Archive of SID

یک روش پیشنهادی برای رتبه‌بندی فازی در تصمیم‌گیری چندشاخصه چنددوره‌ای در محیط فازی نوع-۲

علی دهقانی فیل‌آبادی[۱،*] و غلامرضا حسامیان[۲]

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۱۳

پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۲۲

واژگان کلیدی:

رتبه فازی،

تصمیم‌گیری چندشاخصه چنددوره‌ای،

مجموعه‌های فازی نوع-۲.

چکیده

در بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری، برای مقابله با ابهام موجود در داده‌های زبانی، از مجموعه‌های فازی استفاده می‌شود. با این حال، برای انجام مقایسه بین شاخص ها و تعیین رتبه گزینه‌ها، در حین فرایند حل مسئله این داده‌ها دیفازی می‌شوند. دیفازی‌سازی باعث می‌شود بخش زیادی از اطلاعات مسئله از بین برود. هدف از این مقاله، ارائه یک روش تصمیم‌گیری چندشاخصه چنددوره‌ای است که در آن، رتبه گزینه‌ها به‌صورت فازی تعیین می‌شود، در این روش، برای پوشش بیشتر ابهام موجود در داده‌های زبانی، از مجموعه‌های فازی نوع-۲ استفاده و برای ادغام داده های فازی نوع-۲ در دوره‌های زمانی، یک عملگر ادغام‌کننده جدید تعریف شده است. برای تأیید کارایی روش پیشنهادی، ابتدا مثالی کاربردی، برگرفته از مطالعات پیشین، با استفاده از روش پیشنهادی، مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که رتبه‌بندی گزینه‌ها در روش پیشنهادی، از جامعیت بیشتری نسبت به روش مذکور برخوردار است. سپس ارزیابی ابعاد کیفیت خدمات سناریوهای حمل‌ونقل عمومی شهرکرد به‌عنوان مثال کاربردی واقعی ارائه شد و رتبه فازی گزینه‌ها تعیین گردید.

۱- مقدّمه

امروزه تصمیم‌گیری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل در علوم مدیریت محسوب می‌شود. هنگامی که تصمیم‌گیرنده با گزینه های متفاوت تحت شاخص‌های مختلف روبه‌رو باشد، استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه[۱] (MADM) از مؤثرترین روش‌ها برای تصمیم‌گیری مناسب است. از این روش‌ها، استفاده‌های متعددی در زمینه‌های مختلف از جمله حمل‌ونقل و لجستیک [۱] و [۲]، ارزیابی عملکرد [۳] و [۴]، زنجیره تأمین [۵]، [۶] و [۷] و... شده که نتایج رضایت‌بخشی به دنبال داشته است. در اغلب مسائل برای آنکه بتوان تصمیم مناسبی اتخاذ کرد، باید روند تغییرات شاخص‌ها و گزینه‌ها را در طول زمان در فرایند تصمیم‌گیری وارد کرد؛ زیرا این اطلاعات می‌توانند با گذر زمان تغییر کنند و لزوماً مقادیرشان در طی چند دوره زمانی ثابت نیست. این تغییرات می‌توانند

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Dehghani22222@gmail.com

۱. استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲. دانشیار، گروه آمار، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

[1] Multi-Attribute Decision Making

www.SID.ir

Archive of SID

به طور جدی در روند تصمیم‌گیری و اولویت‌بندی گزینه‌ها مؤثر باشند. در این حالت، از روش تصمیم‌گیری چندشاخصه چنددوره‌ای[۱] (MPADM) یا تصمیم‌گیری چندشاخصه پویا[۲] (DMADM) استفاده می‌شود [۸]. در بعضی مسائل MADM، به دلیل نبود ابزارهای سنجش یا کیفی بودن، از زبان طبیعی برای توصیف شاخص‌ها استفاده می‌گردد [۹]. ابهام موجود در زبان طبیعی و نبود دانش کافی، از چالش‌های مهم در تحلیل داده‌ها در مسائل تصمیم‌گیری است. هرگاه داده‌های یک مسئله تصمیم‌گیری، براساس قضاوت‌های ذهنی تصمیم‌گیرندگان و با زبان طبیعی بیان شوند، شاخص‌های تصمیم‌گیری در قالب متغیرهای زبانی[۳] ظاهر می‌گردند؛ یعنی می‌توانند کلمات (عبارات زبانی) را به‌عنوان ارزش بپذیرند. کلمات همواره با ابهام همراه هستند؛ یعنی ارزش آن‌ها را نمی توان به طور دقیق مشخص کرد. این ابهام زمانی می‌تواند تشدید شود که با محدودیت‌هایی مانند فقدان دانش کافی خبرگان همراه باشد. جنبه‌ای دیگر از عدم قطعیت در قضاوت ها هنگامی رخ می‌دهد که ارزیابی یک مسئله در چند دوره زمانی انجام می‌شود. در این حالت یک بعد جدید به عدم قطعیت در قضاوت‌های انسان افزوده می‌شود. به طور کلی محققان برای مقابله با ابهام موجود در کلمات، به استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی[۴] روی آوردند و اخیراً مفهومی توسعه‌یافته از مجموعه‌های فازی به نام مجموعه‌های فازی نوع-۲[۵] (T2FS) بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. لطفی زاده (۱۹۷۵)، مجموعه‌های فازی نوع-۲ را به‌عنوان توسعه‌ای از مجموعه‌های فازی نوع-۱[۶] (T1FS) معرفی کرد [۱۰]. مجموعه‌های فازی نوع-۲ در کاهش اثر عدم قطعیت در قوانین فازی بهتر عمل می‌کنند و علاوه بر کاهش اثر عدم قطعیت در قوانین فازی، به علت فازی بودن توابع عضویت در T2FS، امکان مدل کردن عدم قطعیت‌های زبانی به نحو مؤثری بهبود پیدا می‌کند [۹]. از آنجا که انجام محاسبات در T2FS دارای پیچیدگی‌های زیادی است، استفاده از مجموعه‌های فازی نوع-۲ فاصله‌ای[۷] (IT2FS) با وجود توابع و عملگرهای متعددی که برای آن تعریف شده، اخیراً مورد توجه زیادی قرار گرفته و به‌عنوان یک نظریهٔ کارآمد در محیط‌های با عدم قطعیت بالا توسعه یافته است. تورکسن (۱۹۸۶) استفاده از مجموعه‌های فازی نوع-۲ فاصله‌ای را برای تقویت استدلال محاسبه با کلمات معرفی کرد [۱۱]. همچنین مندل، براساس این استدلال که کلمات دارای عدم قطعیتی پیچیده‌تر نسبت به مجموعه‌های فازی نوع-۱ هستند، استفاده از مجموعه‌های فازی نوع-۱ را برای مدل کردن کلمات نابجا دانست و معتقد بود که مجموعه‌های فازی نوع-۲ فاصله‌ای عدم قطعیت کلمه را بهتر می‌توانند مدل کنند [۱۲] و با درجه بیشتری از آزادی می‌توان عدم قطعیت قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان را توصیف کرد. با این حال، تاکنون هیچ مطالعه‌ای از روش DMADM در محیط IT2FS انجام نشده است؛ اما برخی مطالعات در زمینه DMADM صورت گرفته که در ادامه مرور می‌شود.

در مطالعه‌ای ژو (۲۰۰۸)، یک روش DMADM ارائه داد و از روش میانگین ساده وزنی[۸] (SAW) برای اجرای تصمیم‌گیری چنددوره‌ای استفاده کرد. وی در این مطالعه، داده‌های فاصله ای را برای استفاده در مدل به کار بست و از یک عملگر میانگین وزنی چنددوره‌ای[۹] (DWA) برای وزن‌دهی به شاخص‌ها در دوره‌های زمانی متفاوت استفاده کرد و یک مسئله انتخاب روش سرمایه‌گذاری را مورد ارزیابی قرار داد [۱۳]. لین و همکاران (۲۰۰۸)، یک روش DMADM ارائه دادند که در آن از روش تاپسیس[۱۰] (TOPSIS) برای رتبه‌بندی گزینه‌ها در دوره‌های متفاوت استفاده کردند. در این مطالعه، ارزش شاخص‌ها در مسئله به‌صورت اعداد فازی مثلثی[۱۱] (TriFN) لحاظ شد و برای مقایسه آن‌ها از تابع فاصله مینکوفسکی[۱۲] استفاده گردید و در نهایت، روش پیشنهادی را برای انتخاب پیمانکار به کار بستند [۸]. هو و یانگ (۲۰۱۱)، یک روش DMADM براساس تئوری احتمالات ارائه دادند که در آن، ارزش شاخص ها به‌صورت متغیرهای تصادفی گسسته بیان شده‌اند. آن‌ها از این روش برای ارزیابی ریسک استفاده کردند [۱۴]. ژو و هایپل[۱۳] (۲۰۱۲)، یک روش DMADM را براساس اطلاعات

[1] Multi Period Multi-Attribute Decision Making
[2] DynamicMulti-Attribute Decision Making
[3] Linguistic Variable
[4] Fuzzy Sets Theory
[5] Type-2 Fuzzy Sets
[6] Type-1 Fuzzy Sets
[7] Interval Type-2 Fuzzy Sets

[8] Simple Additive Weighting
[9] Multi Period Weighted Averaging
[10] Technique for Ordering Preferences by Similarity to an Ideal Solution
[11] Triangular Fuzzy Numbers
[12] Minkowski Distance
[13] Zhu and Hipel

www.SID.ir

Archive of SID

زبانی با استفاده از داده‌های 2-tuple فازی ارائه دادند. آن‌ها براساس این استدلال که اعداد فازی 2-tuple ابعاد بیشتری از ابهام کلمات را نسبت به اعداد فازی نوع-۱ توضیح می‌دهند، روشی برای حل مسائل DMADM ارائه کردند و سپس عملکرد فروشندگان یک سیستم ناوبری الکترونیکی را برای توسعه اقتصادی و تولیدی صنعت هوانوردی در چین مورد ارزیابی قرار دادند [۱۵]. صادقیان و فروتن (۱۳۹۱)، یک روش MPMADM را با به‌کارگیری مدل رگرسیونی ارائه کردند. آن ها در این مطالعه برای هر درایه از ماتریس تصمیم‌گیری یک مدل رگرسیونی ارائه دادند و سپس با استفاده از روش TOPSIS، گزینه‌ها را رتبه‌بندی کردند. آن‌ها از این روش برای اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری در صنعت نساجی بهره بردند [۱۶]. پارک و همکاران (۲۰۱۳)، با به‌کارگیری روش VIKOR روشی توسعه‌یافته از DMADM ارائه کردند. در این مطالعه از اعداد فازی فاصله‌ای[1] (ITFN) برای اطلاعات تصمیم استفاده شد و روش ارائه‌شده برای ارزیابی ارتقای استادان دانشگاه استفاده گردید [۱۷]. بای و همکاران (۲۰۱۴)، یک روش DMADM ارائه دادند که با استفاده از روش TOPSIS و به‌کارگیری داده ها به‌صورت اعداد فازی ذوزنقه‌ای[2] (TraFN)، روش پیشنهادی را برای اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان به کار بستند [۷]. لی و همکاران (۲۰۱۵)، یک روش DMADM ارائه دادند که داده های مورد استفاده به‌صورت TriFN در مسئله لحاظ گردید. آن‌ها در این مطالعه از روش برنامه‌ریزی ریاضی برای تعیین اوزان شاخص‌ها در دوره‌های زمانی مختلف استفاده کرده، با استفاده از روش TOPSIS گزینه‌های سرمایه‌گذاری را اولویت بندی کردند [۴]. لی و ژانگ (۲۰۱۸)، روش DMADM را در محیط اعداد خاکستری سه پارامتری فاصله‌ای توسعه دادند و از یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای بهینه‌سازی اوزان شاخص ها و دوره‌های زمانی استفاده کردند [۱۸].

با مرور مطالعات انجام‌شده می‌توان دریافت که در این مطالعات، برای مقابله با ابهام موجود در داده‌های زبانی، به طور کلی از دو دسته مفاهیم فازی، یعنی T1FS و 2-tuple استفاده شده است. با توجه به اینکه روش 2-tuple همانند T2FS، ابعاد بیشتری از عدم قطعیت موجود در داده‌های زبانی را مد نظر قرار می‌دهد، می‌تواند به‌عنوان یک رقیب جدی برای T2FS مطرح شود. در [۱۵] یک مسئله DMADM با روش 2-tuple ارائه گردید که همانند سایر روش‌های مرورشده، برای انجام مقایسه بین شاخص‌ها، در مرحله‌ای از فرایند حل مسئله از روش‌های دیفازی‌سازی استفاده و نتایج قطعی حاصل شده است ([۱۵] را ببینید). این قطعی‌سازی، بخش مهمی از اطلاعات موجود در داده‌های فازی را از نتایج مسئله حذف می‌کند؛ زیرا در مقایسه مقادیر فازی ممکن است هم‌پوشانی در یک نقطه و یا فاصله خاص وجود داشته باشد که باعث برابری مقادیر فازی در آن ناحیه می‌شود که با دیفازی‌سازی، این برابری حذف می‌گردد. به عبارت دیگر، این گونه اطلاعات از نتایج مسئله حذف می‌شوند. این موضوع از ضعف‌های دیفازی‌سازی در این‌گونه مسائل است. هرچند در بعضی روش‌ها استفاده از روش‌های دیفازی سازی، امری اجتناب‌ناپذیر است؛ زیرا بدون آن، حل مسئله امکان‌پذیر نیست.

بنابراین، هدف از این مطالعه، ارائه روشی برای حل مسائل DMADM است، به طوری که قابلیت تولید رتبه فازی را برای گزینه‌ها داشته باشد. در آن از IT2FS استفاده شده است تا بتوان به طور مؤثر، عدم قطعیت موجود در داده‌های زبانی چنددوره‌ای را توصیف کرد و روش DMADM را بر این اساس بنا کرد. بنابراین برای طراحی روش پیشنهادی در محیط IT2FS، ابتدا یک عملگر ادغام‌کننده جدید برای ادغام اطلاعات چنددوره‌ای تعریف می‌شود و سپس با استفاده از روش MADM، فرایند ارزیابی گزینه‌ها انجام می‌گیرد و تا پایان مراحل روش پیشنهادی، داده‌ها در محیط IT2FS تحلیل می‌شوند که این امر منجر به ایجاد رتبه فازی برای گزینه‌ها می‌گردد.

