Journal of Decisions and Operational Research

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات

دوره ۳، شماره (۳)، پاییز ۱۳۹۷

www.journal-dmor.ir

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۳، شماره (۳)، پاییز ۱۳۹۷، صفحه: ۲۳۶-۲۴۸

ارائه روشی نوین برای رتبه‌بندی اعداد فازی با استفاده از مرکز محیطی دایره و کاربرد آن در ارزیابی عملکرد مدیریت زنجیره تأمین

شکوه سرگلزائی[1]*، فرانک حسین زاده سلجوقی[1]، هادی آقایاری[2]

[1]دانشکده ریاضی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

[2]دانشکده علوم، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

چکیده

ارزیابی عملکرد از دو دیدگاه روش ارزیابی و قطعیت محیط ارزیابی، مورد بررسی قرار می‌گیرد. یکی از روش‌های مناسب برای ارزیابی عملکرد، تحلیل پوششی داده‌ها است. در این مقاله، ابتدا به تعیین کارایی فازی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته و سپس روش جدیدی برای رتبه‌بندی کارایی‌ها ارائه شده است. با توجه به اهمیت رتبه‌بندی اعداد فازی، روش‌های زیادی ارائه شده است ولی روشی که نتایج رضایت‌بخشی برای همه شرایط داشته باشد، وجود ندارد. تعدادی از روش‌های رتبه‌بندی از نقطه تعادل عدد فازی، به عنوان نقطه مرجع استفاده می‌کنند مانند مرکزوار ذوزنقه (نقطه تعادل ذوزنقه)؛ اما مرکز محیطی دایره مرکزوار، تعادل بیشتری نسبت به سایر نقاط دارد. در این پژوهش، روش جدیدی با استفاده از مفهوم ترکیب آفین روی مرکز محیطی دایره برای رتبه‌بندی اعداد فازی ذوزنقه‌ای و مثلثی ارائه شده است. روش پیشنهادی را می‌توان برای بسیاری از فازی‌زدایی‌ها به‌کار برد. این روش، بسیار ساده است و به محاسبات پیچیده نیازی ندارد. عملکرد صحیح روش و مزایای آن با چند مثال عددی و هم‌چنین بررسی یک مطالعه موردی در خصوص مدیریت زنجیره تأمین نشان داده شده است.

واژه‌های کلیدی: رتبه‌بندی اعدادفازی، تحلیل پوششی داده‌ها، اعداد فازی مثلثی-ذوزنقه‌ای، مرکز محیطی دایره، ترکیب آفین.

دریافت: ۱۳۹۷/۳/۲۲ اصلاح: ۱۳۹۷/۷/۲۰ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۲۱

۱- مقدمه

یکی از ابزارهای مناسب و کارآمد در ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده[1]، تحلیل پوششی داده‌ها[2] (DEA) می‌باشد که روشی غیرپارامتری مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی است (ساریکو، ۲۰۰۱). این روش قابل فهم و دارای دقت مناسبی است و به همین دلیل پژوهشگران زیادی از این روش برای ارزیابی عملکرد نهادها، سازمان‌ها، صنایع مختلف و غیره استفاده می‌کنند. در این روش، ارزیابی بر اساس معیارهای متعدد که به دو دسته ورودی و خروجی تقسیم می‌شوند، انجام می‌شود.

[1] Decision Making Units (DMU)

[2] Data Envelopment Analysis (DEA)

*عهده‌دار مکاتبات: sargolzaei.sh@gmail.com

با توجه به عدم قطعیت در اکثر داده‌ها در جهان واقعی، ارائه مدل‌هایی برای تعیین عملکرد در چنین محیط‌هایی الزامی است. داده‌های نادقیق یا مبهم، ممکن است نتیجه اطلاعات غیر قابل تعریف، ناقص و غیر قابل دسترس باشند. این نوع داده‌ها، اغلب با بازه‌ها، داده‌های ترتیبی و یا اعداد فازی بیان می‌شوند. در سال‌های اخیر، بسیاری از محققان، مدل‌های تحلیل پوششی دادهای فازی[1] (FDEA) را برای مقابله با موقعیت‌هایی که برخی از داده‌ها دارای ورودی و خروجی نامشخص یا مبهم هستند، طراحی کرده‌اند. مدل‌های FDEA می‌توانند نقش مهمی برای ارزیابی کارایی در مسائل واقعی ایفا کنند (کائو، ۲۰۰۶). در این مدل، کارایی یک واحد، دیگر یک عدد قطعی نیست بلکه عددی فازی است. بکارگیری تئوری مجموعه فازی در DEA، معمولاً به چهار گروه تقسیم می‌شود که عبارتند از (۱) رویکرد تلورانس، (۲) رویکرد مبتنی بر سطح برش، (۳) رویکرد رتبه بندی فازی و (٤) رویکرد امکانی (وانگ و همکاران، ۲۰۰۹a).

اگر اطلاعات را به صورت اعداد فازی در نظر بگیریم، FDEA در دو حالت سنجش کارایی به صورت قطعی و فازی، قابل انجام است. در حالت اول، بدیهی است در محاسباتی که کارایی را صرفاً به صورت یک عدد قطعی ارائه می‌دهد، بخش قابل توجهی از اطلاعات از بین رفته و حتی گاهاً نتایج در شرایط و محدودیت‌های مسئله صدق نمی‌کند. در حالت دوم (یعنی اندازه‌گیری کارایی به صورت فازی)، وقتی داده‌ها فازی باشد منطقی‌تر بوده و طبیعی است مدل محاسباتی آن، پیچیدگی‌های بیشتری نیز داشته باشد. البته به منظور رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری لازم است کارایی فازی به دست آمده، رتبه‌بندی شود، لذا رتبه‌بندی اعداد فازی رویکرد مهمی در تصمیم‌گیری در محیط‌های فازی است.

روش‌های رتبه‌بندی گوناگونی برای ارزیابی اعداد فازی معرفی شده‌اند. این روش‌ها در برنامه‌ریزی‌های تصمیم‌گیری چندهدفه نیز بهبود و توسیع داده شده‌اند، زیرا امروزه یک تصمیم خوب و مناسب جهت تسریع در رسیدن به هدف، امری ضروری است. این بدان معناست که در فرآیند رتبه‌بندی، تنها کمیت عدد فازی در نظر گرفته نمی‌شود و از نظر تصمیم‌گیرنده، فاکتور کیفیت در مرتب سازی اعداد فازی کاملاً موثر می‌باشد.

ممکن است اعداد فازی را نتوان به سادگی بر طبق خواصشان مرتب کرد زیرا این اعداد بیانگر مقادیر نامطمئن و مبهم هستند. تاکنون روش‌های زیادی برای ارزیابی اعداد فازی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. این روش‌ها کاستی‌هایی دارند که در مرتب‌سازی برخی اعداد فازی ناتوان هستند، مثلاً برخی روش‌ها به محاسبات پیچیده‌ای نیازمندند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۹b). در برخی دیگر، نتایج حاصل از رتبه‌بندی با مشاهدات بشری تطابق ندارد (چو و تسائو، ۲۰۰۲) و برخی قابلیت تبعیض اعداد فازی را ندارند و فقط می‌توانند برای رتبه‌بندی برخی از انواع اعداد فازی (به عنوان مثال اعداد فازی نرمال، غیر نرمال، مثبت و اعداد فازی منفی) به کار روند (دکامپوس ایبونز و مونوس، ۱۹۸۹). تعدادی از روش‌ها، تنها می‌توانند به طور مستقیم با توجه به نمودارشان رتبه‌بندی شوند؛ بنابراین استفاده از روشی صحیح در شرایط مناسب حائز اهمیت است.

