بکارگیری روش AHP فازی گروهی در انتخاب بهترین تأمین کننده ناوگان ریلی

حمیدرضا احدی، استادیار، دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
سید احسان مشهدی عباس(مسئول مکاتبات)، کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
مجید خشکرودیان، کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
E-mail: ehsan_mashhadiabbas@yahoo.com

دریافت: ۹۱/۰٤/۱۸ پذیرش: ۹۱/۱۲/۱۵

چکیده

توجه ویژه به صنعت حمل و نقل ریلی در سالهای اخیر منجر به تدوین اهدافی در سیاستهای ریلی، همچون افزایش میانگین احداث خطوط جدید به رقم ۱۰۰۰ کیلومتر در سال، در برنامه پنجم توسعه کشور شده است. از سوی دیگر، افزایش طول خطوط راه آهن کشور مستلزم افزایش تعداد ناوگان ریلی به سطحی متناسب با توسعه خطوط خواهد بود. این در حالی است که تأمین ناوگان در حال حاضر از سوی کشورهای صاحب این فنآوری صورت می گیرد و به این منظور برای انتخاب تأمین کننده ناوگان ریلی، دستیابی به روشهای جامع و مبتنی بر ضوابط در کشور احساس می شود. هدف از این مقاله استفاده از روش AHP فازی در انتخاب بهترین تأمین کننده ناوگان ریلی است. در این راستا معیارها و گزینه های موجود در انتخاب تأمین کننده ناوگان توسط کارشناسان، گزینش شده و پس از انجام مقایسه های زوجی بین معیارها و گزینه ها، بر اساس نظرات ارایه شده، نتایج حاصل از مقایسه ها به ساختار فازی تبدیل شده است. همچنین در کنار گزینشهای صورت گرفته، هر کارشناس برای تصمیم خود یک سطح اطمینان نیز در نظر می گیرد. سپس طی چهار مرحله، اولویت بندی گزینه ها انجام می شود. در گام نخست، اوزان معیارها و گزینه ها نسبت به معیارها تعیین می‌شود. سپس وزنهای تصمیم گیرندگان مشخص شده و در ادامه با تلفیق گامهای اول و دوم، اوزان نهایی حاصل می شود. در گام پایانی رتبه بندی گزینه ها مشخص می شود. نتایج حاصل از این بررسی نشان می دهد که با توجه به گزینه ها و شرایط موجود، تأمین ناوگان ریلی از کشور آلمان در اولویت است و نیاز به بازنگری در روند کنونی انتخاب تأمین کنندگان ناوگان ریلی وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: تصمیم گیری چند معیاره گروهی، تحلیل سلسله مراتبی فازی، ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان، ناوگان ریلی

۱. مقدمه

انتخاب تأمین کنندگان[1] ناوگان در حمل و نقل ریلی از جمله مسائل اساسی و راهبردی محسوب می شود. این موضوع در مورد کشورهایی که خود سازنده ناوگان ریلی نیستند و ناگزیرند ناوگان ریلی مورد نیاز خود را از کشورهای دیگر تأمین کنند، بسیار حائز اهمیت است. در این رابطه، خرید ناوگان بایستی بر اساس شاخصهای متعدد صورت گیرد تا با انتخاب جامع، ریسک در زنجیره تأمین[2] کاهش یابد. برای افزایش سطح دقت این انتخاب بهتر است فرآیند تصمیم گیری به صورت جمعی و با مشارکت سطوح و گروههای مختلف سازمان صورت گیرد [شیمچی لوی، ۲۰۰۳].

روشها و مدلهای موجود در زمینه انتخاب و ارزیابی تأمین کنندگان شامل دو گروه کلی هستند :

۱- مدل های مسطح[3]

۲- مدل های سلسله مراتبی[4]

در مدلهای مسطح، ساختار به صورت یک سطحی بوده و تعریف تمامی معیارها در یک سطح صورت می پذیرد، ولی در مدلهای نوع دوم، معیارها بر مبنای اهمیت و یا سایر ویژگیها در سطوح مختلفی تعریف می شوند. یکی از معروف ترین مدلها در این زمینه که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است، روش AHP فازی گروهی[5] است [ماسوله شرفی،۱۳۸۸].