بر این اساس، در بخش ۲، مجموعه‌های فازی نوع-۲، برخی از مفاهیم، توابع و عملگرهای مورد نیاز در روش پیشنهادی و عملگر وزن حسابی اعداد فازی ذوزنقه‌ای نوع-۲ فاصله‌ای چنددوره‌ای ارائه می‌شود. در ادامه و در بخش ۳ روش جدید تصمیم‌گیری چندشاخصه پویا براساس مجموعه‌های فازی نوع-۲ فاصله‌ای، تشریح می‌گردد. در بخش ۴، ابتدا برای تایید

[1] Interval Fuzzy Numbers

[2] Trapezoidal Fuzzy Number

www.SID.ir

Archive of SID

کارایی روش پیشنهادی، مثال کاربردی [۱۵] با استفاده از روش پیشنهادی تحلیل شده، سپس مثالی واقعی در زمینه ارزیابی کیفیت خدمات سناریوهای حمل‌ونقل عمومی شهرکرد، مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

۲- مجموعه‌های فازی نوع-۲

تئوری مجموعه‌های فازی که توسط لطفی‌زاده در سال ۱۹۶۵ ارائه شد، به‌عنوان یک ابزار مدل‌سازی برای سیستم‌های پیچیده معرفی گردید [۱۹]. اولین مفاهیم در زمینهٔ تئوری مجموعه‌های فازی، با عنوان T1FS معرفی شد و موارد استفادهٔ زیادی، به‌ویژه در مسائل MCDM پیدا کرد، در T1FS هر مجموعه به‌وسیلهٔ عناصر مجموعه و تابع عضویت عناصر تعیین می‌شود که یک عدد حقیقی بین صفر و یک است. در T2FS تابع عضویت عناصر مجموعه، خود یک مجموعه فازی است. مندل و وو (۲۰۰۶)، یک مفهوم جدید از T2FS ارائه دادند که فرایند محاسباتی ساده‌ای دارد که در آن، یک حد بالا[1] و یک حد پایین[2] برای تابع عضویت در نظر گرفته می‌شود. هریک از این دو تابع عضویت شبیه به تابع عضویت در T1FS هستند [۲۰]. سپس مندل و همکاران (۲۰۰۶)، مفهومی جدید به نام IT2FS معرفی کردند که در آن، تابع عضویت هر عنصر یک T1FS در فاصلهٔ [۱،۰] است [۲۱]. در ادامه به تعریف مفاهیم و عملگرهایی در محیط فازی نوع-۲ پرداخته می‌شود.

۲-۱- مفاهیم و عملگرهای مجموعه‌های فازی نوع-۲

در این بخش، برخی از تعاریف و مفاهیم T2FS توضیح داده می‌شوند و در ادامه IT2FS به همراه عملگرهای مورد نیاز در روش پیشنهادی ارائه می‌شود.

تعریف ۱: اگر $\widetilde{A}$ یک T2FS بر روی مجموعه مرجع X باشد، به‌صورت زیر نشان داده می‌شود [۲۰]:

$$\widetilde{A} = \left\{\left((x,u), \mu_{\widetilde{A}}(x,u)\right); \forall x \in X, \forall u \in J_x \subseteq [0,1]\right\} \quad (۱)$$

جایی که $0 \le \mu_{\widetilde{A}}(x,u) \le 1$ است.

تعریف ۲: اگر $\widetilde{A}$ یک T2FS باشد، می‌توان نوشت [۲۰]:

$$\widetilde{A} = \int_{x\in X}\int_{u\in J_x} \mu_{\widetilde{A}}(x,u)/(x,u) = \int_{x\in X}\left(\int_{u\in J_x} \mu_{\widetilde{A}}(x,u)/u\right)/x \quad (۲)$$

که در آن، $\int$ اجتماع همه ترکیبات (x,u)، x متغیر اولیه با تابع عضویت $J_x \subseteq [0,1]$ و u متغیر ثانویه با تابع عضویت $\int_{u\in J_x} \mu_{\widetilde{A}}(x,u)/u$ بر X است.

تعریف ۳: اگر $\widetilde{A}$ یک T2FS باشد که در آن همه $\mu_{\widetilde{A}}(x,u)$ برابر ۱ باشند، $\widetilde{A}$ یک IT2FS نامیده می‌شود. در این صورت داریم [۲۰]:

$$\widetilde{A} = \int_{x\in X}\int_{u\in J_x} 1/(x,u) = \int_{x\in X}\left(\int_{u\in J_x} 1/u\right)/x \quad (۳)$$

جایی که x متغیر اولیه با تابع عضویت $J_x \subseteq [0,1]$ و u متغیر ثانویه با تابع عضویت $\int_{u\in J_x} 1/u$ است. در این حالت، اثر عدم قطعیت[3] مجموعه $\widetilde{A}$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$FOU(\widetilde{A}) = \bigcup_{x\in X} J_x \quad (۴)$$

که شامل اجتماع تابع عضویت اولیه روی مجموعه مرجع X است.

تعریف ۴: یک عدد فازی ذوزنقه‌ای نوع-۲ فاصله‌ای[4] (IT2TraFN) را می‌توان به‌صورت زیر نشان داد [۲۲]:

$$\widetilde{A} = \left(\widetilde{A}^U, \widetilde{A}^L\right) = \begin{pmatrix}\left(a_T^U, T=1,2,3,4\,; H_q\left(\widetilde{A}^U\right), q=1,2\right),\\ \left(a_T^L; T=1,2,3,4; H_q\left(\widetilde{A}^L\right), q=1,2\right)\end{pmatrix}$$

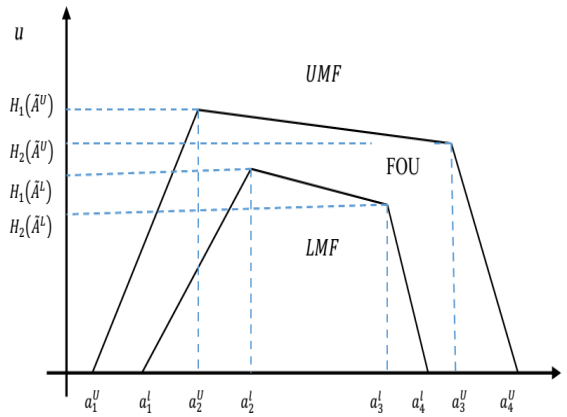
جایی که $\widetilde{A}^U$ و $\widetilde{A}^L$، T1FS هستند و همان گونه که در شکل (۱) نشان داده می‌شود $H_q\left(\widetilde{A}^U\right)$ تابع عضویت بالای عنصر a_{q+1}^U و $H_q\left(\widetilde{A}^L\right)$ تابع عضویت پایین عنصر a_{i+1}^l است، جایی که $0 \le H_q\left(\widetilde{A}^U\right) \le 1$ و $0 \le H_q\left(\widetilde{A}^L\right) \le 1$ برای $q = 1,2$، واضح است که برای یک عدد حقیقی $r \in \mathbb{R}$ داریم:

$$r = \left((r,r,r,r;1,1),(r,r,r,r;1,1)\right).$$

[1] Superior
[2] Inferior
[3] Footprint Of Uncertainty
[4] Interval Type-2 Trapezoidal Fuzzy Number

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. یک عدد فازی ذوزنقه‌ای نوع-۲ فاصله‌ای

تعریف ۵: اگر $\tilde{A}_1$ و $\tilde{A}_2$ دو IT2TraFN باشند، به طوری که:

$$\tilde{A}_1 = (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) = \begin{pmatrix} (a_{1T}^U, T = 1,2,3,4\,; H_q(\tilde{A}_1^U), q = 1,2), \\ (a_{1T}^L; T = 1,2,3,4; H_q(\tilde{A}_1^L), q = 1,2) \end{pmatrix}$$

و

$$\tilde{A}_2 = (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) = \begin{pmatrix} (a_{2T}^U, T = 1,2,3,4\,; H_q(\tilde{A}_2^U), q = 1,2), \\ (a_{2T}^L; T = 1,2,3,4; H_q(\tilde{A}_2^L), q = 1,2) \end{pmatrix}$$

در این صورت عملگر جمع روی این اعداد به‌صورت زیر تعریف می‌شود [۲۲]:

$$\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) \oplus (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) = \begin{pmatrix} (a_{1T}^U, T = 1,2,3,4\,; H_q(\tilde{A}^U), q = 1,2) \\ , (a_{1T}^L; T = 1,2,3,4; H_q(\tilde{A}^L), q = 1,2) \end{pmatrix} \oplus \begin{pmatrix} (a_{2T}^U, T = 1,2,3,4\,; H_q(\tilde{A}^U), q = 1,2) \\ , (a_{2T}^L; T = 1,2,3,4; H_q(\tilde{A}^L), q = 1,2) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{1T}^U + a_{2T}^U, T = 1,2,3,4; \\ \min\left(H_q(\tilde{A}_1^U), H_q(\tilde{A}_2^U)\right), q = 1,2 \end{pmatrix}, \\ \begin{pmatrix} a_{1T}^L + a_{2T}^L, T = 1,2,3,4; \\ \min\left(H_q(\tilde{A}_1^L), H_i(\tilde{A}_2^L)\right), q = 1,2 \end{pmatrix} \end{pmatrix} \quad (۵)$$

و عملگر ضرب روی این اعداد به‌صورت زیر تعریف می‌شود [۲۲]:

$$\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) \otimes (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) = \begin{pmatrix} (a_{1T}^U, T = 1,2,3,4\,; H_q(\tilde{A}^U), q = 1,2) \\ , (a_{1T}^L; T = 1,2,3,4; H_q(\tilde{A}^L), q = 1,2) \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} (a_{2T}^U, T = 1,2,3,4\,; H_q(\tilde{A}^U), q = 1,2) \\ , (a_{2T}^L; T = 1,2,3,4; H_q(\tilde{A}^L), q = 1,2) \end{pmatrix} = \quad (۶)$$

$$\begin{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{1T}^U \times a_{2T}^U, T = 1,2,3,4; \\ \min\left(H_q(\tilde{A}_1^U), H_q(\tilde{A}_2^U)\right), q = 1,2 \end{pmatrix}, \\ \begin{pmatrix} a_{1T}^L \times a_{2T}^L, T = 1,2,3,4; \\ \min\left(H_q(\tilde{A}_1^L), H_q(\tilde{A}_2^L)\right), q = 1,2 \end{pmatrix} \end{pmatrix}$$

تعریف ۶: اگر $\tilde{A}$ IT2TraFN و $\lambda>0$ یک عدد حقیقی باشد، به طوری که:

$$\tilde{A} = (\tilde{A}^U, \tilde{A}^L) = \begin{pmatrix} (a_T^U, T = 1,2,3,4\,; H_q(\tilde{A}^U), q = 1,2), \\ (a_T^L; T = 1,2,3,4; H_q(\tilde{A}^L), q = 1,2) \end{pmatrix}$$

در این صورت خواهیم داشت [۲۲]:

$$\lambda \times \tilde{A} = (\lambda \times \tilde{A}^U, \lambda \times \tilde{A}^L) = \begin{pmatrix} (\lambda \times a_T^U, T = 1,2,3,4; H_q(\tilde{A}^U), q = 1,2), \\ (\lambda \times a_T^L, T = 1,2,3,4; H_q(\tilde{A}^L), q = 1,2) \end{pmatrix} \quad (۷)$$

و

$$\frac{\tilde{A}}{\lambda} = \left(\frac{\tilde{A}^U}{\lambda}, \frac{\tilde{A}^L}{\lambda}\right) = \begin{pmatrix} \left(\frac{a_T^U}{\lambda}, T = 1,2,3,4; H_q(\tilde{A}^U), q = 1,2\right), \\ \left(\frac{a_T^L}{\lambda}, T = 1,2,3,4; H_q(\tilde{A}^L), q = 1,2\right) \end{pmatrix} \quad (۸)$$

تعریف ۷: اگر $\tilde{A}$ یک IT2TraFN باشد، رتبه $\tilde{A}$ که با $\mathrm{Rank}(\tilde{A})$ نشان داده می‌شود، به‌صورت زیر تعریف خواهد شد [۲۲] و [۲۳]:

$$\begin{aligned} \mathrm{Rank}(\tilde{A}) = {} & M_1(\tilde{A}^u) + M_1(\tilde{A}^L) + M_2(\tilde{A}^u) + M_2(\tilde{A}^L) + M_3(\tilde{A}^u) + \\ & M_3(\tilde{A}^L) - 1/4(S_1(\tilde{A}^u) + S_1(\tilde{A}^L) + \\ & S_2(\tilde{A}^u) + S_2(\tilde{A}^L) + S_3(\tilde{A}^u) + \\ & S_3(\tilde{A}^L) + S_4(\tilde{A}^u) + S_4(\tilde{A}^L)) + \\ & H_1(\tilde{A}^u) + H_1(\tilde{A}^L) + H_2(\tilde{A}^u) + \\ & H_2(\tilde{A}^L) \end{aligned} \quad (۹)$$

که در آن، $M_\alpha(\tilde{A}^\beta)$ برابر میانگین عناصر a_α^β و $a_{\alpha+1}^\beta$ است؛ یعنی $M_\alpha(\tilde{A}^\beta) = \frac{(a_\alpha^\beta + a_{\alpha+1}^\beta)}{2}$ و $S_\alpha(\tilde{A}^\beta)$ انحراف استاندارد

www.SID.ir

Archive of SID

که $\alpha = 1,2,3$ و $\beta \in \{U, L\}$. این روش دیفازی‌سازی در مطالعات کاربردی زیادی از جمله در [۱]، [۲۲]، [۲۳]، [۲۴]، [۲۵] و [۲۶] مورد استفاده قرار گرفت.