تعدادی از روش‌های رتبه‌بندی موجود، بر روی نقطه مرکزوار دایره و فاصله از مبدأ یا اندازه ناحیه در اعداد فازی تمرکز دارند (عباس‌بندی و حجاری، ۲۰۰۹؛ چنگ، ۱۹۹۸؛ چو و تسائو، ۲۰۰۲). عباس‌بندی و اسدی (۲۰۰۲) و چن (۱۹۸۵) از شاخص‌های پراکندگی و فاصله استفاده کردند.

تقریباً هر کدام از روش‌ها، در بعضی ویژگی‌ها ناکارآمد هستند یا به سوی عملگرهای اشتباه یعنی ناسازگاری با مشاهدات بشر، عدم تبعیض و پیچیدگی سوق می‌یابند. لذا چنین نتیجه گرفته می‌شود که روشی دقیق برای مقایسه اعداد فازی وجود ندارد و روش‌های مختلف، ممکن است با معیارهای گوناگونی برقرار باشند. روش پیشنهادی در این پژوهش را می‌توان برای فازی زدایی‌های مختلف به کار برد، این روش بسیار ساده و دقیق است و دارای محاسبات پیچیده‌ای نیست. روش جدید با

[1] Fuzzy Data Envelopment Analysis (FDEA)

استفاده از مفهوم ترکیب آفین[1] روی مرکز محیطی دایره، برای رتبه‌بندی اعداد فازی ذوزنقه‌ای و اعداد فازی مثلثی همراه با اعداد قطعی به ویژه اعداد قطعی که حالت خاصی از اعداد فازی هستند، ارائه شده است.

مدیریت زنجیره تأمین[2] (SCM) در سال‌های اخیر توجه محققان زیادی را به خود جلب کرده است. این روش، توانایی بهبود همزمان عملکرد اقتصادی، اجتماعی و محیطی را داراست؛ بنابراین ارزیابی SCM یک وظیفه مهم برای هر نوع از سازمان‌ها است. DEA، یک روش مناسب برای ارزیابی SCM می‌باشد. برای تشریح نحوه تعیین کارایی فازی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های فازی و فازی زدایی با کمک روش پیشنهادی، از یک مسئله SCM استفاده شده است (آزادی و همکاران، ۲۰۱۵) و با استفاده از نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد SCM، به رتبه‌بندی واحدهای ناکارا پرداخته خواهد شد.

ادامه این مقاله شامل بخش‌های زیر می‌باشد. در بخش دوم به ارائه روش تعیین کارایی با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های تماما فازی به صورت برنامه‌ریزی چندهدفه پرداخته شده است که شامل مرور مختصری بر مفاهیم پایه فازی نیز می‌باشد. در بخش سوم روش جدیدی برای رتبه‌بندی اعداد فازی ارائه و مزایای آن مطرح شده است؛ در این بخش، تعدادی مثال عددی برای مقایسه روش پیشنهادی با سایر روش‌های موجود مطرح شده است. در بخش چهارم، کاربرد روش پیشنهادی در ارزیابی عملکرد بر روی یک مطالعه موردی بیان می‌شود و آخرین بخش شامل نتیجه‌گیری و پیشنهادات مطالعات آینده می‌باشد.

۲- تعیین کارایی فازی در تحلیل پوششی داده‌ها

DEA به منظور ارزیابی عملکرد DMUها مورد استفاده قرار می‌گیرد و کاربردهای متعددی در زمینه‌های مختلف فعالیت‌های تجاری و صنعتی از قبیل تولید، سرمایه‌گذاری، بازاریابی، توزیع، تبلیغات و مواردی از این دست دارد. این تکنیک، مبتنی بر رویکرد برنامه ریزی خطی است کـه هدف اصلی آن، مقایسه و سنجش کارایی DMUها می‌باشد. از آنجایی که DEA، تکنیک ارزیابی کارایی نسبی DMUها است، حداقل یکی از واحدها، کارا به دست می‌آید. نام تحلیل پوششی داده‌ها نیز از این ویژگی منشا گرفته است.

یکی از مدل‌های پایه DEA مدل CCR است که توسط چارنز و همکاران (۱۹۷۸) معرفی شده است. اگر هدف، تعیین کارایی n واحد تصمیم‌گیری باشد که هر یک دارای m ورودی و s خروجی هستند، به‌نحوی که x_{ij} و y_{rj} به ترتیب نشان دهنده i امین ورودی و r امین خروجی از واحد j ام باشند، برای اندازه‌گیری کارایی هریک از این واحدها، مدل برنامه‌ریزی خطی (۱) که به مدل CCR مشهور است، حل می‌شود.

$$\begin{aligned}
\theta_{\mathrm{p}}^{*} = Min \quad & \theta_{\mathrm{p}} \\
s.t. \quad & \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le \theta_{\mathrm{p}} x_{i\mathrm{p}} \qquad i = 1,\ldots,m \\
& \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{j} \ge y_{r\mathrm{p}} \qquad r = 1,\ldots s \\
& \lambda_j \ge 0 \qquad j = 1,\ldots,n \\
& \theta_{\mathrm{p}} \text{ free}
\end{aligned} \tag{۱}$$

که θ_p^* نشان دهنده مقدار کارایی $\mathrm{DMU_p}$ است. اگر $\theta_p^* = 1$ در اینصورت $\mathrm{DMU_p}$ در مقایسه با سایر واحدها، کارا ارزیابی شده است و اگر $\theta_p^* < 1$ این واحد ناکارا می‌باشد (ساریکو، ۲۰۰۱). در این مدل، انتخاب هر بردار λ_j مجاز، یک حد

[1] Affine Combination

[2] Supply Chain Management (SCM)

بالا برای ستاده و یک حد پایین برای داده‌های DMU_p ایجاد می‌کند و در مقابل این محدودیت‌ها θ_p ای مرتبط با $\lambda_j^* \geq 0$ گزینه‌ی بهینه برای مرتبط شدن با $Min\theta_p = \theta_p^*$ را ارائه می‌دهد (بولین، ۱۹۹۸).

در مدل‌های DEA اولیه، همواره فرض بر این است که عامل‌های ورودی و خروجی، کمّی و معین در نظر گرفته شوند اما در جهان واقعی این فرض همواره برقرار نیست. در واقع، در اغلب موارد عوامل ورودی و خروجی نادقیق می‌باشند، روش‌های برنامه‌ریزی خطی نادقیق برای روبرو شدن با عدم قطعیت‌ها طراحی شده و توسعه یافته‌اند، DEA نیز چون مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی است به‌سادگی در محیط‌های فازی قابل استفاده می‌باشد و ابزاری است برای ارزیابی عملکرد و بهره‌وری سازمان‌ها و موسساتی که تحت شرایط عدم اطمینان محیطی فعالیت می‌کنند. در این مقاله برای ارزیابی کارایی از روش تحلیل پوششی داده‌های تماما فازی[1] (FFDEA) استفاده شده است (حاتمی-مربانی و همکاران، ۲۰۱۷).

