

طراحی یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه و دیمتال فازی جهت ارزیابی عملکرد استان‌ها در حوزه حمل و نقل جاده‌ای ایران

فرهاد صالحیان، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تهران، تهران، ایران

جعفر رزمی (مسئول مکاتبات)، استاد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تهران، تهران، ایران

فریبرز جولای، استاد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تهران، تهران، ایران

E-mail: farhad.salehian@ut.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۰۵ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۲۲

چکیده

بهبود مستمر عملکرد سازمان‌ها در گرو ارزیابی مستمر و هدفمند آن‌ها است. یکی از حوزه‌های بسیار حیاتی و حایز اهمیت در جهان، حوزه حمل و نقل است که این حوزه به سه بخش حمل و نقل ریلی، جاده‌ای و هوایی تقسیم‌بندی می‌گردد. کشور ایران با دارا بودن آمار سالیانه جابجایی حدود ۶۰۰ میلیون تن کالا، ۹۰۰ میلیون نفر مسافر، ۱۰ میلیون تن ترانزیت کالا، بیش از ۹۰ درصد جابجایی مسافر و کالا را به تنهایی انجام می‌دهد. در بخش حمل و نقل جاده‌ای تعداد ۴۲۳۰۰۰ دستگاه کامیون برای جابجایی کالا مورد استفاده قرار می‌گیرند که این میزان کامیون توسط ۴۶۴۰۰۰ نفر راننده هدایت می‌شود. همچنین تا کنون (سال ۱۳۹۴) تعداد ۴۲۹۹ شرکت / مؤسسه فعال در زمینه حمل و نقل بار در سطح جاده‌ای مشغول به فعالیت هستند. بهبود عملکرد شرکت‌های فعال در این حوزه در نحوه‌ی ارائه خدمات، در گرو ارزیابی عملکرد آن‌ها و شناسایی نقاط ضعف و قوتشان می‌باشد تا با تقویت نقاط ضعف و تحکیم نقاط قوت، عملکرد خود را بهبود دهند. برای ارائه‌ی یک رویکرد ارزیابی عملکرد کارا، باید معیارهای ارزیابی مناسب و مدل ارزیابی کارا و اثربخش انتخاب گردد. از این‌رو، در این مقاله یک رویکرد جدید ترکیبی مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه و دیمتال فازی جهت اندازه‌گیری کارایی استان‌های ایران در حوزه‌ی حمل و نقل کالا در ناوگان جاده‌ای ارائه شده است. از روش فرآیند تحلیل شبکه جهت وزن‌دهی به معیارها استفاده می‌شود و به منظور محاسبه ماتریس وابستگی درونی بین معیارها از روش دیمتال فازی بهره گرفته خواهد شد. سپس با استفاده از داده‌های در دسترس به ازای هر استان کارایی استان‌ها با استفاده از رویکرد پیشنهادی تعیین می‌گردد. نتایج حاصل از پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی در سازمان حمل و نقل جاده‌ای ایران مبین کارایی و اثربخشی رویکرد پیشنهادی است و مورد تأیید خبرگان سازمان قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی عملکرد، فرآیند تحلیل شبکه، دیمتال، تئوری فازی.

۱. مقدمه

حمل و نقل یکی از نیازهای اساسی بشر است. سرعت تحولات جهانی و پیشرفت مداوم جوامع، تنوع محصولات و خدمات در جهان، رقابتی شدن فعالیت‌های اقتصادی، تقسیم کار و تولید کالاها و خدمات براساس مزیت‌های نسبی مناطق و غیره، موجب اهمیت روزافزون حمل و نقل برای جابجایی سریع کالا و انسان شده است. از سوی دیگر حمل و نقل یکی از پیش‌نیازهای اصلی توسعه است و رشد اقتصادی کشورهای توسعه‌یافته مرهون توسعه سیستم حمل و نقل و ارتباطات آن‌هاست. برخورداری از یک سیستم سنجش و ارزیابی عملکرد راهبردی و قوی، عاملی جهت توسعه‌ی هر چه بیشتر این صنعت است. تنوع اقلیمی، گستردگی شبکه جاده‌ای، پوشش محدود حمل و نقل ریلی و هوایی، فقدان راه‌های آبی قابل کشتیرانی در داخل کشور و اقتصادی بودن از جمله اهمیت‌های حمل و نقل جاده‌ای در ایران است به طوری که بیش از ۹۰ درصد جابجایی کالا و مسافر در این کشور از طریق حمل و نقل جاده‌ای صورت می‌گیرد. در شبکه حمل و نقل جاده‌ای ایران سالانه بیش از ۴۰۰ میلیون تن کالا توسط ۲۷ میلیون سفر با استفاده از کامیون‌های حامل کالا صورت می‌گیرد؛ که این میزان توسط ۴۲۹۹ شرکت یا مؤسسه فعال باری در سطح کشور انجام می‌پذیرد که تمامی این عوامل حاکی از اهمیت حمل و نقل جاده‌ای است (<http://www.rmto.ir>). از این رو در این مقاله، یک رویکرد راهبردی جهت ارزیابی عملکرد ناوگان حمل و نقل کالا در حوزه‌ی جاده‌ای ارائه می‌گردد تا عملکرد استان‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گیرد.

پژوهش‌های اندکی پیرامون کاربرد تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در ارزیابی عملکرد بخش حمل و نقل جاده‌ای وجود دارد. گموس، با استفاده از یک مدل ترکیبی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس به ارزیابی شرکت‌های حمل و نقل حامل ضایعات خطرناک پرداخته‌اند [Gomus, 2009]. آن‌ها از

معیارهای ایمنی، کیفیت خدمات، توجه به استانداردها و زمان خدمت‌دهی به ارزیابی و رتبه‌بندی ۵ شرکت در حوزه‌ی حمل ضایعات خطرناک استفاده کردند. یه و همکاران، یک رویکرد تحلیلی چندمعیاره تحت شرایط عدم قطعیت جهت سنجش عملکرد شرکت‌های اتوبوس‌رانی شهری بکار بردند. آن‌ها با استفاده از روش تاپسیس فازی و معیارهایی مانند راحتی، تسهیلات ایمنی، مسئولیت اجتماعی به رتبه‌بندی ۱۰ شرکت فعال در حوزه‌ی اتوبوس‌رانی شهری پرداختند [Yeh et al. 2000].

لی، موریسوگی و کینت به ترتیب مدل‌هایی مبتنی بر تحلیل سود-هزینه جهت ارزیابی پروژه‌های حمل و نقل در کشورهای آمریکا، ژاپن و فرانسه ارائه کردند [Lee, 2000, Morisugi, 2000, and Quinet, 2000].

ژاک و کروزینسکی یک رویکرد مبتنی بر تحلیل سلسله مراتبی و الکترونیک برای ارزیابی پروژه‌های حمل و نقل شهری ارائه کردند. آن‌ها رویکرد مورد نظر را برای ۱۸ پروژه بکار گرفتند و نتایج حاصل از آن نشان‌دهنده کارایی و اثربخش بودن رویکرد پیشنهادی‌شان بود [Żak and Kruszyński, 2015].

در مقاله‌ای که توسط حق‌شناس و همکاران ارائه شده، به ارزیابی پروژه‌های حمل و نقل شهری با در نظر گرفتن سیاست‌های توسعه پایدار پرداخته شده است. آن‌ها از رویکرد پویایی سیستم برای این منظور بهره گرفتند و با استفاده از داده‌های چهار دهه به ارزیابی پروژه‌های حمل و نقل شهری از دیدگاه توسعه پایدار در شهر اصفهان پرداختند [Haghshenas et al. 2015].

شن و همکاران یک رویکرد کاربردی جهت ارزیابی کارایی پروژه‌های زیرساختی مترو در کشور چین ارائه کردند. آن‌ها از معیارهای جمعیت، فاصله از مترو، مسافران سالانه مترو، قیمت بلیط و تولید ناخالص داخلی جهت ارزیابی کارایی ۱۷ شهر در کشور چین استفاده کردند [Shen et al. 2015].

طراحی یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه و دیمتل فازی ...

در ادامه تعریف مسأله و ارایه رویکرد پیشنهادی در بخش دوم آورده شده است. بخش سوم به مطالعه موردی تخصیص می‌یابد. در نهایت در بخش آخر نتیجه‌گیری بیان می‌گردد.

۲. تعریف مسأله و ارایه رویکرد پیشنهادی

بهبود مستمر عملکرد سازمان‌ها، نیروی عظیم هم‌افزایی ایجاد می‌کند که این نیروها می‌توانند پشتیبان برنامه رشد و توسعه و ایجاد فرصت‌های تعالی سازمانی شود. دولت‌ها و سازمان‌ها و مؤسسات تلاش جلو برنده‌ای را در این مورد اعمال می‌کنند. بدون بررسی و کسب آگاهی از میزان پیشرفت و دستیابی به اهداف و بدون شناسایی چالش‌های پیش‌روی سازمان و کسب بازخور و اطلاع از میزان اجرای سیاست‌های تدوین شده و شناسایی مواردی که به بهبود جدی نیاز دارند، بهبود مستمر عملکرد میسر نخواهد شد. هر چه را که نتوانیم اندازه‌گیری کنیم نمی‌توانیم کنترل کنیم و هر چه را که نتوانیم کنترل کنیم مدیریت آن امکان پذیر نخواهد بود. موضوع اصلی در تمام تجزیه و تحلیل‌های سازمانی، عملکرد است و بهبود آن مستلزم اندازه‌گیری است و از این رو سازمانی بدون سیستم ارزیابی عملکرد قابل تصور نیست. یکی از حوزه‌های بسیار حیاتی و حایز اهمیت در جهان، حوزه حمل و نقل است که بی‌شک، این حوزه نیز همانند سایر حوزه‌ها برای دستیابی به بهبود مستمر، نیازمند ارزیابی است. این حوزه به سه بخش حمل و نقل ریلی، جاده‌ای و هوایی تقسیم‌بندی می‌گردد. حمل و نقل جاده‌ای در ایران به دلایلی چون تنوع اقلیمی، گستردگی شبکه جاده‌ای، پوشش محدود حمل و نقل ریلی و هوایی، فقدان راه‌های آبی قابل کشتیرانی در داخل کشور، انعطاف‌پذیری، اقتصادی بودن و امکان استفاده از جاذبه‌های طبیعی و گردشگری اهمیت زیادی دارد. به گونه‌ای که بیش از ۹۰ درصد جابجایی کالا و مسافر کشور با استفاده از حمل و نقل جاده‌ای صورت می‌گیرد.

باران و زاک یک رویکرد مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی جهت ارزیابی عملکرد حمل و نقل برای شرکت‌های تجارت کشاورزی ارایه کردند. آن‌ها جهت ارزیابی از معیارهای هزینه حمل و نقل، تحویل به موقع، جدید بودن ناوگان، قابلیت اطمینان، کیفیت حمل و نقل، ایمنی، دوستی با محیط زیست و بهره‌برداری از ناوگان استفاده کردند [Baran et al. 2015].