در مسائلی که ارزش شاخص‌های کیفی با عبارات زبانی بیان می‌شود، مطابق جدول ۱ می‌توان IT2TraFN متناظر با آن ها را در مسئله به کار گرفت [۲۷].

عناصر a_{α}^{β} و $a_{\alpha+1}^{\beta}$ است؛ یعنی $S_{\alpha}(\tilde{A}^{\beta})=\sqrt{\frac{1}{2}\sum_{k=\alpha}^{\alpha+1}\left(a_k^{\beta}-\frac{1}{2}\sum_{k=\alpha}^{\alpha+1}a_k^{\beta}\right)^2}$ و $S_4(\tilde{A}^{\beta})$ انحراف استاندارد عناصر a_1^{β}، a_2^{β}، a_3^{β} و a_4^{β} است، به طوری که $S_4(\tilde{A}^{\beta})=\sqrt{\frac{1}{4}\sum_{k=1}^{4}\left(a_k^{\beta}-\frac{1}{4}\sum_{k=1}^{4}a_k^{\beta}\right)^2}$.

همچنین $H_{\alpha}(\tilde{A}^{\beta})$ درجه عضویت عنصر $a_{\alpha+1}^{\beta}$ است، جایی

جدول ۱. عبارات زبانی و اعداد فازی ذوزنقه‌ای نوع-۲ فاصله‌ای متناظر [۲۷]

اصطلاحات زبانی	اعداد فازی ذوزنقه‌ای نوع-۲ فاصله‌ای
(VB)- خیلی بد (VL)خیلی کم	((۰, ۰, ۰, ۰/۱; ۱, ۱), (۰, ۰, ۰, ۰/۰۵; ۰/۹۵, ۰/۹۵))
(B)- بد (L)کم	((۰, ۰/۰۱, ۰/۱۵, ۰/۳; ۱, ۱), (۰/۰۵, ۰/۱, ۰/۱, ۰/۲; ۰/۹۵, ۰/۹۵))
(MB)- بد تا متوسط (LM)کم تا متوسط	((۰/۱۵, ۰/۳, ۰/۳۵, ۰/۵; ۱, ۱), (۰/۲, ۰/۲۵, ۰/۳, ۰/۴; ۰/۹۵, ۰/۹۵))
(M)متوسط	((۰/۳, ۰. ۵, ۰/۵۵, ۰/۷; ۱, ۱), (۰/۴, ۰/۴۵, ۰/۵, ۰/۶; ۰/۹۵, ۰/۹۵))
(MG)- متوسط تا خوب (MH)متوسط تا زیاد	((۰/۵, ۰/۷, ۰/۷۵, ۰/۹; ۱, ۱), (۰/۶, ۰/۶۵, ۰/۷, ۰/۸; ۰/۹۵, ۰/۹۵))
(G)- خوب (H)زیاد	((۰/۷, ۰/۹, ۰/۹۵, ۱; ۱, ۱), (۰/۸, ۰/۸۵, ۰/۹, ۰/۹۵; ۰/۹۵, ۰/۹۵))
(MG)- خیلی خوب (VH)خیلی زیاد	((۰/۹, ۱, ۱, ۱; ۱, ۱), (۰/۹۵,۱, ۱, ۱;۰/۹۵,۰/۹۵))

۲-۱- عملگر وزن حسابی اعداد فازی ذوزنقه‌ای نوع-۲ فاصله‌ای چنددوره‌ای

ادغام اطلاعات جمع‌آوری‌شده از منابع مختلف، یک فرایند ضروری و مهم در مسائل تصمیم‌گیری چنددوره‌ای است و خود به‌عنوان یک زمینه تحقیقاتی مطرح است [۲۴]. در مطالعات گذشته، عملگرهایی برای ادغام داده‌های فازی مثلثی نوع-۱ [۴]، داده‌های فازی شهودی [۲۸] و [۲۵] و داده‌های فاصله‌ای [۱۳] تعریف شده است. بنابراین در این بخش عملگر وزن حسابی اعداد فازی ذوزنقه‌ای نوع-۲ فاصله ای[1](DTIT2FNWA) برای ادغام داده‌های مسئله تعریف می شود.

تعریف ۹: اگر $\tilde{G} = \{\tilde{A}_t; t = t_1, t_2, \dots, t_p\}$ مجموعه‌ای از متغیرهای از نوع IT2TraFN در p دوره زمانی و $\eta_t = \left(\eta_{t_1}, \eta_{t_2}, \dots, \eta_{t_p}\right)^T$ بردار اوزان آن باشد، DTIT2FNWA به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$DTIT2FNWA_{\eta_t}\left(\tilde{A}_{t_1}, \tilde{A}_{t_2}, \tilde{A}_{t_3}, \dots, \tilde{A}_{t_p}\right) = \sum_{k=1}^{p}\eta_{t_k}\otimes\tilde{A}_{t_k} \quad (۱۰)$$

جایی که $\sum_{k=1}^{p}\eta_k = 1$، و $\eta_k \geq 0$ برای $k = 1,2, \dots, p$، بنابراین با استفاده از روابط (۵)، (۶)، (۷) و (۱۰) می‌توان نوشت:

$$DTIT2FNWA_{\eta_t}\left(\tilde{A}_{t_1}, \tilde{A}_{t_2}, \tilde{A}_{t_3}, \dots, \tilde{A}_t\right) = \left(\oplus_{k=1}^{p}\eta_{t_k}\otimes\tilde{A}_{t_k}^{U}, \oplus_{k=1}^{p}\eta_{t_k}\otimes\tilde{A}_{t_k}^{L}\right) = \left(\begin{pmatrix}\oplus_{k=1}^{p}\eta_{t_k}\otimes a_{t_kT}^{U}, T = 1,2,3,4;\\ \min_k\left(H_i\left(\tilde{A}_{t_k}^{U}\right)\right), i = 1,2\end{pmatrix}, \begin{pmatrix}\oplus_{k=1}^{p}\eta_{t_k}\otimes a_{t_kT}^{L}, T = 1,2,3,4;\\ \min_k\left(H_i\left(\tilde{A}_{t_k}^{L}\right)\right), i = 1,2\end{pmatrix}\right) \quad (۱۱)$$

بر اساس تعریف ۷ و ۹ خواص زیر را داریم:

[1] Dynamic Trapezoidal Interval Type-2 Fuzzy Number Weighted Arithmetic

www.SID.ir

Archive of SID

خواص: اگر $\tilde{A}_{t_p}, \dots, \tilde{A}_{t_3}, \tilde{A}_{t_2}, , \tilde{A}_{t_1}$ مجموعه‌ای از IT2TraFN در p دوره زمانی $t = t_1, t_2, \dots, t_p$ و $\eta_t =$ $\left(\eta_{t_1}, \eta_{t_2}, \dots, \eta_{t_p}\right)^T$ به طوری که $\sum_{k=1}^{p} \eta_k = 1$ و $\eta_k \geq 0$ برای $k = 1,2, \dots, p$، بردار اوزان باشد، داریم:

(۱) (تکرارپذیری[1]): اگر همه $\tilde{A}_{t_k}$ برای $k = 1,2, \dots, p$ برابر باشند، به طوری که $\tilde{A}_{t_k} = \tilde{A}_t$، داریم:

$$DTIT2FNWA_{\eta_t}\left(\tilde{A}_{t_1}, \tilde{A}_{t_2}, \tilde{A}_{t_3}, \dots, \tilde{A}_{t_p}\right) = \tilde{A}_t \quad (۱۲)$$

(۲) (کران‌داری[2]):

$$\tilde{A}_t^- \leq DTIT2FNWA_{\eta_t}\left(\tilde{A}_{t_1}, \tilde{A}_{t_2}, \tilde{A}_{t_3}, \dots, \tilde{A}_{t_p}\right) \leq \tilde{A}_t^+ \quad (۱۳)$$

جایی که $\tilde{A}_t^- = \min_k\left(\tilde{A}_{t_k}\right)$ و $\tilde{A}_t^+ = \max_k\left(\tilde{A}_{t_k}\right)$.

(۳) (یکنواختی[3]): اگر $\tilde{A}_{t_k}^*$ مجموعه‌ای از IT2TraFN در p دوره زمانی $t = t_1, t_2, \dots, t_p$ باشد و برای هر k داشته باشیم $\tilde{A}_{t_k}^* \leq \tilde{A}_{t_k}$ ، داریم:

$$DTIT2FNWA_{\eta_t}\left(\tilde{A}_{t_1}, \tilde{A}_{t_2}, \tilde{A}_{t_3}, \dots, \tilde{A}_{t_p}\right) \leq DTIT2FNWA_{\eta_t}\left(\tilde{A}_{t_1}^*, \tilde{A}_{t_2}^*, \tilde{A}_{t_3}^*, \dots, \tilde{A}_{t_p}^*\right) \quad (۱۴)$$

برای کاربرد عملگر $DTIT2FNWA$ ، تعیین بردار اوزان (η_t) یک قدم مهم محسوب می‌شود. به طور کلی بردار اوزان دوره‌های زمانی (η_t) می‌تواند به‌وسیلهٔ روش‌های مختلفی از جمله نظر تصمیم‌گیرنده، مانند [۲۹] یا براساس انواع تابع توزیع احتمال، مانند تابع توزیع احتمال BUM در [۷]، تابع توزیع گاما در [۳۰]، تابع توزیع نرمال [۱۳] و... تعیین شود. در ادامه، کاربرد تابع توزیع احتمال BUM برای تعیین بردار اوزان دوره‌های زمانی (η_t) تشریح می‌شود [۷].

تعریف ۱۰: تابع BUM، $Q: [0,1] \rightarrow [0,1]$ تابعی است با خواص زیر:

i) $Q(0) = 0$
ii) $Q(1) = 1$
iii) $Q(x) \geq Q(y) if x > y$

که در آن، Q تابع فاصله واحد یکنواخت عمومی نامیده می شود. با استفاده از این تابع می‌توان بردار اوزان (η_t) را به‌صورت زیر محاسبه کرد:

$$\eta_{t_k} = Q\left(\frac{k}{p}\right) - Q\left(\frac{k-1}{p}\right) \; ; k = 1,2, \dots, p \quad (۱۵)$$

حال اگر $Q(x) = (x)^r$ و $r>0$، داریم:

$$\eta_{t_k} = Q\left(\frac{k}{p}\right) - Q\left(\frac{k-1}{p}\right) = \left(\frac{k}{p}\right)^r - \left(\frac{k-1}{p}\right)^r = \left(\frac{k}{p}\right)^r - \left(\frac{k}{p} - \frac{1}{p}\right)^r \; , k = 1,2, \dots, p \quad (۱۶)$$

و

$$\frac{\partial\left(\eta_{t_k}\right)}{\partial(r)} = r\left(\frac{k}{p}\right)^{r-1} - r\left(\frac{k}{p} - \frac{1}{p}\right)^{r-1} = r\left(\left(\frac{k}{p}\right)^{r-1} - \left(\frac{k}{p} - \frac{1}{p}\right)^{r-1}\right) \quad (۱۷)$$

بنابراین،

الف- اگر $r>1$، $\frac{\partial\left(\eta_{t_k}\right)}{\partial(r)}>0$ بنابراین η_{t_k} اکیداً افزایشی است.

ب- اگر $r = 1$، $\frac{\partial\left(\eta_{t_k}\right)}{\partial(r)} = 0$ بنابراین η_{t_k} یکنواخت است.

ج- اگر $r<1$، $\frac{\partial\left(\eta_{t_k}\right)}{\partial(r)}<0$ بنابراین η_{t_k} اکیداً کاهشی است.

۱- روش تصمیم‌گیری چندشاخصه چنددوره‌ای براساس اعداد فازی ذوزنقه‌ای نوع-۲ فاصله‌ای

یک مسئله تصمیم‌گیری با n شاخص C_1، C_2، ...، C_n، m گزینه A_1، A_2، ...، A_m، S تصمیم‌گیرنده DM_1، DM_2، ...، DM_S در p دوره زمانی $t_1, t_2, \dots, t_p$ را در نظر بگیرید، فرض کنید $x_{ijl}^{(t_k)}$ یک IT2TraFN معادل یک عبارت زبانی برای ارزش jامین شاخص از iامین گزینه باشد که به‌وسیلهٔ تصمیم‌گیرنده lام در kامین دوره زمانی تعیین شده و به‌صورت یک IT2TraFN است، به طوری که:

[1] Idempotency
[2] Boundedness
[3] Monotonicity

www.SID.ir

Archive of SID

$$\tilde{x}_{ijl}^{(t_k)} = \left(\tilde{x}_{ijl}^{(t_k)U}, \tilde{x}_{ijl}^{(t_k)L}\right) = \begin{pmatrix} \left(x_{ijlT}^{(t_k)U}, T=1,2,3,4; H_q\left(\tilde{x}_{ijl}^{(t_k)U}\right), q=1,2\right), \\ \left(x_{ijl1}^{(t_k)L}, T=1,2,3,4; H_q\left(\tilde{x}_{ijl}^{(t_k)L}\right), q=1,2\right) \end{pmatrix}$$

بنابراین، اگر $\pi = (\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_S)^T$ بردار اوزان تصمیم گیرندگان، $\widetilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \tilde{w}_3, \dots, \tilde{w}_n)^T$ بردار اوزان شاخص‌ها و $\eta_t = \left(\eta_{t_1}, \eta_{t_2}, \eta_{t_3} \dots, \eta_{t_p}\right)^T$ بردار اوزان دوره‌های زمانی باشد، روش پیشنهادی مطابق گام‌های زیر ارائه می‌شود.