۲-۱ مدل CCR فازی

ابتدا مرور مختصری بر مفاهیم فازی ارائه خواهد شد. در نظریه مجموعه‌ها، هر مولفه دارای عضویت یا عدم عضویت قطعی در یک مجموعه است اما در نظریه مجموعه‌های فازی چنین نیست و برای عضویت یک مولفه در مجموعه، از تابع مشخصه تعمیم‌یافته‌ای که آن تابع عضویت[2] نام دارد، استفاده می‌شود (فارل، ۱۹۵۷). به عبارت دیگر، اگر X مجموعه مرجع باشد، مجموعه فازی A به وسیله تابع عضویت $\mu_A : R \rightarrow [0,1]$ تعریف می‌شود که به هر عضو $x \in X$ به عدد حقیقی $\mu_A(x)$ در فاصله $[0,1]$ اختصاص می‌دهد. $\mu_A(x)$ درجه عضویت x در مجموعه A را به صورت $A = \{(x_i, \mu_A(x_i)) | \forall x_i \in X\}$ نشان می‌دهد.

تعریف ۱: یک مجموعه فازی نرمال محدب مانند A از $\Re$ را یک عدد فازی گویند اگر $\mu_A(x)$ قطعه به قطعه پیوسته باشد.

تعریف ۲: با استفاده از دو تابع L و R، تابع عضویت عدد فازی LR به صورت (۲) تعریف می‌شود.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} L(\frac{b-x}{b-a}) & a \leq x \leq b \\ R(\frac{x-b}{d-b}) & b \leq x \leq d \\ 0 & o.\omega \end{cases} \qquad (۲)$$

که در آن L و R توابعی غیر نزولی از $\Re$ به $[0,1]$ هستند و $L(0) = R(0) = 0$ و $L(1) = R(1) = 0$. آن‌گاه A را یک عدد فازی LR نامیده و با نماد $(a,b,d)_{LR}$ نشان می‌دهند.

تعریف۳ : اعداد فازی مثلثی. در اعداد LR، اگر L و R توابعی خطی به‌صورت $L(x) = R(x) = 1 - x$ باشند، آن‌را مثلثی می‌نامند که توسط سه‌تایی مرتب به صورت (a,b,d) که b مقدار مرکزی و دارای عضویت ۱ است و a و d دارای عضویت صفر می‌باشند، حاصل می‌گردد.

[1] Fully Fuzzy Data Envelopment Analysis (FFDEA)

[2] Membership Function

تعریف ٤: اعداد فازی ذوزنقه‌ای. یك عدد فازی ذوزنقه‌ای به‌صورت چهارتایی (a,b,c,d) تعریف می‌شود که تابع عضویت آن عبارتست از:

$$\mu_{\tilde{A}}(x)=\begin{cases}0, & x\le a\\ \dfrac{x-a}{b-a}, & a\le x\le b\\ 1, & b\le x\le c\\ \dfrac{d-x}{d-c}, & c\le x\le d\\ 0, & x\ge d\end{cases} \qquad (۳)$$

حال، در این قسمت مدل CCR فازی معرفی می‌شود که برای اندازه‌گیری کارایی فازی هر DMU به کار می‌رود (ساعتی و همکاران، ۲۰۰۲). برنامه‌ریزی خطی فازی مدل CCR (۱) برای ارزیابی کارایی DMU_p ، به صورت مدل (۴) فرمول‌بندی می‌شود.

$$\begin{aligned}&\min\ \ \tilde{\theta}_{\rm p}\\ &s.t.\ \ \sum_{j=1}^{n}\tilde{\lambda}_j\otimes\tilde{x}_{ij}+\tilde{s}_i^{-}=\tilde{\theta}_{\rm p}\otimes\tilde{x}_{ip}, \qquad i=1,2,\dots,m,\\ &\qquad \sum_{j=1}^{n}\tilde{\lambda}_j\otimes\tilde{y}_{rj}=\tilde{s}_r^{+}+\tilde{y}_{rp}, \qquad r=1,2,\dots,s,\\ &\qquad \tilde{\lambda}_j\in TF(\Re)^{+},\quad j=1,2,\dots,n,\\ &\qquad \tilde{s}_i^{-}\in TF(\Re)^{+},\quad i=1,2,\dots,m,\\ &\qquad \tilde{s}_r^{+}\in TF(\Re)^{+},\quad r=1,2,\dots,s.\end{aligned} \qquad (٤)$$

که $TF(\Re)^{+}$ مجموعه اعداد فازی ذوزنقه‌ای نامنفی است. همه‌ی داده‌های ورودی، خروجی، متغیرهای تصمیم θ_p,λ_j و متغیرهای کمکی s_i^- و s_r^+ به صورت اعداد ذوزنقه‌ای فرض می‌شوند. با توجه به اعمال حسابی ضرب و جمع فازی، مدل (٤) را می‌توان به مدل (٥) تبدیل نمود.

$$\begin{aligned}&\min\ \ (\theta_{\rm p,1},\theta_{\rm p,2},\theta_{\rm p,3},\theta_{\rm p,4})\\ &s.t.\ \ \sum_{j=1}^{n}(\lambda_{j,1}x_{ij,1},\lambda_{j,2}x_{ij,2},\lambda_{j,3}x_{ij,3},\lambda_{j,4}x_{ij,4})+(s_{i,1}^{-},s_{i,2}^{-},s_{i,3}^{-},s_{i,4}^{-})=\\ &\qquad\qquad (\theta_{\rm p,1}x_{ip,1},\theta_{\rm p,2}x_{ip,2},\theta_{\rm p,3}x_{ip,3},\theta_{\rm p,4}x_{ip,4}), \qquad i=1,2,\dots,m,\\ &\qquad \sum_{j=1}^{n}(\lambda_{j,1}y_{rj,1},\lambda_{j,2}y_{rj,2},\lambda_{j,3}y_{rj,3},\lambda_{j,4}y_{rj,4})=(s_{r,1}^{+},s_{r,2}^{+},s_{r,3}^{+},s_{r,4}^{+})+\\ &\qquad\qquad (\tilde{y}_{rp,1},\tilde{y}_{rp,2},\tilde{y}_{rp,3},\tilde{y}_{rp,4}) \qquad r=1,2,\dots,s,\\ &\qquad \lambda_{j,4}\ge\lambda_{j,3}\ge\lambda_{j,2}\ge\lambda_{j,1}\ge 0, \qquad j=1,2,\dots,n,\\ &\qquad s_{i,4}^{-}\ge s_{i,3}^{-}\ge s_{i,2}^{-}\ge s_{i,1}^{-}\ge 0, \qquad i=1,2,\dots,m,\\ &\qquad s_{r,4}^{+}\ge s_{r,3}^{+}\ge s_{r,2}^{+}\ge s_{r,1}^{+}\ge 0, \qquad r=1,2,\dots,s,\\ &\qquad \theta_{\rm p,2}-\theta_{\rm p,1}\ge 0,\theta_{\rm p,3}-\theta_{\rm p,2}\ge 0,\theta_{\rm p,4}-\theta_{\rm p,3}\ge 0.\end{aligned} \qquad (٥)$$

قیدهای اول و دوم از حاصل‌ضرب دو عدد فازی ذوزنقه‌ای به دست آمده‌اند. تمام پارامترها و متغیرها در این مدل به صورت اعداد فازی ذوزنقه‌ای نمایش داده شده‌اند. مقدار بهینه تابع چندهدفه مدل (٥) کارایی فازی $\mathrm{DMU_p}$ را محاسبه می‌کند. مدل فوق، یک برنامه ریزی چندهدفه است که به منظور محاسبه کارایی فازی، از روش الفبایی استفاده می‌کند؛ یعنی ابتدا فقط تابع هدف θ_{p4} تحت قیود مدل بهینه می‌شود، سپس با حفظ مقدار بهینه θ_{p4}^* ، مقدار بهینه θ_{p3}^* تعیین شده و به همین ترتیب، چهار مقدار متناظر با کارایی به‌صورت عدد ذوزنقه‌ای به دست می‌آید.

