نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال ۹، شمارهٔ پیاپی ۳۳، تابستان ۱۳۹۷
شاپا چاپی: ۵۲۲۹-۲۲۲۸ - شاپا الکترونیکی: ۳۸۴۵-۲۴۷۶
http://jupm.miau.ac.ir

به‌کارگیری روش تصمیم‌گیری گروهی چند معیاره مکانی در تعیین مکان‌های بهینه‌ی پل‌های هوایی (مورد: منطقه یک شهر مشهد)

فهیمه میرمحمدی: کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
محمدرضا جلوخانی نیارکی:[۱] استادیار گروه سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

دریافت: ۱۳۹۶/۴/۱۹ صص ۱۴۸- ۱۳۷ پذیرش: ۱۳۹۷/۱/۲۰

چکیده

نصب تجهیزات ترافیکی و وسایل ایمنی در معابر عمومی می‌توانند نقش مهمی در جلوگیری از بروز حوادث و سوانح رانندگی ایفا نمایند. در این بین، نقش پل‌های عابر پیاده بیش از دیگر تجهیزات قابل توجه است. عدم جانمایی صحیح و بهینه پل‌های هوایی عابر پیاده منجر به کاهش استفاده از آن‌ها و افزایش تصادفات و غیره می‌گردد. امروزه، تلفیق تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (*MCDA*) مشارکتی باقابلیت‌ها و پردازش‌های سامانه‌های اطلاعات مکانی (*GIS*)، توانمندی‌های منحصربه‌فردی را برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی‌های مکانی در اختیار مدیران شهری قرار داده است. در این راستا، افراد با مشارکت یکدیگر و با ارائه‌ی اولویت‌ها، نگرش و عقاید خود، در فرایند تصمیم‌گیری مکانی گروهی در حوزه‌های مختلف ایفای نقش می‌کنند. این پژوهش با در نظر گرفتن معیارهای مختلف و با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی گروهی (در دو بخش فردی و گروهی) به حل مسأله‌ی جانمایی بهینه‌ی پل‌های هوایی در شهر مشهد می‌پردازد. در بخش تصمیم‌گیری مکانی فردی، از تعدادی معیار (مکانی وغیرمکانی) و عملگر میانگین وزن‌دار مرتب شده (*OWA*) برای ارزیابی و رتبه‌بندی گزینه‌های مکانی (مکان‌های مناسب برای پل‌های هوایی)، استفاده گردید. همچنین، در بخش گروهی تصمیم‌گیری مکانی (بخش ادغام نظرات یا نقشه های فردی)، از روش اکثریت فازی (*Fuzzy Majority*) استفاده شد. بدین ترتیب گزینه‌ها جهت انتخاب مناسب‌ترین مکان برای استقرار پل‌های هوایی در منطقه یک شهرمشهد، رتبه‌بندی گردیدند. بر اساس نتایج، گزینه‌ها بر طبق نظر گروه تصمیم‌گیران برای احداث پل هوایی، به ترتیب خیابان‌های اصلی احمدآباد، فرامرز عباسی، فلسطین و سازمان آب رتبه بندی و پیشنهاد گردیدند.

واژگان کلیدی: پل هوایی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، تصمیم‌گیری مکانی گروهی، روش اکثریت فازی، مشهد.

۱. نویسنده مسئول: *mrjelokhani@ut.ac.ir*، ۰۲۱۶۱۱۱۳۵۴۰

بیان مسأله:

قطعاً بر هیچ فردی پوشیده نیست که نقش تجهیزات ترافیکی و نصب وسایل ایمنی در معابر عمومی تا چه اندازه می‌تواند از بروز حوادث و سوانح خسارت‌بار بکاهد. در این بین، نقش پل‌های هوایی عابر پیاده بیش از دیگر تجهیزات قابل توجه است. با توجه به آمارهای اخیر در مورد اهمیت کنترل ترافیک و کاهش تصادفات شهری، وجود پل‌های هوایی به‌عنوان بخش مهمی از تسهیلات شهری در حوزه‌ی حمل و نقل و ترافیک شهری، امری مهم تلقی می‌شود. پل‌های هوایی عابر پیاده به منظور تفکیک فیزیکی مسیرهای تردد عابرین و وسایل نقلیه در معابر با ویژگی‌های عملکردی (حجم- سرعت) بالا احداث می‌گردند. میزان سهولت دسترسی به این تسهیلات، هزینه‌های بالای احداث وضرورت‌های مربوط به هدایت عابرین پیاده و همچنین مسائل مربوط به منظر شهری، ازمحدودیت‌های اصلی احداث پل‌های عابر پیاده به عنوان یکی از تسهیلات ترافیکی معابرشهری به شمارمی‌آیند که اهمیت مکان‌یابی مناسب آن‌ها را گوشزد می‌کند.