در ادامه به مروری بر ادبیات موضوع در زمینه ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان پرداخته و روشها و معیارهای مورد استفاده در مقالات مورد بررسی قرار می گیرد. سپس روش تحلیل سلسله مراتبی فازی تشریح شده و روش فوق بر روی مساله تأمین ناوگان ریلی راه آهن ج.ا.ا پیاده سازی می شود. در پایان نیز به نتایج به دست آمده از این پژوهش اشاره خواهد شد.

۲. مروری بر ادبیات موضوع

در بخش ادبیات موضوع، ابتدا به مطالعات صورت گرفته در زمینه انتخاب تأمین کنندگان با استفاده از روش AHP فازی پرداخته و سپس به برخی معیارهای[6] مهم مورد استفاده در این زمینه اشاره خواهد شد. لازم به ذکر است که در رابطه با انتخاب تأمین کننده ناوگان ریلی تاکنون پژوهش و مقاله ای در ادبیات موضوع منتشر نشده است، هرچند مطالعات و مقالات بسیاری درمورد استفاده از رویکردهای چند معیاره در زمینه تأمین کنندگان صورت گرفته‌است.

کاهرامان از یک روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای انتخاب بهترین تأمین کننده در یک کارخانه تولید محصول Turkish white ، استفاده کرد. تصمیم گیرندگان می توانستند با استفاده از متغیرهای زبان شناختی فازی، ارجحیت و برتری را مطابق با اهمیت هر یک از معیارهای ارزیابی، تعیین کنند [کاهرامان و همکاران، ۲۰۰۳]. چان و کومار نیز از یک روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای انتخاب تأمین کننده، مشابه روش کاهرامان استفاده کردند. در این روش اعداد مورد استفاده اعداد مثلثی فازی بوده و از روش تحلیل توسعه ای برای تجزیه و تحلیل مقایسه های زوجی تصمیم گیرندگان و استخراج اوزان معیارها و گزینه هایی مختلف، استفاده شد [چان و کومار، ۲۰۰۷]. کتابی و حق شناس از روش AHP فازی برای انتخاب تأمین کننده شرکت ساینا استفاده کردند که در آن ۱۱ معیار و ۳ گزینه با استفاده از این روش، وزن دهی و اولویت بندی گردید [کتابی و حق شناس، ۱۳۸۷]. اوزجان کلینچی و سوزان اونال برای مسئله انتخاب تأمین کننده از روشی مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده کردند. این انتخاب بیشتر بر اصل رضایت مشتری حاکم بود. این مقاله معیارهای ارزیابی را در ۳ بخش کلی در نظر گرفته است که هر بخش زیرمعیار خاص خود را دارد. زیر معیارهای مربوط به خود تأمین کننده که ۷ معیار، زیرمعیارهای مربوط به عملکرد کالا که ۳ زیر معیار و زیر معیارهای مربوط به عملکرد خدمت رسانی که ٤ زیر معیار را شامل می شود. این مقاله این روش را روی ۳ تأمین کننده پیاده سازی کرده است [اوزجان کلینچی و سوزان اونال، ۲۰۱۱]. احدی و غضنفری راد نیز در تعیین مکان احداث شهرک صنعتی تخصصی ریلی، از روشی ترکیبی استفاده کردند [احدی و غضنفری، ۱۳۹۰]. کاظمی و ناصری برای انتخاب تأمین کننده مناسب از تلفیق روشهای

چندمعیاره فازی و انتگرال فازی بهره برده اند [کاظمی و ناصری، ۱۳۸۸].