در مقاله‌ی مروری که توسط ماچاریس و برناردینی انجام شده است، انواع مقالات در حوزه پروژه‌های حمل و نقل مورد بررسی قرار گرفته است و روش‌های مورد استفاده توسط آن‌ها بیان شده است که از این میان روش‌های مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی / فرآیند تحلیل شبکه با ۳۳٪ بیش از سایر روش‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند [Macharis and Bernardini, 2015]. با بررسی ادبیات موضوع مشخص گردید که تا کنون مقالات بسیاری در زمینه‌ی ارزیابی عملکرد در حوزه‌های مختلف توسعه داده شده است که نوآوری آن‌ها یا در ارایه رویکرد جدید بوده، یا مربوط به حوزه‌ی مورد مطالعه است و یا هر دو. همچنین با بررسی ادبیات مشخص گردید که بنا بر دانش نویسنده تا کنون در هیچ مقاله‌ای به ارزیابی عملکرد در حوزه‌ی حمل و نقل جاده‌ای پرداخته نشده است. از این رو، در این مقاله یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه و دیمتل فازی برای ارزیابی عملکرد استان‌ها در حوزه‌ی حمل و نقل جاده‌ای ارایه شده است. به دلیل این‌که بین معیارها وابستگی درونی وجود دارد از روش فرآیند تحلیل شبکه برای وزندهی استفاده شده است و جهت محاسبه ماتریس وابستگی درونی از روش دیمتل بهره گرفته شده است. همچنین از تئوری فازی برای وارد کردن ابهام و عدم قطعیت در رویکرد پیشنهادی استفاده می‌شود. در نهایت کارآیی و امتیاز هر استان با استفاده از داده‌های سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای در سال ۱۳۹۴ اندازه‌گیری شده است.

فرهاد صالحیان، جعفر رزمی، فریبرز جولای

بنابراین، ارایه یک رویکرد مناسب و کاربردی برای ارزیابی عملکرد در این حوزه بسیار حایز اهمیت است. از این رو در این مقاله یک رویکردی ترکیبی مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه و دیمتل فازی جهت وزن‌دهی به معیارها و اندازه‌گیری عملکرد هر استان در حوزه‌ی جابجایی کالا در حمل و نقل جاده‌ای کشور ارایه شده است. به دلیل این‌که بین معیارها و زیرمعیارها ساختار سلسله مراتبی وجود دارد و میزان عملکرد معیارها به یکدیگر وابسته است از فرآیند تحلیل شبکه برای وزن‌دهی استفاده شده است که ماتریس وابستگی درونی از روش دیمتل فازی محاسبه می‌گردد. روند رویکرد پیشنهادی به صورت گام‌هایی در ادامه آورده شده است:

گام اول: شناسایی معیارهای ارزیابی

در این گام به انتخاب معیارهای مؤثر در ارزیابی پرداخته شده است. برای این منظور از ادبیات موضوع و نظر خبرگان بهره گرفته شده است. ابتدا با بررسی ادبیات موضوع، معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در حوزه‌ی مورد مطالعه و حوزه‌های مشابه تعیین می‌گردد و این معیارها در اختیار خبرگان قرار می‌گیرد تا با توجه به تجربه‌ی آنها لیست صحیحی از معیارها و زیرمعیارها تهیه گردد.

گام دوم: وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارها

برای تعیین وزن معیارها با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه، نیاز به تشکیل سوپرماتریس است و ابعاد این سوپرماتریس با افزایش تعداد معیارها و زیرمعیارها، افزایش می‌یابد. رزمی^{۱۳} و همکاران از

همین فرآیند برای ارزیابی عملکرد تامین کنندگان استفاده کردند [Razmi et al. 2009]. در تحقیق دیگر رزمی و همکاران از این روش برای ارزیابی آمادگی سازمان برای اجرای ERP استفاده نمودند [Razmi et al. 2009]. نتایج استفاده از این روش در دو مطالعه موردی واقعی بالا نشان از کارایی این روش در تصمیم‌گیری چند متغیره را به اثبات می‌رساند. در کنار مزیت‌های فراوان تکنیک فرآیند تحلیل شبکه، پیچیدگی تشکیل سوپرماتریس از معایب این روش به شمار می‌رود. برای حل این مشکل، یک روش ترکیبی ارایه می‌شود که در آن فرآیند تحلیل شبکه از ترکیب دو روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و دیمتل حاصل می‌گردد. برای این منظور در این گام از دو مرحله تشکیل شده است که در ادامه آورده شده است:

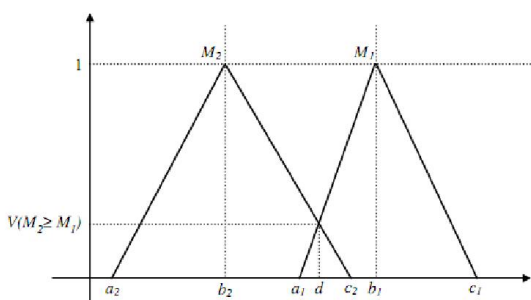
گام دوم- مرحله اول: در این مرحله با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، وزن هر یک از معیارها و زیرمعیارهایشان را تعیین می‌نماییم. برای این منظور پرسشنامه مقایسات زوجی در اختیار خبرگان قرار می‌گیرد و از آنها خواسته می‌شود تا با استفاده از جدول (۱) بین فاکتورها مقایسه زوجی نمایند. در نهایت با استفاده از ماتریس مقایسات زوجی و روش بزبورا و بسکس، وزن معیارها و زیرمعیارها را تعیین می‌نماییم. در ادامه روش بزبورا و بسکس آورده شده است [Bozburu and Beskese, 2007]:

جدول ۱. مقیاس‌های زبانی برای تعیین اهمیت در مقایسات زوجی

| مقیاس معکوس فازی مثلثی | مقیاس فازی مثلثی | مقیاس زبانی اهمیت |
|------------------------|-------------------|-------------------|
| (۱ و ۱) | (۱ و ۱) | دقیقاً مساوی |
| (۲ و ۳) | (۱/۲ و ۳/۲) | اندکی مهم‌تر |
| (۱/۲ و ۳/۲) | (۱ و ۳/۲) | مهم‌تر |
| (۲/۵ و ۱/۲ و ۲/۳) | (۳/۲ و ۲ و ۵/۲) | زیاد مهم‌تر |
| (۱/۳ و ۲/۵ و ۱/۲) | (۲ و ۵/۲ و ۳) | بسیار زیاد مهم‌تر |
| (۲/۷ و ۱/۳ و ۲/۵) | (۵/۲ و ۳ و ۷/۲) | مطلقاً مهم‌تر |

طراحی یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه و دیمتل فازی ...

که در آن d بیشترین ارتفاع موجود بین μ_{M_2} و μ_{M_1} است. شکل (۱) نشان دهنده‌ی این مفهوم است. در مرحله بعدی درجه‌ی امکان را برای اعداد فازی محدب به صورت زیر تعریف می‌کنیم (رابطه ۷):



شکل ۱. نقاط بین M2 و M1

در مرحله بعدی درجه‌ی امکان را برای اعداد فازی محدب به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \& (M \geq M_2) \& \dots \& (M \geq M_k)] = \min(M \geq M_i) \quad (7)$$

$$i = 1, 2, \dots, k$$

بنابراین فرض می‌کنیم که

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad (8)$$

سپس بردار وزن را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (9)$$

سپس بردار وزن بدست آورده را نرمال می‌کنیم:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (10)$$

به این ترتیب می‌توانیم وزن محلی هر یک از زیر معیارها را به دست آوریم.

گام دوم - مرحله دوم: در این گام با استفاده از دیمتل فازی میزان تأثیر معیارها بر روی یکدیگر را محاسبه می‌نماییم و ماتریس وابستگی درونی حاصل از آن را در وزن محلی معیارهای گام قبل اعمال می‌کنیم. در ادامه روند دیمتل فازی پیشنهادی آورده شده است:

فرض کنید $M_{g_i}^j$ نشان دهنده‌ی اعداد فازی مثلثی واقع شده در سطر i ام و ستون j ام ماتریس مقایسات زوجی باشد و داریم:

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = (\sum_{j=1}^m a_{ij}, \sum_{j=1}^m b_{ij}, \sum_{j=1}^m c_{ij}), i = 1, 2, 3, \dots, r \quad (1)$$

که در آن a, b و c به ترتیب نشان دهنده‌ی حدپایین، وسط و بالای اعداد فازی مثلثی هستند. میزان حد ترکیبی فازی را با S_i نمایش داده و به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (2)$$

که برای بدست آوردن $\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}$ به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right] = \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}, \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}, \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} \right) \quad (3)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}} \right) \quad (4)$$

سپس باید درجه‌ی امکان را تعیین کنیم. برای مثال درجه امکان $M_2 \geq M_1$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{Sup}[\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))], y \geq x \quad (5)$$

این درجه امکان از طریق رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & \\ 0 & \\ \frac{a_1 - c_2}{(b_2 - c_2) - (b_1 - a_1)} & \end{cases} \quad (6)$$

$$\text{if } b_2 \geq b_1$$

$$\text{if } a_1 \geq c_2$$

$$\text{Otherwise}$$

فرهاد صالحیان، جعفر رزمی، فریبرز جولای

$$\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \quad \text{and} \quad s = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_j u_{ij}} \quad (11)$$

then $\tilde{X} = s \times \tilde{A}$.

۴. در این گام ماتریس ارتباط کل فازی را به دست می‌آوریم. همانند ماتریس ارتباط مستقیم نرمال شده (\tilde{X})، ماتریس ارتباط کل فازی (\tilde{T})، را با استفاده از فرمولی که در ادامه آورده شده است به دست می‌آوریم. I نشان دهنده ماتریس همانی هست. بنابراین ماتریس \tilde{X}_{ij} به سه ماتریس دی‌فازی تبدیل می‌گردد که ماتریس اول از درایه‌های حد پایین، ماتریس دوم از درایه‌های حد وسط و ماتریس سوم از درایه‌های حد بالایی اعداد فازی مثلثی حاصل می‌شود.

۱. در ابتدا از خبرگان سازمان می‌خواهیم تا با استفاده از تجربه خود، تأثیر فاکتورها بر روی یکدیگر را به صورت شماتیک نمایش دهند.

۲. بر اساس تأثیرهای نشان داده شده توسط خبرگان، می‌بایست ماتریس ارتباط مستقیم فازی را به دست آوریم. برای این منظور، جدول مقایسات زوجی و مقیاس‌های زبانی جدول (۲) در اختیار خبرگان قرار می‌گیرد و از آن‌ها خواسته می‌شود تا میزان تأثیر هر یک از فاکتورها را بر روی یکدیگر بررسی نمایند.

۳. در این گام به نرمالسازی ماتریس حاصل از مرحله قبل می‌پردازیم. برای این منظور از رابطه‌ای که در ادامه آمده است استفاده می‌نماییم.