. در این t_k **گام ۱:** تشکیل ماتریس تصمیم برای دوره زمانی به‌صورت زیر تشکیل می‌شود: $\widetilde{D}^{(t_k)}$ گام، ماتریس تصمیم

$$\widetilde{D}^{(t_k)} = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} \tilde{c}_1 & \tilde{c}_2 & \cdots & \tilde{c}_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11}^{(t_k)} & \tilde{x}_{12}^{(t_k)} & \cdots & \tilde{x}_{1n}^{(t_k)} \\ \tilde{x}_{21}^{(t_k)} & \tilde{x}_{22}^{(t_k)} & \cdots & \tilde{x}_{2n}^{(t_k)} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \tilde{x}_{i1}^{(t_k)} & \tilde{x}_{i2}^{(t_k)} & \cdots & \tilde{x}_{in}^{(t_k)} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1}^{(t_k)} & \tilde{x}_{m2}^{(t_k)} & & \tilde{x}_{mn}^{(t_k)} \end{bmatrix} \end{array}$$

$i = 1,2, \dots, m \;\; ; j = 1,2, \dots, n; k = 1,2, \dots, p,$

جایی که:

$$\tilde{x}_{ij}(t_k) = \oplus_{l=1}^{S} \pi_l . \tilde{x}_{ijl}(t_k) \qquad (۱۸)$$

که در آن $\tilde{x}_{ij}^{(t_k)}$ میانگین حسابی نظرات S تصمیم‌گیرنده در مورد ارزش jامین شاخص از iامین گزینه در دوره زمانی kام است.

گام ۲: به‌کارگیری عملگر $DTIT2FNWA$ و تشکیل ماتریس تصمیم کلی. در این گام، ارزش شاخص‌ها در p دوره زمانی با استفاده از عملگر $DTIT2FNWA$ به‌صورت زیر ادغام می‌شود:

$$\begin{aligned} \tilde{r}_{ij} &= \\ {}'TIT2FNWA_{\eta_t}(\tilde{x}_{i1}(t_k), \tilde{x}_{i2}(t_k), \dots \tilde{x}_{in}(t_k)) &= \\ \left(\sum_{k=1}^{p} \eta_{t_k} \otimes \tilde{x}_{ij}^{U}(t_k), \sum_{k=1}^{p} \eta_{t_k} \otimes \tilde{x}_{ij}^{L}(t_k)\right) &= \\ i = \begin{pmatrix} \left(\sum_{k=1}^{p} \eta_{t_k} \times x_{ijTt_k}^{U}, T=1,2,3,4\right), \\ ; \min_k \left(H_q\left(\tilde{x}_{ij}^{U}(t_k)\right)\right), q=1,2 \end{pmatrix}, & \qquad (۱۹) \\ \begin{pmatrix} \left(\sum_{k=1}^{p} \eta_{t_k} \times x_{ijTt_k}^{L}, T=1,2,3,4\right) \\ ; \min_k \left(H_q\left(\tilde{x}_{ij}^{L}(t_k)\right)\right), q=1,2 \end{pmatrix}; & \\ 1,2, \dots, m \;;\; j = 1,2, \dots, n. & \end{aligned}$$

حال با توجه به رابطه (۱۹)، ماتریس تصمیم کلی به‌صورت $\tilde{R} = \left[\tilde{r}_{ij}\right]_{m \times n}$ حاصل می‌شود.

گام ۳: محاسبه بردار امتیاز فازی گزینه‌ها.

بردار امتیاز گزینه‌ها $\tilde{V} = [\tilde{v}_i]_{m \times 1}$ با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$\tilde{v}_i = \frac{\left(\sum_{j=1}^{n} \tilde{w}_j \otimes \tilde{r}_{ij}\right)}{\gamma}; i = 1,2, \dots, m; \qquad (۲۰)$$

$$\gamma = \begin{cases} \max_i(\tilde{v}_{iT}) \; if \; \max_i(\tilde{v}_{iT}) > 1 \\ 1 \qquad\qquad if \; \max_i(\tilde{v}_{iT}) \le 1 \end{cases}; \quad T = 1,2,3,4$$

جایی که:

$$\tilde{v}_i = \left(\tilde{v}_i{}^U, \tilde{v}_i{}^L\right) = \begin{pmatrix} \left(\tilde{v}_{iT}{}^U; T=1,2,3,4; H_q\left(\tilde{v}_i{}^U\right), q=1,2\right), \\ \left(\tilde{v}_{iT}{}^L; T=1,2,3,4; H_q\left(\tilde{v}_i{}^L\right), q=1,2\right) \end{pmatrix}$$

و

$$\widetilde{scor}(A_i) = \tilde{v}_i; i = 1,2, \dots, m \qquad (۲۱)$$

جایی که $\widetilde{scor}(A_i)$ امتیاز فازی گزینه A_i است.

گام ۴: رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس امتیاز گزینه‌ها.

در این گام، گزینه A^* به‌عنوان بهترین گزینه انتخاب می‌شود، اگر $A^* = \max_i \widetilde{scor}(A_i)$ و بر همین اساس سایر گزینه ها در رتبه‌های بعد قرار می‌گیرند. برای مقایسه گزینه‌ها می توان از ترجیحات فازی، مانند دیفازی‌سازی نیز استفاده کرد؛ اما برای مقایسه بهتر می‌توان با استفاده از رسم اشکال مقادیر فازی، تحلیل ترجیحات بر روی رتبه‌های فازی را انجام داد.

۲- مثال‌های کاربردی

در این بخش، برای اعتباربخشی و تعیین کارایی روش پیشنهادی، ابتدا مثال کاربردی ارائه‌شده در [۱۵] مورد تحلیل قرار می‌گیرد و نتایج حاصل با هم مقایسه می‌شود. سپس مطالعه‌ای موردی در زمینه ارزیابی ابعاد کیفیت خدمات حمل‌ونقل عمومی، مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

۴-۱- مثال کاربردی ۱

در این بخش، مثال کاربردی ارائه‌شده در [۱۵] مورد استفاده قرار می‌گیرد. همان گونه که بیان شد، T2FS توسعه یافته

www.SID.ir

Archive of SID

T1FS است؛ اما در [۱۵]، با این استدلال که 2-tuple فازی توان توضیح‌دهندگی جنبه‌های بیشتری از ابهام موجود در کلمات نسبت به T1FS دارند، از این ابزار برای کمک به ارائه روش DMADM استفاده کردند. بنابراین ما آن را به‌عنوان یک رقیب جدی IT2FS در نظر می‌گیریم. پس ابتدا مثال ارائه‌شده در [۱۵] با استفاده از روش پیشنهادی تحلیل شده، سپس نتایج به‌دست‌آمده با هم مقایسه می‌شوند.

دولت چین در سال ۲۰۰۸ تصمیم گرفت یک عملیات تحقیق و توسعه در صنعت هوانوردی تجاری، به‌منظور افزایش ظرفیت اقتصادی و تولیدی در این زمینه انجام دهد. یکی از مهم‌ترین قسمت‌های این فرایند، ارزیابی فروشندگان است که براساس شاخص‌هایی انجام می‌گیرد که عملکرد آنان به دلیل طولانی بودن فرایند انجام کار، در چند دوره زمانی، ملاک تصمیم گیری قرار می‌گیرد. بر این اساس، ارزیابی پنج فروشنده (A_1, A_2, A_3, A_4, A_5) یک سیستم ناوبری الکترونیکی در این فرایند مطالعه می‌شود. برنامه زمان‌بندی (C_1)،کیفیت (C_2)، فناوری (C_3) و سطح خدمات (C_4) به‌عنوان شاخص‌های مسئله در نظر گرفته می‌شوند که طی دوره سه‌ساله، به‌وسیلهٔ سه کارشناس مورد ارزیابی قرار می‌گیرند (جدول (۲)). در این تحقیق، اوزان خبرگان بردار $\pi = (0.2,0.2,0.6)^T$، اوزان شاخص‌ها بردار $W = (0.45,0.40,0.1,0.05)^T$ و اوزان دوره‌های زمانی به‌صورت بردار $\eta_t = (1/3,1/3,1/3)^T$ در نظر گرفته می‌شود و ارزش شاخص‌ها با استفاده از نظرات کارشناسان (DM_1, DM_2, DM_3) به دست آمده است که در جدول ۲ قابل مشاهده است [۱۵]. بر این اساس، مراحل انجام روش پیشنهادی طی گام‌های زیر ارائه می‌شود.

جدول ۲. ارزش‌های زبانی شاخص‌های ارزیابی‌شده به‌وسیلهٔ کارشناسان در سه دوره زمانی در مثال ۱

DM_1																	
t_1						**t_2**						**t_3**					
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
C_1	M	B	VB	B	MB	C_1	MG	M	B	MG	MG	C_1	VG	MG	B	G	G
C_2	B	M	B	MB	VB	C_2	M	G	MB	B	MB	C_2	B	G	B	VG	MG
C_3	VB	B	M	VB	MB	C_3	B	B	MG	MG	MB	C_3	VB	G	M	B	G
C_4	VB	VB	MB	M	B	C_4	B	MB	B	G	G	C_4	MG	MB	G	G	B
DM_2																	
t_1						**t_2**						**t_3**					
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
C_1	B	B	B	B	MB	C_1	MB	M	M	MB	B	C_1	MG	M	MB	MG	M
C_2	B	MB	B	MB	B	C_2	B	MG	B	M	MG	C_2	VB	VG	VB	G	MG
C_3	VB	B	M	B	MB	C_3	MB	MB	G	M	MB	C_3	MB	B	MG	B	MB
C_4	MB	VB	MB	M	B	C_4	M	MB	MB	MG	B	C_4	B	MB	G	MG	G
DM_3																	
t_1						**t_2**						**t_3**					
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
C_1	B	B	B	MB	B	C_1	B	M	B	MB	MB	C_1	VB	G	MB	M	MG
C_2	B	MB	B	M	VB	C_2	VB	MG	MB	G	B	C_2	VB	VG	B	MG	MB
C_3	VB	B	MB	B	VB	C_3	MB	MB	MG	MB	B	C_3	G	B	M	MB	B
C_4	B	VB	MB	M	B	C_4	M	MB	MB	MG	VB	C_4	B	MB	MG	G	G

www.SID.ir

Archive of SID

گام ۱: تشکیل ماتریس تصمیم برای دوره زمانی t_k.
در این گام، با استفاده از رابطه (۱۸) میانگین حسابی نظرات کارشناسان به‌عنوان ارزش هر شاخص در نظر گرفته می‌شود که در جدول ۳ قابل مشاهده است.
گام ۲: به‌کارگیری عملگر $DTIT2FNWA$ و تشکیل ماتریس تصمیم کلی.
گام ۳: محاسبهٔ بردار امتیاز گزینه‌ها.
در این گام، ابتدا با اعمال اوزان شاخص‌ها، ماتریس حاصل از گام ۲ وزین می‌شود. سپس بردار امتیاز گزینه‌ها با استفاده از روابط (۲۰) و (۲۱) تعیین می‌شود که نتایج حاصل در جدول (۵) قابل مشاهده است. با توجه به جدول ۵، می‌توان دریافت که $\gamma = 1$ و مقادیر داده‌ها با مقدار نرمالیزه‌شده آن‌ها برابر است.
گام ۴: رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس امتیاز گزینه‌ها.

جدول ۳. میانگین حسابی شاخص‌های ارزیابی‌شده به‌وسیلهٔ سه تصمیم‌گیرنده در سه دوره زمانی در مثال ۱