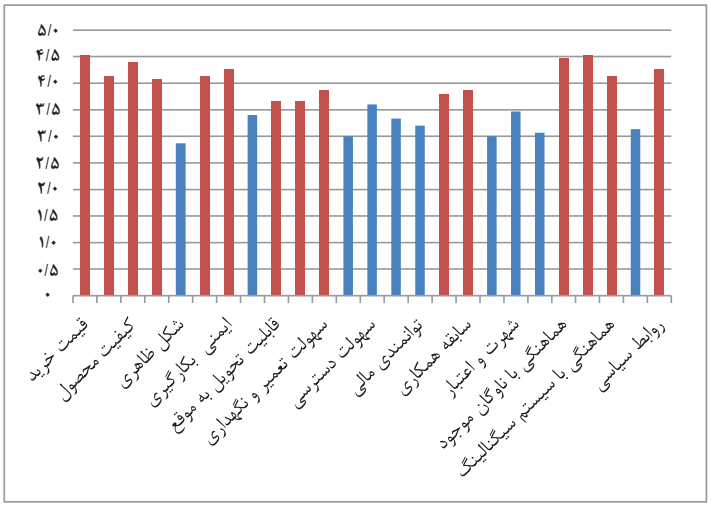
در رابطه با معیارهای مورد استفاده در انتخاب تأمین کنندگان در سالهای اخیر می توان به معیارهایی نظیر کیفیت، قابلیت تحویل کالا، قیمت/ هزینه، قابلیت تولید، خدمات، مدیریت، فنآوری، پژوهش و توسعه، سرمایه گذاری، انعطاف پذیری، شهرت و اعتبار، روابط، ریسک پذیری، امنیت و محیط زیست اشاره کرد که اکثر معیارها به عنوان زیر معیار برای این معیارهای اصلی محسوب می شوند [هو و همکاران، ۲۰۱۰].

۳. معرفی شاخصها و گزینه ها

تمامی مراحل این پژوهش بر مبنای نظرات کارشناسان و خبرگان صنعت ریلی در بخشهای معاونت ناوگان، مرکز تحقیقات و آموزش و اداره کل تدارکات راه آهن ج.ا. ایران، در تابستان ۱۳۹۱، پیاده سازی شده است. در این بخش، نخست با استفاده از مطالعه ادبیات موضوع، بالغ بر ۵۰ معیار مرتبط با انتخاب و ارزیابی تأمین کنندگان و قابل استفاده در حوزه ریلی، شناسایی شده است. لیست تهیه شده در کنار معیارهای معرفی شده از سوی کارشناسان حوزه ریلی از طریق مصاحبه های شفاهی تکمیل شده و در نهایت، ۲۵ معیار به عنوان مهم ترین معیارها انتخاب شده است. پس از استخراج ۲۵ معیار در زمینه انتخاب تأمین کننده ناوگان ریلی و تهیه پرسشنامه ارزیابی معیارها و تبدیل نظرات در مقیاس لیکرت (مقیاس پنج نقطه ای)، نهایتا ۱۵ معیار با امتیاز بالاتر از میانگین، انتخاب شده و به عنوان مبنای انجام پژوهش مدنظر قرار گرفتند که در جدول ۱ ارایه شده است، افزون بر این، حجم محاسبات برای تعداد معیارهای اصلی، بسیار زیاد و خارج از کنترل بوده است. در شکل ۱ نیز معیارهای استخراجی و نمرات کسب شده، ارایه شده است.

جدول ۱. معیارهای نهایی

قیمت خرید	ایمنی بکارگیری	سابقه همکاری
شرایط خرید	قابلیت تحویل به موقع	هماهنگی با ناوگان موجود
کیفیت محصول	خدمات پس از فروش	هماهنگی با خطوط موجود
قابلیت اعتماد	سهولت تعمیر و نگهداری	هماهنگی با سیستم سیگنالینگ
عمر مفید	توانمندی تولید	روابط سیاسی



شکل۱. معیارهای استخراجی و نمرات کسب شده

در انتخاب گزینه های مورد بررسی در پژوهش، ابتدا فهرستی از کشورهای سازنده ناوگان موجود در راه آهن ج.ا.ایران تهیه شده (جدول ۲) و سپس با توجه به نظرات کارشناسان در خصوص خریدهای ٤ دهه اخیر و شاخص رضایت از محصول، کشورهای زیر برای تأمین ناوگان به شرح جدول ۳ انتخاب شدند.

جدول۲. گزینه های اولیه تهیه ناوگان

اکراین	آلمان	آمریکا	چین	رمانی
ژاپن	سوئد	کره جنوبی	کانادا	فرانسه

جدول۳. گزینه های نهایی

آمریکا	آلمان	چین	کانادا	فرانسه

لازم به ذکر است که شرکتهای تولید کننده ناوگان ریلی در کشورهای صاحب فنآوری بازار انحصاری[۷] دارند، بنابراین، می‌توان به جای نام شرکت از نام کشور محل شرکت استفاده کرد.

