰۹.

مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران. (۱۳۹۳). مهندسی مشاور فرهاد. (۱۳۸۷). مرحله دوم بازنگری طرح تفصیلی شیراز، منطقه ۶.

مهندسی مشاور گذر راه. (۱۳۸۷). مطالعات مرحله دوم طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر قم. شهرداری قم.

یغفوری، حسین؛ فتوحی، صمد؛ مسجدی، نجمه. (۱۳۹۵). بررسی توزیع فضایی- مکانی پارکینگ‌های عمومی و مکان‌یابی بهینه آن (مطالعه موردی: منطقه ۲ و ۸ شهرداری شیراز). نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۲۴(۲۴)، ۱۹۰-۱۷۳.

Fosgerau, M., & De Palma, A. (2013). The dynamics of urban traffic congestion and the price of parking. *Journal of Public Economics*, 105, 106-115.

Gogus, O., & Boucher, T. O. (1997). A consistency test for rational weights in multi-criterion decision analysis with fuzzy pairwise comparisons. *Fuzzy sets and Systems*, 86(2), 129-138.

Jelokhani-Niaraki, M., & Malczewski, J. (2015). A group multicriteria spatial decision support system for parking site selection problem: A case study. *Land Use Policy*, 42, 492-508.

فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم‌انداز/ زاگرس، ۶(۲۰)، ۱۳۵-۱۱۷.

طالبی، رضا. (۱۳۸۹). مکان‌گزینی بهینه پارکینگ‌های طبقاتی شهر تهران؛ مطالعه موردی: منطقه هفت شهرداری تهران (با بررسی روش‌های مختلف وزن‌دهی و تلفیق اطلاعات نظیر وزن‌دهی تخصیص امتیاز، AHP و Fuzzy AHP و Nine Degree و روش هم‌پوشانی شاخص و فازی به عنوان روش تلفیق). نشریه مدیریت شهری، ۸(۲۶)، ۱۳۲-۱۱۹.

عبادی، موسی. (۱۳۸۶). مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی طبقاتی با استفاده از روش OWA. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، تهران.

عباسی کلکانی، فرح؛ سیدحسینی، سید محمد. (۱۳۹۰). گسترش روش مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی با استفاده از GIS در کلان‌شهرها (مطالعه موردی منطقه ۳ کلان‌شهر کرج). فصلنامه هویت شهر، ۵(۸)، ۵۷-۴۷.

فرانسواز، شوای. (۱۳۹۲). شهرسازی، تخیلات و واقعیات. مترجم سید محسن حبیبی، چاپ ششم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

قاسمی، احمدرضا؛ ملکی، محمدحسن؛ کریمی، آصف. (۱۳۹۴). اولویت‌بندی توسعه روابط برون‌سازمانی مبتنی بر ارزش‌های فرهنگی با بهره‌گیری از تحلیل خوشه‌ای و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی. نشریه مدیریت سازمان‌های دولتی، شماره ۱۰، ۷۲-۵۷.

قاضی عسکر نایینی، آرمان. (۱۳۸۳). ارائه روشی مناسب جهت مکان‌یابی پارکینگ‌های عمومی با استفاده از GIS (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهر اصفهان).

پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی. قدسی پور، حسن. (۱۳۸۱). فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی. چاپ هفتم، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

قنبری، سیروس؛ قاضی عسکر نایینی، آرمان. (۱۳۹۰). ارزیابی روش‌های مختلف مکان‌یابی در مدیریت احداث پارکینگ‌های عمومی در مرکز تجاری شهر اصفهان با استفاده از GIS. فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۲(۳)، ۱۹۸-۱۸۳.

کریمی، وحید؛ عبادی، حمید؛ احمدی، سلمان. (۱۳۸۶). مدل‌سازی مکان‌یابی تأسیسات شهری با استفاده از

- Mahajan, K. K., & Agrawal, R. A. (2017). Keenly Intellective and Automated Parking Technology.
- Ottosson, D. B., Chen, C., Wang, T., & Lin, H. (2013). The sensitivity of on-street parking demand in response to price changes: A case study in Seattle, WA. *Transport Policy*, 25, 222-232.
- Puente, M. C. R., Diego, I. F., Santa María, J. J. O., Hernando, M. A. P., & de Arróyabe Hernández, P. F. (2007). The development of a new methodology based on GIS and fuzzy logic to locate sustainable industrial areas. In *Proceedings of 10th AGILE International Conference on Geographic Information Science*. Aalborg University, Denmark.
- Rasli, F. N., Kanniah, K. D., Muthuveerappan, C., & Ho, C. S. (2016). An Integrated Approach of Analytical Hierarchy Process and GIS for Site Selection of Urban Parks in Iskandar Malaysia. *International Journal of Geoinformatics*, 12(2).
- Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49-57.
- Takayama, Y. (2015). Bottleneck congestion and distribution of work start times: The economics of staggered work hours revisited. *Transportation Research Procedia*, 7, 499-518.
- Takayama, Y., & Kuwahara, M. (2016). Scheduling preferences, parking competition, and bottleneck congestion: A model of trip timing and parking location choices by heterogeneous commuters.
- Wan Ahmad, W. N. K., de Brito, M. P., & Tavasszy, L. A. (2016). Sustainable supply chain management in the oil and gas industry: a review of corporate sustainability reporting practices. *Benchmarking: An International Journal*, 23(6), 1423-1444.
- Wang, R., & Yuan, Q. (2013). Parking practices and policies under rapid motorization: The case of China. *Transport Policy*, 30, 109-116.