جدول ۲. مقیاس تعیین تأثیر معیارها

| مقیاس زبانی | عدد فازی مثلثی معادل |
|--------------------|----------------------|
| بی تأثیر | (۰/۱ و ۰/۰ و ۰/۱) |
| تأثیر خیلی کم | (۰/۳ و ۰/۲ و ۰/۱) |
| تأثیر کم | (۰/۴ و ۰/۳ و ۰/۲) |
| تأثیر کم - متوسط | (۰/۵ و ۰/۴ و ۰/۳) |
| تأثیر متوسط | (۰/۶ و ۰/۵ و ۰/۴) |
| تأثیر زیاد - متوسط | (۰/۷ و ۰/۶ و ۰/۵) |
| تأثیر زیاد | (۰/۸ و ۰/۷ و ۰/۶) |
| تأثیر خیلی زیاد | (۰/۹ و ۰/۸ و ۰/۷) |
| مطلقاً تأثیر گذار | (۰/۹ و ۰/۸ و ۰/۱) |

طراحی یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه و دیمتل فازی ...

$$\text{Normalized Defuzzy}(t_{ij}) = \frac{\text{Defuzzy}(t_{ij})}{\sum_j \text{Defuzzy}(t_{ij})} \quad (14)$$

به این ترتیب ماتریس وابستگی درونی فاکتورها به دست می‌آید. حال ماتریس وابستگی درونی بین معیارها را در وزن معیارها اعمال می‌کنیم و در نهایت برای تعیین وزن نهایی زیرمعیارها، باید وزن محلی معیارها را در وزن محلی زیرمعیارها اعمال نماییم. گام سوم: در این گام داده‌های هر استان به ازای هر زیرمعیار از سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای کشور ایران استخراج می‌گردد و این معیارها بی‌بعد می‌گردد. برای بی‌بعد کردن اگر معیار مطلوب باشد به ازای هر زیرمعیار تمامی مقادیر بر بیشینه مقدار زیرمعیار تقسیم می‌گردد و اگر زیرمعیار نامطلوب باشد کمینه مقدار زیرمعیار بر تمامی مقادیر تقسیم می‌شود. در نهایت امتیاز نهایی هر زیرمعیار از مجموع حاصل ضرب وزن زیرمعیارها در داده‌های نرمال شده به دست می‌آید. مراحل رویکرد پیشنهادی در شکل (۲) آورده شده است.

۳. مطالعه موردی

حمل و نقل جاده‌ای در ایران به دلایلی چون تنوع اقلیمی، گستردگی شبکه جاده‌ای، پوشش محدود حمل و نقل ریلی و هوایی، فقدان راه‌های آبی قابل کشتیرانی در داخل کشور، انعطاف‌پذیری، اقتصادی بودن و امکان استفاده از جاذبه‌های طبیعی و گردشگری، اهمیت زیادی دارد. به گونه‌ای که بیش از ۹۰ درصد جابجایی کالا و مسافر کشور با استفاده از حمل و نقل جاده‌ای صورت می‌گیرد. بهبود عملکرد این شرکت‌ها در نحوه‌ی ارائه خدمات، در گرو ارزیابی عملکرد و سنجش کارایی آن‌ها می‌باشد تا با تقویت نقاط ضعف و تحکیم نقاط قوت، عملکرد خود را بهبود دهند. برای ارزیابی یک رویکرد سنجش کارایی، باید معیارهای ارزیابی مناسب و مدل ارزیابی کارا و اثربخش انتخاب گردد.

$$X_1 = \begin{bmatrix} 0 & l_{12} & \dots & l_{1n} \\ l_{21} & 0 & \dots & l_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{n1} & l_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix},$$

$$X_2 = \begin{bmatrix} 0 & m_{12} & \dots & m_{1n} \\ m_{21} & 0 & \dots & m_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{n1} & m_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix},$$

$$X_3 = \begin{bmatrix} 0 & u_{12} & \dots & u_{1n} \\ u_{21} & 0 & \dots & u_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{n1} & u_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

با توجه به موارد ذکر شده، ما ماتریس فازی ارتباط کل را به صورت زیر تعریف می‌نماییم.

$$\tilde{T} = \tilde{X}(I - \tilde{X})^{-1}$$

$$\tilde{T} = \begin{bmatrix} \tilde{t}_{11} & \tilde{t}_{12} & \dots & \tilde{t}_{1n} \\ \tilde{t}_{21} & \tilde{t}_{22} & \dots & \tilde{t}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{n1} & \tilde{t}_{n2} & \dots & \tilde{t}_{nn} \end{bmatrix}, \quad (12)$$

where $\tilde{t}_{ij} = (l'_{ij}, m'_{ij}, u'_{ij})$ then

$$\text{Matrix}[l'_{ij}] = X_l(I - X_l)^{-1}$$

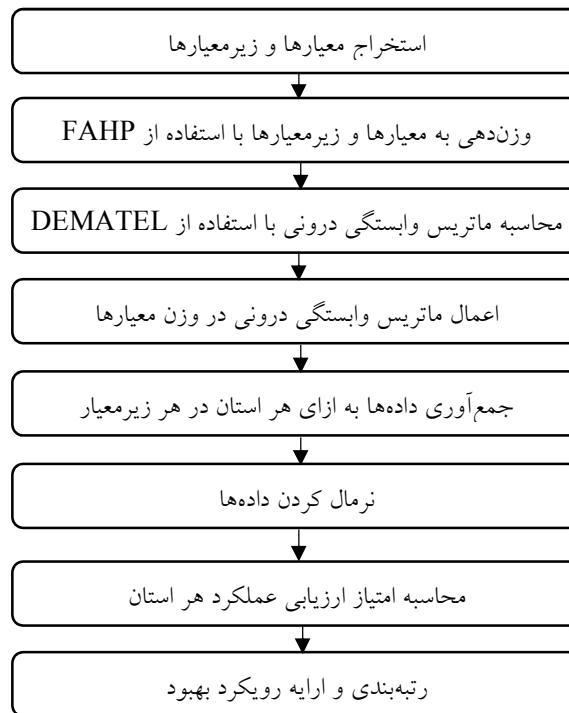
$$\text{Matrix}[m'_{ij}] = X_m(I - X_m)^{-1}$$

$$\text{Matrix}[u'_{ij}] = X_u(I - X_u)^{-1}$$

۵. در این گام ماتریس وابستگی درونی محاسبه می‌گردد. برای این منظور ماتریس ارتباط کل فازی را دی‌فازی کرده و نرمال می‌نماییم. برای دی‌فازی و نرمال کرن از فرمول‌های زیر استفاده می‌نماییم.

$$\text{Defuzzy}(t_{ij}) = \frac{t_{ij}^a + 4t_{ij}^b + t_{ij}^c}{6} \quad (13)$$

فرهاد صالحیان، جعفر رزمی، فریبرز جولای



شکل ۲. مراحل رویکرد پیشنهادی

- برای این منظور یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه و دیمتل فازی ارائه گردید. در این بخش جهت سنجش کارایی و اعتبارسنجی رویکرد ارائه شده، آن را در سازمان حمل و نقل جاده‌ای ایران برای انتقال کالا پیاده‌سازی کردیم و از دانش ۵ خبره -معاون حمل و نقل جاده‌ای، مدیر کل درآمدهای حمل و نقل جاده‌ای، مدیر کل دفتر حمل و نقل کالا، مدیر کل دفتر ایمنی و ترافیک و مدیر کل دفتر حقوقی و تدوین مقررات- جهت تکمیل پرسشنامه‌ها و استخراج معیارها استفاده شده است که نتایج حاصل از آن به صورت گام‌هایی در ادامه آورده شده است:
- گام اول:** در این گام معیارهای ارزیابی عملکرد ناوگان حمل و نقل جاده‌ای در حوزه‌ی کالا جهت رتبه‌بندی استان‌ها تعیین می‌گردد. این معیارها به سه دسته‌ی عملکردی، تجهیزات (امکانات) و منابع انسانی دسته‌بندی می‌گردد. در ادامه زیرمعیارهای مربوط به هر معیار آورده شده است.
- **عملکردی**
 - تعداد سفرهای درون استانی بر حسب کامیون حامل کالا (OC1)
 - تعداد سفرهای برون استانی بر حسب کامیون حامل کالا (OC2)
 - متوسط مسافت طی شده در هر سفر بر حسب استان مبدأ (OC3)
 - میزان کالای جابجا شده در استان (OC4)
 - میزان کالای وارد شده به استان (OC5)
 - میانگین کرایه هر تن- کیلومتر کالای حمل شده بر حسب استان مبدأ (OC6)
 - میزان کالای خارج شده از استان (OC7)
 - تعداد کامیون‌های حامل کالای وارد شده به استان (OC8)

طراحی یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه و دیمتل فازی ...

معیارها از روش دیمتل فازی محاسبه گردیده و در وزن محلی معیارها اعمال می‌گردد. روند پیاده‌سازی این مراحل با استفاده از دانش خبرگان سازمان حمل و نقل جاده‌ای کشور در ادامه آورده شده است:

گام دوم - مرحله اول: در این پرسشنامه مقایسات زوجی در اختیار خبرگان قرار می‌گیرد و از آن‌ها خواسته می‌شود تا با استفاده از الفاظ زبانی جدول (۱)، بین فاکتورهای ارزیابی مقایسه زوجی نمایند. در ادامه در جداول (۳) تا (۵) ماتریس مقایسات زوجی برای معیارها و زیرمعیارهایشان آورده شده است.