٤. روش حل

برای انتخاب بهترین تأمین کننده ناوگان ریلی پس از تعیین محدوده مساله، گزینه های برگزیده جهت تأمین ناوگان ریلی مشخص می شوند. سپس گزینه های پیشنهادی در مقایسه با هریک از معیارها و همچنین ماتریس مقایسه های زوجی[۸] معیارها نسبت به یکدیگر توسط ۱۵ تصمیم گیرنده که از کارشناسان صنعت ریلی هستند، تعیین می شوند. ضمنا هر تصمیم گیرنده برای مقایسه های خود سطح اطمینانی[۹] به صورت اعداد ۰، ۰/۵ و ۱ در نظر می گیرد و با توجه به این بیانات برای هریک از آنها وزنی استخراج می شود. در ادامه هریک از مقادیر اعلام شده توسط تصمیم گیرنده با استفاده از ادبیات فازی[۱۰] به اعداد فازی مثلثی[۱۱] تبدیل می شود.

اعداد فازی به دست آمده برای جداول، توسط روش AHP فازی به اوزان نهایی معیارها و گزینه ها تبدیل می شود. در انتها با استفاده از میانگین هندسی موزون[۱۲]، اوزان برای تمامی تصمیم‌گیرندگان ترکیب شده و رتبه بندی نهایی به دست می‌آید.

٤-۱ روش AHP فازی گروهی

پس از معرفی روش AHP فازی توسط ساعتی در دهه ۱۹۷۰، مدلهای بسیاری در زمینه AHP فازی توسط پژوهشگران مختلف ارایه شده است. در این روشها از مفاهیم فازی و سلسله مراتبی به صورت ترکیبی استفاده شده است. با توجه به اینکه ارایه قضاوتها به صورت کلامی برای تصمیم گیرندگان آسان تر از ارایه یک پاسخ به طور قطعی است، بنابراین استفاده از مفاهیم فازی در تصمیم گیریها از اهمیت بسیاری برخوردار شده است. به همین دلیل پژوهشهای بسیاری در سالهای اخیر در این زمینه انجام گرفته‌است.

در سال ۱۹۸۳ دو پژوهشگر هلندی به نامهای "لاهورن و پدریک" روشی را برای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی پیشنهاد کردند که بر اساس روش حداقل مجذورات لگاریتمی[۱۳] بنا نهاده شده بود. میزان محاسبات و پیچیدگی مراحل این روش باعث شد مورد استقبال قرار نگیرد.

در سال ۱۹۹٦ روش دیگری تحت عنوان "روش تحلیل توسعه‌ای[۱٤]" توسط یک پژوهشگر چینی به نام "چانگ" ارایه شد. اعداد مورد استفاده در این روش، اعداد مثلثی فازی هستند [مومنی، ۱۳۸۵]. بنابراین به منظور ایجاد اعداد فازی و به علت تطابق بیشتر با مشخصات پرسشنامه و تدقیق نتایج، از اعداد موجود در جدول ٤ استفاده شده است.

در این روش هر یک از تصمیم گیرندگان مقایسه های زوجی خویش را با کاربرد عبارتهای زبانی ایجاد می کنند که این عبارات به صورت اعداد فازی مثلثی M=(l,m,u) تبدیل می‌گردد. عملگرهای ریاضی در زبان فازی به صورت زیر تعریف می شوند:

$$M_1 + M_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (۱)$$

$$M_1 \times M_2 = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2) \quad (۲)$$

$$M^{-1} = (\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1}) \quad (۳)$$