ناظمی و همکاران (۱۳۹۴ :۱) به مشکلات پل‌های عابر پیاده امروزی از قبیل عدم نورپردازی مناسب، عدم دید از خیابان، ایجاد منظر نامطلوب در خیابان، ایجاد مانع در برابر دید به چشم‌اندازهای مطلوب طبیعی شهر، اشاره نمودند. آن‌ها بیان کردند که نکات فوق، ضعف و تهدیداتی است که لزوم بازطراحی پل‌های عابر پیاده را یادآور می‌شود. در یک مطالعه‌ی میدانی، نیکومرام و همکاران (۱۳۸۷ :۱۱) دریافتند که دلایل عدم عبور و استفاده از پل‌های هوایی به ترتیب مربوط به بعد مکان یابی، هندسی، فرهنگی و قانونی می‌باشد. بر طبق نظر خاکی و همکاران (۱۳۹۱: ۱)، یکی از مشکلات مربوط به تسهیلات شهری عابر پیاده، عملکرد نامطلوب و عدم کارآیی برخی پل‌های عابر پیاده است. درهمین راستا، به منظور آسیب‌شناسی پل‌های عابر پیاده در شهر تهران، برخی از پل‌های عابر پیاده را مورد تحلیل و ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصل از این تحقیق، دلایل عدم کارآیی پل‌های عابرین پیاده را در مکان‌یابی نامناسب و قصور در اعمال تدابیر لازم برای افزایش جذابیت آن‌ها نشان می‌دهد؛ لذا، ذکر این نکته ضروری است که بحث مکان‌یابی نادرست پل‌های عابر پیاده و عدم جذابیت استفاده از آن‌ها، یکی ازمعضلات مربوط به این تسهیلات می‌باشد. از این رو، احداث پل عابر پیاده در معابر شهری نیازمند مکان‌یابی دقیق، علمی و منطبق بر معیارهای تعیین شده می‌باشد. بر اساس گزارش پایگاه اطلاع‌رسانی شهرداری مشهد، آمار بالای تصادفات رانندگی به حدی است که روزانه تعداد چشمگیری را به کام مرگ می‌فرستد. گرچه این آمارها عمق فاجعه و وسعت آن را نشان می‌دهد، اما برای کاهش تصادفات، اقدامات زیادی می‌تواند صورت گیرد که برای نمونه می‌توان به افزایش تعداد پل‌های هوایی عابر پیاده، اشاره کرد. بر اساس آمار ارائه شده در شهر مشهد، تعداد ۱۱۴ پل هوایی فعال وجود دارد که متأسفانه تنها نیمی از آن‌ها مورد استفاده‌ی عابران قرار می‌گیرد و مابقی مورد بی‌مهری عابران پیاده‌ای که قصد عبور از عرض خیابان را دارند، قرار می‌گیرد. لذا مکان‌یابی صحیح پل‌های هوایی در مشهد، نقش مهمی را در افزایش استفاده از آن‌ها و کاهش تصادفات ایفا می‌کند. این پژوهش با در نظر گرفتن معیارهای مختلف و با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی گروهی (در دو بخش فردی و گروهی) به حل مسأله‌ی جانمایی بهینه‌ی پل‌های هوایی در شهر مشهد می‌پردازد.

مبانی نظری و پیشینه‌ی پژوهش:

امروزه تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر سامانه‌های اطلاعات مکانی[1] در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های مکانی جایگاه خود را بیش از گذشته تثبیت کرده است. فرایندی که چگونگی ارزیابی گزینه‌ها را توسط معیارها به منظور دست‌یابی به بهترین گزینه انجام می‌دهد، فرایند تصمیم‌گیری نامیده می‌شود. فرایند تصمیم‌گیری مبتنی بر روش‌های *GIS-*

[1] *GIS-MCDA (GIS-based Multicriteria Decision Analysis)*.

MCDA شامل ترکیب مقادیر مکانی (ارزش هر معیار) گزینه‌ها با مجموعه‌ی اولویت‌ها (و یا وزن‌های) معیارها به منظور ارزیابی گزینه‌ها می باشد. روش‌های *GIS-MCDA* گروهی را می‌توان به شکل فرایندهایی در نظر گرفت که داده‌های مکانی (نقشه‌های معیار) را با ارزش‌های مربوط به قضاوت تصمیم‌گیران ترکیب کرده، اطلاعات باارزشی را برای تصمیم‌گیری مکانی فراهم می‌آورند. از این منظر، دو قلمرو علمی مجزا (علوم مکانی و علوم تصمیم) یکدیگر را کامل کرده، با همکاری هم، به حل مسائل نیمه ساختاریافته‌ی مکانی می‌پردازند؛ به عبارتی، سامانه‌های اطلاعات مکانی با ابزارهای قدرتمند خود در ذخیره، تحلیل، دست‌کاری و نمایش اطلاعات مکانی، در ترکیب با روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره که مجموعه‌ای غنی از ابزار و روش‌ها برای ارزیابی، اولویت‌بندی، طراحی و حل مسائل تصمیم‌گیری دارند، می‌توانند به‌طور ترکیبی، تصمیم‌گیری مکانی را شکل داده، به انجام برسانند. روش‌های مبتنی بر *GIS-MCDA* با ایجاد فضایی باز و منعطف، پتانسیل بالایی جهت مشارکت و همکاری در تصمیم‌گیری‌های مکانی گروهی را فراهم می کنند (*Jelokhani-Niaraki & Malczewski, 2015: 497*).

مالچسکی و رینر (۲۰۱۵ :۲۳) مراحل تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی را به صورت زیر بیان می‌کنند؛ این مراحل شامل تعریف مسأله‌ی تصمیم، تشخیص و تعیین معیارها و محدودیت‌های تصمیم، تعیین گزینه‌های تصمیم‌گیری مکانی، به‌کارگیری یک روش تصمیم‌گیری مکانی، اجرای تحلیل حساسیت و در نهایت ارائه‌ی پیشنهادها است. با مشخص شدن هدف تصمیم، مجموعه‌ای از معیارهای مکانی و غیرمکانی تعیین می‌شوند. سپس تعدادی محدودیت برای گزینه‌ها مشخص می شوند. محدودیت‌ها را می‌توان شرایطی در نظر گرفت که روی گزینه‌ها اعمال می شوند. در چارچوب مکانی، نقشه‌ی محدودیت‌ها نشان می‌دهد که چه مناطقی برای تصمیم‌گیری، قابل دست‌یابی بوده، چه مناطقی این امکان را فراهم نمی‌کنند؛ مثلاً یک گزینه‌ی پل هوایی باید تنها در ۵۰۰ متری از جاده اصلی تعریف شود و در غیر این‌صورت، گزینه‌ی امکان پذیر و عملی محسوب نمی‌شود. یک گزینه‌ی مکانی، شامل حداقل دو مؤلفه‌ی پایه می‌باشد: فعالیت (چه انجام شود؟) و موقعیت (کجا انجام شود؟) (*Malczewski & Rinner, 2015:13*). بنابراین، فرآیندهای *GIS-MCDA* شامل مجموعه‌ای از گزینه‌های مکانی، معیارهای مکانی (معیارهایی که مفهوم مکان را در بردارند) و یک سری تصمیم‌گیرنده است. در مسائل *GIS-MCDA*، یک گزینه می‌تواند مجموعه‌ای از سلول یا یک پلیگون، خط یا نقطه باشد.