دوره زمانی	شاخص‌ها/ گزینه‌ها	C_1	C_2	C_3	C_4
t_1	A_1	((۰/۱۱,۰/۲۱,۰/۳۱,۰/۴۱; ۱,۱),(۰/۱۶,۰/۲۶,۰/۲۶,۳ ۰/۶;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۵,۰/۱۵,۰/۲۵,۰/۳۵; ۱,۱),(۰/۱,۰/۲,۰/۲,۰/۳;۹ ۰/۵,۰/۹۵))	((۰,۰,۰/۱,۰/۲;۱,۱),(۰,۰ ,۰/۰۵,۰/۱۵;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۷,۰/۱۵,۰/۲۵,/۳۵ ۰;۱,۱),(۰/۱۱,۰/۱۹,/۲ ۰,۰/۳;۰/۹۵,۰/۹۵))
	A_2	((۰/۰۵,۰/۱۵,۰/۲۵,۰/۳۵; ۱,۱),(۰/۱,۰/۲,۰/۲,۰/۳;۹ ۰/۵,۰/۹۵))	((۰/۲۳,۰/۳۳,۰/۴۳,۰/۵۳; ۱,۱),(۰/۲۸,۰/۳۸,۰/۳۸,۴ ۰/۸;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۵,۰/۱۵,۰/۲۵,۰/۳۵; ۱,۱),(۰/۱,۰/۲,۰/۲,۰/۳;۹ ۰/۵,۰/۹۵))	((۰,۰,۰/۱,۰/۲;۱,۱),(۰ ,۰,۰/۰۵,۰/۱۵;۰/۹۵,۹۵ ۰/))
	A_3	((۰/۰۴,۰/۱۲,۰/۲۲,۰/۳۲; ۱,۱),(۰/۰۸,۰/۱۶,۰/۱۷,۲ ۰/۷;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۵,۰/۱۵,۰/۲۵,۰/۳۵; ۱,۱),(۰/۱,۰/۲,۰/۲,۰/۳;۹ ۰/۵,۰/۹۵))	((۰/۲۶,۰/۳۶,۰/۴۶,۰/۵۶; ۱,۱),(۰/۳۱,۰/۴۱,۰/۴۱,۵ ۰/۱;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۲,۰/۳,۰/۴,۰/۵;۱,۱),(۰/۲۵,۰/۳۵,۰/۳۵,/۴۵ ۰;۰/۹۵,۰/۹۵))
	A_4	((۰/۱۴,۰/۲۴,۰/۳۴,۰/۴۴; ۱,۱),(۰/۱۹,۰/۲۹,۰/۲۹,۳ ۰/۹;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۲۹,۰/۳۹,۰/۴۹,۰/۵۹; ۱,۱),(۰/۳۴,۰/۴۴,۰/۴۴,۵ ۰/۴;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۴,۰/۱۲,۰/۲۲,۰/۳۲; ۱,۱),(۰/۰۸,۰/۱۶,۰/۱۷,۲ ۰/۷;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۳۵,۰/۴۵,۰/۵۵,/۶۵ ۰;۱,۱),(۰/۴,۰/۵,۰/۵,/۶ ۰;۰/۹۵,۰/۹۵))
	A_5	((۰/۱۱,۰/۲۱,۰/۳۱,۰/۴۱; ۱,۱),(۰/۱۶,۰/۲۶,۰/۲۶,۳ ۰/۶;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۱,۰/۰۳,۰/۱۳,۰/۲۳; ۱,۱),(۰/۰۲,۰/۰۴,۰/۰۸,۱ ۰/۸;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۸,۰/۱۲,۰/۲۲,۰/۳۲; ۱,۱),(۰/۱,۰/۱۴,۰/۱۷,/۲۷ ۰;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۵,۰/۱۵,۰/۲۵,/۳۵ ۰;۱,۱),(۰/۱,۰/۲,۰/۲,۳ ۰/;۰/۹۵,۰/۹۵))
t_2	A_1	((۰/۱۷,۰/۲۷,۰/۳۷,۰/۴۷; ۱,۱),(۰/۲۲,۰/۳۲,۰/۳۲,۴ ۰/۲;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۸,۰/۱۲,۰/۲۲,۰/۳۲; ۱,۱),(۰/۱,۰/۱۴,۰/۱۷,/۲۷ ۰;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۱۷,۰/۲۷,۰/۳۷,۰/۴۷; ۱,۱),(۰/۲۲,۰/۳۲,۰/۳۲,۴ ۰/۲;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۲۹,۰/۳۹,۰/۴۹,/۵۹ ۰;۱,۱),(۰/۳۴,۰/۴۴,۴۴ ۰/,۰/۵۴;۰/۹۵,۰/۹۵))
	A_2	((۰/۳۵,۰/۴۵,۰/۵۵,/۶۵; ۱,۱),(۰/۴,۰/۵,۰/۵,۰/۶;۹ ۰/۵,۰/۹۵))	((۰/۵۳,۰/۶۳,۰/۷۳,۰/۸۳; ۱,۱),(۰/۵۸,۰/۶۸,۰/۶۸,۷ ۰/۸;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۱۷,۰/۲۷,۰/۳۷,۰/۴۷; ۱,۱),(۰/۲۲,۰/۳۲,۰/۳۲,۴ ۰/۲;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۲,۰/۳,۰/۴,۰/۵;۱,۱),(۰/۲۵,۰/۳۵,۰/۳۵,/۴۵ ۰;۰/۹۵,۰/۹۵))
	A_3	((۰/۱۱,۰/۲۱,۰/۳۱,۰/۴۱; ۱,۱),(۰/۱۶,۰/۲۶,۰/۲۶,۳ ۰/۶;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۲,۰/۳,۰/۴,۰/۵;۱,۱),(۰/۲۵,۰/۳۵,۰/۳۵,۰/۴۵;۹۵ ۰/,۰/۹۵))	((۰/۵۳,۰/۶۳,۰/۷۳,۰/۸۳; ۱,۱),(۰/۵۸,۰/۶۸,۰/۶۸,۷ ۰/۸;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۱۷,۰/۲۷,۰/۳۷,/۴۷ ۰;۱,۱),(۰/۲۲,۰/۳۲,۳۲ ۰/,۰/۴۲;۰/۹۵,۰/۹۵))
	A_4	((۰/۲۶,۰/۳۶,۰/۴۶,۰/۵۶; ۱,۱),(۰/۳۱,۰/۴۱,۰/۴۱,۵ ۰/۱;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۴۷,۰/۵۷,۰/۶۷,۰/۷۷; ۱,۱),(۰/۵۲,۰/۶۲,۰/۶۲,۷ ۰/۲;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۲۹,۰/۳۹,۰/۴۹,۰/۵۹; ۱,۱),(۰/۳۴,۰/۴۴,۰/۴۴,۵ ۰/۴;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۵۳,۰/۶۳,۰/۷۳,/۸۳ ۰;۱,۱),(۰/۵۸,۰/۶۸,/۶۸ ۰,۰/۷۸;۰/۹۵,۰/۹۵))

www.SID.ir

Archive of SID

	A_5	((۰/۲۳,۰/۳۳,۰/۴۳,۰/۵۳;۱,۱),(۰/۲۸,۰/۳۸,۰/۳۸,۴;۰/۸;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۱۷,۰/۲۷,۰/۳۷,۰/۴۷;۱,۱),(۰/۲۲,۰/۳۲,۰/۳۲,۴;۰/۲;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۱۱,۰/۲۱,۰/۳۱,۰/۴۱;۱,۱),(۰/۱۶,۰/۲۶,۰/۲۶,۳;۰/۶;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۱۴,۰/۱۸,۰/۲۸,/۳۸;۰;۱,۱),(۰/۱۶,۰/۲,/۲۳;۰,۰/۳۳;۰/۹۵,۰/۹۵))
t_2	A_1	((۰/۲۶,۰/۳,۰/۴,۰/۴۸;۱,۱),(۰/۲۸,۰/۳۲,۰/۳۶,۰/۴۴;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۱,۰/۰۳,۰/۱۳,۰/۲۳;۱,۱),(۰/۰۲,۰/۰۴,۰/۰۸,۱;۰/۸;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۴۳,۰/۵۱,۰/۶۱,۰/۷۱;۱,۱),(۰/۴۷,۰/۵۵,۰/۵۶,۶;۰/۶;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۱۴,۰/۲۴,۰/۳۴,/۴۴;۰;۱,۱),(۰/۱۹,۰/۲۹,۲۹;۰/,۰/۳۹;۰/۹۵,۰/۹۵))
	A_2	((۰/۵۶,۰/۶۶,۰/۷۶,۰/۸۶;۱,۱),(۰/۶۱,۰/۷۱,۰/۷۱,/۸۱;۰;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۷۷,۰/۸۷,۰/۹۷,۰/۹۹;۱,۱),(۰/۸۲,۰/۹۲,۰/۹۶,۹;۰/۸;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۱۷,۰/۲۷,۰/۳۷,۰/۴۷;۱,۱),(۰/۲۲,۰/۳۲,۰/۳۲,۴;۰/۲;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۲,۰/۳,۰/۴,۰/۵;۱,۱),(۰/۲۵,۰/۳۵,۰/۳۵,/۴۵;۰;۰/۹۵,۰/۹۵))
	A_3	((۰/۱۷,۰/۲۷,۰/۳۷,۰/۴۷;۱,۱),(۰/۲۲,۰/۳۲,۰/۳۲,۴;۰/۲;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۴,۰/۱۲,۰/۲۲,۰/۳۲;۱,۱),(۰/۰۸,۰/۱۶,۰/۱۷,۲;۰/۷;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۳۸,۰/۴۸,۰/۵۸,۰/۶۸;۱,۱),(۰/۴۳,۰/۵۳,۰/۵۳,۶;۰/۳;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۵۶,۰/۶۶,۰/۷۶,/۸۶;۰;۱,۱),(۰/۶۱,۰/۷۱,۷۱;۰/,۰/۸۱;۰/۹۵,۰/۹۵))
	A_4	((۰/۴۴,۰/۵۴,۰/۶۴,۰/۷۴;۱,۱),(۰/۴۹,۰/۵۹,۰/۵۹,۶;۰/۹;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۵۹,۰/۶۹,۰/۷۹,۰/۸۷;۱,۱),(۰/۶۴,۰/۷۴,۰/۷۵,۸;۰/۳;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۱۴,۰/۲۴,۰/۳۴,۰/۴۴;۱,۱),(۰/۱۹,۰/۲۹,۰/۲۹,۳;۰/۹;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۶۲,۰/۷۲,۰/۸۲,/۹۲;۰;۱,۱),(۰/۶۷,۰/۷۷,۷۷;۰/,۰/۸۷;۰/۹۵,۰/۹۵))
	A_5	((۰/۵,۰/۶,۰/۷,۰/۸;۱,۱),(۰/۵۵,۰/۶۵,۰/۶۵,۰/۷۵;۹۵;۰/,۰/۹۵))	((۰/۳۲,۰/۴۲,۰/۵۲,۰/۶۲;۱,۱),(۰/۳۷,۰/۴۷,۰/۴۷,۵;۰/۷;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۲,۰/۳,۰/۴,۰/۵;۱,۱),(۰/۲۵,۰/۳۵,۰/۳۵,۰/۴۵;۹۵;۰/,۰/۹۵))	((۰/۵۳,۰/۶۳,۰/۷۳,/۸۳;۰;۱,۱),(۰/۵۸,۰/۶۸,/۶۸;۰,۰/۷۸;۰/۹۵,۰/۹۵))

جدول ۴. ماتریس تصمیم ادغام‌شده وزنی حاصل از سه دوره زمانی در مثال ۱

شاخص‌ها/ گزینه‌ها	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	((۰/۰۸,۰/۱۲,۰/۱۶,۰/۲;۱,۱),(۰/۱,۰/۱۴,۰/۱۴,۰/۱۸;/۹۵;۰,۰/۹۵))	((۰/۰۲,۰/۰۴,۰/۰۸,۰/۱۲;۱,۱),(۰/۰۳,۰/۰۵,۰/۰۶,/۱;۰;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۲,۰/۰۳,۰/۰۴,۰/۰۵;۱,۱),(۰/۰۲,۰/۰۳,۰/۰۳,۰/۰۴;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۱,۰/۰۱,۰/۰۲,۰/۰۲;۱,۱),(۰/۰۱,۰/۰۲,۰/۰۲,۰/۰۲;۰/۹۵,۰/۹۵))
A_2	((۰/۱۴,۰/۱۹,۰/۲۳,۰/۲۸;۱,۱),(۰/۱۷,۰/۲۱,۰/۲۱,۰/۲۶;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۲,۰/۲۴,۰/۲۸,۰/۳۱;۱,۱),(۰/۲۲,۰/۲۶,۰/۲۷,۰/۳;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۱,۰/۰۲,۰/۰۳,۰/۰۴;۱,۱),(۰/۰۲,۰/۰۳,۰/۰۳,۰/۰۴;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۱,۰/۰۱,۰/۰۲,۰/۰۲;۱,۱),(۰/۰۱,۰/۰۱,۰/۰۱,۰/۰۲;۰/۹۵,۰/۹۵))
A_3	((۰/۰۵,۰/۰۹,۰/۱۴,۰/۱۸;۱,۱),(۰/۰۷,۰/۱۱,۰/۱۱,۰/۱۶;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۴,۰/۰۸,۰/۱۲,۰/۱۶;۱,۱),(۰/۰۶,۰/۰۹,۰/۱,/۱۴;۰;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۴,۰/۰۵,۰/۰۶,۰/۰۷;۱,۱),(۰/۰۴,۰/۰۵,۰/۰۵,۰/۰۶;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۲,۰/۰۲,۰/۰۳,۰/۰۳;۱,۱),(۰/۰۲,۰/۰۲,۰/۰۲,۰/۰۳;۰/۹۵,۰/۹۵))
A_4	((۰/۱۳,۰/۱۷,۰/۲۲,۰/۲۶;۱,۱),(۰/۱۵,۰/۱۹,۰/۱۹,۰/۲۴;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۱۸,۰/۲۲,۰/۲۶,۰/۳;۱,۱),(۰/۲,۰/۲۴,۰/۲۴,۰/۲۸;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۲,۰/۰۳,۰/۰۴,۰/۰۵;۱,۱),(۰/۰۲,۰/۰۳,۰/۰۳,۰/۰۴;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۳,۰/۰۳,۰/۰۴,۰/۰۴;۱,۱),(۰/۰۳,۰/۰۳,۰/۰۳,۰/۰۴;۰/۹۵,۰/۹۵))
A_5	((۰/۱۳,۰/۱۷,۰/۲۲,۰/۲۶;۱,۱),(۰/۱۵,۰/۱۹,۰/۱۹,۰/۲۴;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۷,۰/۱,۰/۱۴,۰/۱۸;۱,۱),(۰/۰۸,۰/۱۱,۰/۱۲,/۱۶;۰;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۱,۰/۰۲,۰/۰۳,۰/۰۴;۱,۱),(۰/۰۲,۰/۰۳,۰/۰۳,۰/۰۴;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۱,۰/۰۲,۰/۰۲,۰/۰۳;۱,۱),(۰/۰۱,۰/۰۲,۰/۰۲,۰/۰۲;۰/۹۵,۰/۹۵))

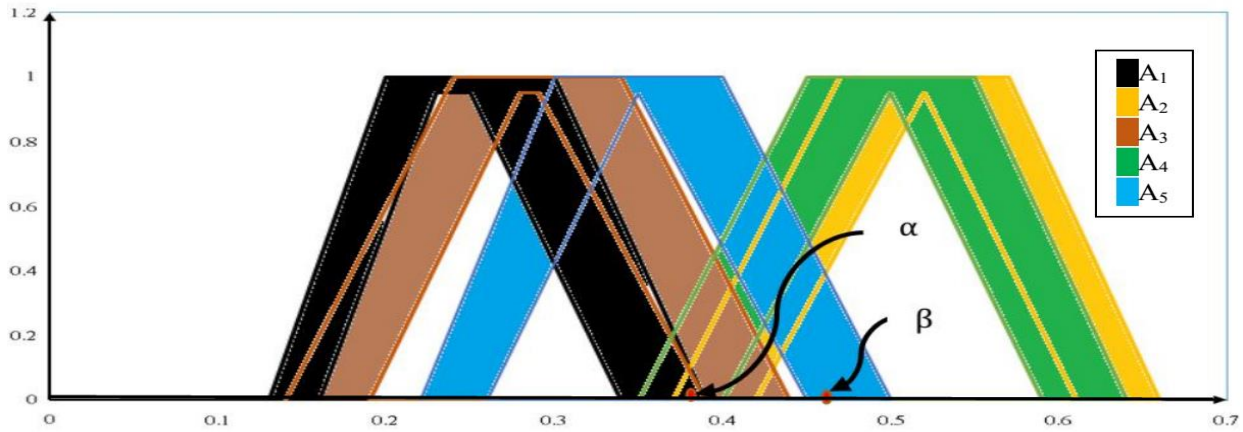
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. رتبه فازی گزینه‌ها و مقدار دیفازی‌شده آن‌ها در مثال ۱