جدول ٤. اعدادفازی بکار رفته

عبارت زبانی	نسبت	عدد فازی
بینهایت بی اهمیت	۱ به ۹	(۰و۰و۰/۰۵)
بی اهمیت بین نسبتهای ۱ به ۸ و ۱ به ۹	۱ به ۸	(۰و۰/۰۵و۰/۱)
بسیار بسیار بی اهمیت	۱ به ۷	(۰/۰۵و۰/۱و۰/۱۵)
بی اهمیت بین نسبتهای ۱ به ۵ و ۱ به ۷	۱ به ٦	(۰/۱۲۵و۰/۱۷۵و۰/۲۲۵)
بسیار بی اهمیت	۱ به ۵	(۰/۲و۰/۲۵و۰/۳)
بی اهمیت بین نسبت های ۱ به ۳ و ۱ به ۵	۱ به ٤	(۰/۲۷۵و۰/۳۲۵و۰/۳۷۵)
نسبتا بی اهمیت	۱ به ۳	(۰/۳۵و۰/٤و۰/٤۵)
بی اهمیت بین نسبت های ۱ و ۱ به ۳	۱ به ۲	(۰/٤و۰/٤۵و۰/۵)
اهمیت یکسان	۱	(۰/٤۵و۰/۵و۰/۵۵)
اهمیت بین ۱ و ۳	۲	(۰/۵و۰/۵۵و۰/٦)
اهمیت نسبی	۳	(۰/۵۵و۰/٦و۰/٦۵)
اهمیت بین ۳ و ۵	٤	(۰/٦۲۵و۰/٦۷۵و۰/۷۲۵)
خیلی مهم	۵	(۰/۷و۰/۷۵و۰/۸)
اهمیت بین ۵ و ۷	٦	(۰/۷۷۵و۰/۸۲۵و۰/۸۷۵)
اهمیت حیاتی	۷	(۰/۸۵و۰/۹و۰/۹۵)
اهمیت بین ۷ و ۹	۸	(۰/۹و۰/۹۵و۱)
بی نهایت مهم	۹	(۰/۹۵و۱و۱)

گام اول: تعیین اوزان معیارها و گزینه ها نسبت به معیارها

برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه های زوجی، مقدار S_k، که خود عدد فازی مثلثی است، به صورت زیر محاسبه می شود [اصغرپور، ۱۳۸۷].

$$S_k = \sum_{j=1}^{n} M_{kl} \times \left[\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} M_{ij} \right]^{-1} \qquad (٤)$$

که k بیانگر شماره سطر، i وj به ترتیب نشان دهنده گزینه ها و شاخصها هستند. در روش مذکور، پس از محاسبه S_k ها، درجه بزرگی آنها نسبت به هم باید به دست آید. به طور کلی اگر M_1 و M_2 دو عدد فازی مثلثی باشند، درجه بزرگی M_1 بر M_2، که با $V(M_1 \geq M_2)$ نشان داده می شود، به صورت زیر تعریف می‌گردد :

$$\begin{cases} V(M_1 \geq M_2) = 1 & if: \quad m_1 \geq m_2 \\ V(M_1 \geq M_2) = hgt(M_1 \cap M_2) & Otherwise \end{cases} \qquad (٥)$$

همچنین داریم :

$$Hgt(M_1 \cap M_2) = \frac{u_1 - l_2}{(u_1 - l_2) + (m_2 - m_1)} \qquad (٦)$$

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از k عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه زیر به دست می آید :

$$V(M_1 \geq M_2, \ldots, M_k) = Min\left[V(M_1 \geq M_2), \ldots, V(M_1 \geq M_k)\right] \qquad (٧)$$

در روش تحلیل توسعه ای برای محاسبه وزن شاخصها در ماتریس مقایسه های زوجی به صورت زیر عمل می شود :

$$W'(x_i) = Min\{V(S_i \geq S_k)\}, \quad k = 1,2,\ldots,n, \; k \neq i \qquad (٨)$$

بنابراین، بردار وزن شاخص ها به صورت زیر خواهد بود، که همان بردار ضرایب ناهنجار AHP فازی است [مومنی، ۱۳۸۵].

$$W' = \left[W'(c_1), W'(c_2), \ldots W'(c_n)\right]^T \quad (۹)$$

گام دوم: تعیین وزنهای تصمیم گیرندگان

همان طور که بیان شد، به هر مقایسه زوجی یک سطح اطمینان توسط تصمیم گیرنده اختصاص داده می شود. سپس تمامی سطوح اطمینان ارایه شده توسط یک تصمیم گیرنده، برای به‌دست آوردن یک سطح اطمینان کلی ترکیب می شوند و به عنوان وزن تصمیم گیرنده در نظر گرفته می شود [اصغرپور، ۱۳۸۷].