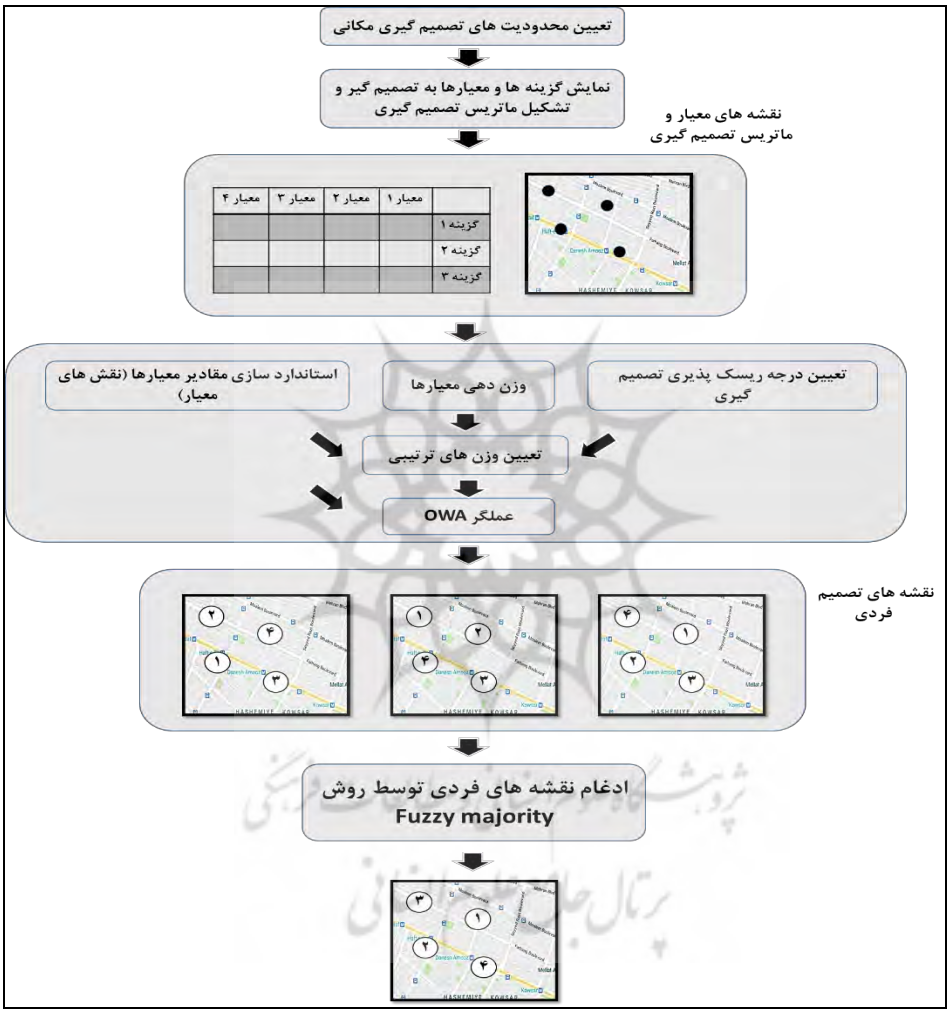
جلوخانی و مالچسکی (۲۰۱۵: ۴۹۳)، از روش *GIS-MCDA* گروهی و تحت وب برای مکان یابی پارکینگ‌های عمومی استفاده نمودند. این محققین با استفاده از روش تصمیم‌گیری میانگین وزن‌دار مرتب شده[1]در بخش تصمیم‌گیری مکانی فردی، به رتبه‌بندی گزینه‌ها برای هر کاربر پرداختند و سپس در بخش تصمیم‌گیری گروهی، جهت ادغام نظرات کاربران و دست‌یابی به رتبه بندی نهایی گزینه‌ها، از روش بردا استفاده کردند (*Jelokhani-Niaraki & Malczewski, 2015: 497*). به عنوان مثالی دیگر، میرمحمدی و همکاران (۱۳۹۵: ۱۰۵) یک سامانه‌ی تصمیم‌گیری مکانی مشارکتی و شهروند–محور به منظور انتخاب بهترین مکان جهت احداث سرویس‌های بهداشتی دائمی در سطح منطقه یک شهر مشهد را توسعه دادند. این سامانه با ایجاد راه حلی منعطف، پتانسیل بالایی را برای افزایش کارایی تصمیم‌گیری‌های مکانی مشارکتی و افزایش نقش شهروندان در فرآیند تصمیم فراهم می‌آورد.

روش تحقیق:

هدف از این تحقیق انجام مکان‌یابی پل‌های هوایی شهر مشهد با استفاده از قابلیت‌های *GIS-MCDA* گروهی است. برای یک تصمیم‌گیری گروهی دو رویکرد وجود دارد (*Boroushaki & Malczewski,2010: 303*)؛ در رویکرد اول، افراد با توجه به

[1] *Ordered Weighted Average (OWA)*.

مسأله‌ی تصمیم، معیارها (نقشه‌ها) را وزن‌دهی می‌کنند، سپس این وزن‌ها توسط یک تابع تصمیم‌گیری معین، تجمیع شده، در نهایت با استفاده از وزن‌های نهایی، یک نقشه‌ی تصمیم گروهی تولید می‌گردد. در رویکرد دوم، مسأله‌ی تصمیم، به طور کامل توسط هر تصمیم‌گیرنده حل می‌شود، به گونه‌ای که به ازای هر تصمیم‌گیرنده، یک مجموعه جواب فردی (گزینه‌های رتبه‌بندی شده) به دست می‌آید که در مرحله‌ی بعد، رتبه‌های این گزینه‌ها توسط یک تابع تصمیم گروهی، تجمیع می شوند و رتبه‌ی گروهی گزینه‌ها به دست می‌آید. بدین منظور، در بخش تصمیم‌گیری مکانی فردی، از روش میانگین وزن‌دار مرتب شده به‌عنوان تابع تصمیم که رتبه‌بندی گزینه‌ها را به طور فردی انجام می‌دهد، استفاده شده، در بخش گروهی، جهت ادغام نظرات کاربران از روش اکثریت فازی استفاده می‌شود. شکل (۱) مراحل این تحقیق را نشان می‌دهد.