• تجهیزات (امکانات)

- تعداد وسایل نقلیه عمومی باری (EC1)
- تعداد شرکت‌ها و مؤسسات باری فعال در حوزه حمل و نقل (EC2)

• منابع انسانی

- تعداد رانندگان وسایل نقلیه باری (HC1)
- گام دوم:** این گام از دو مرحله تشکیل شده است. در مرحله اول وزن محلی معیارها توسط روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی تعیین می‌گردد و در مرحله دوم ماتریس وابستگی درونی بین

جدول ۳. ماتریس مقایسات زوجی بین معیارها

| | عملکردی | تجهیزات | منابع انسانی |
|--------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| عملکردی | (۱/۱) | (۱/۳ و ۲/۲) | (۲ و ۵/۲ و ۳) |
| تجهیزات | (۱/۲ و ۳/۱) | (۱/۱) | (۳/۲ و ۵/۲ و ۲) |
| منابع انسانی | (۱/۳ و ۲/۵ و ۱/۲) | (۲/۵ و ۱/۲ و ۲/۳) | (۱/۱) |

جدول ۴. ماتریس مقایسات زوجی بین زیرمعیارهای معیار عملکردی

| | OC1 | OC2 | OC3 | OC4 | OC5 | OC6 | OC7 | OC8 |
|-----|-------------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| OC1 | (۱/۱) | (۲/۵ و ۱/۲ و ۲/۳) | (۱/۳ و ۲/۲) | (۲/۵ و ۱/۲ و ۲/۳) | (۱/۳ و ۲/۲) | (۲/۵ و ۱/۲ و ۲/۳) | (۲/۵ و ۱/۲ و ۲/۳) | (۳/۲ و ۵/۲ و ۲) |
| OC2 | (۳/۲ و ۵/۲ و ۲) | (۱/۱) | (۳/۲ و ۵/۲) | (۱/۲ و ۳/۱) | (۳/۲ و ۵/۲) | (۱/۲ و ۳/۱) | (۱/۲ و ۳/۱) | (۲ و ۵/۲ و ۳) |
| OC3 | (۱/۲ و ۳/۱) | (۲/۵ و ۱/۲ و ۲/۳) | (۱/۱) | (۱/۳ و ۲/۵ و ۱/۲) | (۱/۳ و ۲/۲) | (۱/۳ و ۲/۵ و ۱/۲) | (۱/۳ و ۲/۵ و ۱/۲) | (۱/۳ و ۲/۲) |
| OC4 | (۳/۲ و ۵/۲ و ۲) | (۱/۳ و ۲/۲) | (۲ و ۵/۲ و ۳) | (۱/۱) | (۲ و ۵/۲ و ۳) | (۲/۳ و ۱/۲) | (۱/۲ و ۳/۱ و ۲) | (۲ و ۵/۲ و ۳) |
| OC5 | (۱/۲ و ۳/۱) | (۲/۵ و ۱/۲ و ۲/۳) | (۱/۲ و ۳/۱) | (۱/۳ و ۲/۵ و ۱/۲) | (۱/۱) | (۱/۳ و ۲/۵ و ۱/۲) | (۱/۳ و ۲/۵ و ۱/۲) | (۱/۲ و ۳/۱ و ۲) |
| OC6 | (۳/۲ و ۵/۲ و ۲) | (۱/۳ و ۲/۲) | (۲ و ۵/۲ و ۳) | (۱/۲ و ۳/۱ و ۲) | (۲ و ۵/۲ و ۳) | (۱/۱) | (۱/۳ و ۲/۲) | (۳/۲ و ۵/۲ و ۲) |
| OC7 | (۳/۲ و ۵/۲ و ۲) | (۱/۳ و ۲/۲) | (۲ و ۵/۲ و ۳) | (۲/۳ و ۱/۲) | (۲ و ۵/۲ و ۳) | (۱/۲ و ۳/۱) | (۱/۱) | (۲ و ۵/۲ و ۳) |
| OC8 | (۲/۵ و ۱/۲ و ۲/۳) | (۱/۳ و ۲/۵ و ۱/۲) | (۱/۲ و ۳/۱) | (۱/۳ و ۲/۵ و ۱/۲) | (۲/۳ و ۱/۲) | (۲/۵ و ۱/۲ و ۲/۳) | (۱/۳ و ۲/۵ و ۱/۲) | (۱/۱) |

جدول ۵. ماتریس مقایسات زوجی بین زیرمعیارهای معیار تجهیزات

| | EC1 | EC2 |
|-----|-------------|-------------|
| EC1 | (۱/۱) | (۲/۳ و ۱/۲) |
| EC2 | (۱/۲ و ۳/۱) | (۱/۱) |

فرهاد صالحیان، جعفر رزمی، فریبرز جولای

جدول ۶. وزن محلی معیارها و زیرمعیارها

| وزن محلی زیر معیار | زیرمعیار | معیار (وزن محلی معیار) | |
|--------------------|--|------------------------|--------------------------|
| ۰/۰۹۵ | تعداد سفرهای درون استانی بر حسب کامیون حامل کالا | عملکردی (۰/۴۹۳) | |
| ۰/۱۶۲ | تعداد سفرهای برون استانی بر حسب کامیون حامل کالا | | |
| ۰/۰۸۳ | متوسط مسافت طی شده در هر سفر بر حسب استان مبدأ | | |
| ۰/۱۸۱ | میزان کالای جابجا شده در استان | | |
| ۰/۰۴۴ | میزان کالای وارد شده به استان | | |
| ۰/۲۱۱ | میانگین کرایه هر تن- کیلومتر کالای حمل شده بر حسب استان مبدأ | | |
| ۰/۱۸۸ | میزان کالای خارج شده از استان | | |
| ۰/۰۳۶ | تعداد کامیون‌های حامل کالای وارد شده به استان | | |
| ۰/۵ | تعداد وسایل نقلیه عمومی باری | | تجهیزات/ امکانات (۰/۳۸۱) |
| ۰/۵ | تعداد شرکت‌ها و مؤسسات باری فعال در حوزه حمل و نقل | | |
| ۱ | تعداد رانندگان وسایل نقلیه باری | منابع انسانی (۰/۱۲۶) | |

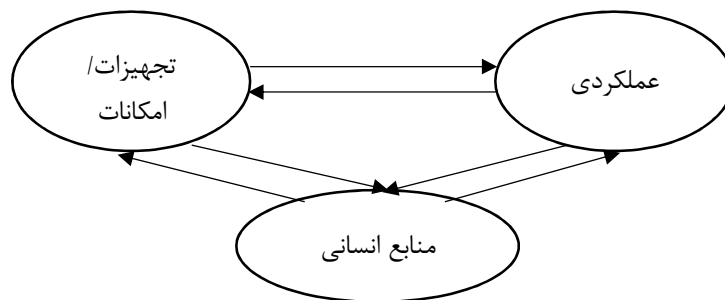
۲. در این گام با استفاده از جدول (۲) تأثیر معیارها بر روی یکدیگر با استفاده از نظر خبرگان به دست می‌آید. در جدول (۷) جدول تأثیر معیارها بر روی یکدیگر آورده شده است.

۳. در این گام به نرمال‌سازی ماتریس حاصل از مرحله قبل می‌پردازیم. برای این منظور از رابطه‌ی زیر استفاده می‌نماییم. در جدول (۸) ماتریس نرمال شده‌ی فازی را به دست می‌آوریم.

حال با استفاده از روش بزبورا و بسکس (۲۰۰۷) وزن محلی معیارها و زیرمعیارها را تعیین می‌نماییم. نتایج حاصل از این محاسبات در جدول (۶) آورده شده است.

گام دوم - مرحله دوم: در این مرحله ماتریس وابستگی درونی بین معیارها محاسبه می‌گردد. این روند در ادامه آورده شده است.

۱. در ابتدا تأثیر معیارها بر روی یکدیگر با استفاده از تجربه‌ی خبرگان به صورت شماتیک رسم شد.



شکل ۱. تأثیر معیارها بر روی یکدیگر

طراحی یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه و دیمتل فازی ...

جدول ۷. ماتریس تأثیر معیارها بر روی یکدیگر

| معیارها | عملکردی | تجهیزات | منابع انسانی |
|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| عملکردی | * | (۰,۶ و ۰,۷ و ۰,۸) | (۰,۱ و ۰,۲ و ۰,۳) |
| تجهیزات | (۰,۱ و ۰,۲ و ۰,۳) | * | (۰,۳ و ۰,۴ و ۰,۵) |
| منابع انسانی | (۰,۱ و ۰,۲ و ۰,۳) | (۰,۱ و ۰,۲ و ۰,۳) | * |

جدول ۸. ماتریس نرمال شده تأثیر معیارها بر روی یکدیگر

| معیارها | عملکردی | تجهیزات | منابع انسانی |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| عملکردی | * | (۰,۵۴۵ و ۰,۶۳۶ و ۰,۷۲۷) | (۰,۰۹۱ و ۰,۱۸۱ و ۰,۲۷۳) |
| تجهیزات | (۰,۰۹۱ و ۰,۱۸۱ و ۰,۲۷۳) | * | (۰,۲۷۳ و ۰,۳۶۳ و ۰,۴۵۴) |
| منابع انسانی | (۰,۰۹۱ و ۰,۱۸۱ و ۰,۲۷۳) | (۰,۰۹۱ و ۰,۱۸۱ و ۰,۲۷۳) | * |

۴. در این گام ماتریس ارتباط کل فازی را به دست می آوریم. برای این منظور به سه ماتریس زیر تبدیل می شود.

$$T_1 = X_1(I - X_1)^{-1} \quad T_1 = \begin{bmatrix} 0.0799 & 0.6127 & 0.2655 \\ 0.1283 & 0.0983 & 0.3115 \\ 0.1099 & 0.1557 & 0.0525 \end{bmatrix}$$

$$T_2 = X_2(I - X_2)^{-1} \quad T_2 = \begin{bmatrix} 0.2648 & 0.9053 & 0.5576 \\ 0.3340 & 0.3094 & 0.5358 \\ 0.2894 & 0.4009 & 0.1979 \end{bmatrix}$$

$$T_3 = X_3(I - X_3)^{-1} \quad T_3 = \begin{bmatrix} 0.7784 & 1.6271 & 1.2242 \\ 0.8058 & 0.8787 & 1.0729 \\ 0.7055 & 0.9571 & 0.6271 \end{bmatrix}$$

$$\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \quad \text{and} \quad s = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_j u_{ij}}, \quad (15)$$

then $\tilde{X} = s \times \tilde{A}$.

۵. در این گام ماتریس ارتباط کل فازی را به دست می آوریم. برای این منظور به سه ماتریس زیر تبدیل می شود.

۶. در نهایت ماتریس وابستگی درونی از دی فازی کردن ماتریس های به دست آمده مرحله قبل به دست می آید. به عنوان نمونه برای درایه اول این ماتریس محاسبات انجام شده است.

$$Defuzzy(t_{ij}) = \frac{t_{ij}^a + 4t_{ij}^b + t_{ij}^c}{6} = \frac{t_{1,1}^a + 4t_{1,1}^b + t_{1,1}^c}{6} = \frac{0.0799 + 4 \times 0.2648 + 0.7784}{6} = 0.3195$$

ماتریس وابستگی درونی به شکل زیر خواهد بود:

$$X_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.545 & 0.091 \\ 0.091 & 0 & 0.273 \\ 0.091 & 0.091 & 0 \end{bmatrix}$$

$$X_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0.636 & 0.181 \\ 0.181 & 0 & 0.363 \\ 0.181 & 0.181 & 0 \end{bmatrix}$$

$$X_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0.727 & 0.273 \\ 0.273 & 0 & 0.454 \\ 0.273 & 0.273 & 0 \end{bmatrix}$$

فرهاد صالحیان، جعفر رزمی، فریبرز جولای

اکنون برای به دست آوردن وزن نهایی زیرمعیارها، باید وزن محلی معیارها با در نظر گرفتن وابستگی درونی‌اشان را در وزن محلی زیرمعیارهایشان اعمال نماییم. نتایج حاصل از این محاسبات در جدول (۹) نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول ۹ مشاهده می‌گردد، تعداد رانندگان وسایل نقلیه باری با وزن ۰/۲۵۳۸ دارای بالاترین امتیاز و تعداد کامیون‌های حامل کالای وارد شده به استان با وزن ۰/۱۳۱۲۲ دارای پایین‌ترین امتیاز است.