قضیه ۱: اگر $(\theta_{p1}^*,\theta_{p2}^*,\theta_{p3}^*,\theta_{p4}^*)$ مقدار بهینه کارایی فازی $\mathrm{DMU_p}$ باشند آن‌گاه به ازای $\mathrm{k}=\ 1,2,3$ ، $\theta_{\rm pk}^*\in(\cdot,\theta_{\rm pk+1}^*)$.

تعریف ۵: اگر $(\theta^*_{p1},\theta^*_{p2},\theta^*_{p3},\theta^*_{p4})$ مقدار بهینه کارایی فازی $\mathrm{DMU_p}$ باشند،

$\mathrm{DMU_p}$ کارا است هرگاه $\theta^*_{p1}=1$ ؛

$\mathrm{DMU_p}$ ناکارا است هرگاه $\theta^*_{p4}<1$.

۳- رتبه بندی اعداد فازی

در مباحث تصمیم‌گیری، هرگاه ارزیابی به صورت فازی صورت گیرد، لازم است مقایسه اعداد فازی انجام شود. این مبحث تحت عنوان رتبه بندی اعداد فازی خوانده می‌شود. در این راستا روش‌های متعددی برای رتبه‌بندی اعداد فازی ارئه شده است که البته با توجه به کاربرد آن‌ها در عمل دارای معایب و محاسنی هستند. تعدادی از این روش‌ها از حساسیت کافی برخوردار نیستند و یا ممکن است نتایج متفاوتی در داده‌های آزمایشی نشان دهند؛ به عنوان مثال، انتظار داریم در مقایسه اعداد با هر مجموعه مرجع، ترتیب حفظ شود و یا با حذف یک عدد و یا افزودن یک عدد فازی، ترتیب سایر اعداد تغییر نکند.

رویکردهای کلی رتبه‌بندی اعداد فازی را می توان به صورت زیر دسته‌بندی نمود:

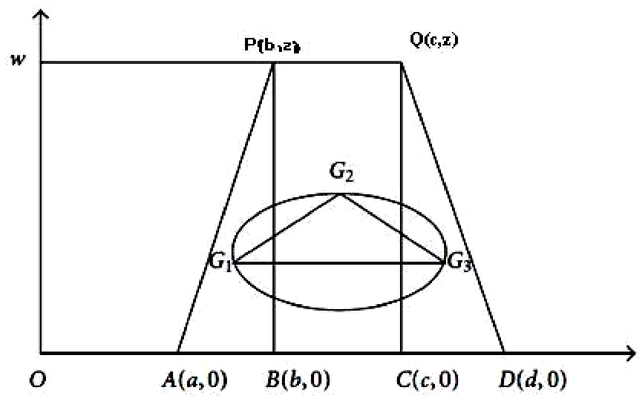
- *تبدیل داده های فازی به اعداد قطعی (فازی‌زدایی): تعدادی از روش‌های این دسته براساس درجه بهینه، فاصله همینگ، تابع مقایسه، میانگین فازی و پراکندگی و .. می‌باشند.*
- *معرفی یک نقطه مرجع و مقایسه اعداد فازی با این نقطه مرجع: در این دسته، از معرفی یک عدد ایده آل، رتبه چپ و راست، اندازه‌گیری منطقه و روش‌های رتبه بندی زبان شناسی استفاده شده است.*
- *بیان بزرگتر بودن اعداد با استفاده از تابع عضویت: این روش‌ها بر مبنای روش‌های ارزیابی اهمیت نسبی ویژگی‌های چندگانه ساخته شده اند.*

به منظور معرفی روش رتبه‌بندی جدید، ابتدا به معرفی روش رتبه‌بندی بر اساس مرکز محیطی دایره پرداخته خواهد شد.

۳-۱ مروری بر مفهوم مرکزمحیطی دایره

از لحاظ هندسی، سطح محصور هر عدد فازی ذوزنقه، به سه بخش (شامل دو مثلث و یک مستطیل) تقسیم می‌شود. نقاط مرکزوار این سه بخش توسط محاسبات مرکز محیط دایره‌ای محاسبه می‌شوند (رائو و شانکار، ۲۰۱۱).

تعریف ٦: مرکزوار ذوزنقه به صورت نقطه تعادل ذوزنقه تعریف می‌شود که در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱- نمایش مرکز محیطی دایره مرکزوارها.

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۳، شماره (۳)، پاییز ۱۳۹۷، صفحه: ۲۴۸-۲۳۶

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌کنید، ذوزنقه به سه بخش مثلث (APB)، مستطیل (BPQC) و دوباره یک مثلث (CQD) تقسیم شده است. مرکز محیطی دایره مرکزوارهای این سه قسمت به عنوان نقطه مرجع برای رتبه‌بندی اعداد فازی به کار می‌رود. یکی از دلایل انتخاب این نقطه به عنوان نقطه مرجع این است که هر نقطه مرکزوار (G1 از مثلث APB، G2 از مستطیل BPQC و G_3 از مثلث CQD) به تنهایی نقاط تعادل هر بخش هستند و مرکز محیطی دایره‌ی نقاط مرکزوارها، از هر رأس، هم‌فاصله هستند؛ بنابراین می‌تواند نقطه مرجع بهتری نسبت به نقطه مرکزوار ذوزنقه باشد.

عدد فازی ذوزنقه‌ای $\tilde{A} = (a, b, c, d; z)$ در شکل ۱ را در نظر بگیرید که $0 < z \leq 1$ یک ثابت است و a، b، c و d عددهای حقیقی هستند. اگر $z = 1$ عدد فازی ذوزنقه‌ای $\tilde{A} = (a, b, c, d; 1)$، یک عدد فازی نرمالیزه است، در غیر این صورت یعنی $0 < z < 1$، $\tilde{A}$ عدد فازی ذوزنقه‌ای غیرنرمال است.

مرکزوارهای سه بخش عبارتند از $G_1=(\frac{a+2b}{3}, \frac{z}{3})$ ، $G_2=(\frac{b+c}{2}, \frac{z}{2})$ و $G_3=(\frac{2c+d}{3}, \frac{z}{3})$.

معادله خط G_1G_2 عبارت است از $y = \frac{z}{3}$ و G_2 روی خط G_1G_3 کشیده نشده است؛ بنابراین G_1 ، G_2 و G_3 غیر هم‌خط هستند و آن‌ها یک مثلث را ساخته‌اند.

تعریف ۷: فرض کنید F یک میدان و V یک فضای برداری روی F باشد. اعضای F، اسکالر و v_i ها (که $i=1,2,...,n$) اعضای فضای برداری V می‌باشند. آن‌گاه ترکیب خطی $V=\lambda_1 v_1+\lambda_2 v_2+...+\lambda_n v_n$ را یک ترکیب آفین نامیده اگر $\sum \lambda_j = 1$ باشد.