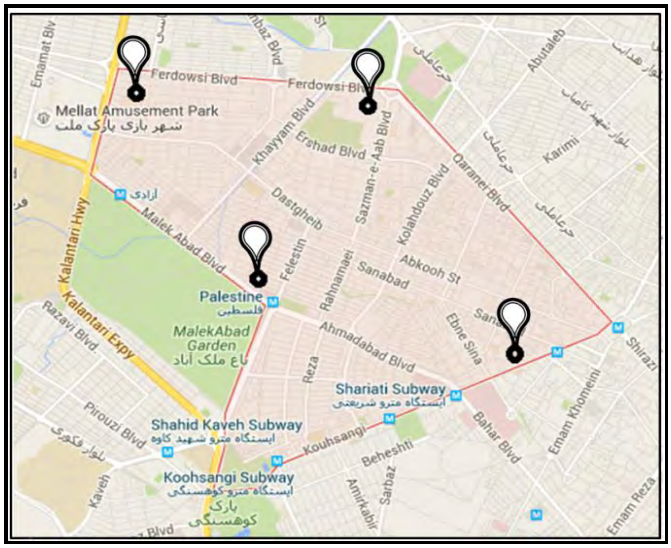


شکل ۱- مراحل تحقیق

تعیین محدودیت‌ها، گزینه‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری مکانی:

همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، محدودیت‌های تصمیم‌گیری مکانی به عواملی گفته می‌شود که با در نظر گرفتن آن‌ها، گزینه‌های تصمیم تعریف می‌شوند. به عبارتی، پس از در نظرگرفتن محدودیت‌های موجود، گزینه‌ها در اختیار تصمیم‌گیرنده (تصمیم‌گیران) برای ارزیابی و انتخاب قرار می‌گیرند؛ به‌طور مثال، در انتخاب گزینه‌ها برای احداث پل هوایی عابر پیاده، باید حد مجاز جمعیت منطقه، عرض خیابان‌ها، فاصله‌ی مناسب از خیابان‌های اصلی و غیره را در نظر گرفت. پس از تعیین

محدودیت‌های تصمیم‌گیری مکانی، گزینه‌های تصمیم برای احداث پل هوایی مشخص شده، به تصمیم‌گیران برای اجرای فرآیند تصمیم‌گیری مکانی ارائه می‌شود. شکل (۲) مکان‌های پیشنهاد شده به تصمیم‌گیران برای ارزیابی را نمایش می‌دهد.



شکل ۲- نقشه گزینه های پیشنهادی به تصمیم گیران

در این تحقیق به علت کمبود داده، تنها معیارهای فاصله از مراکز تجاری، فاصله از میادین اصلی، فاصله تا ایستگاه مترو و تراکم جمعیت در نظر گرفته شد. در تحقیقات آتی لازم است معیارهای دیگری از قبیل نوع شریان بر حسب بزرگراهی بودن یا نبودن، میزان سرعت وسایل نقلیه، وجود مدارس به ویژه مقطع دبستان، تکرار وقوع حوادث در معابر و... نیز در نظر گرفته شوند.

۱- فاصله از مراکز تجاری: مراکز تجاری به عنوان مراکزی که روزانه سیل عظیمی از شهروندان به آنجا جهت خرید مراجعه می‌کنند، به‌عنوان معیاری مهم و اثرگذار در نظرگرفته شده است. ۲- جمعیت: به طبع توجه به حد آستانه‌ی جمعیت هر مکان، برای ارزیابی توجیه اقتصادی احداث هر سازه‌ای، عاملی مهم و تعیین کننده است. ۳- فاصله از میادین اصلی: میادین اصلی شهر اصولاً جزء مراکز پرتردد بوده و این جمعیت نیازمند عبور و مرور منظم هستند که پل‌های هوایی برای راحتی و امنیت این آمد و شد، گزینه مناسبی هستند. ۴- فاصله از ایستگاه مترو: ایستگاه‌های مترو روزانه حجم بالایی از مسافر را به سطح شهر وارد می‌کنند. از این‌رو، دسترسی به خیابان‌های اصلی و در نتیجه پل‌های عابر پیاده برای این مسافرین از اهمیت بالایی برخوردار است. (جدول ۱).

جدول ۱- معیارهای مورد مطالعه

شماره	عنوان معیار	ماهیت
۱	نزدیکی به ایستگاه‌های مترو	افزایشی
۲	نزدیکی به میادین اصلی شهر	افزایشی
۳	نزدیکی به مراکز تجاری	افزایشی
۴	استقرار در مناطق با تراکم جمعیتی بالا	افزایشی

افزایشی یا کاهشی بودن معیار بدین معنی است که افزایش و یا کاهش مقدار آن معیار، باعث افزایش و یا کاهش اثر آن معیار در فرایند تصمیم‌گیری می‌گردد.

روش میانگین‌گیری وزنی مرتب شده (*OWA*):

روش *OWA*، اولین بار توسط یاگر[1](۱۹۸۸: ۱۸۳) به عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، پیشنهاد شد. برای مجموعه‌ای از n معیار (شاخص)، عملگر *OWA* می‌تواند به شکل تابعی از یک مجموعه وزن ترتیبی (بین ۰ و ۱) تعریف شود. در نتیجه این تابع، برای یک مجموعه از مقادیر معیار منتسب به هر گزینه به صورت رابطه‌ی (۱) تعریف می‌شود:

$$OWAi(ai1, ai2, \dots, ain) = \sum_{j=1}^{n} vjzij \quad (1)$$

طبق رابطه‌ی فوق، ارزش z از مرتب‌سازی مجدد مقادیر معیارها (a) به دست می‌آید. فرایند مرتب‌سازی مجدد، بخش اصلی اجرای عملگر *OWA* محسوب می‌شود؛ چرا که این عملگر وزن معیار را با موقعیت خاصی از مقدار آن معیار برای یک گزینه مشخص، مرتب می‌کند. برای یک گزینه‌ی مشخص، اولین مقدار وزن ترتیبی به بالاترین مقدار معیار و دومین مقدار وزن به دومین مقدار بالا و به همین ترتیب تا کوچک‌ترین مقدار اختصاص می‌یابد (*Malczewski, 2006:271*). بر این اساس، سه بخش اصلی یک روش میانگین وزن‌دار مرتب شده‌ی مکانی به شکل زیر تعریف می‌شود:

۱) مقدار معیار (مقداری که ارزش مکانی هر معیار را نشان می‌دهد)

۲) وزن معیار (اهمیت نسبی که به هر معیار داده می‌شود)

۳) وزن‌های ترتیبی معیارها (که بصورت درجه ریسک‌پذیری شناخته می‌شود)