گام سوم: در این گام داده‌های مربوط به هر استان به ازای هر زیرمعیار استخراج می‌گردد^{۱۷}. سپس معیارهای استخراج شده نرمال می‌گردند و امتیاز نهایی هر استان از مجموع حاصل ضرب وزن زیرمعیارها در داده‌های نرمال شده محاسبه می‌شود. در جداول (۱۰) و (۱۱) به ترتیب داده‌های مستخرج از سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای و داده‌های نرمال شده آورده شده است.

$$Defuzzy(t_{ij}) = \begin{bmatrix} 0.3195 & 0.9768 & 0.62 \\ 0.3783 & 0.3691 & 0.5879 \\ 0.3288 & 0.4527 & 0.2452 \end{bmatrix}$$

$$Normalized\ defuzzy(t_{ij}) = \begin{bmatrix} 0.3112 & 0.5431 & 0.4267 \\ 0.3685 & 0.2052 & 0.4046 \\ 0.3203 & 0.2517 & 0.1687 \end{bmatrix}$$

حال ماتریس وابستگی درونی به دست آمده را در وزن محلی معیارها اعمال می‌نماییم. روند پیاده‌سازی آن در ادامه آورده شده است:

$$\begin{bmatrix} 0.3112 & 0.5431 & 0.4267 \\ 0.3685 & 0.2052 & 0.4046 \\ 0.3203 & 0.2517 & 0.1687 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.493 \\ 0.126 \\ 0.381 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3845 \\ 0.3617 \\ 0.2538 \end{bmatrix}$$

پس از اعمال ماتریس وابستگی درونی در وزن معیارها، وزن معیار عملکردی و منابع انسانی به طور قابل توجهی کاهش و وزن معیار تجهیزات/ امکانات افزایش یافت که این امر حاکی از وابستگی معیارها به یکدیگر است.

جدول ۹. وزن محلی معیارها و زیرمعیارها

| وزن نهایی زیرمعیارها | وزن محلی زیر معیار | زیرمعیار | معیار (وزن محلی معیار) |
|-------------------------|-----------------------|--|------------------------|
| ۰/۰۳۶۵۲۷۵ | ۰/۰۹۵ | تعداد سفرهای درون استانی بر حسب کامیون حامل کالا | عملکردی (۰/۳۸۴۵) |
| ۰/۰۵۹۰۴۹ | ۰/۱۶۲ | تعداد سفرهای برون استانی بر حسب کامیون حامل کالا | |
| ۰/۰۳۰۲۵۳۵ | ۰/۰۸۳ | متوسط مسافت طی شده در هر سفر بر حسب استان مبدأ | |
| ۰/۰۶۵۹۷۴۵ | ۰/۱۸۱ | میزان کالای جایجا شده در استان | |
| ۰/۰۱۶۰۳۸ | ۰/۰۴۴ | میزان کالای وارد شده به استان | |
| ۰/۰۷۶۹۰۹۵ | ۰/۲۱۱ | میانگین کرایه هر تن- کیلومتر کالای حمل شده بر حسب استان مبدأ | |
| ۰/۰۶۸۵۲۶ | ۰/۱۸۸ | میزان کالای خارج شده از استان | |
| ۰/۰۱۳۱۲۲ | ۰/۰۳۶ | تعداد کامیون‌های حامل کالای وارد شده به استان | |
| ۰/۱۸۰۸۵ | ۰/۵ | تعداد وسایل نقلیه عمومی باری | |
| ۰/۱۸۰۸۵ | ۰/۵ | تعداد شرکت‌ها و مؤسسات باری فعال در حوزه حمل و نقل | |
| ۰/۲۵۳۸ | ۱ | تعداد رانندگان وسایل نقلیه باری | منابع انسانی (۰/۲۵۳۸) |

طراحی یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه و دیمتل فازی ...

جدول ۱۰. داده‌های زیرمعیارها به ازای هر استان

| استان‌ها | تعداد کامیون حامل کالا (هزار سفر) | تعداد سفرهای درون استانی بر حسب کامیون حامل کالا (هزار سفر) | تعداد استان مبدأ (کیلومتر) | متوسط مسافت طی شده در هر سفر بر حسب استان مبدأ (کیلومتر) | میزان کالای جابجا شده در استان (هزار تن) | میزان کالای وارد شده به استان (هزار تن) | میزان کالای خارج شده از استان (هزار تن) | تعداد کامیون‌های حامل کالای وارد شده به استان (هزار سفر) | تعداد وسایل نقلیه عمومی باری | تعداد شرکت‌ها و مؤسسات باری فعال در حوزه حمل و نقل | تعداد رانندگان وسایل نقلیه باری |
|----------------------|-----------------------------------|---|----------------------------|--|--|---|---|--|------------------------------|--|---------------------------------|
| آذربایجان شرقی | ۴۱۱ | ۷۹۳ | ۴۶۱ | ۵۲۳۸ | ۹۶۷۳ | ۹۴۳ | ۹۴۰۸ | ۷۲۶ | ۲۴۵۶۳ | ۲۶۵ | ۲۹۴۸۷ |
| آذربایجان غربی | ۳۳۸ | ۳۹۰ | ۴۴۱ | ۴۳۶۰ | ۵۲۷۲ | ۸۸۵ | ۴۸۵۹ | ۴۳۷ | ۱۵۴۶۲ | ۱۳۵ | ۲۳۸۰۲ |
| اردبیل | ۹۰ | ۱۹۴ | ۴۱۰ | ۱۲۱۵ | ۲۱۲۹ | ۱۰۴۱ | ۲۲۹۳ | ۱۸۹ | ۷۵۶۰ | ۷۷ | ۱۱۳۶۸ |
| اصفهان | ۶۵۴ | ۱۸۹۹ | ۴۷۶ | ۱۱۳۶۹ | ۲۰۸۴۶ | ۷۹۱ | ۲۹۸۱۷ | ۱۴۶۰ | ۳۶۲۶۶ | ۴۴۹ | ۴۸۹۳۵ |
| البرز | ۱۳۸ | ۴۳۹ | ۲۹۱ | ۱۷۸۴ | ۷۸۱۸ | ۱۲۸۶ | ۴۳۷۴ | ۵۸۹ | ۱۳۴۹۰ | ۶۸ | ۸۸۲۰ |
| ایلام | ۷۹ | ۹۵ | ۳۱۱ | ۱۱۴۸ | ۳۱۳۰ | ۸۵۶ | ۱۵۸۶ | ۲۱۷ | ۲۵۳۴ | ۴۳ | ۴۳۶۲ |
| بوشهر | ۹۲ | ۳۳۴ | ۶۹۱ | ۱۶۰۴ | ۴۷۷۲ | ۹۹۳ | ۴۷۴۰ | ۴۰۱ | ۲۹۹۴ | ۱۲۰ | ۴۳۶۹ |
| تهران | ۴۰۱ | ۲۵۶۵ | ۵۳۲ | ۵۶۱۸ | ۳۷۸۶۵ | ۱۱۲۹ | ۲۲۷۸۱ | ۳۰۸۱ | ۳۱۸۷۴ | ۳۶۹ | ۱۶۱۸۰ |
| چهارمحال و بختیاری | ۶۷ | ۱۸۸ | ۳۷۱ | ۶۳۹ | ۲۰۶۶ | ۸۵۰ | ۲۴۶۳ | ۱۶۴ | ۷۵۵۱ | ۴۷ | ۱۴۶۰۳ |
| خراسان جنوبی | ۹۵ | ۱۶۹ | ۴۷۴ | ۱۰۹۰ | ۳۴۲۴ | ۶۷۶ | ۲۶۵۱ | ۲۲۲ | ۳۳۱۶ | ۵۵ | ۸۲۵۴ |
| خراسان رضوی | ۸۶۶ | ۱۰۰۲ | ۵۷۶ | ۱۰۴۲۹ | ۱۲۵۷۵ | ۶۷۰ | ۱۴۱۱۸ | ۹۵۳ | ۲۸۸۸۲ | ۲۶۹ | ۳۹۳۲۱ |
| خراسان شمالی | ۷۰ | ۱۶۰ | ۴۰۷ | ۷۷۲ | ۱۸۸۲ | ۷۳۷ | ۲۵۳۲ | ۱۵۵ | ۳۲۸۹ | ۲۴ | ۶۹۴۴ |
| خوزستان | ۴۸۱ | ۱۵۵۲ | ۶۷۸ | ۸۲۵۳ | ۲۲۸۷۴ | ۸۲۹ | ۲۸۲۴۹ | ۱۳۵۰ | ۱۳۱۳۸ | ۲۸۹ | ۱۸۴۰۱ |
| زنجان | ۱۳۳ | ۲۳۹ | ۳۲۰ | ۱۷۷۷ | ۳۰۱۱ | ۹۵۴ | ۳۵۰۵ | ۲۲۸ | ۴۹۸۳ | ۶۶ | ۶۶۳۸ |
| سمنان | ۹۰ | ۴۷۷ | ۴۳۵ | ۱۱۷۰ | ۳۱۴۳ | ۶۴۹ | ۷۵۶۱ | ۲۱۶ | ۳۱۲۶ | ۷۱ | ۴۷۵۸ |
| سیستان و بلوچستان | ۲۸۹ | ۱۱۰ | ۵۱۴ | ۴۴۱۶ | ۵۸۸۸ | ۷۷۹ | ۱۵۵۹ | ۳۶۱ | ۴۹۰۱ | ۱۱۵ | ۸۱۳۹ |
| فارس | ۷۸۵ | ۱۲۲۷ | ۴۶۴ | ۹۰۵۴ | ۱۱۶۳۳ | ۸۰۹ | ۱۴۹۳۱ | ۸۹۱ | ۳۶۶۱۴ | ۲۱۸ | ۵۴۰۹۹ |
| قزوین | ۵۴ | ۵۰۹ | ۳۴۹ | ۶۶۵ | ۷۲۹۹ | ۱۱۱۰ | ۶۵۰۷ | ۴۸۹ | ۹۲۶۹ | ۷۶ | ۱۲۰۸۴ |
| قم | ۲۸ | ۳۹۱ | ۴۷۵ | ۳۹۷ | ۵۱۱۸ | ۶۳۷ | ۴۲۵۵ | ۳۸۷ | ۳۵۸۹ | ۳۹ | ۵۰۹۰ |
| کردستان | ۱۲۱ | ۲۳۴ | ۳۷۹ | ۱۵۹۴ | ۳۶۵۹ | ۶۲۳ | ۳۴۶۰ | ۳۰۴ | ۵۴۰۷ | ۶۷ | ۱۰۴۵۰ |
| کرمان | ۲۰۶ | ۷۴۹ | ۶۲۵ | ۳۵۹۴ | ۷۶۶۶ | ۸۳۶ | ۱۳۵۲۴ | ۵۵۳ | ۱۲۸۲۱ | ۲۵۰ | ۱۶۵۲۸ |
| کرمانشاه | ۲۴۹ | ۲۴۹ | ۳۰۹ | ۳۸۲۱ | ۹۰۲۹ | ۱۰۷۱ | ۳۶۷۵ | ۶۰۶ | ۱۲۹۴۸ | ۶۵ | ۱۷۳۶۸ |
| کهگیلویه و بویر احمد | ۱۴ | ۲۹ | ۳۰۹ | ۱۵۷ | ۱۴۱۵ | ۱۴۴۱ | ۳۴۲ | ۱۱۷ | ۹۵۴ | ۱۶ | ۱۸۲۹ |
| گلستان | ۱۱۵ | ۳۴۱ | ۳۹۴ | ۱۳۶۶ | ۴۳۵۳ | ۹۵۰ | ۳۹۸۴ | ۳۲۴ | ۷۵۷۴ | ۶۷ | ۱۱۳۶۱ |
| گیلان | ۱۶۹ | ۴۱۱ | ۳۵۳ | ۲۶۹۳ | ۶۴۶۷ | ۱۱۲۸ | ۵۲۰۱ | ۵۲۵ | ۴۸۳۴ | ۱۳۶ | ۸۲۸۳ |
| لرستان | ۹۷ | ۲۸۰ | ۳۵۹ | ۱۴۴۶ | ۲۷۷۸ | ۷۵۴ | ۳۲۸۴ | ۲۴۹ | ۹۳۷۱ | ۸۶ | ۱۵۳۰۱ |
| مازندران | ۴۴۲ | ۵۷۹ | ۳۴۰ | ۶۱۳۰ | ۱۱۱۹۷ | ۱۲۶۷ | ۶۸۸۴ | ۸۷۴ | ۱۱۴۲۰ | ۱۱۶ | ۱۶۳۴۳ |
| مرکزی | ۱۰۱ | ۹۶۵ | ۳۹۱ | ۱۵۵۷ | ۶۹۶۵ | ۸۵۱ | ۱۴۱۲۶ | ۴۶۸ | ۸۴۴۰ | ۱۲۱ | ۱۱۰۴۴ |
| هرمزگان | ۲۰۴ | ۷۷۹ | ۹۳۴ | ۴۲۳۹ | ۲۲۳۱۲ | ۹۶۸ | ۱۳۸۲۱ | ۱۲۲۵ | ۴۲۵۰ | ۱۵۴ | ۳۸۱۷ |
| همدان | ۱۴۱ | ۴۷۴ | ۳۶۲ | ۱۹۳۹ | ۴۴۴۲ | ۷۹۶ | ۷۲۲۸ | ۳۶۴ | ۱۳۲۴۰ | ۹۱ | ۱۹۲۳۰ |
| یزد | ۸۰ | ۸۲۷ | ۶۲۶ | ۱۵۵۵ | ۸۱۷۸ | ۶۴۶ | ۱۵۰۹۲ | ۵۲۳ | ۸۷۵۷ | ۱۶۴ | ۱۳۳۰۷ |