گزینه‌ها	امتیاز فازی گزینه‌ها	مقدار دیفازی امتیاز گزینه‌ها	رتبه گزینه‌ها
A_1	((۰/۱۳,۰/۲,۰/۳,۰/۳۹;۱,۱),(۰/۱۶,۰/۲۳,۰/۲۵,۰/۳۴;۰/۹۵,۰/۹۵))	۵/۲۸۵	۵
A_2	((۰/۳۷,۰/۴۷,۰/۵۷,۰/۶۶;۱,۱),(۰/۴۲,۰/۵۲,۰/۵۲,۰/۶۱;۰/۹۵,۰/۹۵))	۶/۸۸۹	۱
A_3	((۰/۱۴,۰/۲۴,۰/۳۴,۰/۴۴;۱,۱),(۰/۱۹,۰/۲۸,۰/۲۹,۰/۳۹;۰/۹۵,۰/۹۵))	۵/۵۰۸	۴
A_4	((۰/۳۵,۰/۴۵,۰/۵۵,۰/۶۴;۱,۱),(۰/۴,۰/۵,۰/۵,۰/۵۹;۰/۹۵,۰/۹۵))	۶/۷۶۸	۲
A_5	((۰/۲۲,۰/۳,۰/۴,۰/۵;۱,۱),(۰/۲۶,۰/۳۵,۰/۳۵,۰/۴۵;۰/۹۵,۰/۹۵))	۵/۹۲۳	۳

با توجه به جدول ۵ و شکل (۲)، نتایج حاصل از رتبه‌بندی گزینه‌ها نشان می‌دهد که رتبه‌بندی به‌دست‌آمده با استفاده از روش پیشنهادی به‌صورت ($A_2 \gtrsim A_4 \gtrsim A_5 \gtrsim A_3 \gtrsim A_1$) است، ($\gtrsim$ به معنی ارجح یا معادل) که در مقایسه با رتبه‌بندی در روش [۱۵]، ($A_2 \succ A_4 \succ A_5 \succ A_3 \succ A_1$)، ($\succ$ به معنی ارجح) دارای نتایج مشابه و کامل‌تری است؛ زیرا دستیابی به رتبه فازی براساس نتایج حاصل، کمک می‌کند پوشش عدم قطعیت موجود در عبارات زبانی تا پایان فرایند الگوریتم حفظ شود؛ اما دیفازی‌سازی در حین فرایند الگوریتم، باعث از بین رفتن بخشی از اطلاعات می‌شود. به‌عنوان مثال، در نقطه α رتبه‌بندی گزینه‌ها به‌صورت ($A_1 \approx A_2 \approx A_3 \approx A_4 \approx A_5$)، ($\approx$ به معنی معادل) است یا در نقطه β رتبه‌بندی گزینه‌ها به‌صورت ($A_2 \approx A_4 \approx A_5 \succ A_3 \succ A_1$) است؛ اما در هر صورت رتبه‌بندی به‌دست‌آمده در روش پیشنهادی، رتبه‌بندی حاصل از روش [۱۵] را نیز پوشش می‌دهد.



شکل ۲. شکل رتبه فازی گزینه‌ها در مثال کاربردی ۱

۴-۲- مثال کاربردی ۲

مثال قبل، کارایی و ترجیحات روش پیشنهادی را مورد تایید قرار داد، حال در این بخش، با استفاده از روش پیشنهادی، ابعاد کیفیت خدمات سناریوهای حمل‌ونقل عمومی، به‌عنوان یک مثال کاربردی واقعی، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

کیفیت خدمات، نتیجهٔ ادراکات مشتری از خدمات ارائه‌شده است و به‌عنوان عامل سنجش رضایت مشتری شناخته می شود [۳۱]. در سال ۱۹۸۸ پاراسورامان و همکاران، پنج بعد برای اندازه‌گیری کیفیت خدمات شناسایی کردند که عبارت‌اند از: قابلیت اطمینان[1]، ضمانت[2]، ملموسات[3]، همدلی[4] و پاسخ‌گویی[5] (جدول ۷). بر اساس این ابعاد، سطح کیفیت خدمات سازمان‌های خدماتی مشخص می‌شود [۳۱]. استفاده های مکرر از ساختار این ابعاد در سنجش کیفیت خدمات، آن

[1] Reliability
[2] Assurance
[3] Tangibles
[4] Empathy
[5] Responsiveness

www.SID.ir

Archive of SID

را به معتبرترین ابعاد سنجش کیفیت خدمات تبدیل کرده است [۲]. معمولاً برای ارزیابی کیفیت خدمات با استفاده از روش MADM، ابعاد معرفی‌شده، به‌عنوان شاخص‌های مسئله، در نظر گرفته می‌شوند؛ یعنی به‌صورت متغیرهای زبانی ظاهر می‌شوند. ارزش متغیرهای زبانی، براساس قضاوت های ذهنی تصمیم‌گیرندگان از سطح شاخص‌های کیفیت خدمات حاصل می‌شود. این تصمیم‌گیرندگان می‌توانند مشتریان، کارکنان سازمان یا افراد خبره در خارج از سازمان باشند [۲]. کیفیت خدمات، مفهومی پویاست که مشتریان به طور مستمر آن را لمس می‌کنند. پیچیدگی و تغییرات رفتار مشتریان در شرایط اقتصادی، اجتماعی و تکنولوژیکی متفاوت، باعث شده تعیین و اولویت نیازهای مشتریان با ارزیابی‌های مقطعی قابل تشخیص نباشد. بنابراین استفاده از روشی چنددوره‌ای برای ارزیابی و تصمیم‌گیری مناسب برای مدیریت مستمر در زمینه کیفیت خدمات، راهگشاست. در این مطالعه از یک مثال کاربردی واقعی استفاده شده و هدف آن، ارزیابی ابعاد کیفیت خدمات حمل‌ونقل درون‌شهری در شهرکرد است که تحت نظارت مدیریت حمل‌ونقل شهری اداره می‌شود. بدین منظور از دیدگاه یک گروه خبره سه‌نفره شامل یک نفر از مدیران بخش حمل‌ونقل عمومی، یک نفر از کارشناسان دانشگاهی و یک نفر از مدیران بخش نظارتی، برای سه دوره زمانی طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶، استفاده شده است که اطلاعات اولیه آن، شامل دیدگاه‌های خبرگان در جدول ۸ آمده است. سناریوهای مورد بررسی شامل سه گزینه اتوبوس، تاکسی گردشی و تاکسی خطی است که تحت نظارت بخش دولتی مدیریت می‌شوند و بخش عمده سفرهای شهری با استفاده از آن‌ها صورت می‌گیرد. هدف، ارزیابی ابعاد کلی کیفیت خدمات در سناریوهای حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری طی سه دوره زمانی، برای شناسایی روند بهبودی کیفیت خدمات هریک از گزینه‌هاست. اوزان گروه خبره به‌صورت برابر، یعنی $\pi = \left(\frac{1}{3},\frac{1}{3},\frac{1}{3}\right)^T$ در نظر گرفته شده است؛ زیرا دانش این افراد به‌وسیله تحلیلگر به‌صورت برابر ارزیابی شد و این گروه، اوزان ابعاد کیفیت خدمات را به‌صورت ذهنی ارائه دادند که میانگین حسابی آن مطابق جدول ۶ حاصل گردید. اوزان دوره‌های زمانی، براساس نظر گروه خبره با استفاده از روابط (۱۲)، (۱۳) و (۱۴) به‌ازای $r = 1.5$ به‌صورت $\eta_t = (1/3,1/3,1/3)^T$ محاسبه شد. بر این اساس، روش پیشنهادی طی گام‌های زیر انجام می‌گیرد.

جدول ۶. معادل فازی نوع-۲ فاصله‌ای میانگین اوزان ذهنی شاخص‌ها در مثال ۲

شاخص‌ها	میانگین اوزان ذهنی شاخص‌ها
$\mathbf{C_1}$	((۰/۷۷,۰/۸۷,۰/۹۷,۰/۹۹;۱,۱),(۰/۸۲,۰/۹۲,۰/۹۶,۰/۹۸;۰/۹۵,۰/۹۵))
$\mathbf{C_2}$	((۰/۶۲,۰/۷۲,۰/۸۲,۰/۹;۱,۱),(۰/۶۷,۰/۷۷,۰/۷۸,۰/۸۶;۰/۹۵,۰/۹۵))
$\mathbf{C_3}$	((۰/۷۷,۰/۸۷,۰/۹۷,۰/۹۹;۱,۱),(۰/۸۲,۰/۹۲,۰/۹۶,۰/۹۸;۰/۹۵,۰/۹۵))
$\mathbf{C_4}$	((۰/۵۶,۰/۶۶,۰/۷۶,۰/۸۲;۱,۱),(۰/۶۱,۰/۷۱,۰/۷۳,۰/۷۹;۰/۹۵,۰/۹۵))
$\mathbf{C_5}$	((۰/۴۱,۰/۵۱,۰/۶۱,۰/۷۱;۱,۱),(۰/۴۶,۰/۵۶,۰/۵۶,۰/۶۶;۰/۹۵,۰/۹۵))

جدول ۷. معرفی شاخص‌ها و گزینه‌های مسئله در مثال ۲

گزینه‌ها	شاخص‌ها	توضیح
A_1 : اتوبوس	C_1: قابلیت اطمینان	توانایی ارائه خدمات مستمر و تکرارپذیر، دقیق و به‌موقع.
A_2 : تاکسی گردشی	C_2: ضمانت	دانش، مهارت و اعتبار کارکنان و داشتن توانایی برای ایجاد اعتماد کافی از خدمات، نزد مشتریان.
A_3 :تاکسی خطی	C_3: ملموسات	شواهد فیزیکی از ارائه خدمات
----------	C_4: همدلی	نحوه ارتباط میان کارکنان و مشتریان.
----------	C_5: پاسخگویی	توانایی ارائه خدمات سریع و با کیفیت بالا به مشتریان.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸. داده‌های اولیه شاخص‌ها و گزینه‌های مسئله براساس قضاوت کارشناسان در مثال۲

دوره‌های زمانی	کارشناسان	گزینه‌ها/ شاخص‌ها	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
t_1	DM_1	A_1	M	LM	H	M	M
		A_2	M	H	H	L	M
		A_3	M	H	M	H	VH
	DM_2	A_1	L	L	H	M	L
		A_2	H	H	M	H	H
		A_3	M	M	L	H	H
	DM_3	A_1	VL	L	L	L	M
		A_2	M	L	L	M	H
		A_3	H	H	H	H	VH
t_2	DM_1	A_1	M	M	M	H	L
		A_2	L	L	M	H	H
		A_3	MH	H	M	H	H
	DM_2	A_1	MH	H	H	M	L
		A_2	M	MH	H	M	M
		A_3	H	VH	M	H	M
	DM_3	A_1	LM	M	LM	H	M
		A_2	H	L	H	H	M
		A_3	M	L	M	VH	H
t_3	DM_1	A_1	H	H	M	H	M
		A_2	VL	L	M	L	H
		A_3	VL	M	H	H	VH
	DM_2	A_1	LM	M	L	L	VL
		A_2	M	M	L	L	VH
		A_3	L	L	L	H	H
	DM_3	A_1	L	H	M	M	L
		A_2	L	L	MH	MH	M
		A_3	M	H	MH	MH	H

گام ۱: تشکیل ماتریس تصمیم برای دوره زمانی t_k. در این گام، با استفاده از رابطه (۱۸) میانگین حسابی نظرات خبرگان به‌عنوان ارزش هر شاخص در نظر گرفته می‌شود که در جدول (۹) قابل مشاهده است.

گام ۲: به‌کارگیری عملگر $DTIT2FNWA$ و تشکیل ماتریس تصمیم کلی.

گام ۳: محاسبهٔ بردار امتیاز فازی گزینه‌ها.

در این گام، ابتدا با اعمال اوزان شاخص‌ها، ماتریس حاصل از گام ۲ وزین می‌شود که نتایج آن در جدول (۱۰) قابل مشاهده است. سپس بردار امتیاز فازی گزینه‌ها با استفاده از روابط (۲۰) و (۲۱) تعیین می‌شود که نتایج حاصل از این گام در جدول (۱۱) قابل مشاهده است.