وزن ترتیبی این امکان را به تصمیم گیرنده می‌دهد که سطح ریسک مورد نظر خود را کنترل کند. رابطه‌ی (۱) وزن معیارها را در نظر نمی‌گیرد. به این علت، عملگر اصلاح شده *OWA* ارائه شد که طبق آن، وزن‌های ترتیبی طبق رابطه‌ی (۲) بر اساس وزن‌های معیار به دست می‌آیند (*Yager,1996:49*):

$$V_j = \left(\frac{\sum_{l=1}^{j} u_l}{\sum_{l=1}^{j-1} u_l}\right)^{\alpha} - \left(\frac{\sum_{l=1}^{j-1} u_l}{\sum_{l=1}^{j-1} u_l}\right)^{\alpha} \quad (2)$$

به طوری‌که u_j ، وزن معیار مرتب‌شده (w_j) بر اساس z_{ij} است. وزن معیار، نشان‌دهنده‌ی اهمیت و علاقه هر تصمیم‌گیر نسبت به آن معیار می‌باشد. در این صورت، همه‌ی معیارها برای یک گزینه‌ی خاص، وزنی مشخص و واحد خواهند داشت. همچنین لازم به ذکر است که در فرآیندهای *GIS-MCDA*، مجموع وزن معیارها برابر با یک است. به طور کلی با داشتن مقادیر وزن هر معیار (w_j) و وزن ترتیبی (v_j)، عملگر *OWA* به شکل رابطه‌ی (۳) تعریف می‌شود:

$$OWA_i = \sum_{j=1}^{n} \left(\left(\sum_{l=1}^{j} u_l \right)^{\alpha} - \left(\sum_{l=1}^{j-1} u_l \right)^{\alpha} \right) \quad (3)$$

مقدار α در محاسبه‌ی عدد ریسک پذیری، مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$ORness = \frac{1}{(1+\alpha)} \qquad 0 \leq ORness \leq 1 \quad (4)$$

مقدار ریسک‌پذیری، یک عدد بین ۰ تا ۱ است. این مقدار موقعیت عملگر *OWA* را در یک طیف بین دو عملگر بولین *AND* و *OR* نشان می‌دهد (*Malczewski, 2006:271*). هر چه مقدار *ORness* بیشتر باشد، میزان خوش‌بینی و یا ریسک‌پذیری تصمیم‌گیرنده بیشتر خواهد بود و هرچه مقدار آن کمتر باشد، میزان بدبینی و یا ریسک‌گریزی تصمیم‌گیرنده بیشتر خواهد بود. به طور کلی یک اپراتور *OWA* با *ORnes* بیشتر از ۰/۵ بیانگر تصمیم‌گیرنده‌ی ریسک‌پذیر و خوش‌بین و

[1] *Yager*.

مقدار برابر با ۰/۵ برابر با یک تصمیم‌گیرنده خنثی و کمتر از ۰/۵ بیانگر یک تصمیم‌گیرنده‌ی ریسک‌گریز و بدبین خواهدبود. لازم به ذکر است که هرچه رفتار عملگر *OWA* به عملگر «یا» یا عملگر «حداکثر» نزدیک‌تر باشد، مقدار *ORness* به یک نزدیک‌تر است؛ درحالی که هرچه رفتار این عملگر به عملگر« و» یا عملگر «حداقل» نزدیک‌تر باشد، مقدار *ORness* به صفر نزدیک‌تر است. از این‌رو، مقداری به نام آلفا (α) تعریف می‌شود که از درجه‌ی ریسک‌پذیری مشتق می‌شود. جدول (۲) مقادیر وزن ترتیبی و هم‌چنین رویکردهای ترکیب معیارها را با توجه به این مقادیر بیان می‌کند.

جدول ۲- نمایش مقادیر ریسک پذیری و رویکردهای تصمیم‌گیری

رویکرد تصمیم	رویکرد ادغام	وزن‌های ترتیبی	درجه‌ی ریسک‌پذیری	مقدار α
نهایت خوش‌بینی	عملگر منطقی«یا»	V_1 =۱ و صفر برای سایر	۱/۰	۰
خیلی خوش‌بین	*	*	۰/۹	۰/۱
خوش‌بین	*	*	۰/۶	۰/۵
خنثی	روش ترکیب خطی وزن‌دار	$V_j = W_j$ برای همه‌ی مقادیر	۰/۵	۱
بدبین	*	*	۰/۳	۲
خیلی بدبین	*	*	۰/۱	۱۰
نهایت بدبینی	عملگر منطقی «و»	V_n =۱ و صفر برای سایر	۰/۰	∞

* این مقادیر بسته به مسأله متفاوت هستند.- (*Malczewski, 2006 :271*)

تصمیم‌گیری مکانی گروهی:

روش اکثریت فازی به عنوان فرایندی تجمیعی به جهت ترکیب راه‌حل‌های فردی برای یک تصمیم‌گیری مکانی گروهی، طبق نظر اکثریت تصمیم‌گیران پیشنهاد می‌شود (*Boroushaki & Malczewski,2010: 303*). بروشکی و مالچسکی (۲۰۱۰ :۳۰۳)، از این روش جهت ادغام گزینه‌های مکانی در پژوهش خود، استفاده کردند. بنابراین این روش، ادغام نهایی نظرات را به شکل گردآوری شبیه ترین نظرات به هم انجام می‌دهد. این شباهت بین یک جفت ارزش A و B (این دو ارزش مقادیر هر گزینه در فاز تصمیم‌گیری مکانی فردی است) توسط مفهومی به نام تابع حامی مشخص می شود. این تابع به شکل رابطه‌ی (۵) قابل توضیح است:

$$Sup(a,b) \geq Sup(x,y) if\ |a-b| < |x-y| \qquad (۵)$$

در نتیجه برای هر گزینه، هر چه مقدار ارزش نظر دو تصمیم گیرنده به هم نزدیک‌تر باشد، آن دو نظر یکدیگر را بیشترحمایت می‌کنند. به این ترتیب، امتیازاتی که از روش تصمیم‌گیری مکانی چند معیاره (فاز اول تصمیم‌گیری مکانی) برای هر گزینه به دست می‌آید، به عنوان P_k (k شماره تصمیم‌گیرنده است) تعریف می‌شود. در نتیجه، مسأله با در نظر گرفتن همه‌ی مقادیر k قابل حل خواهد بود. روش اکثریت فازی شامل مراحل زیر است (*Boroushaki & Malczewski,2010: 3۰۳*):

مرحله‌ی اول: محاسبه‌ی کل مقادیر حامی برای یک تصمیم‌گیرنده‌ی مشخص توسط دیگر تصمیم‌گیران برای یک گزینه‌ی مشخص.