فراهاد صالحیان، جعفر رزمی، فریبرز جولای

جدول ۱۱. داده‌های نرمال‌شده به ازای هر استان

| استان‌ها | تعداد کامیون حامل کالا (هزار سفر) | تعداد سفرهای درون استانی بر حسب کامیون حامل کالا (هزار سفر) | تعداد سفرهای بیرون استانی بر حسب کامیون حامل کالا (هزار سفر) | متوسط مسافت طی شده در هر سفر بر حسب استان مبدأ (کیلومتر) | میزان کالای جابجا شده در استان (هزار تن) | میزان کالای وارد شده به استان مبدأ (هزار تن) | میزان کالای خارج شده از استان (هزار تن) | میانگین کرایه هر تن - کیلومتر کالای حمل شده بر حسب استان | میانگین کرایه هر تن - کیلومتر کالای حمل شده به استان | تعداد کامیون‌های حامل کالای وارد شده به استان (هزار سفر) | تعداد وسایل نقلیه عمومی باری فعال در حوزه حمل و نقل | تعداد شرکت‌ها و مؤسسات باری | تعداد رانندگان وسایل نقلیه باری |
|----------------------|-----------------------------------|---|--|--|--|--|---|--|--|--|---|-----------------------------|---------------------------------|
| آذربایجان شرقی | ۰.۲۵۵۵ | ۰.۳۰۹۲ | ۰.۴۹۳۶ | ۰.۴۶۰۷ | ۰.۲۵۵۵ | ۰.۶۶۰۷ | ۰.۶۶۰۷ | ۰.۶۶۰۷ | ۰.۲۵۵۵ | ۰.۲۳۵۶ | ۰.۶۷۰۹ | ۰.۰۹۰۲ | ۰.۵۴۵۱ |
| آذربایجان غربی | ۰.۱۳۹۲ | ۰.۱۵۲۰ | ۰.۴۷۲۲ | ۰.۳۸۳۵ | ۰.۱۳۹۲ | ۰.۷۰۴۰ | ۰.۷۰۴۰ | ۰.۷۰۴۰ | ۰.۱۳۹۲ | ۰.۱۶۲۶ | ۰.۴۲۲۳ | ۰.۳۰۰۷ | ۰.۴۴۰۰ |
| اردبیل | ۰.۰۵۶۲ | ۰.۰۷۵۶ | ۰.۴۳۹۰ | ۰.۱۰۶۹ | ۰.۰۵۶۲ | ۰.۵۹۸۵ | ۰.۵۹۸۵ | ۰.۵۹۸۵ | ۰.۰۵۶۲ | ۰.۰۷۶۷ | ۰.۲۰۶۵ | ۰.۱۷۱۵ | ۰.۲۱۰۱ |
| اصفهان | ۰.۵۵۰۵ | ۰.۷۴۰۴ | ۰.۵۰۹۶ | ۱.۰۰۰۰ | ۰.۵۵۰۵ | ۰.۷۸۷۶ | ۱.۰۰۰۰ | ۰.۷۸۷۶ | ۰.۵۵۰۵ | ۱.۰۰۰۰ | ۰.۹۹۰۵ | ۱.۰۰۰۰ | ۰.۹۰۴۵ |
| البرز | ۰.۲۰۶۵ | ۰.۱۷۱۲ | ۰.۳۱۱۶ | ۰.۱۵۶۹ | ۰.۲۰۶۵ | ۰.۴۸۴۴ | ۰.۴۸۴۴ | ۰.۴۸۴۴ | ۰.۲۰۶۵ | ۰.۱۴۶۴ | ۰.۱۹۱۲ | ۰.۱۵۱۴ | ۰.۱۶۳۰ |
| ایلام | ۰.۰۸۲۷ | ۰.۰۳۷۰ | ۰.۳۳۳۰ | ۰.۱۰۱۰ | ۰.۰۸۲۷ | ۰.۷۲۷۸ | ۰.۷۲۷۸ | ۰.۷۲۷۸ | ۰.۰۸۲۷ | ۰.۰۵۳۱ | ۰.۰۷۰۴ | ۰.۰۹۵۸ | ۰.۰۸۰۶ |
| بوشهر | ۰.۱۲۶۰ | ۰.۱۳۰۲ | ۰.۷۳۹۸ | ۰.۱۴۱۱ | ۰.۱۲۶۰ | ۰.۶۲۷۴ | ۰.۶۲۷۴ | ۰.۶۲۷۴ | ۰.۱۲۶۰ | ۰.۱۵۸۷ | ۰.۱۳۰۲ | ۰.۰۸۱۸ | ۰.۰۸۰۸ |
| تهران | ۱.۰۰۰۰ | ۱.۰۰۰۰ | ۰.۵۶۹۶ | ۰.۴۹۴۲ | ۱.۰۰۰۰ | ۰.۵۵۱۸ | ۰.۵۵۱۸ | ۰.۵۵۱۸ | ۱.۰۰۰۰ | ۰.۷۶۲۵ | ۰.۸۷۰۵ | ۰.۸۲۱۸ | ۰.۶۹۹۱ |
| چهارمحال و بختیاری | ۰.۰۵۴۶ | ۰.۰۷۳۳ | ۰.۳۹۷۲ | ۰.۰۵۶۲ | ۰.۰۵۴۶ | ۰.۷۳۲۹ | ۰.۷۳۲۹ | ۰.۷۳۲۹ | ۰.۰۵۴۶ | ۰.۰۸۲۴ | ۰.۰۵۳۲ | ۰.۱۰۴۷ | ۰.۳۶۹۹ |
| خراسان جنوبی | ۰.۰۹۰۴ | ۰.۰۶۵۹ | ۰.۵۰۷۵ | ۰.۰۹۵۹ | ۰.۰۹۰۴ | ۰.۹۲۱۶ | ۰.۹۲۱۶ | ۰.۹۲۱۶ | ۰.۰۹۰۴ | ۰.۰۸۸۷ | ۰.۰۷۲۱ | ۰.۰۹۰۶ | ۰.۱۵۲۶ |
| خراسان رضوی | ۰.۳۳۲۱ | ۰.۳۹۰۶ | ۰.۶۱۶۷ | ۰.۹۱۷۳ | ۰.۳۳۲۱ | ۰.۹۲۹۹ | ۰.۹۲۹۹ | ۰.۹۲۹۹ | ۰.۳۳۲۱ | ۰.۴۷۲۵ | ۰.۳۰۹۳ | ۰.۷۸۸۸ | ۰.۷۳۶۸ |
| خراسان شمالی | ۰.۰۴۹۷ | ۰.۰۶۲۴ | ۰.۴۳۵۸ | ۰.۰۶۷۹ | ۰.۰۴۹۷ | ۰.۸۴۵۳ | ۰.۸۴۵۳ | ۰.۸۴۵۳ | ۰.۰۴۹۷ | ۰.۰۸۴۷ | ۰.۰۵۰۳ | ۰.۰۸۹۸ | ۰.۱۲۸۴ |
| خوزستان | ۰.۶۰۴۱ | ۰.۶۰۵۱ | ۰.۷۲۵۹ | ۰.۷۲۵۹ | ۰.۶۰۴۱ | ۰.۷۵۱۵ | ۰.۷۵۱۵ | ۰.۷۵۱۵ | ۰.۶۰۴۱ | ۰.۹۴۵۵ | ۰.۴۳۸۲ | ۰.۳۵۸۸ | ۰.۳۴۰۱ |
| زنجان | ۰.۰۷۹۵ | ۰.۰۹۳۲ | ۰.۳۴۲۶ | ۰.۱۵۶۳ | ۰.۰۷۹۵ | ۰.۶۵۳۰ | ۰.۶۵۳۰ | ۰.۶۵۳۰ | ۰.۰۷۹۵ | ۰.۱۱۷۳ | ۰.۰۷۴۰ | ۰.۱۳۶۱ | ۰.۱۲۲۷ |
| سمنان | ۰.۰۸۳۰ | ۰.۱۸۶۰ | ۰.۴۶۵۷ | ۰.۱۰۲۹ | ۰.۰۸۳۰ | ۰.۹۵۹۹ | ۰.۹۵۹۹ | ۰.۹۵۹۹ | ۰.۰۸۳۰ | ۰.۲۵۳۱ | ۰.۰۷۰۱ | ۰.۰۸۵۴ | ۰.۰۸۷۹ |
| سیستان و بلوچستان | ۰.۱۵۵۵ | ۰.۰۴۲۹ | ۰.۵۵۰۳ | ۰.۳۸۸۴ | ۰.۱۵۵۵ | ۰.۷۹۹۷ | ۰.۷۹۹۷ | ۰.۷۹۹۷ | ۰.۱۵۵۵ | ۰.۰۵۲۲ | ۰.۱۱۷۲ | ۰.۱۳۳۹ | ۰.۱۵۰۴ |
| فارس | ۰.۳۰۷۰ | ۰.۴۷۸۴ | ۰.۴۹۶۸ | ۰.۷۹۶۴ | ۰.۳۰۷۰ | ۰.۷۷۰۱ | ۰.۷۷۰۱ | ۰.۷۷۰۱ | ۰.۳۰۷۰ | ۰.۴۹۹۷ | ۰.۲۸۹۲ | ۱.۰۰۰۰ | ۱.۰۰۰۰ |
| قزوین | ۰.۱۹۲۸ | ۰.۱۹۸۴ | ۰.۳۷۳۷ | ۰.۰۵۸۵ | ۰.۱۹۲۸ | ۰.۵۶۱۳ | ۰.۵۶۱۳ | ۰.۵۶۱۳ | ۰.۱۹۲۸ | ۰.۲۱۷۸ | ۰.۱۵۸۷ | ۰.۲۵۳۲ | ۰.۲۲۳۴ |
| قم | ۰.۱۳۵۲ | ۰.۱۵۲۴ | ۰.۵۰۸۶ | ۰.۰۳۴۹ | ۰.۱۳۵۲ | ۰.۹۷۸۰ | ۰.۹۷۸۰ | ۰.۹۷۸۰ | ۰.۱۳۵۲ | ۰.۱۴۲۴ | ۰.۱۲۵۶ | ۰.۰۹۸۰ | ۰.۰۹۴۱ |
| کردستان | ۰.۰۹۶۶ | ۰.۰۹۱۲ | ۰.۴۰۵۸ | ۰.۱۴۰۲ | ۰.۰۹۶۶ | ۱.۰۰۰۰ | ۱.۰۰۰۰ | ۱.۰۰۰۰ | ۰.۰۹۶۶ | ۰.۱۱۵۸ | ۰.۰۹۸۷ | ۰.۱۴۷۷ | ۰.۱۹۳۲ |
| کرمان | ۰.۲۰۲۵ | ۰.۲۹۲۰ | ۰.۶۶۹۲ | ۰.۳۱۶۱ | ۰.۲۰۲۵ | ۰.۷۴۵۲ | ۰.۷۴۵۲ | ۰.۷۴۵۲ | ۰.۲۰۲۵ | ۰.۴۵۲۷ | ۰.۱۷۹۵ | ۰.۳۵۰۲ | ۰.۳۰۵۵ |
| کرمانشاه | ۰.۲۳۸۵ | ۰.۰۹۷۱ | ۰.۳۳۰۸ | ۰.۳۳۶۱ | ۰.۲۳۸۵ | ۰.۵۸۱۷ | ۰.۵۸۱۷ | ۰.۵۸۱۷ | ۰.۲۳۸۵ | ۰.۱۲۳۰ | ۰.۱۹۶۷ | ۰.۳۵۳۶ | ۰.۳۲۱۰ |
| کهگیلویه و بویر احمد | ۰.۰۳۷۴ | ۰.۰۱۱۳ | ۰.۳۳۰۸ | ۰.۰۱۳۸ | ۰.۰۳۷۴ | ۰.۴۳۲۳ | ۰.۴۳۲۳ | ۰.۴۳۲۳ | ۰.۰۳۷۴ | ۰.۰۱۱۴ | ۰.۰۳۸۰ | ۰.۰۲۶۱ | ۰.۰۳۳۸ |
| گلستان | ۰.۱۱۵۰ | ۰.۱۳۲۹ | ۰.۴۲۱۸ | ۰.۱۲۰۲ | ۰.۱۱۵۰ | ۰.۶۵۵۸ | ۰.۶۵۵۸ | ۰.۶۵۵۸ | ۰.۱۱۵۰ | ۰.۱۳۳۳ | ۰.۱۰۵۲ | ۰.۲۰۶۹ | ۰.۲۱۰۰ |
| گیلان | ۰.۱۷۰۸ | ۰.۱۶۰۲ | ۰.۳۷۷۹ | ۰.۲۳۶۹ | ۰.۱۷۰۸ | ۰.۵۵۲۳ | ۰.۵۵۲۳ | ۰.۵۵۲۳ | ۰.۱۷۰۸ | ۰.۱۷۴۱ | ۰.۱۷۰۴ | ۰.۳۰۲۹ | ۰.۱۵۳۱ |
| لرستان | ۰.۰۷۳۴ | ۰.۱۰۹۲ | ۰.۳۸۴۴ | ۰.۱۲۷۲ | ۰.۰۷۳۴ | ۰.۸۲۶۳ | ۰.۸۲۶۳ | ۰.۸۲۶۳ | ۰.۰۷۳۴ | ۰.۱۰۹۹ | ۰.۰۸۰۸ | ۰.۲۵۵۹ | ۰.۲۸۲۸ |
| مازندران | ۰.۲۹۵۷ | ۰.۲۲۵۷ | ۰.۳۶۴۰ | ۰.۵۳۹۲ | ۰.۲۹۵۷ | ۰.۴۹۱۷ | ۰.۴۹۱۷ | ۰.۴۹۱۷ | ۰.۲۹۵۷ | ۰.۲۳۰۴ | ۰.۲۸۳۷ | ۰.۳۱۱۹ | ۰.۳۰۲۱ |
| مرکزی | ۰.۱۸۳۹ | ۰.۳۶۶۲ | ۰.۴۱۸۶ | ۰.۱۳۷۰ | ۰.۱۸۳۹ | ۰.۷۳۲۱ | ۰.۷۳۲۱ | ۰.۷۳۲۱ | ۰.۱۸۳۹ | ۰.۴۷۲۸ | ۰.۱۵۱۹ | ۰.۲۳۰۵ | ۰.۲۰۴۱ |
| هرمزگان | ۰.۵۸۹۳ | ۰.۳۰۳۷ | ۱.۰۰۰۰ | ۰.۳۷۲۹ | ۰.۵۸۹۳ | ۰.۶۴۳۶ | ۰.۶۴۳۶ | ۰.۶۴۳۶ | ۰.۵۸۹۳ | ۰.۴۶۲۶ | ۰.۳۹۷۶ | ۰.۱۱۶۱ | ۰.۰۷۰۶ |
| همدان | ۰.۱۱۷۳ | ۰.۱۸۴۸ | ۰.۳۸۷۶ | ۰.۱۷۰۶ | ۰.۱۱۷۳ | ۰.۷۸۲۷ | ۰.۷۸۲۷ | ۰.۷۸۲۷ | ۰.۱۱۷۳ | ۰.۲۴۱۹ | ۰.۱۱۸۱ | ۰.۳۶۱۶ | ۰.۳۵۵۵ |
| یزد | ۰.۲۱۶۰ | ۰.۳۲۲۴ | ۰.۶۷۰۲ | ۰.۱۳۶۸ | ۰.۲۱۶۰ | ۰.۹۶۴۴ | ۰.۹۶۴۴ | ۰.۹۶۴۴ | ۰.۲۱۶۰ | ۰.۵۰۵۱ | ۰.۱۶۹۸ | ۰.۲۳۹۲ | ۰.۲۴۶۰ |

