International Journal of Industrial Engineering & Production Management (2016)
September 2016, Volume 27, Number 3
pp. 479-495

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

# Using the Interval Type-2 Fuzzy Sets and Clustering Algorithm in Supplier Selection: A Case Study

**Armaghan Heidarzade, Iraj Mahdavi &Nezam Mahdavi-Amiri**

***Armaghan Heidarzade,*** *Department of Industrial Engineering, College of Technology, Mazandaran University of Science & Technology*
***Iraj Mahdavi,*** *Department of Industrial Engineering, College of Technology, Mazandaran University of Science & Technology*
***Nezam Mahdavi-Amiri,*** *Faculty of Mathematical Sciences, Sharif University of Technology*

**Keywords**

**Supply chain management,**
**Interval type-2 fuzzy sets, clustering,**
**Distance measure**

**ABSTRACT**

*Supplier selection is a decision-making process to identify and evaluate suppliers for making contracts. Here, we use interval type-2 fuzzy values to show the decision makers' preferences. Using a distance for interval type-2 fuzzy sets, we propose a hierarchical clustering-based method to solve a supplier selection problem and find the proximity of the suppliers. To illustrate the applicability of the proposed method, first a case study of supplier selection problem with 8 criteria and 8 suppliers are illustrated and next, an example taken from the literature is worked through. The results show that while the proposed hierarchical clustering algorithm provides acceptable results as AHP, TOPSIS, wang et al. [44] and chen [47], it is also conveniently appropriate for using interval type-2 fuzzy sets and obtaining proximity of suppliers.*

**© 2016 IUST Publication, IJIEPM Vol. 27, No. 3, All Rights Reserved**

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنـــایع و مدیـــــریت تولیـــد

شمـــاره ۳، جلـــد ۲۷، پاییز ۱۳۹۵

صفحـــه ۴۹۵-۴۸۰

ISSN: 2008-4870

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

# به کارگیری مجموعه‌های فازی فاصله‌ای نوع دوم و الگوریتم خوشه‌بندی در مساله انتخاب تامین‌کننده: مطالعه موردی

ارمغان حیدرزاده، ایرج مهدوی*، نظام الدین مهدوی امیری

**کلمات کلیدی**

**مدیریت زنجیره تامین،**
**مجموعه‌های فازی فاصله‌ای نوع دوم،**
**خوشه‌بندی،**
**فاصله فازی**

**چکیده:**

مساله انتخاب تامین‌کننده یک فرایند تصمیم‌گیری برای شناسایی هویت تامین‌کننـده‌هـا و ارزیـابی آن‌هـا برای عقد قرارداد است. در اینجا، مقادیر فازی فاصله‌ای نوع دوم برای نشان دادن نظرات تصمیم گیرنده هـا استفاده شده است. با به‌کارگیری فرمول فاصله برای مجموعه های فازی فاصله ای نوع دوم، روشـی مبتنـی بر خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی برای حل مساله انتخاب تامین‌کننده پیشنهاد شـده اسـت. بـرای نشـان دادن کاربرد روش پیشنهادی ، دو نمونه مساله حل کرده‌ایم. اولین مساله یک مطالعه موردی در مسـاله انتخـاب تامین کننده با ۸ معیار و ۸ تامین کننده است. مساله بعدی، نمونه مساله‌ای اسـت کـه برگرفتـه از ادبیـات موضوع می باشد. نتایج نشان می دهد در حالی که الگوریتم خوشه بندی سلسله مراتبی پیشـنهادی نتـایج مشابه با روشهای **AHP**، تاپ سیس، روش چن و روش وانگ و همکاران را فراهم می‌کند اما در عین حـال برای مجموعه های فازی فاصله ای نوع دوم مناسب است و هـم‌چنـین میـزان نزدیکـی و هـم‌خـوانی بـین تامین‌کننده‌ها را تعیین می‌کند.

از آن‌جایی کـه هزینـه‌ی مـواد اولیـه و اجـزاء و قطعـات ازجملـه هزینه‌های اصلی محصول به‌شمار می رونـد و بسـیاری از شـرکت ها نیاز دارند مقدار قابل توجهی از درآمد خود را در بخش خریـد صرف کنند، لذا فرایند انتخاب تامین‌کننده از جمله مواردی است که امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است. انتخاب تامین‌کننده یکی از مهم‌ترین مسایل تصمیم‌گیری است که شامل فاکتورهـای کمی و کیفی برای شناسایی تامین‌کننده‌ها می‌شود.

برای پاسخگویی به تقاضای مشتری و کاهش هزینه های داخلـی و ریسک و نیز برای ارایه محصولات رقابتی تر و توزیع محصولات به مشتریان به منظور تامین انواع خواسته آنها، شرکت ها ترجیح میدهند تا مناسبترین تامین کننده را انتخاب کنند.

**تاریخ وصول: ۹۳/۰۶/۲۲**

**تاریخ تصویب: ۹۴/۰۶/۲۹**

**ارمغان حیدرزاده**، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علوم و فنون مازنـدران، بابـل
a.heidarzade@ustm.ac.ir

**نظام الدین مهدوی امیری**، دانشـکده ریاضـی، دانشـگاه صـنعتی شـریف، تهـران
nezamm@sharif.edu

***نویسنده مسئول مقاله: ایرج مهدوی**، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علوم و فنون مازندران، بابل irajarash@rediffmail.com

با این حال، برای یک زنجیره تـامین بـا تعـداد زیـادی از تـامین کننده، به‌منظور تامین ترجیحات مشتری های مختلف و تقاضای آنها، هر تامین کننده دارای استراتژی خاص خود با سطح رقابـت متناظر با آن محصول است. اگر تقاضای مشتری در نظـر گرفتـه نشده باشد، ممکن است محصولات تولید شده با سطح انتظـارات مشتری سازگار نباشد و موجب تلفات در سیستم زنجیـره تـامین [۱] گردد. "مدیریت زنجیره تامین" را می‌توان به‌صورت مدیریت شبکه‌ای از کسب و کار به هم پیوسته، درگیر با ارایه محصولات و خدمات مورد نیاز مشتریان نهایی در زنجیـره تـامین [۲] تعریـف کرد. مدیریت زنجیره تامین شامل ذخیره سازی مواد خـام ، کـار در جریان ساخت، انتقال محصولات از نقطه مبداء تا نقطه مصرف می شود. برای انتخـاب تـامین کننـده هـا، محققـان روش هـای مختلفی را پیشنهاد کرده اند، از جمله تجزیه و تحلیـل پوششـی داده ها (DEA) [۳]، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) [۴]، فرآیند تحلیـل سلسـله مراتبـی فـازی (FAHP) [۵و ۶]، فراینـد شبکه تحلیلی (ANP) [۷]، روش تعیین شباهت به راه حل ایـده آل (تاپ سیس) [۸] ، تئوری بازی هـا [۹]، منطـق فـازی [۱۰]،

استدلال مبتنی بر منطق فازی (CBR) [۱۱]، برنامه‌ریزی خطی [۱۲] و غیره.

آیساوو و همکارانش [۱۳] ادبیات موضوع مربوط به انتخاب تامین کننده را به صورت جامع بررسی کردند. آنها در بررسی‌هایشان تمامی مراحل خرید را پوشش داده و هر دو بخش خدمات و فعالیت‌های برون‌سپاری و تدارکات مبتنی بر اینترنت را نیز در نظر گرفتند. هم‌چنین تحقیقات منتشر شده را نیز طبقه‌بندی کردند. تاناراکساکول و فراکسافانرات [۱۴] ۷۶ مقاله انتخاب تامین کننده در ادبیات موضوع را مرور کردند و متوجه شدند که قیمت، کیفیت و تحویل کالا شایع‌ترین ابعاد ارزیابی عرضه‌کننده‌های کالا است. خراسانی و خاکزار [۱۵]برای انتخاب بهترین تامین کننده نشاسته ذرت در یک شرکت داروسازی در ایران مدلی پیشنهاد کردند. آنها برای ارزیابی تامین‌کننده‌ها از معیارهای قیمت، کیفیت، خدمات و مسایل فنی استفاده کردند. پانیامورتی و همکارانش [۱۶] یک مدل ترکیبی برای انتخاب تامین‌کننده با استفاده از مدل معادلات ساختاری و AHP فازی را توسعه دادند. تامین‌کننده ها بر اساس معیارهایی مانند مدیریت و سازمان، کیفیت، قابلیت‌های فنی، امکانات تولید و ظرفیت، وضعیت مالی، تحویل، خدمات، ارتباطات، ایمنی، نگرانی‌های زیست محیطی و هزینه مورد بررسی قرار گرفتند. حق و کانان [۱۷] دو مدل انتخاب تامین کننده ها براساس AHP و FAHP را در یک مطالعه موردی مقایسه کردند. آنها در مطالعه خود، کیفیت، تحویل، قابلیت تولید، خدمات، قابلیت‌های مهندسی/فنی، ساختار کسب و کار و قیمت را به عنوان معیار تصمیم در نظرگرفتند و مدلی برای صنعت لوله‌های لاستیکی در هند ارایه دادند.