$$T_k = \sum_{d=1}^{q} Sup(P_i^k, P_i^d) \qquad (۶)$$

$$Sup(P_i^k, P_i^d) = \begin{cases} 1 & if\ |P_i^k - P_i^d| < \alpha \\ . & if\ |P_i^k - P_i^d| \geq \alpha \end{cases} \qquad (۷)$$

طبق رابطه‌ی (۶)، دو ارزشی که بیشتر همدیگر را حمایت کنند، وزن‌شان بیشتر است. P_k در اینجا امتیاز نهایی محاسبه شده از طریق روش تصمیم‌گیری مکانی فردی است. مقدارآلفا آستانه‌ای است که به حدی از نزدیکی دو مقدار وزن گفته می‌شود که تعیین می‌کند اگر تفاضل دو مقدار وزن، بیشتر از مقدار آلفا باشد، این دو مقدار یکدیگر را حمایت نمی‌کنند و

برعکس. مقدار آستانه‌ی آلفا ۰/۳ و ۰/۴ بوده که بسته به میزان حساسیت تصمیم‌گیرنده روی مسأله تعیین می‌شود. از مجموع این مقدارهای حامی در حالت سطری، عدد T_k بدست می‌آید.

مرحله‌ی دوم: اعداد T_k به صورت صعودی مجدداً مرتب‌سازی شده و T'_k نامیده می‌شود.

مرحله‌ی سوم: تعریف Q به عنوان تابع عضویت فازی مقدار «بیشترین» طبق مراحل زیر محاسبه می‌شود.

در این بخش، مقدار T'_k را که در مرحله‌ی قبل به دست آمد، بر مقدار q که برابر تعداد تصمیم‌گیران است، تقسیم کرده، عدد به دست آمده را به عنوان x در رابطه‌ی (۸) قرار داده، Q طبق رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_{most}(x) = \begin{cases} ۱, & x \geq ۰.۸ \\ ۲.۵ - ۰.۶, & ۰.۳ < x < ۰.۸ \\ ۰, & x \leq ۰.۳ \end{cases} \quad (۸)$$

پس از محاسبه‌ی مقادیر Q، مقدار V_k از تقسیم هر مقدار Q بر مجموع ستونی مقادیر Q، به دست می‌آید:

$$\mathrm{Vk} = \frac{Q\left({}^{t'k}/_{q}\right)}{\sum_{k=۱}^{q} Q\left({}^{t'k}/_{q}\right)} \quad (۹)$$

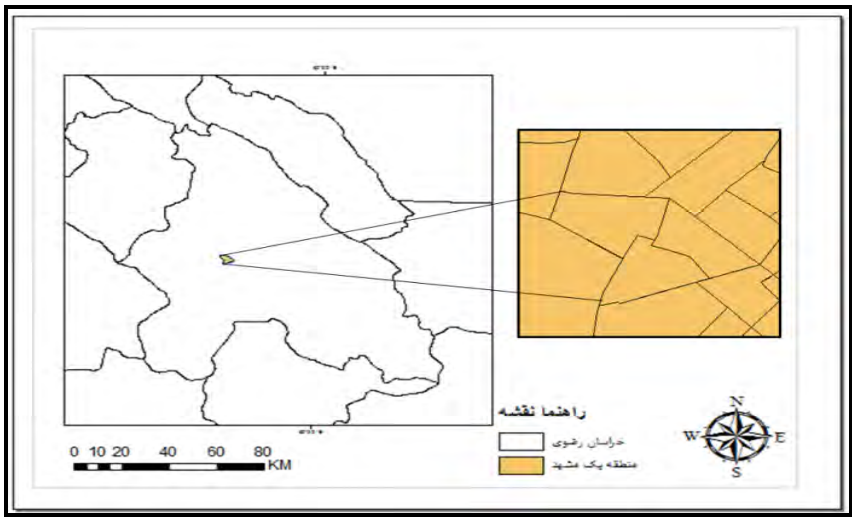
مرحله‌ی چهارم: محاسبه‌ی امتیاز به دست آمده از روش تصمیم‌گیری مکانی، برای هر گزینه بر اساس رابطه‌ی (۱۰) است:

$$P_i^{\text{majority}} = OWA\left(P_i^{۱}, P_i^{۲}, \dots, P_i^{q}\right) = \sum_{k=۱}^{q} V_k \cdot P_i^{t-index\,(k)} \quad (۱۰)$$

مقدار P به توان $t\text{-}index(k)$، در واقع مقادیر P_k است که پس از این‌که مقادیر T'_k مجدداً مرتب‌سازی شده، تعیین می‌شود.

قلمرو پژوهش:

شهر مشهد، کلان‌شهری در شمال شرقی ایران و مرکز استان خراسان رضوی است. این شهر با ۳۲۸ کیلومتر مربع مساحت، دومین شهر پهناور ایران بعد از تهران است. بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰، این شهر با جمعیتی معادل ۲,۷۶۶,۲۵۸ نفر، دومین شهر پرجمعیت ایران پس از تهران است. شهر مشهد در طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۳۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۸ دقیقه قرار دارد. بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۰، مشهد دارای ۱۳ منطقه شهری، ۴۰ ناحیه، چهار قطاع در محدوده شهرداری ثامن و ۱۵۸ محله است (آمارنامه شهرداری مشهد، ۱۳۹۴). سیل عظیم جهانگرد، فعالیت‌ها و تجارت را در این شهر رونق داده است و این خود نیاز به ارائه‌ی خدمات و سرویس‌دهی، به توریست‌ها و شهروندان را بیش از گذشته ضروری می‌کند. به علت وسعت این شهر، پژوهش حاضر تنها بر روی یکی از مناطق آن یعنی منطقه‌ی ۱ صورت گرفته است. منطقه‌ی ۱ مشهد، وسعتی معادل ۱۶۱۱ هکتار دارد که این منطقه را به لحاظ مرکزیت شهری از نظر تجاری، اداری، جمعیت و ترافیک بیش از اندازه مهم قرار داده است. شکل (۳) موقعیت این منطقه را بر روی نقشه نشان می‌دهد. در حال حاضر، تعداد ۱۱۴ دستگاه پل عابر پیاده در مشهد به منظور افزایش ایمنی معابر فعال است؛ اما از نظر کیفی برخی از این پل‌ها دارای استانداردهای لازم برای استفاده‌ی همگانی نیستند؛ مثلاً نیاز است برخی از آن‌ها در مکان‌های مناسب‌تری احداث شوند و یا به بالابرهایی جهت استفاده‌ی سالمندان یا معلولین مجهز گردند.