طراحی یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه و دیمتل فازی ...

پس از نرمال سازی داده‌ها باید امتیاز نهایی و رتبه‌ی هر استان تعیین گردد. همان‌طور که بیان شد برای تعیین امتیاز نهایی هر استان باید اوزان به دست آمده از گام دوم- مرحله دوم را در داده‌های جدول (۱۱) اعمال کرد و از مجموع آن امتیاز نهایی استان را محاسبه کنیم. نتایج حاصل از این محاسبات در جدول (۱۲) آورده شده است.

جدول ۱۲. نتایج حاصل از این محاسبات

| رتبه | امتیاز نهایی | استان |
|------|--------------|----------------------|
| ۶ | ۰,۵۱۸۹۱۷ | آذربایجان شرقی |
| ۸ | ۰,۳۶۵۴۵۳ | آذربایجان غربی |
| ۲۳ | ۰,۲۰۱۵۲۸ | اردبیل |
| ۱ | ۰,۸۷۸۹۱۱ | اصفهان |
| ۱۸ | ۰,۲۲۵۹۱۴ | البرز |
| ۳۰ | ۰,۱۳۴۱۰۴ | ایلام |
| ۲۵ | ۰,۱۹۰۴۸ | بوشهر |
| ۴ | ۰,۶۵۱۲۲۷ | تهران |
| ۲۲ | ۰,۲۱۰۳۶۱ | چهارمحال و بختیاری |
| ۲۶ | ۰,۱۸۵۴۹۷ | خراسان جنوبی |
| ۳ | ۰,۶۶۳۱۱۶ | خراسان رضوی |
| ۲۹ | ۰,۱۵۳۹۴۱ | خراسان شمالی |
| ۵ | ۰,۵۳۳۲۹۶ | خوزستان |
| ۲۸ | ۰,۱۷۱۹۳ | زنجان |
| ۲۴ | ۰,۱۹۴۶۵۹ | سمنان |
| ۱۷ | ۰,۲۲۸۳۰۳ | سیستان و بلوچستان |
| ۲ | ۰,۷۳۱۶۷۷ | فارس |
| ۱۶ | ۰,۲۳۰۳ | قزوین |
| ۲۷ | ۰,۱۷۷۷۴۱ | قم |
| ۱۹ | ۰,۲۲۰۸۵۸ | کردستان |
| ۷ | ۰,۴۰۱۲۴۴ | کرمان |
| ۱۴ | ۰,۲۷۷۸۰۶ | کرمانشاه |
| ۳۱ | ۰,۰۶۷۸۱۶ | کهگیلویه و بویر احمد |
| ۲۱ | ۰,۲۱۳۲۳۵ | گلستان |
| ۲۰ | ۰,۲۱۹۶۵۲ | گیلان |
| ۱۵ | ۰,۲۵۵۱۵۶ | لرستان |
| ۱۰ | ۰,۳۱۲۵۹۶ | مازندران |
| ۱۳ | ۰,۲۸۶۵۰۷ | مرکزی |
| ۱۲ | ۰,۲۹۱۱۲۸ | هرمزگان |
| ۱۱ | ۰,۳۱۰۶۶۲ | همدان |
| ۹ | ۰,۳۴۲۴۶۳ | یزد |

فرهاد صالحیان، جعفر رزمی، فریبرز جولای

| | | | |
|-------------------------------|-------|---|---|
| میانگین امتیاز ارزیابی عملکرد | بالا | تقویت زیرمعیار به طور متوسط حایز اهمیت است و امکان تغییرات در عملکرد زیرمعیارها متوسط است و تغییرات مطلوب در میزان عملکردشان، تاثیر ضعیف در امتیاز نهایی خواهد داشت. | تقویت زیرمعیار به طور متوسط حایز اهمیت است و امکان تغییرات در عملکرد زیرمعیارها متوسط است و تغییرات مطلوب در میزان عملکردشان، تاثیر متوسط در امتیاز نهایی خواهد داشت. |
| | پایین | تقویت زیرمعیار به طور متوسط حایز اهمیت است و امکان تغییرات در عملکرد زیرمعیارها متوسط است و تغییرات مطلوب در میزان عملکردشان، تاثیر متوسط در امتیاز نهایی خواهد داشت. | تقویت زیرمعیار به طور زیاد حایز اهمیت است و امکان تغییرات زیاد در عملکرد زیرمعیارها امکان پذیر است و تغییرات مطلوب در میزان عملکردشان، تاثیر زیادی در امتیاز نهایی خواهد داشت |
| | | کم | زیاد |

شکل ۳. کلاس بندی زیرمعیارها براساس وزن و میانگین امتیاز ارزیابی عملکردشان

اساس این رویکرد مبتنی بر الویت (وزن) زیرمعیارها است. به طور کلی باید زیرمعیارهایی که الویت (وزن) بالاتر و میانگین ارزیابی عملکرد پایین تری دارند بیشتر مورد توجه قرار گیرند.