اگر W^k نشان دهنده وزن تصمیم گیرنده kام باشد، با طی گامهای زیر می توان آن را تعیین کرد . ابتدا هر سطح اطمینان زبانی به مقدار عددی تبدیل می شود. اگر a_{xyk} سطح اطمینان عددی تصمیم گیرنده kام برای مقایسه زوجی معیار x نسبت به معیار y باشد آنگاه:

$$\begin{cases} 1 & High\ Conidence \\ 0.5 & Average\ Confidence \\ 0 & Low\ Confidence \end{cases} \quad (۱۰)$$

سپس a_{xyk} در ماتریسهای مجزا $A_{ck}=a_{xyk}$ مشابه گروه بندی مقایسه های زوجی تحلیل سلسله مراتبی گروه بندی می شود. در مرحله بعد بیشینه مقدار ویژه ماتریس A_{ck} که با λ_{ck} نمایش داده می شود محاسبه می گردد. سپس مقدار W^k به وسیله ترکیب λ_{ck} ها به دست می آید. همچنین برای محاسبه مقدار ویژه می توان از روابط زیر استفاده کرد:

(۱۱)

$$|A-\lambda I| = 0 \Rightarrow \begin{vmatrix} a_{11}-\lambda & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22}-\lambda & \ldots & a_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{n1} & a_{n2} & \ldots & a_{nn}-\lambda \end{vmatrix}$$

$$b_n\lambda^n + b_{n-1}\lambda^{n-1} + \ldots + b_0 = 0 \Rightarrow \begin{cases} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_v \end{cases} \quad (۱۲)$$

$$\lambda_{ck} = Max\left\{\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n\right\} \quad (۱۳)$$

با توجه به اینکه λ_{ck}ها بر اساس اندازه ماتریس A_{ck} متغیرند، برای قرار گرفتن λ_{ck}ها در فاصله [۱و۰]، از رابطه زیر استفاده می شود:

(۱٤)

$$\lambda'_{ck} = \frac{\lambda_{ck} - \lambda_{ck}^{\min}}{\lambda_{ck}^{\max} - \lambda_{ck}^{\min}} ; \lambda_{ck}^{\max} = size\ of\ A_{ck}, \lambda_{ck}^{\min} = 1$$

حال λ'_{ck} طبق رابطه زیر نرمال می شود:

$$\lambda''_{ck} = \frac{\lambda'_{ck}}{\sum_{j=1}^{r}\lambda'_{ck}} \quad (۱۵)$$

بنابراین با ترکیب تمامی λ'_{ck} ها مقادیر W^k محاسبه می شود.

گام سوم: تلفیق گامهای اول و دوم برای به دست آوردن اوزان نهایی:

با استفاده از (W'') a_{mk} های به دست آمده در گام اول و Wهای به دست آمده در گام دوم برای هر یک از ماتریسهای زوجی ارایه شده توسط تصمیم گیرندگان، اوزان نهایی با استفاده از رابطه میانگین هندسی موزون به صورت زیر تعیین می شود [مومنی، ۱۳۸۵]:

$$a_m = \prod_{k=1}^{r}(a_{mk})^{W'} \quad (۱٦)$$

گام چهارم : رتبه بندی گزینه ها

در این مرحله با بکارگیری تکنیک تحلیل سلسله مراتبی و حاصلضرب ماتریسهای اوزان شاخصها و اوزان گزینه ها نسبت به شاخصها، رتبه بندی نهایی گزینه ها حاصل می شود.

٤-۲ انتخاب تأمین کننده ناوگان ریلی

با استفاده از نظرات ۱۵ نفر از کارشناسان و خبرگان صنعت حمل و نقل ریلی، ماتریسهای تصمیم برای هر گزینه در برابر هر شاخص و ماتریسهای مقایسه های زوجی بین شاخصها تشکیل شده است. سپس با استفاده از روابط موجود در روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، اوزان برای هر تصمیم گیرنده تعیین شده است. پس از آن با بکارگیری روش میانگین هندسی موزون، اوزان نهایی معیارها و اوزان نهایی گزینه ها نسبت به معیارها به ترتیب مطابق با جداول ۵و٦ به دست آمده است. در پایان اوزان نهایی گزینه ها محاسبه و نتیجه نهایی در جدول ۷ مشخص شده است.