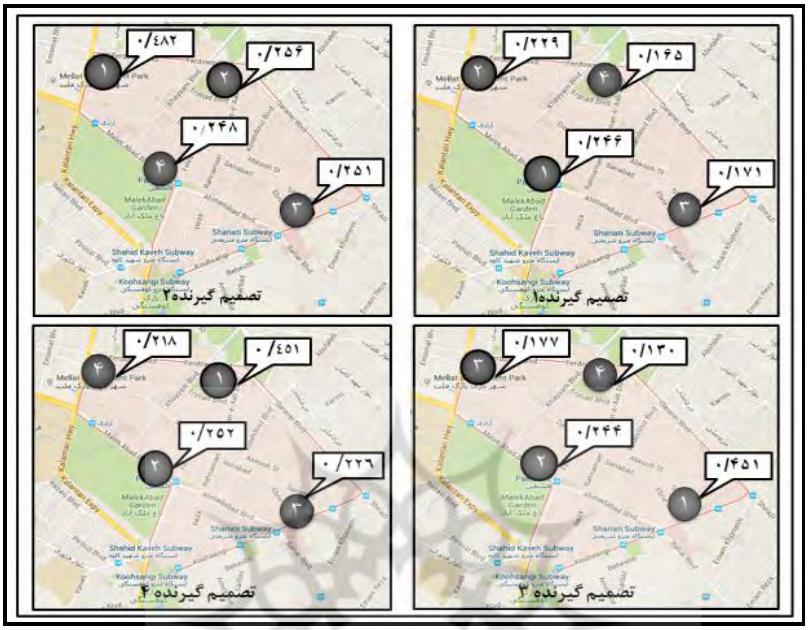
شکل ۳- نقشه منطقه مورد مطالعه

یافته‌های تحقیق:

برای دست‌یابی به هدف پژوهش، از چهار تصمیم‌گیرنده (برنامه‌ریزان، مدیران، شهروندان و غیره) و همچنین، چهار معیار مکانی و غیرمکانی استفاده گردید که این تصمیم‌گیران، چهار گزینه‌ی پیشنهاد شده را رتبه‌بندی می‌کنند. روش کار بدین صورت است که تصمیم‌گیران براساس علائق، صلاحدید، دانش و اولویت شخصی خود (از طریق وزن‌دهی به معیارها)، به صورت جداگانه گزینه‌ها را برای محل احداث پل هوایی اولویت‌بندی می‌کنند. سپس همه‌ی گزینه‌های کاربران با یکدیگر در حالت گروهی ادغام شده و گزینه‌ی نهایی پیشنهاد می‌گردد. پس از آماده شدن نقشه‌های معیار و وزن‌دهی به آنها، باید میزان ریسک‌پذیری تصمیم مشخص شود. در این پژوهش، رویکرد تصمیم‌گیرنده را «خنثی» در نظر گرفته، از آن‌جایی‌که مقدار ریسک‌پذیری برای یک تصمیم‌گیرنده‌ی خنثی، برابر مقدار ۰/۵ است، در نتیجه مقدار آلفا (α) برابر یک می‌باشد. با تعیین این مقدار، مرحله‌ی بعدی تصمیم‌گیری مکانی فردی آغاز می‌گردد. به طور نمونه، مراحل روش *OWA*، برای یکی از گزینه‌ها در شکل (۴) نشان داده شده است.

شکل۴- مراحل محاسبه‌ی مقدار هر گزینه بر اساس عملگر *OWA* - (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶.

با توجه به مراحلی که در شکل (۴) نمایش داده شد، مقدار ۰/۲۵۶۳ مقدار امتیاز به دست آمده از عملگر *OWA* برای یک مکان (نقطه) و برای تصمیم‌گیرنده اول است. پس از محاسبه و اجرای عملگر *OWA* برای همه‌ی گزینه‌ها، نقشه رتبه‌بندی گزینه‌ها برای اولین تصمیم گیرنده به دست می‌آید. به این ترتیب برای بقیه تصمیم‌گیران این روش را اجرا کرده، گزینه‌ها توسط سایر تصمیم‌گیران نیز رتبه‌بندی می‌شوند و در نتیجه، به تعداد تصمیم‌گیران نقشه‌های راه حل فردی به دست می‌آید. شکل (۵)، نقشه‌های راه حل فردی را نشان می‌دهد.



شکل ۵- نقشه رتبه بندی گزینه‌ها

پس از این‌که نقشه‌ی رتبه‌بندی به روش *OWA* برای تک تک تصمیم‌گیران به دست آمد، جهت ادغام نظرات تصمیم‌گیران (تصمیم‌گیری مکانی گروهی) و به دست آوردن نقشه‌ی نهایی از روش اکثریت فازی استفاده می‌شود. جدول (۳) مراحل محاسبه‌ی امتیاز گروه برای یک گزینه مکانی را نشان می‌دهد و برای سایر گزینه‌ها نیز این مراحل قابل تکرار است. طبق جدول فوق، مقدار ۰/ ۲۱۸ مقدار به دست آمده از روش اکثریت فازی برای یک گزینه است. برای سه گزینه‌ی دیگر نیز این روش تکرار می‌شود. بعد از محاسبات مربوطه، گزینه‌ای که بیشترین مقدار را از اجرای این روش کسب نماید، بیشترین اولویت را جهت احداث پل هوایی به خود اختصاص داده، به عنوان بهترین گزینه انتخاب می‌شود. شکل (۶) مقادیر به دست آمده از اجرای روش اکثریت فازی برای همه‌ی گزینه‌ها و همه تصمیم‌گیران را نشان می‌دهد.