گام ۴: رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس امتیاز محاسبه‌شده در گام ۳.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۹. میانگین حسابی شاخص‌های ارزیابی‌شده به‌وسیلهٔ سه تصمیم‌گیرنده در سه دوره زمانی در مثال ۲

دوره زمانی	شاخص‌ها/ گزینه‌ها	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
t_1	A_1	((۰/۱,۰/۲,۰/۲۳,۰/۳۷;۱,۱),(۰/۱۵,۰/۱۸,۰/۲,۰/۲۸;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۵,۰/۱۷,۰/۲۲,۰/۳۷;۱,۱),(۰/۱,۰/۱۵,۰,۰/۱۷,۰/۲۷;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۴۷,۰/۶۳,۰/۶۸,۰/۷۷;۱,۱),(۰/۵۵,۰/۶,۰,۰/۶۳,۰/۷;۰/۹۵,۹۰/۵))	((۰/۲,۰/۳۷,۰/۴۲,۵۰/۷;۱,۱),(۰/۲۸,۰/۳۳,۰,۰/۳۷,۰/۴۷;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۲,۰/۳۷,۰/۴۲,۵۰/۷;۱,۱),(۰/۲۸,۳۳۰/,۰/۳۷,۰/۴۷;۰/۹۵,,۰/۹۵))
	A_2	((۰/۴۳,۰/۶۳,۰/۶۸,۰/۸;۱,۱),(۰/۵۳,/۵۸,۰,۰/۶۳,۰/۷۲;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۴۷,۰/۶۳,۰/۶۸,۰/۷۷;۱,۱),(۰/۵۵,/۶,۰,۰/۶۳,۰/۷;۰/۹۵,۹۰/۵))	((۰/۳۳,۰/۵,۰/۵۵,۶۰/۷;۱,۱),(۰/۴۲,/۴۷,۰,۰/۵,۰/۵۸;۰/۹۵,۹۰/۵))	((۰/۳۳,۰/۵,۰/۵۵,۶۰/۷;۱,۱),(۰/۴۲,/۴۷,۰,۰/۵,۰/۵۸;۰/۹۵,۹۰/۵))	((۰/۵۷,۰/۷۷,۰/۸۲,۰/۹;۱,۱),(۰/۶۷,۷۲۰/,۰/۷۷,۰/۸۳;۰/۹۵,,۰/۹۵))
	A_3	((۰/۴۳,۰/۶۳,۰/۶۸,۰/۸;۱,۱),(۰/۵۳,/۵۸,۰,۰/۶۳,۰/۷۲;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۵۷,۰/۷۷,۰/۸۲,۰/۹;۱,۱),(۰/۶۷,/۷۲,۰,۰/۷۷,۰/۸۳;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۳۳,۰/۵,۰/۵۵,۶۰/۷;۱,۱),(۰/۴۲,/۴۷,۰,۰/۵,۰/۵۸;۰/۹۵,۹۰/۵))	((۰/۷,۰/۹,۰/۹۵,۱;۱,۱),(۰/۸,۰/۸۵,۰/۹,,۱),(۰/۹۵;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۸۳,۰/۹۷,۰/۹۸,۱;۱,۱),(۰/۹,۰/۹۵,,۰/۹۷,۰/۹۸;۰/۹۵,۹۰/۵))
t_2	A_1	((۰/۳۲,۰/۵,۰/۵۵,/۷۰;۱,۱),(۰/۴,۰/۴۵,۵۰/,۰/۶;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۴۳,۰/۶۳,۰/۶۸,۰/۸;۱,۱),(۰/۵۳,/۵۸,۰,۰/۶۳,۰/۷۲;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۳۸,۰/۵۷,۰/۶۲,۰/۷۳;۱,۱),(۰/۴۷,۵۰/۲,۰/۵۷,۰/۶۵;۹۵۰,۰/۹۵))	((۰/۵۷,۰/۷۷,۰/۸۲,۰/۹;۱,۱),(۰/۶۷,/۷۲,۰,۰/۷۷,۰/۸۳;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۱,۰/۲۳,۰/۲۸,۴۰/۳;۱,۱),(۰/۱۷,۲۲۰/,۰/۲۳,۰/۳۳;۰/۹۵,,۰/۹۵))
	A_2	((۰/۳۳,۰/۵,۰/۵۵,۶۰/۷;۱,۱),(۰/۴۲,/۴۷,۰,۰/۵,۰/۵۸;۰/۹۵,۹۰/۵))	((۰/۱۷,۰/۳,۰/۳۵,/۵۰;۱,۱),(۰/۲۳,۰/۲۸,,۰/۳,۰/۴;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۵۷,۰/۷۷,۰/۸۲,۰/۹;۱,۱),(۰/۶۷,/۷۲,۰,۰/۷۷,۰/۸۳;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۵۷,۰/۷۷,۰/۸۲,۰/۹;۱,۱),(۰/۶۷,/۷۲,۰,۰/۷۷,۰/۸۳;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۴۳,۰/۶۳,۰/۶۸,۰/۸;۱,۱),(۰/۵۳,/۵۸,۰,۰/۶۳,۰/۷۲;۰/۹۵,,۰/۹۵))
	A_3	((۰/۵,۰/۷,۰/۷۵,/۸۷۰;۱,۱),(۰/۶,۰/۶۵,/۷۰/,۰/۷۸;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۵۳,۰/۶۷,۰/۷,/۷۰/۷;۱,۱),(۰/۶,۰/۶۵,۰,۰/۶۷,۰/۷۲;۰/۹۵,۹۰/۵))	((۰/۳,۰/۵,۰/۵۵,۰/۷;۱,۱),(۰/۴,۰/۴۵,/۵۰,۰/۶;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۷۷,۰/۹۳,۰/۹۷,۱;۱,۱),(۰/۸۵,۰/۹,,۰/۹۳,۰/۹۷;۰/۹۵,۹۵۰/))	((۰/۵۷,۰/۷۷,۰/۸۲,۰/۹;۱,۱),(۰/۶۷,/۷۲,۰,۰/۷۷,۰/۸۳;۰/۹۵,,۰/۹۵))
t_3	A_1	((۰/۲۸,۰/۴۳,۰/۴۸,۰/۶;۱,۱),(۰/۳۵,۰/۴,,۰/۴۳,۰/۵۲;۰/۹۵,۹۰/۵))	((۰/۵۷,۰/۷۷,۰/۸۲,۰/۹;۱,۱),(۰/۶۷,/۷۲,۰,۰/۷۷,۰/۸۳;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۲,۰/۳۷,۰/۴۲,۵۰/۷;۱,۱),(۰/۲۸,/۳۳,۰,۰/۳۷,۰/۴۷;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۳۳,۰/۵,۰/۵۵,۶۰/۷;۱,۱),(۰/۴۲,/۴۷,۰,۰/۵,۰/۵۸;۰/۹۵,۹۰/۵))	((۰/۱,۰/۲,۰/۲۳,۳۷۰/;۱,۱),(۰/۱۵,/۱۸,۰,۰/۲,۰/۲۸;۰/۹۵,۹۰/۵))
	A_2	((۰/۱,۰/۲,۰/۲۳,/۳۷۰;۱,۱),(۰/۱۵,۰/۱۸,۰/۲,۰/۲۸;۰/۹۵,/۹۵۰))	((۰/۱,۰/۲۳,۰/۲۸,۴۰/۳;۱,۱),(۰/۱۷,/۲۲,۰,۰/۲۳,۰/۳۳;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۵,۰/۷,۰/۷۵,/۸۷۰;۱,۱),(۰/۶,۰/۶۵,/۷۰/,۰/۷۸;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۱۷,۰/۳,۰/۳۵,/۵۰;۱,۱),(۰/۲۳,۰/۲۸,,۰/۳,۰/۴;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۶۳,۰/۸,۰/۸۳,۹۰/;۱,۱),(۰/۷۲,/۷۷,۰,۰/۸,۰/۸۵;۰/۹۵,۹۰/۵))
	A_3	((۰/۱,۰/۲,۰/۲۳,/۳۷۰;۱,۱),(۰/۱۵,۰/۱۸,۰/۲,۰/۲۸;۰/۹۵,/۹۵۰))	((۰/۳۳,۰/۵,۰/۵۵,۶۰/۷;۱,۱),(۰/۴۲,/۴۷,۰,۰/۵,۰/۵۸;۰/۹۵,۹۰/۵))	((۰/۴,۰/۵۷,۰/۶۲,۷۰/۳;۱,۱),(۰/۴۸,/۵۳,۰,۰/۵۷,۰/۶۵;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۶۳,۰/۸۳,۰/۸۸,۰/۹۷;۱,۱),(۰/۷۳,۷۰/۸,۰/۸۳,۰/۹;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۷۷,۰/۹۳,۰/۹۷,۱;۱,۱),(۰/۸۵,۰/۹,,۰/۹۳,۰/۹۷;۰/۹۵,۹۰/۵))

www.SID.ir

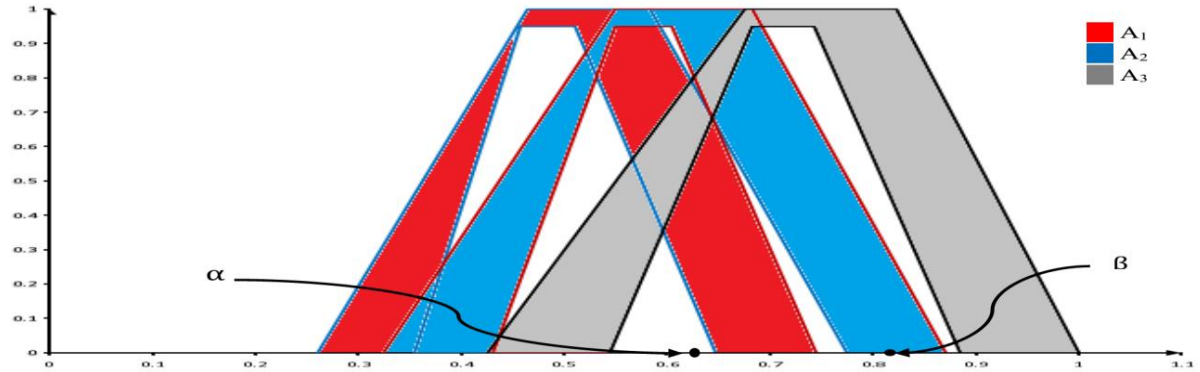
Archive of SID

جدول ۱۰. ماتریس تصمیم ادغام‌شده وزنی حاصل از سه دوره زمانی در مثال ۲

شاخص‌ها/ گزینه‌ها	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	((۰/۱۸,۰/۳۲۹,۰/۴۱,۵ ۰/۵;۱,۱),(۰/۲۴۶,۳۱ ۰/۷,۰/۳۶۳,۰/۴۵۷;۹۵ ۰,۰/۹۵))	((۰/۲۱۷,۰/۳۷۶,/۴۶۹ ۰,۰/۶۲;۱,۱),(۰/۲۹,۳ ۰/۷۲,۰/۴۰۷,۰/۵۲۱;۹ ۰/۵,۰/۹۵))	((۰/۲۷,۰/۴۵۴,۰/۵۵۵,۶ ۰/۸۲;۱,۱),(۰/۳۵۵,۴۴۵ ۰/,۰/۵۰۱,۰/۵۹۳;۰/۹۵, ۰/۹۵))	((۰/۲۰۵,۰/۳۵۹,۴۵ ۰/۲,۰/۵۸۳;۱,۱),(۲ ۰/۷۸,۰/۳۵۹,۰/۳۹۷, ۰/۴۹۶;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۰۵۵,۰/۱۳۶,/۱۹ ۰,۰/۳۲۳;۱,۱),(۰۹۲ ۰/,۰/۱۳۷,۰/۱۴۹,۲۳ ۰/۸;۰/۹۵,۰/۹۵))
A_2	((۰/۲۲۲,۰/۳۸۷,/۴۷۴ ۰,۰/۶۰۵;۱,۱),(/۳۰۱ ۰,۰/۳۷۸,۰/۴۲۷,/۵۱۷ ۰;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۱۵۲,۰/۲۸,۰/۳۶,۵ ۰/۱;۱,۱),(۰/۲۱۲,۲۸ ۰/۲,۰/۳۰۳,۰/۴۱۱;۹۵ ۰/,۰/۹۵))	((۰/۳۵۹,۰/۵۷,۰/۶۸۴,۸ ۰/۰۳;۱,۱),(۰/۴۶,/۵۶۲ ۰,۰/۶۲۹,۰/۷۱۹;۰/۹۵,۹ ۰/۵))	((۰/۱۹۹,۰/۳۴۵,۴۳ ۰/۵,۰/۵۶۵;۱,۱),(۲ ۰/۶۸,۰/۳۴۷,۰/۳۸۱, ۰/۴۷۸;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۲۲۳,۰/۳۷۴,۴۷۴ ۰/,۰/۶۱۵;۱,۱),(۲۹ ۰/۴,۰/۳۸۶,۰/۴۱۱,۵ ۰/۲۸;۰/۹۵,۰/۹۵))
A_3	((۰/۲۶۵,۰/۴۴۵,/۵۳۹ ۰,۰/۶۷۱;۱,۱),(/۳۵۱ ۰,۰/۴۳۴,۰/۴۹۱,/۵۸۳ ۰;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۲۹۶,۰/۴۶۴,/۵۶۵ ۰,۰/۷;۱,۱),(۰/۳۷۶,۴ ۰/۷۱,۰/۵۰۳,۰/۶۱۲;۹ ۰/۵,۰/۹۵))	((۰/۲۶۵,۰/۴۵۴,۰/۵۵۵, ۰/۶۹۳;۱,۱),(۰/۳۵۵,۴۴ ۰/۵,۰/۵۰۱,۰/۵۹۹;۰/۹۵ ,۰/۹۵))	((۰/۳۹۲,۰/۵۸۷,۷۰ ۰/۹,۰/۸۱۱;۱,۱),(۴ ۰/۸۵,۰/۶,۰/۶۴۹,۷۴ ۰/۲;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۲۹۶,۰/۴۵۳,۵۶۳ ۰/,۰/۶۸۶;۱,۱),(۳۷۱ ۰/,۰/۴۷۹,۰/۴۹۸,۶۱ ۰/۲;۰/۹۵,۰/۹۵))

جدول ۱۱. رتبه فازی گزینه‌ها و مقدار دیفازی‌شده آن‌ها در مثال ۲

گزینه ها	امتیاز فازی گزینه‌ها	امتیاز فازی نرمالیزه گزینه‌ها	مقدار دیفازی امتیاز گزینه‌ها	رتبه گزینه‌ها
A_1	((۰/۹۲۷,۱/۶۵۴,۲/۰۷۶,۲/۷۵۸;۱,۱),(۲۶۱ ۱/,۱/۶۳,۱/۸۱۷,۲/۳۰۵;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۲۶,۰/۴۶۵,۰/۵۸۳,۰/۷۷۵;۱,۱),(/۳۵۴ ۰,۰/۴۵۸,۰/۵۱۱,۰/۶۴۷;۰/۹۵,۰/۹۵))	۶/۷۵۸	۳
A_2	((۱/۱۵۵,۱/۹۵۶,۲/۴۲۷,۳/۰۹۸;۱,۱),(۵۳۵ ۱/,۱/۹۵۵,۲/۱۵۱,۲/۶۵۳;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۳۲۵,۰/۵۴۹,۰/۶۸۲,۰/۸۷;۱,۱),(/۴۳۱ ۰,۰/۵۴۹,۰/۶۰۴,۰/۷۴۵;۰/۹۵,۰/۹۵))	۷/۲۸۲	۲
A_3	((۱/۵۱۴,۲/۴۰۳,۲/۹۳۱,۳/۵۶۱;۱,۱),(۹۳۸ ۱/,۲/۴۲۹,۲/۶۴۲,۳/۱۴۸;۰/۹۵,۰/۹۵))	((۰/۴۲۵,۰/۶۷۵,۰/۸۲۳,۱;۱,۱),(۰/۵۴۴,۶ ۰/۸۲,۰/۷۴۲,۰/۸۸۴;۰/۹۵,۰/۹۵))	۸/۰۴۹	۱



شکل ۳.شکل رتبه فازی گزینه‌ها در مثال کاربردی ۲

با توجه به جدول ۱۱ می‌توان دریافت که $\gamma = 3.561$ است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۱۱ و با در نظر گرفتن شکل (۳)، رتبه‌بندی گزینه‌ها با استفاده از روش پیشنهادی به‌صورت $A_3 \gtrsim A_2 \gtrsim A_1$ است، در حالی که رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس مقادیر دیفازی‌شده به‌صورت $A_3 \succ A_2 \succ A_1$ است؛ اما همان گونه که در شکل (۳) مشخص است، رتبه‌های فازی در

www.SID.ir

Archive of SID

بعضی نواحی دارای هم‌پوشانی است. به‌عنوان مثال، در نقطه α رتبه‌بندی گزینه‌ها به‌صورت $A_1 \approx_2 A \approx A_3$ یا در نقطه β رتبه‌بندی گزینه‌ها به‌صورت $(A_3 \approx A_2 \succ A_1)$ است که اطلاعات کامل‌تری را در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که از نظر تصمیم‌گیرندگان، کیفیت خدمات تاکسی خطی دارای جذابیت بیشتری است و تاکسی گردشی و اتوبوس، در رتبه‌های بعد قرار دارند.

۵- بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه، یک روش تصمیم‌گیری چندشاخصه چنددوره‌ای ارائه شد، در روش پیشنهادی، علاوه بر تعیین رتبه فازی گزینه‌ها می‌توان به ویژگی‌هایی مانند استفاده از IT2FS برای پوشش جنبه‌های مختلف ابهام موجود در زبان طبیعی و تعریف یک عملگر جدید (عملگر وزن حسابی اعداد فازی ذوزنقه‌ای نوع-۲ فاصله‌ای چنددوره‌ای) برای ادغام اطلاعات در دوره‌های زمانی مختلف اشاره کرد. برای تأیید کارایی روش پیشنهادی، ابتدا مثال کاربردی ارائه‌شده در [۱۵] مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در روش پیشنهادی، رتبه‌بندی گزینه‌ها به‌صورت $(A_2 \succsim A_4 \succsim A_5 \succsim A_3 \succsim A_1)$ ارائه شد که در مقایسه با نتایج رتبه‌بندی در [۱۵]، $(A_2 \succ A_4 \succ A_5 \succ A_3 \succ A_1)$، نتایج کامل تری ارائه شده است، به طوری که رتبه‌بندی فازی به‌دست آمده، رتبه‌بندی قطعی حاصل از روش [۱۵] را نیز پوشش می دهد. علاوه بر آن، ترجیحات گزینه‌ها را در محدوده‌های خاص از رتبه‌های فازی تحلیل می‌کند (شکل ۲و ۳). سادگی و تعداد کم عملیات محاسباتی در مقایسه با روش [۱۵]، از دیگر ویژگی‌های روش پیشنهادی است ([۱۵] را ببینید). در ادامه، ارزیابی ابعاد کیفیت خدمات سناریوهای حمل‌ونقل عمومی شهرکرد به‌عنوان یک مثال کاربردی واقعی، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که رتبه‌بندی گزینه‌ها به‌صورت $(A_3 \succsim A_2 \succsim A_1)$ به دست آمد. این نتایج، قابلیت تحلیل حساسیت در شرایط سختی از عدم قطعیت را فراهم می‌کند. تفسیر نتایج حاصل از رتبه‌بندی گزینه‌ها طی زمان مورد بررسی نشان می‌دهد که تاکسی خطی، جذابیت نسبی بیشتری را درمورد ابعاد کیفیت خدمات از نظر تصمیم گیرندگان دارد و تاکسی گردشی و اتوبوس در رتبه‌های بعد قرار دارند. همچنین سطوح مختلف ابعاد کیفیت خدمات برای هریک از سناریوهای حمل‌ونقل عمومی در جدول‌های ۹ و ۱۰ به‌صورت فازی مشخص شده است. این موضوع، نتایج مفیدی را در اختیار مدیران بخش حمل‌ونقل عمومی قرار می‌دهد تا بتوانند شاخص‌های تأثیرگذار در سطح کیفی خدمات را بهبود بخشند. با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده می‌توان روند تغییرات در ابعاد کیفیت خدمات و رتبهٔ گزینه‌ها را پی گرفت و بر اساس آن، مجموعه‌ای از استراتژی‌های مناسب برای ایجاد توان رقابتی در سطح مدیریت هریک از سناریوهای حمل‌ونقل عمومی تدوین کرد. با مشخص شدن سطوح ابعاد کیفیت خدمات هریک از سناریوهای حمل‌ونقل عمومی، مدیران می توانند براساس آن ضعف‌ها را شناسایی کرده، در جهت اصلاح آن مجموعه اقداماتی را اعمال کنند. بر این اساس، استمرار رقابت، باعث بهبود مستمر در کیفیت خدمات هریک از سناریوهای حمل‌ونقل عمومی می‌شود.

در مطالعات آتی می‌توان روش DMADM را در فضای استدلال کیفی و با استفاده از روش مرتبه بزرگی مطلق کیفی[1] (QAOM) توسعه داد یا در فضای مجموعه‌های فازی شهودی فاصله‌ای[2] (IIFS) این روش را بازنویسی کرد. در هریک از این روش‌ها نیاز به طراحی گام‌ها به‌صورت متناسب و تعریف عملگرهای ادغام‌کننده ضرورت دارد. همچنین روش پیشنهادی می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای مطالعات کاربردی قرار گیرد. مسائلی مانند انتخاب تأمین‌کننده در مدیریت زنجیره تأمین، انتخاب بهترین روش دفع پسماند در مدیریت پسماندها، انتخاب و ارزیابی روش‌های تأمین انرژی در مدیریت انرژی و... از جمله مسائلی است که می‌توان با استفاده از روش پیشنهادی، به تحلیل آن‌ها پرداخت.

[1] Qualitative Absolute Order-of-Magnitude

[2] Interval Intuitionistic fuzzy sets

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

[1] M. Deveci, N.C. Demirel and E. Ahmetoglu, "Airline new route selection based on interval type-2 fuzzy MCDM: A case study of new route between Turkey- North American region destinations", Journal of Air Transport Management, Vol. 59, 2017, pp. 83-99.

[2] B. Birdogan, S. Cigdem, Z. Basfirinci and M.A.R. Ilker, "An application of integrating SERVQUAL and KANO model into QFD for logistics service (case study in turkey)", Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics, Vol. 21, No. 1, 2009, pp. 106-125.

[۳] شمس‌الدین ناظمی، مصطفی کاظمی و امیرحسین اخروی، «ارائه مدل تلفیق شکاف عملکردی با AHP گروهی- فازی برای تعیین اولویت‌های بهبود»، مجله مدل‌سازی در مهندسی، شماره ۲۷، زمستان ۱۳۹۰، صفحه ۱-۱۲.

[4] G. Li, G. Kou and Y. Peng, "Dynamic fuzzy multiple criteria decision making for performance evaluation", Journal of Technological and Economic Development of Economy, Vol. 21, No. 5, 2015, pp. 2029-4921.

[۵] وحید نعمتی ابوذر و محمدعلی بهشتی‌نیا، «ترکیب روش‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و تاپسیس فازی برای انتخاب تأمین‌کنندگان (مطالعه موردی: شرکت تبلیغاتی)»، مجله مدل‌سازی در مهندسی، شماره ۴۸، بهار ۱۳۹۶، صفحه ۲۱۷-۲۲۹.

[۶] محمدرضا فضلی خلف، سیدکمال چهارسوقی و میرسامان پیشوایی، «طراحی پایای شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته تحت عدم قطعیت؛ مطالعه موردی یک تولیدکننده باتری اسیدی»، مجله مدل‌سازی در مهندسی، شماره ۳۹، زمستان ۱۳۹۳، صفحه ۴۵-۶۰.

[7] R. Bai, F. Li and J. Yang, "A Dynamic Fuzzy Multi-attribute Group Decision Making Method for Supplier Evaluation and Selection", 26th Chinese Control and Decision Conference, 2014, pp. 3249–3256, China.

[8] Y.H. Lin, P.C. Lee and H.I. Ting, "Dynamic multi-attribute decision making model with grey number evaluations", Expert Systems with Applications, Vol. 35, No. 4, 2008, pp.1638–1644.

[9] J.M. Mendel, "An architecture for making judgments using computing with words", International Journal of Applied Mathematics and Computer Science, Vol. 12, No. 3, 2002, pp. 325–335.

[10] L.A. Zadeh, "The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning, Part 1", Information Sciences, Vol. 8, No. 3, 1975, pp. 199–249.

[11] I.B. Turksen, "Interval valued fuzzy-sets based on normal forms", Fuzzy Sets Syst, Vol. 20, No. 2, 1986, pp. 191–210.

[12] J.M. Mendel, "Computing with words and its relationships with fuzzistics", Information Sciences, Vol. 177, No. 4, 2007, pp. 988–1006.

[13] Z.S. Xu, "On multi-period, multi-attribute decision making", Knowledge Based Systems, Vol. 21, No. 2, 2008, pp. 164–171.

[14] J. Hu and L. Yang, "Dynamic stochastic multi-criteria decision making method based on cumulative prospect theory and set pair analysis", Systems Engineering Procedia, Vol. 1, 2011, pp. 432–439.

[15] J. Zhu and K.W. Hipel, "Multiple stages grey target decision making method with incomplete", Information science, Vol. 212, 2012, pp. 15–32.

[۱۶] رامین صادقیان و صبا فروتن، «استفاده از مدل‌های چندشاخصه به‌صورت چنددوره‌ای با به‌کارگیری مدل‌های رگرسیونی»، مجله مهندسی صنایع و مدیریت تولید، دوره ۲۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، صفحه ۱۴۰-۱۴۸.

[17] J.H. Park, J.H. Cho and Y.C. Kwun, "Extension of the VIKOR method to dynamic intuitionistic fuzzy multiple attribute decision making", Computers and Mathematics with Applications, Vol. 65, No. 4, 2013, pp. 71-744.

www.SID.ir

Archive of SID

[18] Y. Li and D. Zhang, "Dynamic multi-attribute decision-making method with three-parameterinterval grey number based on the prospect theory", GreySystems: Theory and Application, Vol. 8, No. 4, 2018, pp. 424-435.

[19] L.A. Zadeh, "Fuzzy Sets", Information and Control, Vol. 8, No. 3, 1965, pp. 338–353.

[20] J.M. Mendel and H.W. Wu, "Type-2 fuzzistics for symmetric interval type-2 fuzzy sets: part 1, forward problems", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 14, No. 6, 2006, pp. 781–792.

[21] J.M. Mendel, R.I. John and F.L. Liu, "Interval type-2 fuzzy logical systems made simple", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 14, No. 6, 2006, pp. 808–821.

[22] L.W. Lee and S.M. Chen, "A new method for fuzzy multiple attributes group decision-making based on the arithmetic operations of interval type-2 fuzzy sets", In Proceedings of the 2008 international conference on machine learning and cybernetics, 2008, pp. 3084–3089, China: Kunming.

[23] S.M. Chen and L.W. Lee, "Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the ranking values and the arithmetic operations of interval type-2 fuzzy sets", Expert System with Applications, Vol. 37, No. 1, 2010, pp. 824–833.

[24] A. Baykasoglu and I. Golcuk, "Development of an interval type-2 fuzzy sets based hierarchical MADM model by combining DEMATEL and TOPSIS", Expert Systems with Applications, No. 70, 2017, pp. 37-51.

[25] E. Celik, M. Gul, N. Aydin, A.T. Gumus and A.F. Guneri, "A comprehensive review of multi criteria decision making approaches based on interval type-2 fuzzy sets", Knowledge-Based Systems, Vol. 85, 2015, pp. 329-341.

[26] M. Erdogan, and I. Kaya, "An integrated multi-criteria decision-making methodology based on type-2 fuzzy sets for selection among energy alternatives in Turkey", Iranian Journal of Fuzzy Systems, Vol. 12, No. 1, 2015, pp. 1-25.

[27] J. Qin and X. Liu, "Multi-attribute group decision making using combined ranking value under interval type-2 fuzzy environment", Information Sciences, Vol. 279, 2015, pp. 239-315.

[28] Z.S. Xu and R.R. Yager, "Dynamic intuitionistic fuzzy multi-attribute decision making", International Journal of Approximate Reasoning, Vol. 48, 2008, pp. 246–262.

[29] L. Liu, W. Qing, Z. Zhilan and W. Zuolei, "The Multi-Attribute Decision Making Dynamic Model with Extensible Interval Number", International Journal of Nonlinear Science, Vol. 15, No. 2, 2013, pp. 134-138.

[30] W. Lin, G. Yan and Y. Shi, "Dynamic Multi-Attribute Group Decision Making Model Based on Generalized Interval-Valued Trapezoidal Fuzzy Numbers", Cybernetics and Information Technologies, Vol. 14, No. 4, 2014, pp. 11-28.

[31] A. Parasuraman, V.A. Zeithaml and L.L. Berry, "SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring perceptions of service quality", Journal of Relaiting, Vol. 64, 1998, pp. 2–40.

www.SID.ir