جدول۵. اوزان نهایی معیارها

معیارها	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}
وزن	۰/۰۵۳۳۳	۰/۰۵۵٤٦	۰/۰٦۸۷/۱۷	۰/۰۵۷۰۷۹	۰/۰٦۰۰۳۹	۰/۰۷۵۰۵۱	۰/۰٥٦۹۸۸	۰/۰٦۳۷۷۲	۰/۰٦۷۳۵۲	۰/۰۵۸٤۸٦	۰/۰۷۹۵۸٤	۰/۸۳٤۲۲	۰/۰۷٦۲۷۵	۰/۰۵۷٦۰٤

جدول٦. اوزان نهایی گزینه ها نسبت به معیارها

وزن گزینه‌ها نسبت به معیارها	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}
A۱	۰/۲۰۵٦٥	۰/۱۷۳۱۱	۰/۲٦٥۲٤	۰/۲۳۵۸٤	۰/۲۷۱۰۳	۰/۲٦۲٤۷	۰/۱۵۵۰۵	۰/۱٦۹۰٦	۰/۲۱٦۷۵	۰/۲۳۹۱۲	۰/۲۵۳٦۱	۰/۲۲۵۸۹	۰/۲۰۳۹٦	۰/۱۰۳۲۷
A۲	۰/۲۰۹۳۹	۰/۱۷۱۹۲	۰/۲۲٦٤٦	۰/۲۱۵۷۵	۰/۲۱۹۱٦	۰/۲۳٦۵۹	۰/۲۱۱٦٤	۰/۲۱۰۰۳	۰/۲۲۳۳۰	۰/۲۰۹٦۰	۰/۲۰۳۳۱	۰/۲۰٦٥٤	۰/۲٥٤۱٦	۰/۱۷۲۹٤
A۳	۰/۱۳٦۳۱	۰/۱۸۵۳۲	۰/۰۷۲۷۹	۰/۰۹۱۳۳	۰/۰۸۹۸۳	۰/۰٦۹۷۲	۰/۱۷۲۹۲	۰/۱٤۰۷۰	۰/۱۱۱۰۷	۰/۱۵۸۸۳	۰/۱۱۲۱۱	۰/۱۳۲۲۳	۰/۱۳۵۷۸	۰/۰۹۸۵۱	۰/۲۸۸۸۳
A٤	۰/۱۹۱۰۹	۰/۱۹۳۰٤	۰/۲۲۰۲۷	۰/۲۱۵۲۹	۰/۲۱٦۸٦	۰/۲۲۳٤٤	۰/۱۹٤۵۲	۰/۲۰٦۲۷	۰/۲۱۱۷٤	۰/۱٦٦۲۹۱	۰/۲۰۷۰۸	۰/۱۹٦۳۵	۰/۲۰۵۳٤	۰/۱٦۷۲۵	۰/۱۹٤۲۷
A۵	۰/۱۹٦۹۸	۰/۱۷۲٦٤	۰/۱۸٤۹۷	۰/۱۹۲۸۹	۰/۱۸۲٤۷	۰/۱۸۳۰٦	۰/۱٤۱٤۵	۰/۱۷۷۵٦	۰/۱٦٦۳۰	۰/۱٦٦۱٦	۰/۱۹٦۲۸	۰/۱٦۱۰۳	۰/۱۵۸۲۸	۰/۱۳۲٦۵	۰/۱۸۳۲۷

جدول۷. اوزان نهایی گزینه ها

گزینه	وزن نهایی
آلمان	۰/۲۳۰٦٦
آمریکا	۰/۲۲۸۰۳
کانادا	۰/۲۱٦۳۲
فرانسه	۰/۱۸۵۰۳
چین	۰/۱۳۹۹٦

با توجه به نتیجه به دست آمده کشور آلمان با اختلاف ناچیز نسبت کشور آمریکا به عنوان بهترین تأمین کننده ناوگان ریلی راه آهن ج.ا.ا انتخاب می شود.

۵. نتیجه گیری

با توجه به اهمیت استراتژیکی بسیار زیاد و نقش تأمین ناوگان در فعالیتهای بهره برداری ریلی و همچنین هزینه های بسیار زیاد این اقلام، ریسک تأمین این نوع کالاها در زنجیره تأمین ریلی باید به حداقل برسد و این امر تنها زمانی میسر می شود که انتخاب تأمین کنندگان ناوگان با توجه به معیارهای متعدد و جامع صورت گیرد. توجه نکردن به این مهم منجر به بروز مشکلات بسیاری در دوره بهره برداری، برای کاربران، راه آهن و شرکتهای ریلی خواهد شد. بنابراین در این مقاله سعی شده است با استفاده از روش AHP فازی گروهی، رویکردی جامع در راستای انتخاب بهترین تأمین کننده ناوگان ریلی ارایه شود. مبنای محاسبات

صورت گرفته، نظرات کارشناسان و خبرگان صنعت ریلی کشور در خصوص انتخاب معیارها و گزینه های مناسب و مقایسه های زوجی مربوطه بوده است. در ادامه با استفاده از نتایج حاصل از فاز جمع آوری اطلاعات، اولویت بندی تأمین کنندگان ناوگان ریلی از بین گزینه های غالب، طی چهار گام حاصل شده است. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، تأمین ناوگان ریلی از کشور آلمان در اولویت بوده و کشورهای آمریکا و کانادا در رتبه های بعدی قرار می گیرند. بنابراین به نظر می رسد که جهت گیریهای اخیر در تأمین ناوگان ریلی نیازمند اصلاح است.

٦. پی نوشتها

1- Supply Chain
2- Suppliers Selection
3- Flat Model
4- Hierarchical Model
5- Group Fuzzy Analytic Hierarchy Process
6- Criteria
7- Monopoly Market
8- Pair Comparison
9- Confidence Level
10- Fuzzy Logic
11- Triangle Numbers
12- Weighted Geometric Mean
13- Logarithmic Squares
14- Extended Analysis
15- Public Tender
16- Inquiry

۷. مراجع

– احدی، حمیدرضا و غضنفری راد، فروغ (۱۳۹۰) "ارایه یک مدل ترکیبی از روشهای تصمیم گیری چند معیاره فازی برای تعیین مکان احداث شهرک صنعتی تخصصی ریلی"، مجله پژوهش در عملیات و کاربردهای آن، سال هشتم، شماره ٤، ص ۱-۱۱.

– اصغرپور، محمدجواد (۱۳۸۷) "تصمیم گیریهای چند معیاره"، چاپ پنجم،تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

– کاظمی، نیما و ناصری، سید هادی (۱۳۸۸) "انتخاب تأمین کننده مناسب با استفاده از تلفیق تکنیکهای تصمیم گیری چند معیاره فازی و انتگرال فازی"، دومین کنفرانس بین المللی تحقیق در عملیات، بابلسر، ایران.

– کتابی، سعیده و حق شناس، آرش(۱۳۸۷) "انتخاب چند معیاره تأمین کنندگان با استفاده ازAHP فازی"، نشریه مدیریت صنعتی، شماره ۱۲، ص.۷۳-۹٦.

– ماسوله شرفی، آرش(۱۳۸۸) "انتخاب و ارزیابی تأمین کنندگان با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره"، ماهنامه مهندسی خودرو و صنایع وابسته، سال اول، شماره ٦، ص ۵-۱۰.

– مومنی، منصور(۱۳۸۵) "مباحث نوین پژوهش در عملیات"، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

-Chan, F.T.S. and Koumar, N. (2007) "Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach", OMEGA-International Journal of Management Science, 35(4), pp. 417-431.

-Ho,W., Xu, Xh. and Dey, P. D. (2010) "Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review", European Journal of Operational Research, 202, pp.16-24.

-Kahraman, C., Cebeci, U. and Ulukan, Z. (2003) "Multi-criteria supplier Selection using fuzzy AHP", Logistic Information Management,16(6), pp.382-394.

-Kilincci,O. and Onal, S.A. (2011) "Fuzzy AHP approach for supplier selection in a washing machine company", Expert Systems with Applications,38, pp.9656-9664.

- Simchi-Levi, S., Kaminsky, P. and Simchi-Levi, E. (2007) "Designing and managing the supply chain concepts, strategies and case studies". New York, Mc Graw Hill.