تجزیه و تحلیل خوشه‌ای (CA) یک روش آماری است که با استفاده از یک الگوریتم طبقه‌بندی مجموعه داده های متعدد را برای دسترسی آسانتر در چندین گروه یا خوشه دسته‌بندی می‌کند. بنابراین، هر خوشه متشکل از مجموعه ای از اشیاء است که با یکدیگر "مشابه" هستند و با اشیاء متعلق به سایر خوشه ها "متفاوت" هستند. روش‌های خوشه‌بندی را به دو دسته کلی "روش‌های خوشه‌بندی تفکیکی" و "روش‌های خوشه بندی سلسله مراتبی" می‌توان تقسیم کرد.

در روش‌های خوشه‌بندی تفکیکی، تعداد خوشه‌ها از قبل مشخص شده است. هدف آن است که مشخص کنیم هر شی در کدام خوشه جای می‌گیرد. با توجه به مجموعه N داده از نقاط، $D=\left(x_1,x_2,...,x_N\right)$، هدف پیدا کردن K خوشه، $C=\left(\pi_1,\pi_2,...,\pi_K\right)$، است به‌طوری‌که هر داده به یک خوشه منحصر به فرد، $\pi_K$، اختصاص داده شود. الگوریتم‌های تفکیکی معمولا در تلاشند تا تابع عملکرد (یا تابع هدف) تعریف شده برای خوشه‌بندی را به حداقل و یا به حداکثر برسانند. از جمله مهم‌ترین الگوریتم های خوشه بندی که در ادبیات موضوع وجود دارد، می‌توان به روش‌های میانگین-K ( مک کویین ۱۹۶۷)، مد-K (کافمن و روسو ۱۹۹۰، تان ۲۰۰۵)، میانگین-C فازی (دان ۱۹۷۳)، میانگین-k نرم (مک کی ۲۰۰۳)، میانگین هارمونیک-k (ژانگ و همکارانش ۱۹۹۹)، میانگین کرنل-k (فریز ۱۹۹۸) و روش‌های خوشه بندی طیفی (کنان و همکارانش ۲۰۰۴ و یو و شی ۲۰۰۳) اشاره نمود.

روش‌های خوشه‌بندی سلسله مراتبی (جانسون، ۱۹۶۷) خوشه ها را به‌صورت تودرتو و سلسله‌مراتبی پیدا می‌کنند. روش های سلسله مراتبی به دو دسته ادغامی و شکافتی دسته بندی می‌شوند (کافمن و روسو۱۹۹۰ و تان و همکارانش، ۲۰۰۵). در روش‌های ادغامی نخست هر شی به صورت یک خوشه مستقل در نظر گرفته می‌شود سپس در فرایند خوشه بندی خوشه ها با هم ادغام می‌شوند تا به خوشه یکتایی برسیم. در روش‌های شکافتی کار برعکس است. ابتدا تمامی اشیا در یک خوشه در نظر گرفته می شوند و در فرایند خوشه بندی، خوشه ها به چند خوشه شکافته می شوند.

مراحل الگوریتم خوشه بندی سلسله مراتبی که ما در این مقاله از آن استفاده کرده ایم به شرح زیر است (جانسون، ۱۹۶۷):

۱. ابتدا، ماتریس مجاورت (یا تشابه) با توجه به داده ها محاسبه می‌شود. ماتریس مجاورت به‌صورت یک ماتریس $N\times N$ تعریف می شود که شامل فاصله (یا شباهت) میان تمام داده‌ها است.
۲. هر داده یا به عبارتی هر نقطه نشان دهنده یک خوشه است.
۳. نزدیک ترین (یا مشابه ترین) دو خوشه پیدا می شود و با هم ادغام می شوند و تشکیل یک خوشه را می دهند.
۴. ماتریس نزدیکی یا مجاورت به روز شده و فاصله بین خوشه جدید و هر یک از خوشه‌های قدیمی محاسبه می‌شود.
۵. مراحل ۳ و ۴ تکرار می شود تا زمانی که همه نقاط داده در یک خوشه با اندازه $N$ قرار گیرند.

مرحله ۴ به روش‌های مختلف انجام می شود. این روش‌های مختلف منجر به الگوریتم های مختلف سلسله مراتبی می شوند. اکثر الگوریتم‌های خوشه‌بندی سلسله مراتبی تنها در تعریف فاصله (یا شباهت) بین خوشه‌ها تفاوت دارند. راه‌های مختلفی برای محاسبه فاصله بین یک گروه از داده ها و یک نقطه وجود دارد. این فاصله را می توان به روشهای مختلفی مانند حداقل فاصله، فاصله متوسط یا حداکثر فاصله محاسبه کرد.

اگر روش خوشه بندی single linkage را انتخاب کنیم (کافمن و روسو،۱۹۹۰)، تمایل به انتخاب حداقل فاصله داریم. خوشه بندیAverage linkage (تان و همکارانش، ۲۰۰۵) متوسط

فاصله نقاط داخل و خارج از خوشه را در محاسبات در نظر می‌گیرد. Complete linkage (تان و همکارانش، ۲۰۰۵) حداکثر فاصله‌ی هر عضو از خوشه اول تا هر عضو از خوشه دیگر را در نظر می‌گیرد. اگر روش تعیین فاصله و نوع خوشه‌بندی را مشخص کنیم آنگاه مجموعه‌ای از راه‌حل‌های مساله را خواهیم یافت. تعداد زیادی از الگوریتم های خوشه بندی سلسله مراتبی در ادبیات وجود دارند، که تنها در دو مشخصه با هم متفاوتند. این دو مشخصه عبارت از نحوه محاسبه فاصله یا تشابه و نیز نوع خوشه بندی شامل single linkage، Average linkage، Complete linkage هستند.

هینکل و همکارانش [۱۸] اولین کسانی بودند که از روش خوشه بندی استفاده کردند. بوتانی و ریزی [۱۹] روشی از ترکیب خوشه بندی و AHP برای ارزیابی و رتبه بندی گزینه ها برای انتخاب تامین کننده معرفی کردند. آنها اشاره کردند که برای کاهش تداخل بین عرضه کننده های کالا، می توان با استفاده از CA، تامین کننده ها با ویژگی های مشابه را دسته بندی کرد.

فاضل زرندی و گاماسایی [۲۰] سیاست های سفارش در محیط فازی فاصله ای نوع دوم را برای تعیین سفارش در زنجیره تامین توسعه دادند. آنها با استفاده از الگوریتم خوشه بندی c-رگرسیون فازی فاصله ای نوع دوم، داده های تقاضا از صنعت فولاد در کانادا را دسته بندی کردند. چه [۲۱] اظهار داشت که انتخاب تامین‌کننده ها باکیفیت از بین تعداد زیادی از تامین کننده ها بالقوه یک عامل بسیار مهم در تصمیم گیری زنجیره تامین است. او برای ارزیابی تامین کننده ها در زنجیره تامین سیستم های چند پله با استفاده از هزینه، زمان، کیفیت و معیارهای زیست محیطی، یک مدل بهینه سازی و یک روش اکتشافی ریاضی پیشنهاد داد. یک سری از مطالعات قبلی انجام شده در انتخاب تامین کننده، به تعریف معیارهای ارزیابی و ارایه روش های تصمیم‌گیری پرداخته اند. به عنوان مثال، لیائو و ریتسچر [۲۲] سه معیار هزینه، کیفیت و زمان تحویل را برای ارزیابی و انتخاب تامین کننده استفاده کردند. خی و وو [۲۳] با استفاده از معیارهای قیمت، کیفیت و زمان، مدل برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح چند هدفه‌ای برای انتخاب تامین‌کننده پیشنهاد دادند.

انتخاب تامین‌کننده، یک فرایند تصمیم‌گیری برای شناسایی هویت تامین‌کنندگان و ارزیابی آنها برای عقد قرارداد است. این‌جا، ما از مقادیر فازی فاصله‌ای نوع دوم برای نشان دادن نظرات تصمیم‌گیرنده‌ها استفاده می‌کنیم. با استفاده از فرمول فاصله پیشنهادی، روشی مبتنی بر خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی برای حل مساله انتخاب تامین‌کننده پیشنهاد می‌کنیم. برای نشان دادن کاربرد روش پیشنهادی، دو نمونه مساله حل کرده‌ایم. مساله اول، یک مطالعه موردی در مساله انتخاب تامین‌کننده با ۸ معیار و ۸ تامین‌کننده است. مساله دوم، مساله‌ای برگرفته از ادبیات موضوع است.

این جا، روش پیشنهادی ما براساس مجموعه‌های فازی فاصله‌ای نوع دوم و روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی برای حل مساله انتخاب تامین‌کننده است. در دنیای واقعی مشخص شده است که تصمیم‌گیری گروهی اهمیت زیادی در برنامه‌های کاربردی دارد. نگرش‌ها یا نظرات ما معمولا با اظهارات نامشخص و غیر قطعی بیان می‌شوند. مثلا کلمه "خوب" مبهم است که با عدم اطمینان یا با یقین همراه است، به‌طوری‌که میزان آن برای افراد مختلف متفاوت است. از این رو، اگر ما بیش از یک تصمیم‌گیرنده داشته باشیم، به‌کارگیری مجموعه‌های فازی نوع اول ممکن است مناسب نباشد. از آن‌جا که میزان ادراک اعضای گروه تصمیم‌گیرنده از متغیرهای زبانی برای بیان ترجیحات و سلایقشان متفاوت است، لذا استفاده از مقادیر فازی نوع دوم برای تبدیل متغیرهای زبانی به داده‌ها مفید به نظر می‌رسد. در عمل نیز، در فرایند انتخاب تامین‌کننده، تکیه بر یک تامین‌کننده انتخابی همیشه ممکن است اطمینان‌بخش نباشد. از این رو، انتخاب یک دسته از تامین‌کنندگان عملی‌تر به نظر می‌رسد. از این رو قصد داریم که با استفاده از مقادیر زبانی یک مدل فازی را توسعه دهیم.

با توجه به مطالب بیان شده، بخش های مختلف این مقاله بدین ترتیب است که در بخش دوم مجموعه های فازی فاصله ای نوع دوم به صورت مختصر مرور شده اند. در بخش سوم به‌منظور انتخاب تامین کننده براساس مجموعه‌های فازی فاصله‌ای نوع دوم روشی بیان شده و الگوریتمی پیشنهاد شده است. با بیان دو مساله فرایند حل به کمک الگوریتم پیشنهاد شده در بخش چهارم مورد بررسی قرار گرفته است و نهایتا در بخش پنجم نتیجه‌گیری.

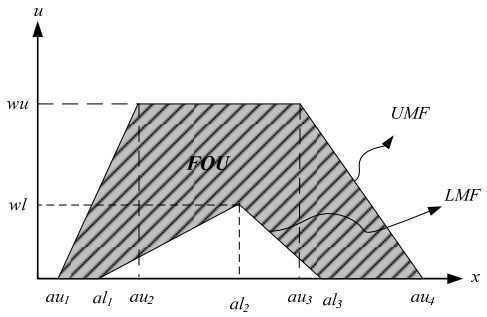
## ۲. مروری بر مجموعه‌های فازی فاصله‌ای نوع دوم

در این بخش برخی از تعاریف پایه‌ای که معمولا در نظریه مجموعه‌های فازی فاصله ای نوع دوم استفاده می شود به صورت مختصر بیان شده است. فرمولهای مربوط به محاسبه فاصله، مرکز مجموعه های فازی فاصله ای نوع دوم و روش رتبه بندی بر اساس نقطه مرکزی که در بخش بعد از آنها استفاده شده است، در این بخش گنجانده شده است.

تعریف ۱ [۲۴]: مجموعه فازی فاصله ای نوع دوم A به صورت زیر تعریف می شود.

$$\tilde{A}=\int_{x\in X}\int_{u\in J_x} 1/(x,u)=\int_{x\in X}\left[\int_{u\in J_x} 1/u\right]\Big/x, \qquad (۱)$$

که در آن $x$ متغیر اولیه، $J_x$ یک فاصله در بازه [۱، ۰] تابع عضویت اولیه $u$ ،$x$ متغیر ثانویه و $\int_{u\in J_x} 1/u$ تابع عضویت ثانویه است. شکل ۱ یک مجموعه فازی فاصله ای نوع دوم را نشان می‌دهد. تصویر عدم قطعیت (FOU) [۲۴] به صورت ناحیه سایه دار در شکل ۱ نشان داده شده است. این ناحیه توسط تابع عضویت بالایی (UMF)، وتابع عضویت پایینی (LMF) محدود شده اند که هر دوی آنها مجموعه فازی از نوع اول هستند. بنابراین تابع عضویت هر عنصر از مجموعه های فازی فاصله‌ای نوع دوم، فاصله‌ای به صورت $\left[\bar{\mu}_{\tilde{A}}(x),\underline{\mu}_{\tilde{A}}(x)\right]$ است.




**شکل ۱. مثالی از یک مجموعه فازی فاصله ای نوع دوم**

**تعریف ۲** [۲۵]: مرکز هر مجموعه فازی فاصله ای نوع دوم $C(\tilde{A})$، به صورت اجتماع مراکز مجموعه های فازی نوع اول محصور شده در آن، $A_e$ ، تعریف می‌شود. به عبارتی

$$C(\tilde{A})\equiv \bigcup_{\forall A_e} c(A_e)=\left[c_l(\tilde{A}),c_r(\tilde{A})\right] \qquad (۲)$$

که در آن $c(A_e)=\dfrac{\sum_{i=1}^{N} x_i\mu_{A_e}(x_i)}{\sum_{i=1}^{N}\mu_{A_e}(x_i)}$ و $c_l(\tilde{A})$ و $c_r(\tilde{A})$ به صورت زیر محاسبه می‌شوند.

$$c_l(\tilde{A})=\frac{\sum_{i=1}^{L} x_i\,\bar{\mu}_{\tilde{A}}(x_i)+\sum_{i=L+1}^{N} x_i\,\underline{\mu}_{\tilde{A}}(x_i)}{\sum_{i=1}^{L}\bar{\mu}_{\tilde{A}}(x_i)+\sum_{i=L+1}^{N}\underline{\mu}_{\tilde{A}}(x_i)} \qquad (۳)$$

$$c_r(\tilde{A})=\frac{\sum_{i=1}^{R} x_i\,\underline{\mu}_{\tilde{A}}(x_i)+\sum_{i=R+1}^{N} x_i\,\bar{\mu}_{\tilde{A}}(x_i)}{\sum_{i=1}^{R}\underline{\mu}_{\tilde{A}}(x_i)+\sum_{i=R+1}^{N}\bar{\mu}_{\tilde{A}}(x_i)} \qquad (۴)$$

با به کارگیری الگوریتم کارنیک و مندل (KM algorithm) [۲۶] نقاط $L$ و $R$ و متعاقبا $c_l(\tilde{A})$ و $c_r(\tilde{A})$ قابل محاسبه هستند.

**تعریف** [۲۵]: رتبه بندی بر اساس مقدار مرکزی. ابتدا برای هر مجموعه فازی فاصله ای نوع دوم متوسط مرکز آن بصورت زیر محاسبه شده و بر اساس آن رتبه بندی خواهد شد.

$$c(\tilde{A}_i)=\frac{c_l(\tilde{A}_i)+c_r(\tilde{A}_i)}{2},\quad i=1,2,...,N, \qquad (۵)$$

**تعریف ۴** [۲۷]: دو مجموعه فازی فاصله ای نوع دوم $\tilde{A}$ و $\tilde{B}$ و مجموعه فازی نوع اول محصور شده در آن $A_e$ و $B_e$ را در نظر بگیرید. فاصله بین دو مجموعه $\tilde{A}$ و $\tilde{B}$ به صورت زیر محاسبه می شود.

$$d(\tilde{A},\tilde{B})=\left|\zeta(\tilde{A})-\zeta(\tilde{B})\right|=\left|\frac{\sum_{\forall Ae}\left(\frac{\int_0^1 x\mu_{Ae}(x)dx}{\int_0^1\mu_{Ae}(x)dx}\right)\times\left(\frac{\int_0^1 x\mu_{Ae}(x)d\mu_{Ae}(x)}{\int_0^1\mu_{Ae}(x)dx}\right)}{\sum_{\forall Ae}\left(\frac{\int_0^1 x\mu_{Ae}(x)d\mu_{Ae}(x)}{\int_0^1\mu_{Ae}(x)dx}\right)}-\frac{\sum_{\forall Be}\left(\frac{\int_0^1 x\mu_{Be}(x)dx}{\int_0^1\mu_{Be}(x)dx}\right)\times\left(\frac{\int_0^1 x\mu_{Be}(x)d\mu_{Be}(x)}{\int_0^1\mu_{Be}(x)dx}\right)}{\sum_{\forall Be}\left(\frac{\int_0^1 x\mu_{Be}(x)d\mu_{Be}(x)}{\int_0^1\mu_{Be}(x)dx}\right)}\right|. \qquad (۶)$$

## ۳. روشی برای انتخاب تامین کننده براساس مجموعه‌های فازی فاصله‌ای نوع دوم

روش پیشنهادی ما در اینجا براساس مجموعه‌های فازی فاصله‌ای نوع دوم و روش خوشه بندی سلسله مراتبی برای حل مساله انتخاب تامین‌کننده است. در دنیای واقعی مشخص شده است که تصمیم‌گیری گروهی اهمیت زیادی در برنامه های کاربردی دارد. نگرش و یا نظرات ما معمولا با اظهارات نامشخص و غیر قطعی بیان می شود. مثلا کلمه " خوب" کلمه ای مبهم است که با عدم اطمینان یا با یقین همراه است، بطوریکه گفتن آن توسط افراد مختلف متفاوت است. از این رو، اگر ما بیش از یک تصمیم-گیرنده داشته باشیم، به‌کارگیری مجموعه های فازی نوع اول

ممکن است مناسب نباشد. از آنجا که میزان ادراک اعضای گروه تصمیم گیرنده از متغیرهای زبانی برای بیان ترجیحات و سلایقشان متفاوت است، لذا استفاده از مقادیر فازی نوع دوم برای تبدیل متغیرهای زبانی به داده ها مفید به نظر میرسد. در عمل نیز، در فرایند انتخاب تامین کننده، تکیه بر یک تامین کننده انتخاب شده همیشه ممکن است تضمین شده نباشد. از این رو، انتخاب یک دسته از تامین کننده ها عملی تر به نظر می‌رسد. به همین دلیل قصد داریم با استفاده از مقادیر زبانی یک مدل فازی را توسعه دهیم. در این بخش الگوریتمی را به منظور خوشه بندی سلسله مراتبی تامین‌کننده ها بر اساس فرمول فاصله پیشنهادیمان ارایه می‌دهیم.

**الگوریتم ۱: خوشه بندی سلسله مراتبی تامین کننده ها**

فرض کنید مساله‌ای با $K$ تصمیم‌گیرنده $\left(DM_1,\ DM_2,\ ...,\ DM_K\right)$، $M$ معیار $\left(C_1,\ C_2,\ ...,\ C_M\right)$ و $N$ گزینه/تامین‌کننده $\left(S_1,\ S_2,\ ...,\ S_N\right)$ داریم. هدف، خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی تامین‌کنندگان است.

گام ۱: هر تصمیم‌گیرنده، هر گزینه را با توجه به هر معیار ارزیابی می‌کند و نظر خود را با استفاده از رتبه‌بندی زبانی یا مقادیر فازی نوع دوم بیان می‌کند $\left(\tilde{x}_{ij}^{k},\ i=1,2,...,M,\ \ j=1,2,...,N,\ \ k=1,2,...,K\right)$. به این ترتیب، $K$ جدول به اندازه $M\times N$ داریم. تصمیم‌گیرنده‌ها به همین ترتیب وزن هر معیار را نیز مشخص می‌کنند $\left(\tilde{w}_j,\ \ j=1,2,...,N\right)$.

گام ۲: وزن هر تصمیم‌گیرنده را محاسبه کن. میزان اهمیت هر تصمیم‌گیرنده به صورت متغیر زبانی در نظر گرفته شده است. فرض کنید که $\left(\tilde{\Gamma}_k,\ \ k=1,2,...,K\right)$ مجموعه فازی فاصله‌ای نوع دومی است که برای تبدیل متغیر زبانی بیان شده برای اهمیت تصمیم‌گیرنده $k$ام به مقدار کمی استفاده شده است. وزن تصمیم گیرنده $k$ام، $\omega_k$، به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\omega_k=\frac{c\left(\tilde{\Gamma}_k\right)}{\sum_{k=1}^{K}c\left(\tilde{\Gamma}_k\right)},$$

که در آن، $c\left(\tilde{\Gamma}_k\right)$ مرکز ثقل مجموعه فازی فاصله‌ای $\tilde{\Gamma}_k$ است. همچنین، $\sum_{k=1}^{K}\omega_k=1$، و $\omega_k>0$، $k=1,2,...,K$.

**گام ۳:** نظرات تصمیم‌گیرنده‌ها را به صورت زیر تجمیع کن.

$$\tilde{x}_{ij}=\sum_{k=1}^{K}\omega_k\tilde{x}_{ij}^{k}\quad,\quad \tilde{w}_i=\sum_{k=1}^{K}\omega_k\tilde{w}_i^{k}\ ,\quad i=1,...,M \quad \text{و} \quad j=1,...,N\ ,$$

که در آن، $\omega_k$ وزن تصمیم گیرنده $k$ام، $\tilde{x}_{ij}^{k}$ ارجحیت متناظر با آن و $\tilde{w}_i^{k}$ وزن $i$امین معیار بیان شده توسط تصمیم‌گیرنده $k$ام است.

**گام ۴:** ماتریس تصمیم‌گیری فازی فاصله‌ای نوع دوم وزن‌دار $\tilde{R}=\left[\tilde{r}_{ij}\right]_{M\times N}$ را به صورت زیر تعیین کن:

$$R=\left[r_{ij}\right]_{M\times N}=\begin{bmatrix}\tilde{x}_{11}\otimes\tilde{w}_1 & \tilde{x}_{12}\otimes\tilde{w}_1 & \dots & \tilde{x}_{1M}\otimes\tilde{w}_1\\ \tilde{x}_{21}\otimes\tilde{w}_2 & \tilde{x}_{22}\otimes\tilde{w}_2 & \dots & \tilde{x}_{2M}\otimes\tilde{w}_2\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ \tilde{x}_{M1}\otimes\tilde{w}_M & \tilde{x}_{M2}\otimes\tilde{w}_M & \dots & \tilde{x}_{MN}\otimes\tilde{w}_M\end{bmatrix}$$

**گام ۵:** $N$ دسته/خوشه را در نظر بگیر، $\{S_1\},\{S_2\},...,\{S_N\}$، که در هر دسته/خوشه دقیقا یک گزینه/تامین‌کننده وجود دارد.

**گام ۶:** ماتریس فاصله، $D=\left[\delta_{jj'}\right]_{N\times N}$، را برای $\{S_1\},\{S_2\},...,\{S_N\}$ محاسبه کن.

$$\delta_{jj'}=d\left(\{S_j\},\{S_{j'}\}\right)=\left|\sum_{i=1}^{M}(-1)^{\lambda_i}\times\zeta\left(\tilde{r}_{ij}\right)-\sum_{i=1}^{M}(-1)^{\lambda_i}\times\zeta\left(\tilde{r}_{ij'}\right)\right|,$$
$$j=1,2,...,N,\quad j'=1,2,...,N,$$

که در آن، اگر $C_i$ معیار سودرسان باشد، آن‌گاه $\lambda_i=0$، در غیر اینصورت $\lambda_i=1$. $\zeta(.)$ را با توجه به فرمول فاصله پیشنهادی محاسبه کن.

**گام ۷:** کوچک‌ترین درایه را در ماتریس $D$ پیدا کن. به عبارت دیگر، دو خوشه $\{S_\alpha\}$ و $\{S_\beta\}$ را بیاب که فاصله متناظر با آنها مینیمم باشد، یعنی $\delta_{\alpha\beta}=\left\{\min_{\substack{\forall i\\ \forall j}}\left(\delta_{ij}\right)\right\}$، و سپس $\{S_\alpha\}$ و $\{S_\beta\}$ را در یک خوشه قرار بده و آنها را به صورت $\{S_\alpha,\ S_\beta\}$ نشان گذاری کن.

**گام ۸:** سطر و ستون متناظر با خوشه‌های $\{S_\alpha\}$ و $\{S_\beta\}$ را حذف کن و سطر و ستون جدیدی متناظر با خوشه $\{S_\alpha,\ S_\beta\}$ اضافه کن و فاصله بین این خوشه و بقیه خوشه‌ها را در درایه‌های متناظر با آن قرار بده و به این ترتیب، ماتریس فاصله $D$ را بهنگام کن:

$$d\left(\{S_j\},\{S_\alpha,\ S_\beta\}\right)=\left|\sum_{i=1}^{M}(-1)^{\lambda_i}\times\zeta\left(\tilde{r}_{ij}\right)-\sum_{i=1}^{M}(-1)^{\lambda_i}\times\left(\frac{\zeta\left(\tilde{r}_{i\alpha}\right)+\zeta\left(\tilde{r}_{i\beta}\right)}{2}\right)\right|,\quad j=1,2,...,N,$$

که در آن، اگر $C_i$ معیار سودرسان باشد، آن‌گاه $\lambda_i = 0$، در غیر اینصورت $\lambda_i = 1$. $\zeta(.)$ را نیز با توجه به فرمول فاصله پیشنهادی محاسبه کن.

فاصله بین دو خوشه $\{S_\alpha, S_\beta\}$ و $\{S_{\alpha'}, S_{\beta'}\}$ را نیز به صورت زیر تعیین کن:

$$d\left(\{S_\alpha, S_\beta\},\{S_{\alpha'}, S_{\beta'}\}\right) = \left|\sum_{i=1}^{M}(-1)^{\lambda_i}\times\left(\frac{\zeta\left(\tilde{r}_{i\alpha}\right)+\zeta\left(\tilde{r}_{i\beta}\right)}{2}\right)-\sum_{i=1}^{M}(-1)^{\lambda_i}\times\left(\frac{\zeta\left(\tilde{r}_{i\alpha'}\right)+\zeta\left(\tilde{r}_{i\beta'}\right)}{2}\right)\right|.$$

**گام ۹:** اگر تعداد خوشه‌ها بیشتر از یک است آن‌گاه به گام ۷ برو.

**گام ۱۰:** مقدار مرکزی را برای هر خوشه به صورت زیر تعیین کن:

$$c\left(\{S_j\}\right)=\sum_{i=1}^{M}(-1)^{\lambda_i}\times c\left(\tilde{r}_{ij}\right),\quad j=1,2,...,N,$$

که در آن، اگر $C_i$ معیار سود است، آن‌گاه $\lambda_i = 0$، در غیر اینصورت $\lambda_i = 1$، و $c\left(\tilde{r}_{ij}\right)$ نیز مرکز ثقل مجموعه فازی فاصله‌ای $\tilde{r}_{ij}$ است.

**گام ۱۱:** براساس مقدار مرکزی هر خوشه، آنها را رتبه‌بندی و الگوریتم را متوقف کن.

## ۴. کاربرد عددی الگوریتم ۱

### ۴-۱- مطالعه موردی در یک شرکت تولیدی

اولین مرحله در انتخاب تامین‌کننده تعیین معیارهاست. شرکت‌های مختلف برای ارزیابی تامین‌کنندگان مورد نظرشان شرایط و معیارهای خاص خود را دارند. در این پژوهش، با توجه به نظرات هیات مدیره محترم شرکت پلیکان بتن شرق، معیارهای زیر را برای ارزیابی تامین‌کنندگان در نظر گرفتیم.

- **کیفیت:** تامین‌کننده منطبق با نیاز تعیین شده توسط شرکت باید مواد درخواستی را فراهم کند. هر کارخانه استانداردهای کیفی خاص خود را دارد که باید در مورد تامین‌کننده کالا در نظر گرفته شود. هر تولیدکننده بر اساس رویّه‌های کنترل کیفی خود، تامین‌کننده‌ها را کنترل می‌کند. این معیار، معیار مهمی است که توسط بسیاری از پژوهش‌گران مورد استفاده قرار گرفته است. برای مثال، [۱۵، ۲۸] را ببینید.
- **هزینه کل :** اصلی‌ترین هزینه‌های هر بخش تولیدی، هزینه مواد خریداری شده است که به آن هزینه استاندارد می‌گوییم. هزینه‌های دیگر، علاوه بر هزینه‌های مواد نیز باید در نظر گرفته شوند. سفارش کالا، حمل و نقل، بسته‌بندی، هزینه‌های حمل موجودی و ظرفیت موجود برای کاهش قیمت، موارد دیگر از هزینه کل هستند. عرضه‌کننده کالا با کم‌ترین هزینه استاندارد به دلیل دوباره کاری بالا یا هزینه‌های حمل و نقل، ممکن است که کم‌ترین هزینه کل را نداشته باشد. این معیار که توسط بسیاری از پژوهش‌گران مورد استفاده قرار گرفته است، ازجمله معیارهای مورد توجه شرکت‌هاست [۲۹].
- **قابلیت‌های فناوری:** با توجه به پیشرفت‌های فناوری، کیفیت مواد بهبود یافته و مدت زمان تولید مواد کوتاه‌تر شده است. قابلیت‌های فنی منجر به توسعه محصول و کمک به بهبود قابلیت‌های عرضه‌کننده کالا شده‌اند [۱۶، ۱۷].
- **مشارکت بین خریدار و فروشنده:** مشارکت بین خریدار و فروشنده امکان می‌دهد که خریداران زمان کم‌تری را صرف شروع و پیش‌بردن فرایند خرید کنند و زمان بیشتری را صرف انعطاف‌پذیری مدیریت، مذاکره قرارداد، بسته‌بندی، حمل‌ونقل و سایر جنبه‌های فرایند خرید کنند که این نکته باید در تصمیم‌گیری برای انتخاب تامین‌کننده کالا در نظر گرفته شود [۳۰].
- **موقعیت جغرافیایی:** در انتخاب تامین‌کننده مناسب، خریدار باید طول زنجیره تامین و هم‌چنین قدرت تامین-کننده را برای تعهد ارایه به موقع خدمات را ارزیابی کند [۳۱].
- **انعطاف‌پذیری:** تامین کننده باید قادر باشد خود را با تغییرات ضروری تقاضا تطابق دهد [۳۱].
- عملکرد تولید: شیوه‌های کسب و کار گذشته تولیدکنندگان باید به عنوان راهی برای پیش‌بینی چگونگی عملکرد آنها در تصمیم‌گیری در نظر گرفته شوند [۳۰].
- تحویل به‌موقع: عرضه کننده کالا باید برنامه تعیین شده توسط شرکت در مورد زمان تحویل کالا را رعایت کند و بر طبق آن عمل کند. در زمان انتخاب تامین‌کننده مناسب، خریدار باید طول زنجیره تامین و هم‌چنین قدرت تعهد تامین‌کننده برای ارایه به موقع خدمات را که شامل پی‌گیری و تسریع در ارایه خدمات است، برای ارزیابی مد نظر قرار دهد [۳۲].

مطالعه موردی ما در مورد کارخانه‌ای با اندازه متوسط واقع در استان خراسان شمالی، تولیدکننده بتن سبک است. مواد خام کلیدی در خط تولید این محصول سیمان است که باید توسط تولیدکننده‌ای مناسب تامین شود. پس از مشاوره با ۳ تن از اعضای هیات مدیره، ۸ تامین‌کننده مناسب در بازار برای این بخش از میان بیش از ۵۷ تامین‌کننده موجود در کشور تعیین شدند (جدول ۴-۱۲). یک کمیته متشکل از سه تن از کارشناسان شرکت موظف شدند تا اهمیت معیارها و نیز وضعیت تامین‌کنندگان را با توجه به معیارها ارزیابی کنند. آنها ارزیابی‌های خود را به صورت متغیرهای زبانی بیان کردند. در این مطالعه، از پنج سطح مختلف برای متغیرهای زبانی استفاده کردیم. هم‌چنین، متغیرهای فازی فاصله‌ای نوع دوم را برای ترجمه اصطلاحات زبانی به اعداد فازی در نظر گرفتیم. متغیرهای زبانی و مجموعه‌های فازی فاصله‌ای نوع دوم متناظر با آنها در جدول ۱ نشان داده شده‌اند. اکنون، با استفاده از الگوریتم ۱، تامین‌کننده مناسب را انتخاب می‌کنیم.

- سه تصمیم‌گیرنده با استفاده از متغیرهای زبانی نشان داده شده در جدول ۱ میزان اهمیت هر معیار را تعیین کردند. نتایج در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. آنها هم‌چنین جدول ۱ را برای ارزیابی تامین‌کنندگان در مقایسه با هر معیار به کار بردند. نتایج در جدول ۳ نشان داده شده‌اند.
- در این مطالعه، اهمیت تصمیم‌گیرنده‌ها یکسان در نظر گرفته شده است. از این رو، وزن هر تصمیم‌گیرنده برابر با $\frac{۱}{۳}$ است.
- پس از تجمیع نظرات تصمیم‌گیرنده‌ها، توابع عضویت بالایی و پایینی وزن معیارها در جدول ۴ نشان داده شده‌اند. هم‌چنین، ماتریس تصمیم فازی فاصله‌ای نوع دوم وزن‌دار محاسبه و در جدول ۵ نشان داده شده است.
- هشت خوشه $\{S_1\}$، $\{S_2\}$، $\{S_3\}$، $\{S_4\}$، $\{S_5\}$، $\{S_6\}$، $\{S_7\}$ و $\{S_8\}$ را در نظر گرفتیم. در هر خوشه، دقیقا یک تامین کننده قرار دارد.
- ماتریس فاصله را برای هشت خوشه $\{S_1\}$، $\{S_2\}$، $\{S_3\}$، $\{S_4\}$، $\{S_5\}$، $\{S_6\}$، $\{S_7\}$ و $\{S_8\}$ محاسبه کردیم که نتایج آن در جدول ۶ نشان داده شده‌اند. کم‌ترین مقدار در جدول ۶ برابر است با ۰/۰۳۴۴ است که مربوط به دو خوشه $\{S_7\}$ و $\{S_8\}$ است. آنها را تلفیق کردیم که حاصل آن خوشه $\{S_7, S_8\}$ است.
- سطر وستون متناظر با خوشه‌های $\{S_7\}$ و $\{S_8\}$ را از جدول ۴-۱۸ حذف کردیم و سطر و ستون جدیدی را که درایه‌های آن فاصله بین خوشه $\{S_7, S_8\}$ با سایر خوشه‌هاست، به جدول ۴-۱۸ اضافه کردیم.
- از آن‌جا که تعداد خوشه ها برابر با ۷ ( $>۱$) است، ادامه فرایند را از گام ۷ در الگوریتم ۱ پی گرفتیم.

**جدول ۱. مقادیر زبانی برای بیان اهمیت معیارها**

| | تابع عضویت پایینی (LMF) | تابع عضویت بالایی (UMF) |
|---|---|---|
| کاملا زیاد (AH)/ دقیقا بهترین (AB) | [10, 10, 10, 10; 1] | [10, 10, 10, 10; 1] |
| خیلی زیاد (VH) / بهترین (B) | [9.37, 9.95, 10, 10; 1] | [7.37, 9.73, 10, 10; 1] |
| زیاد (H) / خوب (G) | [8.29, 8.56, 8.56, 9.21; 0.38] | [5.38, 7.50, 8.75, 9.81; 1] |
| متوسط (M) / مناسب (F) | [4.86, 5.03, 5.05, 5.14; 0.27] | [3.59, 4.75, 5.50, 6.91; 1] |
| کم (L) / ضعیف (P) | [1.67, 1.92, 1.92, 2.21; 0.30] | [0.09, 1.25, 2.50, 4.62; 1] |
| خیلی کم (VL) / بدترین (W) | [0, 0, 0.05, 0.63; 1] | [0, 0, 0.26, 2.63; 1] |
| کاملا کم (AL)/ دقیقا بدترین (AW) | [0, 0, 0, 0; 1] | [0, 0, 0, 0; 1] |

**جدول ۲. اهمیت و یا وزن معیارها**

| | $DM_1$ | $DM_2$ | $DM_3$ |
|---|---|---|---|
| کیفیت | VH | H | VH |
| هزینه کل | H | H | VH |
| قابلیت های تکنولوژی | M | L | H |
| مشارکت بین خریدار و فروشنده | M | M | M |
| موقعیت جغرافیایی | VL | L | M |

| | | | |
|---|---|---|---|
| انعطاف پذیری | M | H | H |
| عملکرد تولید | L | M | M |
| تحویل به موقع | H | M | M |

**جدول ۳. درجه اهمیت هر تامین کننده در مقایسه با هر معیار بیان شده توسط هر تصمیم گیرنده**

| | | کیفیت | هزینه کل | قابلیت تکنولوژی | های مشارکت بین خریدار و فروشنده | موقعیت جغرافیایی | انعطاف پذیری | عملکرد تولید | تحویل به موقع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تصمیم گیرنده ۱ | تامین کننده ۱ | H | H | G | G | M | F | G | P |
| | تامین کننده ۲ | M | M | F | G | H | F | F | W |
| | تامین کننده ۳ | M | H | F | P | VL | B | G | F |
| | تامین کننده ۴ | VH | H | G | F | M | G | F | P |
| | تامین کننده ۵ | H | M | F | P | VL | F | F | P |
| | تامین کننده ۶ | L | M | G | G | M | F | P | W |
| | تامین کننده ۷ | M | VL | P | F | VH | P | F | P |
| | تامین کننده ۸ | M | H | F | W | M | P | G | P |
| تصمیم گیرنده ۲ | تامین کننده ۱ | H | M | F | F | L | F | P | F |
| | تامین کننده ۲ | M | M | G | P | M | P | F | W |
| | تامین کننده ۳ | H | L | F | G | L | G | F | P |
| | تامین کننده ۴ | H | M | F | B | M | F | W | P |
| | تامین کننده ۵ | H | L | P | F | L | F | P | W |
| | تامین کننده ۶ | M | M | F | G | L | P | P | P |
| | تامین کننده ۷ | L | L | F | P | H | F | W | F |
| | تامین کننده ۸ | M | M | G | F | H | G | F | P |
| تصمیم گیرنده ۳ | تامین کننده ۱ | H | M | F | F | M | G | F | F |
| | تامین کننده ۲ | H | H | F | P | M | F | F | P |
| | تامین کننده | M | M | G | F | L | F | G | W |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۳ تامین کننده ۴ | M | H | F | F | M | G | F | P |
| ۵ تامین کننده | M | M | F | B | F | L | P | F |
| ۶ تامین کننده | M | M | F | G | F | L | F | P |
| ۷ تامین کننده | H | M | F | P | VH | P | F | W |
| ۸ تامین کننده | VL | M | F | G | H | F | G | W |

**جدول ۴. تابع عضویت بالایی و پایینی برای وزن معیارها**

| | تابع عضویت پایینی (LMF) | تابع عضویت بالایی (UMF) |
|---|---|---|
| کیفیت | [0.18, 0.19, 0.2, 0.21; 0.27] | [0.11, 0.17, 0.22, 0.31; 1] |
| هزینه کل | [0.17, 0.185, 0.186, 0.20; 0.27] | [0.1, 0.16, 0.21, 0.31; 1] |
| قابلیت های تکنولوژی | [0.098, 0.106, 0.107, 0.118; 0.27] | [0.05, 0.09, 0.13, 0.22; 1] |
| مشارکت بین خریدار و فروشنده | [0.095, 0.103, 0.104, 0.11; 0.27] | [0.06, 0.09, 0.12, 0.22; 1] |
| موقعیت جغرافیایی | [0.043, 0.047, 0.048, 0.057; 0.27] | [0.02, 0.04, 0.06, 0.15; 1] |
| انعطاف پذیری | [0.14, 0.151, 0.152, 0.168; 0.27] | [0.08, 0.13, 0.17, 0.28, 1] |
| عملکرد تولید | [0.07, 0.081, 0.082, 0.089; 0.27] | [0.04, 0.07, 0.10, 0.19; 1] |
| تحویل به موقع | [0.118, 0.127, 0.128, 0.139; 0.27] | [0.07, 0.11, 0.15, 0.25; 1] |

با ادامه اگوریتم و به پایان رساندن آن، نتایج نشان داده شده در جدولهای ۷ تا ۱۲ بدست آمده است. عناصر مشخص شده با رنگ طوسی در هر جدول نشان دهنده کوچکترین مقدار در آن جدول است که خوشه های متناظر با آن‌ها در جدول بعد تلفیق شده‌اند.

**جدول ۵. تابع عضویت بالایی و پایینی برای ماتریس تصمیم گیری فازی وزندار شده**

| | | کیفیت | هزینه کل | قابلیت های تکنولوژی | مشارکت بین خریدار و فروشنده |
|---|---|---|---|---|---|
| تامین کننده ۱ | UMF | [0.59, 1.27, 1.92, 3.04; 1] | [0.42, 0.91, 1.38, 2.44; 1] | [0.21, 0.51, 0.85, 1.73; 1] | *[0.25, 0.51, 0.79, 1.73; 1]* |
| | LMF | [1.49, 1.63, 1.71, 1.93; 0.27] | [1.02, 1.15, 1.16, 1.30; 0.27] | [0.59, 0.658, 0.665, 0.77; 0.27] | *[0.57, 0.64, 0.65, 0.71; 0.27]* |
| تامین کننده ۲ | UMF | [0.46, 0.96, 1.45, 2.44; 1] | [0.42, 0.91, 1.38, 2.44; 1] | [0.21, 0.51, 0.85, 1.73; 1] | *[0.11, 0.3, 0.55, 1.4; 1]* |
| | LMF | [1.08, 1.18, 1.24, 1.36; 0.27] | [1.02, 1.15, 1.16, 1.30; 0.27] | [0.59, 0.658, 0.665, 0.77; 0.27] | [0.37, 0.42, 0.43, 0.5; 0.27] |
| تامین کننده ۳ | UMF | [0.46, 0.96, 1.45, 2.44; 1] | [0.30, 0.72, 1.17, 2.20; 1] | [0.21, 0.51, 0.85, 1.73; 1] | [0.18, 0.40, 0.67, 1.56; 1] |
| | LMF | [1.08, 1.18, 1.24, 1.36; 0.27] | [0.84, 0.96, 0.96, 1.10; 0.27] | [0.59, 0.658, 0.665, 0.77; 0.27] | [0.47, 0.53, 0.54, 0.61; 0.27] |
| تامین کننده ۴ | UMF | [0.6, 1.25, 1.78, 2.76; 1] | [0.48, 1.05, 1.61, 2.74; 1] | [0.21, 0.51, 0.85, 1.73; 1] | [0.29, 0.58, 0.84, 1.75; 1] |
| | LMF | [1.35, 1.49, 1.57, 1.70; 0.27] | [1.22, 1.36, 1.37, 1.57; 0.27] | [0.59, 0.658, 0.665, 0.77; 0.27] | [0.60, 0.69, 0.7, 0.74; 0.27] |
| تامین کننده ۵ | UMF | [0.53, 1.12, 1.69, 2.74; 1] | [0.24, 0.57, 0.94, 1.91; 1] | [0.12, 0.32, 0.58, 1.35; 1] | [0.22, 0.47, 0.72, 1.58; 1] |
| | LMF | [1.29, 1.40, 1.48, 1.65; 0.27] | [0.65, 0.74, 0.75, 0.83; 0.27] | [0.37, 0.42, 0.43, 0.49; 0.27] | [0.50, 0.58, 0.59, 0.64; 0.27] |
| تامین کننده ۶ | UMF | [0.27, 0.61, 0.99, 1.91; 1] | [0.36, 0.76, 1.15, 2.14; 1] | [0.21, 0.51, 0.85, 1.73; 1] | [0.32, 0.67, 1.05, 2.16; 1] |
| | LMF | [0.68, 0.76, 0.80, 0.87; 0.27] | [0.83, 0.93, 0.94, 1.03; 0.27] | [0.59, 0.658, 0.665, 0.77; 0.27] | [0.79, 0.88, 0.89, 1.01; 0.27] |
| تامین کننده ۷ | UMF | [0.33, 0.76, 1.23, 2.20; 1] | [0.12, 0.32, 0.58, 1.46; 1] | [0.12, 0.32, 0.58, 1.35; 1] | [0.08, 0.22, 0.42, 1.18; 1] |
| | LMF | [0.89, 0.98, 1.04, 1.16; 0.27] | [0.37, 0.43, 0.44, 0.53; 0.27] | [0.37, 0.42, 0.43, 0.49; 0.27] | [0.26, 0.30, 0.31, 0.35; 0.27] |
| تامین کننده ۸ | UMF | [0.26, 0.54, 0.82, 1.7; 1] | [0.42, 0.91, 1.38, 2.44; 1] | [0.21, 0.51, 0.85, 1.73; 1] | [0.18, 0.37, 0.58, 1.42; 1] |
| | LMF | [0.58, 0.64, 0.68, 0.76; 0.27] | [1.02, 1.15, 1.16, 1.3; 0.27] | [0.59, 0.658, 0.665, 0.77; 0.27] | [0.42, 0.47, 0.47, 0.55; 0.27] |

| | | موقعیت جغرافیایی | انعطاف پذیری | عملکرد تولید | تحویل به موقع |
|---|---|---|---|---|---|
| تامین کننده ۱ | UMF | *[0.05, 0.14, 0.27, 0.92; 1]* | *[0.33, 0.74, 1.12, 2.21; 1]* | *[0.12, 0.31, 0.56, 1.35; 1]* | *[0.17, 0.39, 0.67, 1.54; 1]* |
| | LMF | *[0.16, 0.19, 0.19, 0.2371; 0.27]* | *[0.84, 0.94, 0.95, 1.09; 0.27]* | *[0.35, 0.42, 0.42, 0.49; 0.27]* | *[0.45, 0.51, 0.51, 0.58; 0.27]* |
| تامین کننده ۲ | UMF | [0.08, 0.23, 0.39, 1.18; 1] | [0.19, 0.47, 0.76, 1.72; 1] | [0.14, 0.33, 0.55, 1.31; 1] | [0.002, 0.05, 0.15, 0.82; 1] |
| | LMF | [0.26, 0.29, 0.3, 0.37; 0.27] | [0.53, 0.60, 0.61, 0.7; 0.27] | [0.34, 0.41, 0.41, 0.46; 0.27] | [0.07, 0.08, 0.09, 0.16; 0.27] |
| تامین کننده ۳ | UMF | [0.001, 0.03, 0.10, 0.59; 1] | [0.44, 0.95, 1.37, 2.5; 1] | [0.19, 0.46, 0.77, 1.68; 1] | [0.09, 0.22, 0.41, 1.18; 1] |
| | LMF | [0.05, 0.06, 0.06, 0.096; 0.27] | [1.05, 1.18, 1.2, 1.36; 0.27] | [0.5, 0.6, 0.61, 0.7; 0.27] | [0.26, 0.29, 0.3, 0.37; 0.27] |
| تامین کننده ۴ | UMF | [0.07, 0.19, 0.33, 1.04; 1] | [0.38, 0.85, 1.30, 2.47; 1] | [0.1, 0.22, 0.37, 1.04; 1] | [0.006, 0.14, 0.37, 1.15; 1] |
| | LMF | [0.21, 0.24, 0.24, 0.29; 0.27] | [1, 1.11, 1.12, 1.32; 0.27] | [0.23, 0.27, 0.28, 0.32; 0.27] | [0.2, 0.24, 0.25, 0.31; 0.27] |
| تامین کننده ۵ | UMF | [0.001, 0.03, 0.10, 0.59; 1] | [0.29, 0.62, 0.93, 1.93; 1] | [0.05, 0.17, 0.35, 1.02; 1] | [0.09, 0.22, 0.41, 1.18; 1] |
| | LMF | [0.05, 0.06, 0.06, 0.096; 0.27] | [0.68, 0.76, 0.77, 0.86; 0.27] | [0.19, 0.24, 0.24, 0.28; 0.27] | [0.26, 0.29, 0.3, 0.37; 0.27] |
| تامین کننده ۶ | UMF | [0.02, 0.1, 0.21, 0.81; 1] | [0.19, 0.46, 0.76, 1.72; 1] | [0.1, 0.25, 0.45, 1.17; 1] | [0.004, 0.09, 0.26, 0.99; 1] |
| | LMF | [0.12, 0.14, 0.14, 0.18; 0.27] | [0.53, 0.60,0.61, 0.7; 0.27] | [0.27, 0.32, 0.33, 0.37; 0.27] | [0.13, 0.16, 0.17, 0.23; 0.27] |
| تامین کننده ۷ | UMF | [0.13, 0.36, 0.57, 1.4910; 1] | [0.1, 0.31, 0.59, 1.51; 1] | [0.1, 0.22, 0.37, 1.04; 1] | [0.09, 0.22, 0.41, 1.18; 1] |
| | LMF | [0.39, 0.45, 0.46, 0.55, 0.27] | [0.38, 0.45, 0.45, 0.54; 0.27] | [0.23, 0.27, 0.28, 0.32; 0.27] | [0.26, 0.29, 0.3, 0.37; 0.27] |
| تامین کننده ۸ | UMF | [0.1, 0.26, 0.46, 1.33; 1] | [0.24, 0.58, 0.95, 1.99; 1] | [0.19, 0.46, 0.77, 1.68; 1] | [0.004, 0.09, 0.26, 0.99; 1] |
| | LMF | [0.31, 0.35, 0.35, 0.45; 0.27] | [0.69, 0.78, 0.79, 0.9274; 0.27] | [0.5, 0.6, 0.61, 0.7; 0.27] | [0.13, 0.16, 0.17, 0.23; 0.27] |

**جدول ۶. ماتریس فاصله بین خوشه ها**

| $\{S_8\}$ | $\{S_7\}$ | $\{S_6\}$ | $\{S_5\}$ | $\{S_4\}$ | $\{S_3\}$ | $\{S_2\}$ | $\{S_1\}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.5634 | 1.5978 | 1.0417 | 0.4940 | 0.5609 | 0.0631 | 1.4704 | 0 | $\{S_1\}$ |
| 0.0930 | 0.1274 | 0.4287 | 0.9764 | 0.9095 | 1.5335 | 0 | | $\{S_2\}$ |
| 1.6265 | 1.6609 | 1.1048 | 0.5571 | 0.6240 | 0 | | | $\{S_3\}$ |
| 1.0025 | 1.0369 | 0.4808 | 0.0669 | 0 | | | | $\{S_4\}$ |
| 1.0694 | 1.1038 | 0.5477 | 0 | | | | | $\{S_5\}$ |
| 0.5217 | 0.5561 | 0 | | | | | | $\{S_6\}$ |
| 0.0344 | 0 | | | | | | | $\{S_7\}$ |
| 0 | | | | | | | | $\{S_8\}$ |

**جدول ۷. ماتریس فاصله بین خوشه ها**

| $\{S_7, S_8\}$ | $\{S_6\}$ | $\{S_5\}$ | $\{S_4\}$ | $\{S_3\}$ | $\{S_2\}$ | $\{S_1\}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.5806 | 1.0417 | 0.4940 | 0.5609 | 0.0631 | 1.4704 | **0** | $\{S_1\}$ |
| 0.1102 | 0.4287 | 0.9764 | 0.9095 | 1.5335 | 0 | | $\{S_2\}$ |
| 1.6437 | 1.1048 | 0.5571 | 0.6240 | 0 | | | $\{S_3\}$ |
| 1.0197 | 0.4808 | 0.0669 | 0 | | | | $\{S_4\}$ |
| 1.0866 | 0.5477 | 0 | | | | | $\{S_5\}$ |
| 0.5389 | 0 | | | | | | $\{S_6\}$ |
| 0 | | | | | | | $\{S_7, S_8\}$ |

**جدول ۸. ماتریس فاصله بین خوشه ها**

| $\{s_1,s_3\}$ | $\{s_7,s_8\}$ | $\{s_6\}$ | $\{s_5\}$ | $\{s_4\}$ | $\{s_2\}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.5019 | 0.1102 | 0.4287 | 0.9764 | 0.9095 | 0 | $\{s_2\}$ |
| 0.5924 | 1.0197 | 0.4808 | 0.0669 | 0 | | $\{s_4\}$ |
| 0.5256 | 1.0866 | 0.5477 | 0 | | | $\{s_5\}$ |
| 1.0733 | 0.5389 | 0 | | | | $\{s_6\}$ |
| 1.6122 | 0 | | | | | $\{s_7,s_8\}$ |
| 0 | | | | | | $\{s_1,s_3\}$ |

**جدول ۹. ماتریس فاصله بین خوشه ها**

| $\{s_4,s_5\}$ | $\{s_1,s_3\}$ | $\{s_7,s_8\}$ | $\{s_6\}$ | $\{s_2\}$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.9429 | 1.5019 | 0.1102 | 0.4287 | 0 | $\{s_2\}$ |
| 0.5142 | 1.0733 | 0.5389 | 0 | | $\{s_6\}$ |
| 1.0531 | 1.6122 | 0 | | | $\{s_7,s_8\}$ |
| 0.5590 | 0 | | | | $\{s_1,s_3\}$ |
| 0 | | | | | $\{s_4,s_5\}$ |