۳-۲ روش جدید در رتبه بندی اعداد فازی

مرکز محیطی دایره $M_{\tilde{A}}(\overline{p_0}, \overline{q_0})$ از مثلث با رئوس G_1، G_2 و G3 در عدد فازی ذوزنقه‌ای $\tilde{A} = (a, b, c, d; z)$ به صورت رابطه (۶) بیان می‌شود (رائو و شانکر، ۲۰۱۱).

$$M_{\tilde{A}}(\bar{p}_0, \bar{q}_0) = (\frac{a+2b+2c+d}{6}, \frac{(2a+b-3c)(2d+c-3b)+5z^2}{12z}) \quad (۶)$$

قرینه عدد فازی $\tilde{A} = (a, b, c, d; z)$ به صورت $-\tilde{A} = (-d, -c, -b, -a; z)$ است. در حالت خاص، برای عدد فازی مثلثی $\tilde{A} = (a, b, d; z)$ یعنی $(c = b)$ مرکز محیطی دایره مرکزوار به صورت رابطه (۷) ارائه می‌شود (رائو و شانکر، ۲۰۱۱).

$$M_{\tilde{A}}(\bar{p}_0, \bar{q}_0) = (\frac{a+4b+d}{6}, \frac{4(a-b)(d-b)+5z^2}{12z}) \quad (۷)$$

اگر $z = 1$ عدد فازی مثلثی $\tilde{A} = (a, b, d; 1)$، یک عدد فازی مثلثی نرمالیزه است، در غیر این صورت یعنی اگر $0 < z < 1$، $\tilde{A}$ عدد فازی مثلثی غیر نرمال است.

برای عدد فازی ذوزنقه‌ای $\tilde{A} = (a, b, c, d; z)$، با مرکز محیطی دایره مرکزوار $M_{\tilde{A}}(\overline{p_0}, \overline{q_0})$ که در رابطه (۶) بیان شد و با استفاده از مفهوم ترکیب آفین مطابق تعریف ۷، روش رتبه‌بندی موجود در رابطه (۸) پیشنهاد شده است.

$$R(\tilde{A}) = \frac{1}{2}\int_0^1 (\frac{a}{a+d}\bar{p}_0 + \frac{d}{a+d}\bar{q}_0) f(r) dr \quad (۸)$$

که تابع $f(r)$ نامنفی و روی $[0,1]$ تابعی افزایشی است با $f(0) = 0$، $f(1) = 1$ و $\int_0^1 f(r)dr = \frac{1}{2}$.

تابع $f(r)$ عموماً به عنوان یک تابع وزن بکار می‌رود؛ در این مقاله فرض می‌کنیم $f(r) = r$.

بر اساس تعاریف و روابط فوق، رتبه‌بندی بین اعداد فازی به صورت زیر بیان می‌شود:

لم ۱. فرض کنید $\tilde{A}$ و $\tilde{B}$ دو عدد فازی باشند سپس:

اگر $R(\tilde{A}) > R(\tilde{B})$ باشد آنگاه $\tilde{A} > \tilde{B}$.

اگر $R(\tilde{A}) < R(\tilde{B})$ باشد آنگاه $\tilde{A} < \tilde{B}$.

۳-۳ ویژگی‌های روش پیشنهادی برای رتبه‌بندی اعداد فازی

از مزایای روش پیشنهادی، سادگی محاسبات در مقایسه با سایر روش‌های قبلی است؛ هم‌چنین این روش در خواص موجود در قضیه ۲ نیز صدق می‌کند که در این بخش بررسی خواهد شد. فرض کنید S مجموعه مقادیر فازی، E زیرمجموعه دلخواهی از S و R روش رتبه‌بندی پیشنهادی (۸) باشد. فرض کنید دو شرط زیر بر قرار باشد.

مقادیر فازی در شرایط روش رتبه‌بندی مورد نظر، صدق کنند؛ وقتی روش رتبه‌بندی (۸) را روی مجموعه مقادیر فازی S بکار می‌بریم، برای هر $(A,B)\in S^2$ فقط یکی از نتایج $A \cong B$، $A \prec B$ و $A \succ B$ برقرار است.

قضیه ۲: خواص A_1، A_2، ...، A_5 برای تابع $R(\tilde{A})$ برقرارند.

خاصیت A_1 (خاصیت انعکاسی). برای یک زیر مجموعه متناهی دلخواه E از S و به ازای هر $A\in E$، با استفاده از روش M روی E، $A \succsim A$ می‌باشد.

خاصیت A_2 (خاصیت متقارن). برای یک زیر مجموعه متناهی دلخواه E از S، اگر به ازای هر $(A,B)\in E^2$ با استفاده از روش M روی **E** داشته باشیم $A \succsim B$ و $B \succsim A$ آنگاه $A \cong B$.

خاصیت A_3 (خاصیت تعدی). برای یک زیر مجموعه متناهی دلخواه E از S؛ اگر به ازای هر $(A,B,C)\in E^3$ با استفاده از روش M روی **E**، $A \succsim B$ و $B \succsim C$ باشد، آنگاه $A \succsim C$.

خاصیت A_4. اگر دو مقدار فازی، تکیه گاه‌های جدا از هم داشته باشند، آنگاه مقدار فازی با تکیه‌گاه در سمت راستش بزرگتر از دیگری است.

الف- خاصیت A'_4: برای یک زیر مجموعه متناهی دلخواه E از S و به ازای هر $(A,B)\in E^2$ اگر $\inf \operatorname{supp}(A) \geq \sup \operatorname{supp}(B)$، آنگاه $A \succsim B$.

ب. خاصیت A''_4: برای یک زیر مجموعه متناهی دلخواه E از S و به ازای هر $(A,B)\in E^2$ اگر $\inf \operatorname{supp}(A) > \sup \operatorname{supp}(B)$، آنگاه $A \succ B$.

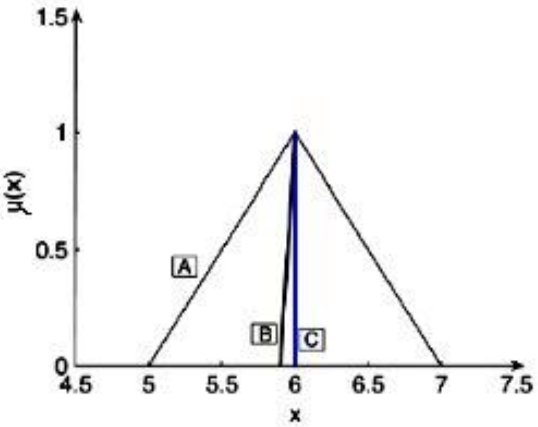
خاصیت A_5. فرض کنید E و F دو مجموعه متناهی باشند، A و B در $E \cap F$ قرار داشته باشند، با استفاده از روش M روی E، $A \succ B$ است اگر و تنها اگر با استفاده از روش M روی F، $A \succ B$ باشد.

خواص فوق به وضوح با استفاده از خواص انتگرال برقرار می‌باشد.

در بخش بعد موثر بودن روش پیشنهادی با روش‌های رتبه‌بندی مختلف مقایسه و عملکرد آن با ارائه چند مثال نشان داده خواهد شد. در ادامه با استفاده از روش رتبه‌بندی پیشنهادی، یک مثال کاربردی از مسئله مدیریت زنجیره تأمین برای ارزیابی عملکرد DMUها، ارائه می‌شود. در این مثال، واحدهای ناکارا با کمک روش جدید، رتبه‌بندی می‌شوند و مشاهده خواهد شد که رتبه‌بندی کاملاً دقیق بوده و هیچ دو واحدی دارای رتبه یکسان نمی‌باشد.