بر اساس شکل (۳) مشخص شود که هر استان به ازای هر زیرمعیار در کدام کلاس قرار دارد و چه میزان باید مورد توجه قرار گیرد.

به عبارت دیگر، ترتیب الویت بندی زیرمعیارها جهت تقویت و تمرکز بر روی آن‌ها، براساس فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{وزن زیرمعیار} \times (\text{مقدار ارزیابی شده} - 1) = \text{شاخص الویت}$$

بنابر این فرمول، هرچه وزن زیرمعیار بالاتر باشد و مقدار ارزیابی شده برای آن کمتر باشد شاخص الویت عدد بزرگی می‌شود. بنابراین می‌توان تک تک زیرمعیارها را در هر استراتژی با یکدیگر مقایسه و الویت بندی نمود.

به عنوان مثال استان کهگیلویه و بویر احمد در زیرمعیار تعداد رانندگان وسایل نقلیه باری دارای عملکرد بسیار پایینی است و وزن این زیرمعیار بسیار بالاست. بنابراین برای افزایش امتیاز ارزیابی عملکرد، الویت تمرکز بر روی این زیرمعیار است. فرض کنید اگر عملکرد سایر زیرمعیارها ثابت مانده و عملکرد این زیرمعیار به میزان ۰/۵ افزایش یابد، عملکرد استان به میزان ۰/۱۲۶۹ افزایش خواهد یافت. این در حالی است که اگر عملکرد زیرمعیار تعداد

براساس نتایج به دست آمده از جدول (۱۲)، استان اصفهان با امتیاز نهایی ۰/۸۷۸۹۱۱ و استان کهگیلویه و بویر احمد با ۰/۶۷۸۱۶ به ترتیب به عنوان کارا و غیرکارا ترین استان، تعیین شدند. به منظور دسته بندی استان‌ها، از یک کلاس دسته بندی استفاده شده است که به صورت زیر است:

- عملکرد خیلی ضعیف: امتیاز ارزیابی بین (۰-۰/۲)
- عملکرد ضعیف: امتیاز ارزیابی بین (۰/۲-۰/۴)
- عملکرد متوسط: امتیاز ارزیابی بین (۰/۴-۰/۶)
- عملکرد خوب: امتیاز ارزیابی بین (۰/۶-۰/۸)
- عملکرد خیلی خوب: امتیاز ارزیابی بین (۰/۸-۱)

براساس دسته بندی ارائه شده ۸ استان (۲۶٪) عملکرد خیلی ضعیف، ۱۶ استان (۵۱٪) عملکرد ضعیف، ۳ استان (۹٪) عملکرد متوسط، ۳ استان (۹٪) عملکرد خوب و ۱ استان (۳٪) عملکرد خیلی خوب دارند. براساس نتایج به دست آمده، بیش از ۷۷ درصد استان‌های کشور (۲۴ استان) عملکرد ضعیف و خیلی ضعیف دارند. سیاستی که برای بهبود عملکرد آن‌ها پیشنهاد می‌گردد بدین صورت است که استان‌هایی که در زیرمعیارهای با اوزان بالا عملکرد پایین دارند، بیشتر توجه خود را بر روی آن زیرمعیارها متمرکز نمایند.

طراحی یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه و دیمتل فازی ...

روش‌های ارزیابی کمی روش تحلیل پوششی داده‌ها و یا ترکیب آن با رویکرد پیشنهادی این مقاله، به ارزیابی استان‌ها پرداخته شود و نتایج حاصل از آن با نتایج این مقاله مقایسه گردد.

۵. مراجع

- Baran, J. and Žak, J. (2014) "Multiple criteria evaluation of transportation performance for selected agribusiness companies", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Vol. 111, No. 1, pp. 320-329.
- Bozbura, F. T. and Beskese, A. (2007) "Prioritization of organizational capital measurement indicators using fuzzy AHP", *International Journal of Approximate Reasoning*, Vol. 44, No. 2, pp. 124-147.
- Gumus, A. T. (2009) "Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two-step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology", *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, No. 2, pp. 4067-4074.
- Haghshenas, H., Vaziri, M. and Gholamialam, A. (2015) "Evaluation of sustainable policy in urban transportation using system dynamics and world cities data: A case study in Isfahan", *Cities*, Vol. 45, No. 1, pp. 104-115.
- Lee, D. B. (2000) "Methods for evaluation of transportation projects in the USA", *Transport Policy*, Vol. 7, No. 1, pp. 41-50.
- Macharis, C. and Bernardini, A. (2015) "Reviewing the use of Multi-Criteria Decision Analysis for the evaluation of transport projects: Time for a multi-actor approach", *Transport Policy*, Vol. 37, No. 1, pp. 177-186.
- Morisugi, H. (2000) "Evaluation methodologies of transportation projects in Japan", *Transport Policy*, Vol. 7, No. 1, pp. 35-40.

کامیون‌های حامل کالای وارد شده به استان به اندازه ۰/۵ افزایش یابد امتیاز ارزیابی عملکرد استان ۰/۰۰۶۵۶۱ افزایش خواهد یافت. بنابراین، براساس رویکرد پیشنهادی می‌توان عملکرد هر استان را به صورت بهینه افزایش داد.

۴. نتیجه‌گیری

نقش صنعت حمل و نقل به عنوان یکی از مهم‌ترین حوزه‌های خدماتی در رشد و شکوفایی صنعت انکارناپذیر است. در سال‌های اخیر، ارزش افزوده حاصل از بخش حمل و نقل، رقم قابل توجهی بوده و روز به روز در حال افزایش است. ارتقای خدمات ارائه شده در این حوزه، مستلزم شناخت نقاط ضعف سیستم مذکور است. از این رو، در این مقاله یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه و دیمتل فازی ارائه شد که کارایی هر استان را در حوزه‌ی حمل و نقل جاده‌ای اندازه‌گیری می‌کند. بنابر دانش نگارنده تا کنون هیچ مقاله‌ای از چنین ترکیبی برای ارزیابی استفاده نکرده و به طور خاص این اولین تحقیق در زمینه ارزیابی عملکرد استان‌ها در حوزه‌ی حمل و نقل جاده‌ای در ایران است. رویکرد پیشنهادی وزن معیارها را با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه و دیمتل فازی محاسبه می‌کند و با استفاده از داده‌های مربوط به هر استان به ازای هر معیار عملکرد استان‌ها را ارزیابی می‌نماید. نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد استان‌ها نشان داد که تنها استان اصفهان دارای عملکرد بسیار خوبی است و عملکرد ۱۶ استان در وضعیت ضعیف و خیلی ضعیف قرار دارد. نتایج حاصل از پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی در سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای نشان‌دهنده اثربخشی و کارایی رویکرد بوده و مورد تأیید خبرگان سازمان نیز هست. در پایان یک رویکرد برای شناسایی نقاط ضعف و قوت هر استان ارائه شده و رویکرد پیشنهادی بیان می‌دارد که با تمرکز بر کدام معیارها امکان بهبود عملکرد بیشتر خواهد بود. برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد تا با استفاده از روش‌های خوشه‌بندی و نتایج به دست آمده برای استان‌ها، آن‌ها را کلاس‌بندی نماییم و همچنین از

فرهاد صالحیان، جعفر رزمی، فریبرز جولای

infrastructure projects in China from sustainable development perspective”, International Journal of Project Management, Vol. 33, No. 3, pp. 528-536.

- Yeh, C. H., Deng, H. and Chang, Y. H. (2000) “Fuzzy multi-criteria analysis for performance evaluation of bus companies”, European Journal of Operational Research, Vol. 126, No. 3, pp. 459-473.

- Żak, J. and Kruszyński, M. (2015) “Application of AHP and ELECTRE III/IV Methods to Multiple Level, Multiple Criteria Evaluation of urban transportation projects”, Transportation Research Procedia, Vol. 10, No. 1, pp. 820-830.

- Quinet, E. (2000) “Evaluation methodologies of transportation projects in France”, Transport Policy, Vol. 7, No. 1, pp. 27-34.

- Razmi, J., Rafiei, H. and Hashemi, M. (2009) “Designing a decision support system to evaluate and select suppliers using fuzzy analytic network process”, Computers & Industrial Engineering, Vol. 57, No. 4, pp. 1282-1290

- Razmi, J., Sangari, M. S. and Ghodsi, R. (2009) “Developing a practical framework for ERP readiness assessment using fuzzy analytic network process”, Advances in Engineering Software, Vol. 40, No. 11, pp. 1168-1178

- Shen, L., Jiao, L., He, B. and Li, L. (2015) “Evaluation on the utility efficiency of metro

فرهاد صالحیان، فارغ‌التحصیل رشته مهندسی عمران از دانشگاه آزاد قائمشهر در مقطع کارشناسی و رشته مهندسی برنامه‌ریزی حمل و نقل از دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب می‌باشد. وی در سال ۱۳۹۶ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی صنایع از دانشگاه تهران گردید. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان لجستیک و مدیریت زنجیره تامین، برنامه‌ریزی حمل و نقل، ارزیابی عملکرد و برنامه‌ریزی تولید بوده و در حال حاضر مدیر کل دفتر آمار، ایمنی و ترافیک در سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای ایران است.



فریبرز جولای، فارغ‌التحصیل رشته مهندسی صنایع از دانشگاه امیرکبیر در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد به ترتیب در سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۶۹ می‌باشد. وی در سال ۱۳۷۷ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی صنایع از دانشگاه گرنوبل فرانسه گردید. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان لجستیک و مدیریت زنجیره تامین، برنامه‌ریزی ریاضی و تنوری صف است و در حال حاضر عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی صنایع در دانشگاه تهران است.