جدول۳- مراحل روش اکثریت فازی برای ارزیابی یک گزینه

تصمیم‌گیران	P_k	T_k	T'_k	$P_i^{t-index\ (k)}$	$Q\ (T'_k/q)$	V_k	$\mathbf{Vk}.P_i^{t-index\ (k)}$
۱	۰/۱۶۵	۳	۲	۰/۴۵۱	۰/۴	۰/۱۲۵	۰/۰۵۶۳
۲	۰/۲۵۶	۴	۳	۰/۱۳۰	۰/۹	۰/۲۸۱	۰/۰۳۶۵
۳	۰/۱۳۰	۳	۳	۰/۱۶۵	۰/۹	۰/۲۸۱	۰/۰۴۶۳
۴	۰/۴۵۱	۲	۴	۰/۲۵۶	۱	۰/۳۱۲	۰/۰۷۹۸
					۳/۲	۱	۰/۲۱۸

شکل۶- نقشه حاصل از تصمیم‌گیری مکانی گروهی (رتبه بندی گروهی گزینه‌ها)

نتیجه‌گیری:

در این پژوهش، روش تصمیم‌گیری گروهی به منظور مکان‌یابی پل‌های عابر پیاده، به عنوان یکی از اجزای تسهیلات ترافیکی که بر عبور و مرور شهروندان و همچنین بر امنیت جانی و ترافیک شهری اثری چشم‌گیر دارند، مورد استفاده قرار گرفت. در این مقاله به منظور مکان‌یابی پل‌های هوایی در منطقه‌ی ۱ شهر مشهد، از تحلیل‌های چند معیاره و پردازش‌های مبتنی بر *GIS*، استفاده شد. همچنین، این روش‌ها به گونه‌ای با استفاده از نظرات مردم محلی، شهروندان، کارشناسان، برنامه-ریزان و کارمندان دولت، همه افراد جامعه را در فرایند تصمیم‌گیری مکانی مشارکت می‌دهند. روش‌های *GIS-MCDA* در حالت گروهی (مشارکتی) مبتنی بر فرایندی دو مرحله‌ای هستند: مرحله‌ی اول بخش مربوط به تصمیم‌گیری مکانی فردی است که در این مقاله از روش *OWA* به عنوان تابع تصمیم استفاده شد و نقشه‌های فردی با استفاده از این روش به دست آمد. بخش دوم این روش‌ها، مربوط به بخش گروهی تصمیم‌گیری مکانی است. در این بخش، از روش اکثریت فازی جهت ادغام نقشه‌های فردی و محاسبه رتبه بندی گروهی گزینه‌ها، استفاده شد. نهایتاً می‌توان ابراز داشت که این شکل از تشریک مساعی، عموم مردم را به عنوان کسانی که از نزدیک از تصمیمات مکانی متأثر می‌شوند، در حل مسائل مکانی دخیل می‌کند.

پیشنهادهایی که در این باره می‌توان ذکر کرد حول این محور است که به منظور افزایش نقش و تأثیر افراد در ارائه‌ی چارچوب تصمیم‌گیری مکانی چند معیاره، استفاده از فناوری وب، موبایل و توانمندی‌های منحصربه‌فرد آن لحاظ شود؛ چرا که امروزه استفاده از محیط وب و موبایل، تصمیم‌گیرنده را در فرایند تصمیم‌گیری مکانی بیشتر درگیر کرده، به وی آزادی عمل بیشتری در تصمیم‌گیری‌های موردنظر خواهد بخشید. در این حالت به راحتی کاربران می‌توانند به طور مستقیم، دانش، علایق، اولویت‌های خود و غیره را در فرایند تصمیم‌گیری مکانی وارد کرده، ضمن به اشتراک گذاشتن دانش و اولویت‌های خود از طریق محیط وب، از اولویت‌ها و سلایق سایر تصمیم‌گیران نیز مطلع شوند. همچنین، در حالت تحت وب می‌توان با ایجاد امکاناتی نظیر تعیین معیارها و محدودیت‌ها و تعریف گزینه‌ها توسط فرد تصمیم‌گیر، به مفهوم شهروند- محوری جامع عمل پوشاند که بدین شکل سطح بالاتری از مشارکت افراد در تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی‌های مکانی به دست خواهد آمد (*Jelokhani-Niaraki & Malczewski, 2015: 497*).

منابع و مآخذ:

۱. ناظمی، الهام و محقق نسب، عنایت‌الله (۱۳۹۴): «لزوم بازطراحی پل‌هایعابر پیاده در جهت بهبود منظر شهری (با الگوگیری از نمونه های موفق ایران و جهان»، دومین کنفرانس ملی معماری و منظر شهری پایدار.

۲. نیکومرام، هاشم، وظیفه دوست، حسین، خانی، سروش(۱۳۸۷): «ارزیابی و تحلیل اثربخشی پل‌هایعابر پیاده درون شهری (مطالعه موردی شهر تهران» ، مجله هویت شهر، سال دوم، شماره۲، صص ۱۲ -۳.

۳. خاکی، علی منصور، عرفانی نسب، رضا، باباگلی، رضوان (۱۳۹۱): «آسیب‌شناسی پل‌هایعابر پیاده در سطح شهر تهران»، دوازدهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران.

۴. میرمحمدی، فهیمه، جلوخانی نیارکی، محمدرضا، علوی پناه، سید کاظم، نیسانی سامانی، نجمه (۱۳۹۵): «توسعه سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی مشارکتی تحت وب مبتنی بر گزینه های مکانی کاربر محور (مطالعه موردی: مکان یابی سرویس های بهداشتی دائمی منطقه ۱ شهر مشهد»، نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، سال ششم، شماره ۱، صص ۱۱۵-۱۰۱.

۵. آمار نامه شهرداری مشهد (۱۳۹۴). برگرفته از *https://amar.mashhad.ir/portal_content*.

6. *Jelokhani-Niaraki, M.R., and J. Malczewski (2015): A group multicriteria spatial decision support system for parking site selection problem: A case study. Land Use Policy, 42, pp:492-508.*
7. *Malczewski, J. and C.Rinner, (2015): Multicriteria decision analysis in Geographic Information Science. Springer: New York.*
8. *Boroushaki, S., and J.Malczewski (2010):Using the fuzzy majority approach for GIS-based multicriteria group decision-making. Computers & Geosciences, 36(3), pp: 302-312.*
9. *Malczewski, J. (2006): Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 8(4), pp: 270–277.*
10. *Yager, R.R. (1988): On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making. IEEE Trans. Syst. Man Cybernet. 18 (1), pp:183–190.*
11. *Yager, R.R. (1996): Quantifier guided aggregation using OWA operators. Int. J. Intell. Syst. 11, pp:49–73.*

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی