مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، سال هشتم، شماره ۴ (پیاپی ۳۱)، زمستان ۹۰، ص ص ۱۱-۱
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

ارایه ی یک مدل ترکیبی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی برای تعیین مکان احداث شهرک صنعتی تخصصی ریلی

حمید رضا احدی[۱]، فروغ غضنفری راد*[۲]

[۱] استادیار دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

[۲] فارغ التحصیل کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

رسید مقاله: نوزدهم مرداد ماه ۱۳۹۰
پذیرش مقاله: هفتم آذر ماه ۱۳۹۰

چکیده

صنعت حمل و نقل ریلی در چند سال گذشته مورد توجه ویژه قرارگرفته و مقرر شده در برنامه پنجم توسعه کشور میانگین احداث خطوط جدید که در ده سال گذشته بطور متوسط ۱۵۰ کیلومتر بوده است به ۱۰۰۰ کیلومتر در سال افزایش یابد. افزایش طول خطوط راه آهن کشور مستلزم افزایش تعداد ناوگان ریلی به سطحی متناسب با توسعه خطوط خواهد بود. به همین منظور لازم است از هم اکنون تدابیری برای تجهیز توان صنعتی در بخش ساخت ناوگان ریلی شامل لکوموتیو، واگن و تجهیزات ریلی اندیشیده شود. لذا طرح احداث یک شهرک صنعتی تخصصی تولید ناوگان و تجهیزات ریلی در وزارت صنایع مطرح و انتخاب محل مناسب برای این شهرک صنعتی در دستور کار قرار گرفته است. هدف این مقاله انتخاب مناسب‌ترین مکان برای احداث این شهرک صنعتی با استفاده از روشهای تصمیم گیری چند معیاره فازی گروهی است. با توجه به لزوم نزدیکی شهرک صنعتی مورد نظر به شهرک های موجود و خطوط ریلی، احداث این شهرک در محدوده‌ی شهرک های صنعتی موجود در استان ها مورد بررسی قرار گرفته شده و معیارهای موثردر انتخاب مکان با بررسی ادبیات موضوع، درنظر گرفتن نیازمندی‌های طرح و نظرسنجی از کارشناسان صنعت ریلی تعیین شده است. با توجه به گروهی بودن روش حل، از تجربیات نخبگان صنعت ریلی برای انجام مقایسات زوجی استفاده شده وبا درنظرگرفتن درجه اطمینان تصمیم‌گیرندگان تلفیق شده‌است. درمرحله‌ی بعدی، از یک روش ترکیبی پیشنهادی از روش های تحلیل سلسله مراتبی و تاپسس فازی گروهی برای حل مساله استفاده شده است. سپس نتیجه‌ی حاصل از مدل با وضعیت فعلی و طرح‌های آتی موردنظر برای احداث شهرک صنعتی تخصصی ریلی در کشور مقایسه و اعتبارسنجی شده است.

کلمات کلیدی: مکان‌یابی، شهرک صنعتی تخصصی ریلی، تصمیم‌گیری چندمعیاره، ترجیحات فازی.

*عهده دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: *forough_ghazanfarirad@yahoo.com*

Archive of SID
www.SID.ir

۱ مقدمه

شهرک صنعتی تخصصی یک نوع شهرک صنعتی است که دارای محدوده و مساحت معینی می‌باشد و در زمینه تولید یا خدمات صنعتی خاص و یا فعالیت‌های هم خانواده یا مکمل و واحدهای پژوهشی و فناوری و خدمات پشتیبانی ایجاد می‌شود. ایجاد شهرک‌های صنعتی مزایای بسیاری را برای واحدهای صنعتی تأمین می‌کند. واحدهای موجود می‌توانند از هزینه‌های مشترک آب، برق ،گاز، و سایر خدمات مشترک بهره مند شوند که قطعاً بسیار کمتر از حالتی است که بخواهند اقدام به ساخت واحد صنعتی به طور انفرادی نمایند[۱]. همچنین هزینه تملک زمین و آماده سازی آن در شهرک‌های صنعتی بسیار پایین‌تر از هزینه تملک زمین به صورت شخصی می-باشد. یکی دیگر از مزایای شهرک‌های صنعتی ایجاد هم افزایی صنعتی می‌باشد و همین ویژگی به صورت ویژه در احداث این شهرک صنعتی مورد توجه قرار گرفته و پیش بینی شده است واحدهای صنعتی مستقر در این شهرک صنعتی بخش قابل توجهی از نیاز داخلی خود را از سایر تولیدکنندگان مستقر در شهرک تامین نمایند. همچنین انتظار می‌رود واحدهای صنعتی مستقر در این شهرک از طریق تقسیم کار تخصصی (به عنوان مثال تولید واگن های مسافری یا واگن های باری) در تولیدات خود سریعتر به سطح اقتصاد مقیاس برسند. به دلیل وجود همین مزایا و همچنین لزوم توسعه و گسترش صنعت ریلی در کشور متناسب با افزایش روزافزون استفاده از سیستمهای حمل و نقلی ریلی، وزارت صنایع و معادن ایجاد یک شهرک صنعتی تخصصی ریلی را در دستور کار خود قرار داده است.

هدف از ایجاد این شهرک صنعتی ساخت ناوگان ریلی یعنی لکوموتیو، انواع واگن‌های باری و مسافری، و همینطور تولید تجهیزات ریلی مثل سیستم های سیگنالینگ و سوزن و سیستم های ناوبری و قطعات صنعتی مرتبط می‌باشد. با توجه به اهداف موردنظر باید مکانی مناسب برای این شهرک تعیین شود تا بتواند به درستی زمینه فعالیت های اشاره شده را فراهم نماید. تعیین مکان مناسب برای احداث شهرک صنعتی مستلزم درنظر گرفتن شاخص های متعدد و بعضاً متضادی می‌باشد که در این‌گونه مسایل وجود دارد. برای یافتن شاخصهای موثر و مهم در این خصوص، ابتدا ادبیات موضوع در رابطه با مکان‌یابی واحدهای صنعتی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت و شاخص های موثر شناسایی شد. با مطالعه مقالات متعدد و یافتن تعداد دفعات تکرار هر یک از شاخص‌ها در مقالات مورد بررسی، فراوانی تکرار آن ها محاسبه و شاخص هایی که دارای بیشترین فراوانی بودند به عنوان شاخص های اصلی کاندید شدند و در سنجش نهایی با استفاده از نظر متخصصین ریلی و مدیران شهرک‌های صنعتی تخصصی و همچنین با درنظر گرفتن نیازمندی‌های طرح شاخص‌های نهایی برای تصمیم‌گیری تعیین شدند.

شاخص‌های اصلی در انتخاب مکان احداث شهرک‌های صنعتی تخصصی ریلی عبارتند از: هزینه، دسترسی، شرایط اقلیمی، مؤلفه‌های صنعتی، مؤلفه‌های اقتصادی. هریک از این شاخص‌های اصلی خود به شاخص‌های فرعی دیگری تقسیم‌بندی می‌شوند که به تفکیک عبارتند از: شاخص هزینه شامل هزینه تملک زمین، هزینه ساخت خط ریلی، هزینه تسطیح و تحکیم زمین، هزینه‌های ساخت و ساز؛ شاخص دسترسی شامل دسترسی به

Archive of SID

www.SID.ir

خطوط ریلی کشور، دسترسی به جاده‌های اصلی کشور، دسترسی به فرودگاه ، دسترسی به نیروی کار متخصص، دسترسی به بازارهای مصرف، دسترسی به بازارهای مواد اولیه، دسترسی به امکانات عمومی، دسترسی به امکانات زیربنایی؛ شاخص مؤلفه‌های صنعتی شامل وضعیت صنایع موجود در منطقه، پتانسیل‌های توسعه صنعتی منطقه در آینده ؛ شاخص مؤلفه‌های اقتصادی شامل مشوق‌های مالی دولت، پتانسیل‌های اقتصادی منطقه؛ شاخص شرایط اقلیمی شامل شرایط جغرافیایی منطقه، وضعیت آب و هوایی.

با توجه به لزوم درنظر گرفتن معیارهای متعدد در این مساله، روش‌های تصمیم گیری‌های چند معیاره برای حل آن بسیار مناسب می‌باشد. مدل‌های تصمیم‌گیری‌های چند شاخصه که زیرمجموعه ای از روش‌های تصمیم‌گیری‌های چند معیاره می باشند بر رتبه بندی و انتخاب مناسب‌ترین گزینه از بین گزینه های موجود تأکید دارند. با توجه به اینکه گزینه‌های اولیه پیشنهادی تأثیر به‌سزایی در نتیجه این تحقیق دارند و به منظور بررسی کل کشور در این طرح، احداث این شهرک در مجاورت شهرک‌های صنعتی موجود در استان‌ها مورد بررسی قرار گرفته تا بتوان از امکانات زیربنایی و پتانسیل صنعتی آن ها استفاده کرد. به دلیل زیاد بودن تعداد این شهرک‌ها و همچنین لزوم دارا بودن بعضی از شرایط اولیه، چهار شاخص اصلی تعریف شده تا درصورت احراز نمودن هر چهار شرط آن ها به عنوان گزینه‌های پیشنهادی اولیه معرفی شوند. این چهار شرط عبارتند از: ۱. فاصله حداکثر ۱۰ کیلومتری از شبکه ریلی ۲. فاصله حداکثر ۴۰ کیلومتری از مرکز استان ۳. داشتن امکانات زیربنایی (آب، برق و گاز) ۴. موجود بودن زمین کافی، حداقل ۲۰۰ هکتار. پس از اعمال این چهار شرط اصلی تعداد هفت مکان انتخاب شدند که عبارتند از: ۱. تهران، مجاور شهرک صنعتی شمس‌آباد ۲. اراک،مجاور شهرک صنعتی خیرآباد. ۳. تبریز، مجاور شهرک صنعتی سرمایه‌گذاری خارجی (تبریز۵) ۴. اصفهان،مجاور شهرک صنعتی سگزی ۵. زنجان، مجاور شهرک صنعتی زنجان ۶. سمنان، مجاور شهرک صنعتی سمنان ۷. قم، مجاور شهرک صنعتی شکوهیه.

همچنین در روشهای تصمیم‌گیری چندشاخصه از یک یا چند تصمیم گیرنده برای بیان مقادیر مربوط به معیارهای کمی یا غیرکمی نسبت به هر یک از گزینه ها استفاده می شود. در این مساله از نظرات بیست متخصص این رشته برای گردآوری اطلاعات و ساختن ماتریس‌های مقایسات استفاده شده است و در ادامه برای حل مساله دو روش تحلیل سلسله مراتبی وتاپسیس که پرکاربردترین روشهای تصمیم‌گیری‌های چند معیاره می باشند به صورت ترکیبی بکار گرفته شده‌اند.

تکنیک تاپسیس‌که یکی از معروفترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره می‌باشد اولین بار توسط هوانگ و یون معرفی شد[۴]. این تکنیک براساس این مفهوم استوار است که گزینه ایدآل دارای بهترین سطح ممکن برای تمام شاخصهای موجود است در حالی که گزینه ضد ایدآل دارای بدترین مقادیر ممکن برای تمام شاخص‌ها می-باشد. روش تاپسیس نقطه ای را به عنوان جواب انتخاب می‌کند که به طور همزمان دارای بیشترین فاصله ممکن از نقطه ضدایدآل و دارای کمترین فاصله ممکن از نقطه ایدآل باشد. در فرآیند تئوری تاپسیس کلیه مقادیر وزنها و مقایسات به صورت اعداد کمی و دقیق می‌باشند اما از آن جایی که امکان داشتن مقادیر دقیق از سوی تصمیم-گیرندگان برای ایجاد ماتریس‌های مقایسات زوجی تقریباً غیرممکن است و آن‌ها نظرات خود را به صورت

www.SID.ir

شفاهی بیان می‌کنند، ما مجبوریم که مقادیر را به طور ضمنی و فازی بیان کنیم. این نظریه به منظور تفسیر مفاهیم لفظی و همینطور اندازه گیری مقادیر غیر قطعی مربوط به مفروضات دنیای واقعی طراحی شده است[۵]. در روش فازی تاپسیس گروهی اعداد به کارگرفته شده برای شاخص ها به صورت اعداد فازی مثلثی می باشند[۶]. یکی از مهمترین مراحل حل مساله مکان یابی به دست آوردن اوزان معیارها می باشد. روشهای بسیار زیادی برای محاسبه اوزان وجود دارند اما در اینجا از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی گروهی به دلیل داشتن مزیت های بیشتراستفاده شده است. یکی از مهم ترین مزایای روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده از مقایسات زوجی می باشد. بعلاوه این روش قادر است که درجه ناسازگاری را اندازه گیری کند که نشان دهنده مقدار ناسازگاری در مقادیر اعلام شده در ماتریس تصمیم می باشد[۲,۷].

۲ مدل حل مساله

جهت انتخاب مناسب‌ترین گزینه برای احداث شهرک صنعتی ابتدا لازم است محدوده مساله تعیین گردد و کاندیدهای برگزیده برای احداث شهرک صنعتی تخصصی ریلی مشخص شوند. سپس مقادیر مربوط به گزینه های پیشنهادی در مقایسه با هر یک از معیارها و همین طور ماتریس مقایسات زوجی معیارها نسبت به یکدیگر توسط هر کدام از تصمیم گیرندگان تعیین می‌گردند. در ادامه ابتدا با استفاده از میانگین هندسی بر روی عناصر ماتریسهای مقایسات زوجی ایجاد شده توسط هریک از تصمیم گیرندگان و همچنین با در نظر گرفتن درجه‌ی اطمینان آن ها از پاسخ‌های ارایه شده، یک ماتریس مقایسات زوجی به دست آمده و اوزان نهایی معیارها تعیین شده است. در مرحله بعد مقادیر مرتبط با هر یک از گزینه ها را در برابر معیار های کیفی برای هر یک از ماتریس‌های تصمیم به طور فازی در نظر گرفته، مجدداً با استفاده از میانگین هندسی بر روی مقادیر این ماتریسها و درنظر گرفتن درجه‌ی اطمینان آن ها از پاسخ‌های ارایه شده، آن را به یک ماتریس تبدیل کرده و برای تعیین مقادیر گزینه‌ها نسبت به معیارهای کمی با توجه به شرایط موجود در دنیای واقعی از اعداد دقیق استفاده شده است. سپس در هر یک از شاخه‌های ایجاد شده توسط معیارهای اصلی رتبه‌بندی بر اساس روش تاپسیس فازی انجام گرفته و در ادامه با استفاده از ضرب اوزان معیارهای اصلی در اعداد به دست آمده برای گزینه ها در هر شاخه، رتبه بندی نهایی اعلام شده است.

۲-۱ روش تحلیل سلسله مراتبی فازی گروهی

پس از معرفی روش AHP توسط ساعتی در دهه ی ۱۹۷۰، مدل های بسیاری از AHP فازی توسط محققان مختلف ارایه شد. در این متدها از مفاهیم فازی و سلسله مراتبی به صورت ترکیبی استفاده شده است. از آن جایی که برای تصمیم‌گیرندگان ارایه قضاوت ها به صورت کلامی راحت تر از ارایه یک پاسخ به طور قطعی می باشد لذا استفاده از مفاهیم فازی در تصمیم گیری ها بسیار مهم شده است. به همین دلیل تحقیقات بسیاری در سال های اخیر در این زمینه انجام گرفته است.

Archive of SID

www.SID.ir

در سال ۱۹۸۳ دو محقق هلندی به نام‌های «لاهورن و پدریک » روشی را برای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی پیشنهاد کردند که بر اساس روش حداقل مجذورات لگاریتمی بنا نهاده شده بود. میزان محاسبات و پیچیدگی مراحل این روش باعث شد مورد استقبال قرار نگیرد.

در سال ۱۹۹۶ روش دیگری تحت عنوان «روش تحلیل توسعه‌ای » توسط یک محقق چینی به نام «چانگ » ارایه گردید. اعداد مورد استفاده در این روش، اعداد مثلثی فازی هستند[۳]. این اعداد در جدول (۱) نمایش داده شده‌اند.

جدول ۱. اعداد فازی به کار رفته

مفاهیم ضمنی	سطح	اعداد ترجیحی فازی
خیلی کم	۱	(0,0,0.2)
کم	۲	(0,0.2,0.4)
تقریبا کم	۳	(0.2,0.4,0.6)
تقریبا زیاد	۴	(0.4,0.6,0.8)
زیاد	۵	(0.6,0.8,1)
خیلی زیاد	۶	(0.8,1,1)

همچنین محققین در کسب مقایسات زوجی ممکن است از چندین تصمیم‌گیرنده استفاده نمایند که نظرات کلیه آن ها باید با یکدیگر تلفیق شده و تصمیم گیری نهایی بر آن پایه است[۸].

در این روش هریک از تصمیم گیرندگان مقایسات زوجی خویش را با کاربرد عبارات زبانی ایجاد می‌کنند که آن ها را به اعداد فازی مثلثی به صورت $M=(l,m,u)$ تبدیل می‌نماییم. سپس برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی، مقدار S_k ، که خود یک عدد مثلثی است، به صورت زیر محاسبه می شود:

$$S_k = \sum_{j=1}^{n} M_{kl} \times \left[\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} M_{ij} \right]^{-1} \qquad (۱)$$

که k بیانگر شماره ی سطر و i و j به ترتیب نشان دهنده ی گزینه ها و شاخص ها هستند. در روش EA ، پس از محاسبه‌ی S_kها، باید بزرگی آن ها را نسبت به هم به دست آورد. به طور کلی اگر $M_1=(l_1,m_1,u_1)$ و $M_2=(l_2,m_2,u_2)$ دو عدد فازی مثلثی باشند، درجه ی بزرگی M_1 بر M_2 ، که با $V(M_1 \geq M_2)$ نشان داده می‌شود، به صورت زیر تعریف می شود:

$$\begin{cases} V(M_1 \geq M_2) = 1 & if \quad m_1 \geq m_2 \\ V(M_1 \geq M_2) = hgt\left(M_1 \cap M_2\right) & Otherwise \end{cases} \qquad (۲)$$

همچنین:

$$hgt(M_1 \cap M_2) = \frac{u_1 - l_2}{(u_1 - l_2) + (m_2 - m_1)} \qquad (۳)$$

Archive of SID

www.SID.ir

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از k عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه ی زیر به دست می‌آید:

$$V(M_1 \geq M_2,...,M_k) = V(M_1 \geq M_2),...,V(M_1 \geq M_k) \quad (۴)$$

در روش EA برای محاسبه ی وزن شاخص ها در ماتریس مقایسه‌ی زوجی به صورت زیر عمل می‌شود:

$$W'(x_i) = Min\{V(S_i \geq S_k)\}, \qquad k = 1,2,...,n, \qquad k \neq i \quad (۵)$$

بنابراین، بردار وزن شاخص ها به صورت زیر خواهد بود:

$$W' = [W'(c_1), W'(c_2),...,W'(c_n)]^T \quad (۶)$$

که همان بردار ضرایب غیربهنجار AHP فازی است.

۲-۲ روش فازی تاپسیس گروهی

در این قسمت روش تاپسیس که یکی از معروفترین روشهای MADM می باشد توضیح داده شده است. با توجه به اینکه در این مقاله از روش فازی تاپسیس گروهی استفاده کرده ایم ابتدا مروری بر مفاهیم فازی خواهیم داشت و سپس مراحل حل در روش تاپسیس کلاسیک را توضیح داده و مراحلی که با توجه به فازی و گروهی بودن نیازمند تغییراتی هستند را نیز شرح می دهیم [۱۲-۹] .

نظریه فازی که توسط زاده در سال ۱۹۶۵ معرفی گردید برای مسایلی مناسب است که در آن ها مقدار دقیق معیارها مشخص نشده باشد. در مجموعه کلی X ، یک زیر مجموعه فازی A از X به صورت یک تابع عضویت $f_A(x)$ تعریف می شود که هر عضوی مانند x از A را به یک عدد حقیقی در بازه [0,1] مرتبط می کند. مقدار تابع $f_A(x)$ نشاندهنده درجه عضویت x در A می باشد . هر چقدر مقدار $f_A(x)$ بیشتر باشد، درجه عضویت x در A قوی تر است[۵].

در این مقاله از اعداد فازی مثلثی که به صورت (a_1,a_2,a_3) نمایش داده می شود استفاده کرده ایم. عدد فازی A در R (مجموعه اعداد حقیقی) یک عدد فازی مثلثی است هرگاه تابع عضویت آن یعنی $f_A : R \rightarrow [0,1]$ به این صورت تعریف شود:

Archive of SID

www.SID.ir

$$f_A(x)=\begin{cases}0 & x\le a_1\\ \dfrac{x-a_1}{a_2-a_1} & a_1\le x\le a_2\\ \dfrac{a_3-x}{a_3-a_2} & a_2\le x\le a_3\\ 0 & x>a_3\end{cases} \qquad (۷)$$

حال اگر فرض کنیم که $\tilde{a}=(a_1,a_2,a_3)$ و $\tilde{b}=(b_1,b_2,b_3)$ دو عدد فازی مثلثی باشند با استفاده از متد ورتکس می توانیم فاصله بین این دو عدد فازی را به صورت زیر محاسبه کنیم[۱۳]:

$$\left(\tilde{a},\ \tilde{b}\right)=\sqrt{\tfrac{1}{3}\ \left[(a_1-b_1)^2+(a_2-b_2)^2+(a_3-b_3)^2\right]} \qquad (۸)$$

در روش تاپسیس تئوریک اعداد به کار گرفته شده صریح و مشخص می باشند. اما با توجه به اینکه بیان مقادیر دقیق در بسیاری از مسایل مکانیابی ممکن نیست از اعداد فازی استفاده می شود. در این قسمت ما روش تاپسیس تئوریک را توضیح می دهیم و از روابط و تعاریف فوق برای مراحل مشمول تغییر در فازی تاپسیس گروهی استفاده می کنیم.

روش تاپسیس بر این اساس است که گزینه انتخابی باید دارای کمترین فاصله از جواب ایدآل و دارای بیشترین فاصله از جواب ضد ایده آل باشد[۳].

فرض کنیم که مسئله دارای J کاندید A_1، A_2،...، A_j و n معیار C_1، C_2،...، C_n باشد. مقدار معیار i ام برای گزینه A_j با x_{ij} نشان داده می‌شود. مراحل حل در روش تاپسیس به شرح زیر می باشد:

قدم اول: تبدیل ماتریس تصمیم گیری موجود به یک ماتریس بی مقیاس شده با استفاده از فرمول زیر:

$$r_{ij}=\frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{J} x_{ij}^2}},\qquad j=1,2,...,J;\ i=1,2,...,n. \qquad (۹)$$

با توجه به اینکه در روش فازی‌تاپسیس‌گروهی، مساله دارای K تصمیم گیرنده‌ی L_1، L_2، ...، L_k می‌باشد و اعداد فازی مثلثی به کار گرفته شده اند پس مقادیر گزینه ها در برابر هر معیار توسط هر یک از DM ها به صورت زیر می باشد:

$$\tilde{x_1}=\left\{\tilde{x}_{ijl},i=1,2,...,n;\ j=1,2,...,J;\ \ l=1,2,...,k\right\} \qquad (۱۰)$$

Archive of SID

www.SID.ir

در این قسمت نیز با استفاده از میانگین هندسی، ماتریسهای فازی به دست آمده توسط هر DM توسط رابطه زیر به یک ماتریس فازی تبدیل می‌شوند[۱۴]:

$$\tilde{x}_{ij} = \left(\prod_{i=1}^{k} \tilde{x}_{ijl}\right)^{\frac{1}{k}} = \left(\left(\prod_{i=1}^{k} a1_{ijl}\right)^{\frac{1}{k}}, \left(\prod_{i=1}^{k} a2_{ijl}\right)^{\frac{1}{k}}, \left(\prod_{i=1}^{k} a3_{ijl}\right)^{\frac{1}{k}}\right) \quad (۱۱)$$

در روش فازی تاپسیس گروهی قدم اول را انجام نمی دهیم زیرا با توجه به فازی بودن اعداد در ماتریس فوق نیازی به بی مقیاس کردن آن نداریم.

قدم دوم: ایجاد ماتریس بی مقیاس شده وزنی با استفاده از اوزان هر یک از معیارها به صورت زیر:

$$v_{ij} = w_i * r_{ij} \qquad j = 1,2,...,J; \quad i = 1,2,...,n. \quad (۱۲)$$

که در آن w_i وزن معیار i ام می باشد و $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$.

قدم سوم: تعیین راه حل ایدآل و راه حل ضد-ایدآل:

$$A^+ = \{v_1^+,...,v_i^+\} = \{(\max_j v_{ij} | i \in I'), (\min_j v_{ij} | i \in I'')\}, \quad (۱۳)$$

$$A^- = \{v_1^-,...,v_i^-\} = \{(\min_j v_{ij} | i \in I'), (\max_j v_{ij} | i \in I'')\} \quad (۱۴)$$

که در آن I' مربوط به شاخصهای سود و I'' مربوط به شاخصهای هزینه می باشد. در روش فازی تاپسیس گروهی نیز به همین طریق در این مرحله عمل می کنیم.

قدم چهارم: محاسبه اندازه جدائی(فاصله): فاصله هر یک از گزینه ها با جواب ایدآل و ضد ایدآل با استفاده از روش اقلیدسی بدین قرار است:

$$D_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(v_{ij} - v_i^+\right)^2}, \qquad j = 1,2,...,J, \quad (۱۵)$$

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(v_{ij} - v_i^-\right)^2}, \qquad j = 1,2,...,J, \quad (۱۶)$$

در این مرحله از روش فازی تاپسیس گروهی، با استفاده از رابطه (۸) و فرمول‌های زیر مقدار جدائی محاسبه شده است:

$$D_j^+ = \sum_{i=1}^{n} d(v_{ij} - v_i^+), \qquad j = 1,2,...,J, \quad (۱۷)$$

$$D_j^- = \sum_{i=1}^{n} d(v_{ij} - v_i^-), \qquad j = 1,2,...,J, \quad (۱۸)$$

قدم پنجم: محاسبه نزدیکی نسبی Ai به راه حل ایدآل: این نزدیکی نسبی به صورت زیر تعریف می شود:

Archive of SID

www.SID.ir

$$cl_i^+ = \frac{D_j^-}{D_j^+ + D_j^-}, \qquad j = 1,2,...,J, \tag{۱۹}$$

قدم ششم: رتبه بندی گزینه ها بر اساس ترتیب نزولی cl_i^+ در این مرحله می توان گزینه های موجود از مساله مفروض را رتبه بندی نمود. مراحل پنجم و ششم در روش فازی تاپسیس گروهی دقیقا به همین شکل می باشند.

۳ مکانیابی شهرک صنعتی تخصصی ریلی

با استفاده از نظرات بیست نفر از متخصصین صنعت حمل و نقل ریلی ماتریس‌های تصمیم برای هر گزینه در برابر هر شاخص و ماتریس‌های مقایسات زوجی بین شاخص‌ها تشکیل شده و سپس با استفاده از روابط موجود در روش تحلیل سلسله مراتبی اوزان برای هر تصمیم‌گیرنده تعیین و پس از آن با بکارگیری روش میانگین هندسی وزین و درنظر گرفتن درجه‌ی اطمینان تصمیم‌گیرندگان اوزان معیارها محاسبه شده است. برای تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری گزینه‌ها در مقایسه با معیارهای صنعتی و اقتصادی نیز از نظر متخصصین ریلی و ماتریس‌های مقایسات زوجی استفاده شده است. سپس با درنظر گرفتن اوزان به دست آمده و ماتریس‌های تصمیم‌گیری و بکارگیری روش فازی تاپسیس گروهی در هر شاخه رتبه‌بندی گزینه‌ها صورت گرفته و نتیجه‌ی نهایی در جدول (۷) مشخص شده است.

جدول۲. امتیاز مناطق در شاخه اول(هزینه)

شهرک	شمس‌آباد (تهران)	سگزی (اصفهان)	تبریز(۵) (تبریز)	سمنان (سمنان)	خیرآباد (اراک)	شکوهیه (قم)	زنجان (زنجان)
امتیاز در شاخه	۰/۰۰۶۳	۰/۰۱۱۹	۰/۰۱۸۰	۰/۰۲۳۵	۰/۰۱۹۶	۰/۰۱۰۰	۰/۰۱۳۴
رتبه	۷	۵	۳	۱	۲	۶	۴

جدول۳. امتیاز مناطق در شاخه دوم(دسترسی)

شهرک	شمس‌آباد (تهران)	سگزی (اصفهان)	تبریز(۵) (تبریز)	سمنان (سمنان)	خیرآباد (اراک)	شکوهیه (قم)	زنجان (زنجان)
امتیاز در شاخه	۰/۰۳۸۱	۰/۰۳۰۴	۰/۰۲۷۵	۰/۰۳۵۰	۰/۰۴۵۲	۰/۰۲۶۶	۰/۰۲۹۳
رتبه	۲	۴	۶	۳	۱	۷	۵

جدول٤. امتیاز مناطق در شاخه سوم(مؤلفه‌های صنعتی)

شهرک	شمس‌آباد (تهران)	سگزی (اصفهان)	تبریز(۵) (تبریز)	سمنان (سمنان)	خیرآباد (اراک)	شکوهیه (قم)	زنجان (زنجان)
امتیاز در شاخه	۰/۰۵۴۱	۰/۰۴۶۰	۰/۰۲۸۳	۰/۰۱۱۲	۰/۰۵۹۱	۰/۰۱۵۸	۰/۰۰۵۲
رتبه	۲	۳	۴	۶	۱	۵	۷

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۵. امتیاز مناطق در شاخه چهارم (مؤلفه‌های اقتصادی)

شهرک	شمس‌آباد (تهران)	سگزی (اصفهان)	تبریز(۵) (تبریز)	سمنان (سمنان)	خیرآباد (اراک)	شکوهیه (قم)	زنجان (زنجان)
امتیاز در شاخه	۰/۰۲۵۰	۰/۰۳۷۶	۰/۰۲۸۵	۰/۰۲۰۷	۰/۰۳۰۱	۰/۰۱۵۲	۰/۰۱۰۴
رتبه	۴	۱	۳	۵	۲	۶	۷

جدول٦. امتیاز مناطق در شاخه پنجم(شرایط اقلیمی)

شهرک	شمس‌آباد (تهران)	سگزی (اصفهان)	تبریز(۵) (تبریز)	سمنان (سمنان)	خیرآباد (اراک)	شکوهیه (قم)	زنجان (زنجان)
امتیاز در شاخه	۰/۰۳۱۹	۰/۰۴۷۲	۰/۰۱۲۹	۰/۰۲۸۷	۰/۰۳۳۰	۰/۰۲۸۷	۰/۰۱۲۲
رتبه	۳	۱	۵	۴	۲	۴	۶

جدول۷. امتیاز نهایی مناطق و رتبه بندی آن ها با روش ترکیبی

شهرک	شمس‌آباد (تهران)	سگزی (اصفهان)	تبریز(۵) (تبریز)	سمنان (سمنان)	خیرآباد (اراک)	شکوهیه (قم)	زنجان (زنجان)
امتیاز نهایی	۰/۱۵۵۶	۰/۱۷۳۳	۰/۱۱۵۶	۰/۱۱۹۳	۰/۱۸۷۱	۰/۰۹۶۵	۰/۰۷۰۷
رتبه	۳	۲	۵	۴	۱	۶	۷

لذا با توجه به نتایج حاصل از مدل شهرک صنعتی خیرآباد در اراک مناسب‌ترین مکان برای احداث این شهرک می‌باشد.

٤ اعتبارسنجی مدل

در این مرحله نتایج حاصل از مدل با وضعیت صنایع ریلی و برنامه های آتی برای احداث شهرک صنعتی تخصصی ریلی در کشور مقایسه شده است. اعتبارسنجی با توجه به مکان واقعی که برای این شهرک در نظر گرفته شده، صورت می‌گیرد. با توجه به تحقیقات بعمل آمده، برنامه احداث شهرک صنعتی تخصصی ریلی توسط خوشه صنعتی اراک در مجاورت شهرک صنعتی خیرآباد اراک دردست اقدام می‌باشد. خوشه صنعتی اراک از ۳۰ شرکت اصلی و تعداد زیادی شرکت‌های تابعه تشکیل شده است. این خوشه هم‌اکنون فاز یک طراحی شهرک را آغاز نموده و واحدهای صنعتی متخصص ریلی را در شهرک صنعتی خیرآباد متمرکز نموده‌است. برای ساخت ناوگان ریلی نیز، در نظر دارد در بخشی از این محدوده، اقدام به ساخت کارخانجات و کارگاه‌های ریلی نماید، که با توجه به برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته تا سال ۱۳۹۵ بهره‌برداری از این شهرک صنعتی تخصصی ریلی در هر دو فاز انجام خواهد گرفت. اعتبارسنجی انجام شده نشان می‌دهد که معیارهایی که برای مدل‌سازی این مساله درنظر گرفته‌ایم، معیارهای کاملاً درست و اساسی بوده‌اند و مکان مناسبی را برای احداث شهرک به دست آورده‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir

۵ نتیجه‌گیری

با توجه به توسعه صنعت حمل و نقل ریلی در کشور و نیاز مستمر به توسعه ناوگان ریلی متناسب با توسعه این صنعت، احداث شهرک صنعتی تخصصی ریلی به یک ضرورت تبدیل شده است. از آن جایی که تعیین مکان این شهرک در کاربرد و بهره برداری از آن بسیار موثر می باشد لذا مساله مکانیابی احداث شهرک صنعتی تخصصی ریلی در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور گزینه‌های دارای پتانسیل اولیه مورد ارزیابی قرارگرفته و با استفاده از نظر متخصصین صنعت حمل و نقل ریلی و توجه به الزامات این صنعت مثل لزوم احداث در مجاورت شبکه ریلی، هفت گزینه در کل کشور به عنوان کاندید اولیه مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به اینکه شاخص‌های بسیاری در مورد مساله مکان‌یابی مطرح می‌باشند با بررسی ادبیات موضوع فراوانی شاخص ها محاسبه شده و با بهره گیری از نظر متخصصین این رشته شاخص‌های مهم و تعیین کننده برای این مساله تعیین شده‌اند. به دلیل اینکه استفاده از اعداد صریح در تصمیم گیری برای این گونه مسایل بسیار مشکل و گاهی غیر عملی می‌باشد از اعداد مثلثی فازی استفاده شده و برای حل مساله روش تحلیل سلسله مراتبی گروهی برای تعیین اوزان شاخص ها و روش فازی تاپسیس گروهی برای رتبه بندی گزینه ها و تعیین بهترین گزینه به کار برده شده و بهترین محل برای احداث اولین شهرک تخصصی ریلی در کشور به تصمیم گیرندگان این صنعت پیشنهاد شده است.

منابع

[۱] علیپور، ح.، اصول حاکم بر طراحی شهرک‌های صنعتی، شرکت شهرک‌های صنعتی ایران.

[۲] اصغرپور، م. ج.، (۱۳۸۷) . تصمیم گیری های چند معیاره، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران.

[۳]مؤمنی، م.، (۱۳۸۵). مباحث نوین تحقیق در عملیات، انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

[4] Hwang, C. L., Yoon, K., (1981). Multiple attribute decision making: methods and application. Berlin Heidelberg, New York, Springer.

[5] Zadeh, L.A., (1965). Fuzzy sets. Information and Control, 8, 338-353.

[6] Chen, C. T., (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision making under fuzzy environment, Fuzzy Sets and Systems, 114, 1-9.

[7] Onut, S., Soner, S., (2008). Transportation site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment. Waste Management 28, 1552-1559.

[8] Ghazanfari, M., Rezaei, M., (2006). An introduction to fuzzy sets theory. Iran, Iran University of Science and Technology.

[9] Zimmermann, H. J., (1991). Fuzzy Set Theory and Its Application. London ,Seconded. Kluwer Academic Publishers.

[10] Buckley, J. J., (1985). Fuzzy hierarchical analysis. Fuzzy Sets and Systems 17, 233-247.

[11] Kaufmann, A., Gupta, M. M., (1985). Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Application. New York, Von Nostrand Reinhold.

[12] Chen, C. T., Lin, C. T., Huang, S. F., (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. International Journal of Production Economics 102(2), 289-301.

[13] Chen, S. J., Hwang, C. L., (1992). Fuzzy Multiple Attribute Decision Making. New York, Methods and Applications, Springer.

[14] Olcer, A. I., Odabast, A. Y., (2005). A new fuzzy multiple attributive group decision making methodology and its application to propulsion maneuvering systems selection problem. European Journal of Operational Research, 166, 93-114.

Archive of SID

www.SID.ir