۳-٤ مثال‌های رتبه بندی اعداد فازی

مثال۱: اعداد فازی مثلثی $A = (1,6,1;1)$، $B = (0.1,6,1;1)$ و $C = (0,6,1;1)$ **را در شکل ۲ در نظر بگیرید.**



شکل ۲- نمایش اعداد فازی مثلثی.

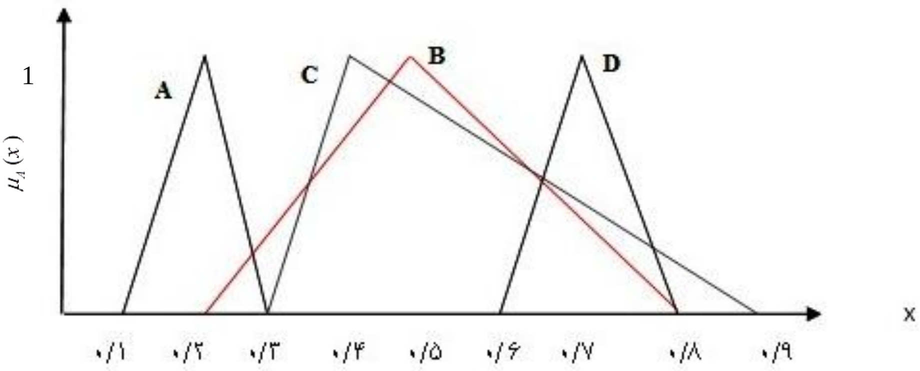
بر اساس رابطه (۷) $M_A(\overline{p_0},\overline{q_0}) = (8.75,6.54)$، $M_B(\overline{p_0},\overline{q_0}) = (4.183,10.02)$ و $M_C(\overline{p_0},\overline{q_0}) = (4.166,10.416)$ **و سپس با استفاده از رابطه (۸) مقادیر** $R(A) = 1.635$ ، $R(B) = 2.566$ و $R(C) = 2.604$ **به دست می‌آید. در ادامه، مقایسه نتایج به دست آمده از روش جدید و چند روش دیگر در جدول ۱ قابل مشاهده می‌باشد.**

جدول ۱- مقایسه چند روش رتبه‌بندی با روش رتبه‌بندی پیشنهادی.

اعداد فازی	*A*	*B*	*C*	نتایج
روش پیشنهادی	۱/۶۳۵	۲/۵۶۶	۲/۶۰۴	$A < B < C$
MAG(0)	۶/۰۰۰	۶/۰۷۵۰	۶/۰۸۳۴	$A < B < C$
Sign distance p p=1	۶/۱۲	۱۲/۴۵	۱۲/۵	$A < B < C$
Sign distance p p=2	۸/۵۲	۸/۸۲	۸/۸۵	$A < B < C$
چو و تسائو	۳	۳/۱۲۶	۳/۰۸۵	$A < B < C$

همانطور که از جدول ۱ مشاهده می‌شود، نتایج حاصل از روش رتبه‌بندی جدید، سه عدد فازی A، B و C را مانند روش‌های MAG(.) (عباس‌بندی و حجاری، ۲۰۰۹) و روش Sign distance p (عباس‌بندی و اسدی، ۲۰۰۶) به ازای p=1, 2 مرتب کرده که این نتایج با توجه به شکل۲ نتایجی قابل قبول هستند.

مثال۲: چهار عدد فازی $A = (0.1,0.2,0.3;1)$، $B = (0.2,0.5,0.8;1)$، $C = (0.3,0.4,0.9;1)$ و $D = (0.6,0.7,0.8;1)$ **را در شکل ۳ در نظر بگیرید.**



شکل ۳- نمایش اعداد فازی.

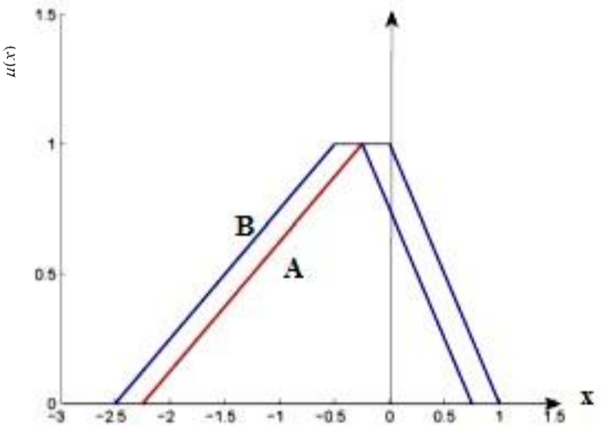
با استفاده از رابطه (۷)، $M_A(\overline{p_0},\overline{q_0}) = (0.2,0.413)$، $M_B(\overline{p_0},\overline{q_0}) = (0.2,0.386)$، $M_C(\overline{p_0},\overline{q_0}) = (0.078,0.4)$ و $M_D(\overline{p_0},\overline{q_0}) = (0.7,0.413)$، رتبه‌بندی این چهار عدد فازی توسط روش‌های یاگر (۱۹۸۱)، فورتمپس و روبنس (۱۹۹۶)، لیو و وانگ (۱۹۹۲) و چن و لو (۲۰۰۱) در جدول (۲) نمایش داده شده است و این نتایج با رتبه‌بندی حاصل از روش جدید (روش (۸)) مقایسه می‌شود. از جدول ۲ مشاهده می‌شود که هیچ یک از روش‌های لیو و وانگ، چن و لو، فورتمپس و روبنس نمی‌توانند دو اعدد فازی B و C را متمایز کنند.

علاوه بر آن روش‌های لیو و وانگ (۱۹۹۲) و چن و لو (۲۰۰۱) نمی‌توانند دو عدد فازی A و D را نیز از هم متمایز کنند. در حالی که با محاسباتی سریع و ساده با استفاده از روش رتبه‌بندی جدید، ترتیب اعداد فازی به‌صورت $D > C > B > A$ کاملاً دقیق مشخص می‌شود.

جدول ۲- مقایسه روش‌های رتبه‌بندی مختلف.

روش‌ها		A	B	C	D	رتبه‌بندی
روش پیشنهادی جدید		۰/۰۷۹۵	۰/۰۸۷۴	۰/۱۰۹	۰/۱۳۴	$D > C > B > A$
یاگر		۰/۲	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۷۰	$D > B = C > A$
فورتمپس و روبنس		۰/۲	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۷۰	$D > B = C > A$
	$\alpha = 1$	۰/۲۵	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۷۵	$D > B = C > A$
لیو و وانگ	$\alpha = 0.5$	۰/۲۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۷۰	$D > B = C > A$
	$\alpha = 0$	۰/۱۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۶۵	$D > B = C > A$
	$\beta = 1$	-۰/۲۰	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۲۰	$B = C > A = D$
چن و لو	$\beta = 0.5$	-۰/۲۰	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۲۰	$B = C > A = D$
	$\beta = 0$	-۰/۲۰	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۲۰	$B = C > A = D$

مثال ۳: (رتبه‌بندی عدد فازی و قرینه عدد فازی).



شکل ۴- نمایش دو عدد فازی قرینه.

فرض کنید دو عدد فازی $A=\left(-\frac{5}{2},-\frac{1}{2},0.1;1\right)$ و $B=\left(-\frac{9}{4},-\frac{1}{4},\frac{3}{4};1\right)$ را داریم؛ هر دو عدد فازی منفی هستند و عدد فازی A از عدد فازی B کوچکتر است یعنی $R(A)=-0.7641$ و $R(B)=-0.124$. از طرفی قرینه‌های این اعداد فازی به ترتیب $-A=\left(-0.1,\frac{1}{2},\frac{5}{2}\right)$ و $-B=\left(-\frac{3}{4},\frac{1}{4},\frac{9}{4}\right)$ می‌باشند. با استفاده از روش پیشنهادی، ترتیب رتبه‌بندی به صورت $-B<-A$ را ایجاد می‌شود. به طور خلاصه و با توجه به رابطه (۷)، $M_A(\overline{p_0},\overline{q_0})=(0.4166,-1.187)$، $M_B(\overline{p_0},\overline{q_0})=(0.4166,-0.25)$. با روش (۸)، نتایج رتبه‌بندی به ترتیب $R(-A)=-0.2417$ و $R(-B)=-0.0729$ به دست می‌آیند، یعنی $-B<-A$ است.

۴- مطالعه موردی

در این قسمت، دقت روش رتبه‌بندی پیشنهادی را با ارائه مثالی از یک مطالعه موردی در خصوص SCM برگرفته از مقاله آزادی و همکاران (۲۰۱۵) نشان داده می‌شود. ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان از نظر جنبه پایداری، نقش مهمی در بیان پایداری ایفا می‌کند. در این مطالعه موردی، شرکت ARCIC با هدف انتخاب پایدارترین تأمین کننده از میان ۲۶ تأمین کننده فعال در زمینه مواد خام مورد بررسی قرار می‌گیرد (آزادی و همکاران، ۲۰۱۵). ورودی‌ها عبارتند از هزینه کلی حمل و نقل[1] (TC)، تعداد حمل و نقل‌های هر ماه[2] (NS)، هزینه طراحی محیطی[3] (ED) و هزینه ایمنی و سلامت کار[4] (CS). توجه داشته باشید که به ترتیب، TC و NS، شاخص‌های اقتصادی وED و CS، شاخص‌های اجتماعی و محیطی می‌باشد. خروجی‌ها شامل تعداد محموله‌هایی که به موقع وارد می‌شوند[5] (NOT) و تعداد صورت حساب‌های دریافتی از تأمین‌کننده بدون خطا[6] (NB) می‌باشند. همه مقادیر ورودی و خروجی به صورت اعداد فازی مثلثی نشان داده شده‌اند.

جدول، شامل مقادیر ورودی و خروجی با داده‌های فازی در مقاله حاتمی و همکاران (۲۰۱۷) موجود می‌باشد. مقدار کارایی فازی به دست آمده از مدل ۵ برای همه تأمین‌کننده‌ها در ستون دوم جدول ۳ نمایش داده‌شده است. با توجه به این نتایج مشاهده می‌شود که تأمین‌کنندگان (۶،۷،۸،۹،۱۶،۱۷،۱۹،۲۲) کارا و سایر واحدها ناکارا هستند. در ادامه با استفاده از روش پیشنهادی ارائه شده در این پژوهش، به رتبه‌بندی واحدهای ناکارا پرداخته خواهد شد که نتایج در ستون مربوط به رتبه‌بندی واحدهای ناکارا به دست آمده است.

[1] Total Cost of Shipments
[2] Number of Shipments
[3] Eco-Design Cost
[4] Cost of Work Safety and Labor Health
[5] Number of Shipments to Arrive on Time
[6] Number of Bills Received

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۳ ، شماره (۳)، پاییز ۱۳۹۷ ، صفحه: ۲۳۶-۲۴۸

جدول ۳- نتایج حاصل از رتبه‌بندی به روش پیشنهادی.

تأمین‌کنندگان	کارایی	طبقه‌بندی	روش پیشنهادی	رتبه‌بندی واحدهای ناکارا
۱	(۱،۱،۱)	کارا	۱	-
۲	(۰/۹۶۳، ۰/۹۴۳ ، ۰/۹۲۰)	ناکارا	۰/۱۶۸۳۷	۴
۳	(۰/۹۳۶، ۰/۹۳۶ ، ۰/۹۳۶)	ناکارا	۰/۱۶۹۰۸	۳
۴	(۰/۸۴۷، ۰/۸۴۲ ، ۰/۸۳۶)	ناکارا	۰/۱۵۶۹۴	۸
۵	(۰/۹۷۰، ۰/۹۷۰ ، ۰/۹۷۰)	ناکارا	۰/۱۷۳۳۴	۱
۶	(۱،۱،۱)	کارا	۱	-
۷	(۱،۱،۱)	کارا	۱	-
۸	(۱،۱،۱)	کارا	۱	-
۹	(۱،۱،۱)	کارا	۱	-
۱۰	(۰/۸۶۳، ۰/۸۲۹ ، ۰/۷۸۸)	ناکارا	۰/۱۵۳۱۶	۹
۱۱	(۰/۹۶۳، ۰/۹۵۲ ، ۰/۹۳۸)	ناکارا	۰/۱۷۰۱۳	۲
۱۲	(۰/۸۵۵، ۰/۸۵۵ ، ۰/۸۵۵)	ناکارا	۰/۱۵۸۹۶	۷
۱۳	(۰/۷۸۲، ۰/۷۸۲ ، ۰/۷۸۲)	ناکارا	۰/۱۴۹۸۴	۱۱
۱۴	(۰/۸۰۷، ۰/۷۸۸ ، ۰/۷۶۵)	ناکارا	۰/۱۴۹۲۳	۱۲
۱۵	(۰/۵۶۸، ۰/۵۳۱ ، ۰/۴۸۶)	ناکارا	۰/۱۱۷۱۱	۱۶
۱۶	(۱،۱،۱)	کارا	۱	-
۱۷	(۱،۱،۱)	کارا	۱	-
۱۸	(۰/۵۸۲، ۰/۵۶۷ ، ۰/۵۴۹)	ناکارا	۰/۱۲۲۳۴	۱۵
۱۹	(۱،۱،۱)	کارا	۱	-
۲۰	(۰/۶۱۴، ۰/۵۹۲ ، ۰/۵۶۶)	ناکارا	۰/۱۲۷۵۸	۱۴
۲۱	(۰/۹۲۳، ۰/۹۱۰ ، ۰/۸۹۵)	ناکارا	۰/۱۶۴۸۳	۵
۲۲	(۱،۱،۱)	کارا	۱	-
۲۳	(۰/۷۸۲، ۰/۷۸۲ ، ۰/۷۸۲)	ناکارا	۰/۱۴۹۸۴	۱۱
۲۴	(۰/۹۰۹، ۰/۸۹۴ ، ۰/۸۷۵)	ناکارا	۰/۱۶۲۵۹	۶
۲۵	(۰/۶۶۷، ۰/۶۲۹ ، ۰/۵۸۳)	ناکارا	۰/۱۲۸۶۸	۱۳
۲۶	(۰/۷۹۶، ۰/۷۹۶ ، ۰/۷۹۶)	ناکارا	۰/۱۵۱۵۹	۱۰

همان‌طور که از جدول ۳ مشاهده می‌شود مقادیر به دست آمده از روش رتبه‌بندی پیشنهادی، در ستون (روش پیشنهادی) ارائه شده است. از بین تأمین‌کنندگان ناکارا، واحد شماره پنج دارای بیشترین کارایی نسبت به سایر واحدها می‌باشد. قابل ذکر است که نتایج حاصل از رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان با استفاده از روش پیشنهادی، دقیقا با مشاهدات عینی حاصل از مقایسه شهودی کارایی واحدهای تحت ارزیابی مطابقت دارند و رتبه‌بندی همه واحدها کاملا متمایز به دست آمد و این دلیلی روشن مبنی بر دقت بالای روش پیشنهادی است.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات مطالعات آینده

به رغم وجود روش‌های فراوان برای رتبه‌بندی اعداد فازی، هیچ کس نمی‌تواند در همه حالات، اعداد فازی را با کمک شهود انسانی رتبه‌بندی کند. تقریباً اکثر روش‌های رتبه‌بندی در بعضی از ویژگی‌ها ناکارآمد هستند یعنی برخی با عدم تطابق نتایج حاصل از رتبه‌بندی با مشاهدات بشر روبرو می‌شوند، برخی توانایی تبعیض بین همه اعداد فازی را ندارند و برخی دارای پیچیدگی زیاد در محاسبات می‌باشند. لذا چنین نتیجه گرفته می‌شود که روشی دقیق برای مقایسه اعداد فازی وجود ندارد و روش‌های مختلف، ممکن است با معیارهای گوناگونی برقرار باشند. بسیاری از روش‌های رتبه‌بندی ارائه شده، نقطه مرکزوار ذوزنقه را به عنوان نقطه مرجع (نقطه تعادل ذوزنقه) به کار می‌برند؛ در یک ذوزنقه، عدد فازی ذوزنقه‌ای، به سه بخش (به‌ترتیب مثلث، مستطیل و مثلث) تقسیم می‌شود. سپس نقاط مرکزوار این سه بخش توسط محاسبات مرکز محیطی دایره محاسبه می‌شوند؛ زیرا مرکز محیطی دایره مرکزوار، تعادل بیشتری نسبت به سایر نقاط دارد یعنی این نقطه از همه رئوسی که مرکزوارها

هستند، هم‌فاصله است و این مقدار، همان ارزش قطعی اعداد فازی است. روش پیشنهادی در این پژوهش مبتنی بر مرکز محیطی دایره و ترکیب آفین برای رتبه‌بندی اعداد فازی ذوزنقه‌ای و اعداد فازی مثلثی ارائه گردید. این روش برای بسیاری از فازی زدایی‌ها به کار برده شده است؛ روش پیشنهادی بسیار ساده و دقیق است و دارای محاسبات پیچیده‌ای نمی‌باشد. عملکرد صحیح روش و مزایای آن با مثال‌های عددی نشان داده شد. همانطور که از نتایج حل مثال‌ها مشاهده گردید، روش بسیار دقیق است و با مشاهدات عینی حاصل از مقایسات شهودی مطابقت داشته و قابلیت تبعیض اعداد فازی را دارد. با توجه به اهمیت فراوان رتبه‌بندی اعداد فازی در دنیای امروز، اگر روشی ارائه شود که در کمترین زمان ممکن با بیشترین دقت، تصمیم‌گیرنده را در امر رتبه‌بندی یاری کند، هم‌چنین با توجه به حالت‌های خاص اعداد فازی اگر آن روش بتواند هم زمان همه حالت‌ها را پشتیبانی نماید گامی بزرگ در جهت بهبود روش‌های رتبه‌بندی فازی برداشته خواهد شد.

منابع

Abbasbandy, S., & Asady, B. (2002). Note on A new approach for defuzzification. *Fuzzy sets and systems*, *128*(1), 131-132.

Abbasbandy, S., & Asady, B. (2006). Ranking of fuzzy numbers by sign distance. *Information sciences*, *176*(16), 2405-2416.

Abbasbandy, S., & Hajjari, T. (2009). A new approach for ranking of trapezoidal fuzzy numbers. *Computers & mathematics with applications*, *57*(3), 413-419.

Azadi, M., Jafarian, M., Saen, R. F., & Mirhedayatian, S. M. (2015). A new fuzzy DEA model for evaluation of efficiency and effectiveness of suppliers in sustainable supply chain management context. *Computers & operations research*, *54*, 274-285.

Bowlin, W. F. (1998). Measuring performance: An introduction to data envelopment analysis (DEA). *The journal of cost analysis*, *15*(2), 3-27.

De Campos Ibáñez, L. M., & Muñoz, A. G. (1989). A subjective approach for ranking fuzzy numbers. *Fuzzy sets and systems*, *29*(2), 145-153.

Sarrico, C. S. (2001). Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software. *Journal of the operational research society*, *52*(12), 1408-1409.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2, 429–444.

Cheng, C. H. (1998). A new approach for ranking fuzzy numbers by distance method. *Fuzzy sets and systems*, *95*(3), 307-317.

Chen, L. H., & Lu, H. W. (2001). An approximate approach for ranking fuzzy numbers based on left and right dominance. *Computers & mathematics with applications*, *41*(12), 1589-1602.

Chen, S. H. (1985). Ranking fuzzy numbers with maximizing set and minimizing set. *Fuzzy sets and systems*, *17*(2), 113-129.

Chu, T. C., & Tsao, C. T. (2002). Ranking fuzzy numbers with an area between the centroid point and original point. *Computers & mathematics with applications*, *43*(1-2), 111-117.

Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the royal statistical society. Series A (General)*, *120*(3), 253-290.

Fortemps, P., & Roubens, M. (1996). Ranking and defuzzification methods based on area compensation. *Fuzzy sets and systems*, *82*(3), 319-330.

Hatami-Marbini, A., Ebrahimnejad, A., & Lozano, S. (2017). Fuzzy efficiency measures in data envelopment analysis using lexicographic multiobjective approach. *Computers & industrial engineering*, *105*, 362-376.

Kao, C. (2006). Interval efficiency measures in data envelopment analysis with imprecise data. *European journal of operational research*, *174*(2), 1087-1099.

Liou, T. S., & Wang, M. J. J. (1992). Ranking fuzzy numbers with integral value. *Fuzzy sets and systems*, *50*(3), 247-255.

Rao, P., & Shankar, N. R. (2011). Ranking fuzzy numbers with a distance method using circumcenter of centroids and an index of modality. *Advances in fuzzy systems*, *2011*, 3.

Saati, S. M., Memariani, A., & Jahanshahloo, G. R. (2002). Efficiency analysis and ranking of DMUs with fuzzy data. *Fuzzy optimization and decision making*, *1*(3), 255-267.

Wang, Y. M., Luo, Y., & Liang, L. (2009a). Fuzzy data envelopment analysis based upon fuzzy arithmetic with an application to performance assessment of manufacturing enterprises. *Expert systems with applications*, *36*(3), 5205-5211.

Wang, Z. X., Liu, Y. J., Fan, Z. P., & Feng, B. (2009b). Ranking L–R fuzzy number based on deviation degree. *Information sciences*, *179*(13), 2070-2077.

Yager, R. R. (1981). A procedure for ordering fuzzy subsets of the unit interval. *Information sciences*, *24*(2), 143-161.