**جدول ۱۰. ماتریس فاصله بین خوشه ها**

| $\{s_2,s_7,s_8\}$ | $\{s_4,s_5\}$ | $\{s_1,s_3\}$ | $\{s_6\}$ | |
|---|---|---|---|---|
| 0.4838 | 0.5142 | 1.0733 | 0 | $\{s_6\}$ |
| 1.5570 | 0.5590 | 0 | | $\{s_1,s_3\}$ |
| 0.9980 | 0 | | | $\{s_4,s_5\}$ |
| 0 | | | | $\{s_2,s_7,s_8\}$ |

**جدول ۱۱. ماتریس فاصله بین خوشه ها**

| $\{s_2,s_6,s_7,s_8\}$ | $\{s_4,s_5\}$ | $\{s_1,s_3\}$ | |
|---|---|---|---|
| 1.3152 | 0.5590 | 0 | $\{s_1,s_3\}$ |
| 0.7562 | 0 | | $\{s_4,s_5\}$ |
| 0 | | | $\{s_2,s_6,s_7,s_8\}$ |

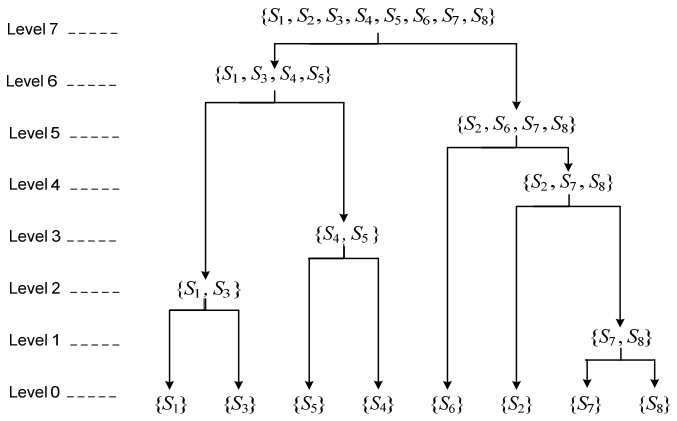
**جدول ۱۲. ماتریس فاصله بین خوشه ها**

| $\{s_2,s_6,s_7,s_8\}$ | $\{s_1,s_3,s_4,s_5\}$ | |
|---|---|---|
| 1.0357 | 0 | $\{s_1,s_3,s_4,s_5\}$ |
| 0 | | $\{s_2,s_6,s_7,s_8\}$ |

**جدول ۱۳. ماتریس مقادیر مرکزی خوشه ها**

| خوشه | مرکز خوشه | خوشه | مرکز خوشه |
|---|---|---|---|
| $\{s_1\}$ | 3.9286 | $\{s_7,s_8\}$ | 2.3480 |
| $\{s_2\}$ | 2.4582 | $\{s_1,s_3\}$ | 3.9601 |
| $\{s_3\}$ | 3.9917 | $\{s_4,s_5\}$ | 3.4011 |
| $\{s_4\}$ | 3.3677 | $\{s_2,s_7,s_8\}$ | 2.4031 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2.6450 | $\{S_2,S_6,S_7,S_8\}$ | 3.4346 | $\{S_5\}$ |
| 3.6807 | $\{S_1,S_3,S_4,S_5\}$ | 2.8869 | $\{S_6\}$ |
| 3.1628 | $\{S_1,S_2,S_3,S_4,S_5,S_6,S_7,S_8\}$ | 2.3308 | $\{S_7\}$ |
| | | 2.3652 | $\{S_8\}$ |




**شکل ۲. خوشه بندی سلسله مراتبی تامین کننده ها در مطالعه موردی**

شکل ۲ نتیجه خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی را برای تامین‌کننده‌ها نشان می‌دهد. در هر سطح، مقدار مرکزی هر خوشه محاسبه شده است و نتایج آن در جدول ۱۳ نشان داده شده است. نتایج حاصل از رتبه‌بندی تامین‌کننده‌ها به‌صورت زیر هستند.

در سطح ۰: $S_3 > S_1 > S_5 > S_4 > S_6 > S_2 > S_8 > S_7$،

در سطح ۱: $\{S_8, S_7\} > S_3 > S_1 > S_5 > S_4 > S_6 > S_2$،

در سطح۲: $\{S_8, S_7\} > \{S_3, S_1\} > S_5 > S_4 > S_6 > S_2$،

در سطح ۳: $\{S_8, S_7\} > \{S_5, S_4\} > \{S_3, S_1\} > S_6 > S_2$،

در سطح ۴: $\{S_2, S_8, S_7\} > \{S_5, S_4\} > \{S_3, S_1\} > S_6$

در سطح‌های ۵ و ۶: به ترتیب

$\{S_6, S_2, S_8, S_7\} > \{S_5, S_4\} > \{S_3, S_1\}$ و

$\{S_6, S_2, S_8, S_7\} > \{S_1, S_3, S_4, S_5\}$.

همان‌طور که در شکل ۲ می‌بینیم، خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی در ۷ سطح تشکیل شده است. در سطح ۰، خوشه‌ها عبارتند از $\{S_1\}$، $\{S_2\}$، $\{S_3\}$، $\{S_4\}$، $\{S_5\}$، $\{S_6\}$، $\{S_7\}$ و $\{S_8\}$ ، در سطح ۱، ازآن‌جا که خوشه‌های $\{S_7\}$ و $\{S_8\}$ تلفیق شده‌اند، در این سطح خوشه‌ها عبارتند از $\{S_1\}$، $\{S_2\}$، $\{S_3\}$، $\{S_4\}$، $\{S_5\}$، $\{S_6\}$ و $\{S_7, S_8\}$. پس از تلفیق خوشه‌های $\{S_1\}$ و $\{S_3\}$ در سطح ۲، خوشه‌های این سطح شامل $\{S_2\}$، $\{S_4\}$، $\{S_5\}$، $\{S_6\}$، $\{S_7, S_8\}$ و $\{S_1, S_3\}$ است. $\{S_4\}$ و $\{S_5\}$ در سطح ۳ در یک خوشه تجمیع شده‌اند و خوشه‌های موجود در این سطح عبارتند از $\{S_2\}$، $\{S_6\}$، $\{S_7, S_8\}$، $\{S_1, S_3\}$ و $\{S_4, S_5\}$. در سطح بعدی، خوشه $\{S_2\}$ به $\{S_7, S_8\}$ ملحق شده، لذا نتیجه خوشه‌بندی در این سطح به صورت $\{S_6\}$، $\{S_1, S_3\}$، $\{S_4, S_5\}$ و $\{S_2, S_7, S_8\}$ است. از تلفیق $\{S_6\}$ و $\{S_2, S_7, S_8\}$ در سطح ۵، خوشه‌های $\{S_6\}$، $\{S_1, S_3\}$، $\{S_4, S_5\}$ و $\{S_2, S_6, S_7, S_8\}$ حاصل شده‌اند. نهایتا، در سطح ۶، داریم $\{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8\}$.

از آن‌جا که براساس رتبه‌بندی نشان داده شده در جدول ۱۳ بهترین تامین‌کننده، $\{S_3\}$ است و نیز در سطح ۱ از خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی $\{S_1\}$ و $\{S_3\}$ در یک خوشه تلفیق شده است، این بدان معنی است که اختلاف بین $\{S_1\}$ و $\{S_3\}$، در مقایسه با سایر تامین‌کننده‌ها قابل چشم‌پوشی است. در حقیقت، مهم است بدانیم که چه تعداد از تامین‌کنندگان به بقیه ارجحیت دارند. در این مساله، ازآن‌جا که تفاوت بین $\{S_1\}$ و $\{S_3\}$ قابل چشم‌پوشی بوده است، لذا در عمل مهم نیست که نتوانیم با $\{S_3\}$ قرار داد ببندیم، زیرا می‌توانیم $\{S_1\}$ را با کم‌ترین زیان جایگزین آن کنیم.

اکنون فرض کنید که نتیجه رتبه‌بندی به صورت $S_3 > S_1 > S_5 > S_4 > S_6 > S_2 > S_8 > S_7$ و خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی مشابه خوشه‌بندی نشان داده شده در شکل ۲ باشد. در سطح ۲، $\{S_4\}$ و $\{S_5\}$ با یک‌دیگر ادغام شده‌اند و سپس در سطح ۶، $\{S_1\}$ و $\{S_3\}$ به آنها می‌پیوندند. این بدین معنی است که تفاوت بین $\{S_1\}$ و $\{S_5\}$ قابل اغماض نیست و به همین ترتیب، اگر ما نتوانیم با $\{S_1\}$ عقد قرارداد کنیم باید با پذیرش زیان قابل ملاحظه‌ای با $\{S_5\}$ قرار داد ببندیم. بنابراین، در عمل، باید سعی کنیم که با $\{S_3\}$ یا $\{S_1\}$ قرارداد ببندیم. از

این رو، با استفاده از این روش خوشه‌بندی، ما قادر خواهیم بود که میزان نزدیکی تامین‌کنندگان را بیابیم.

### ۴-۲- مقایسه الگوریتم ۱ با سایر روشها با حل یک مثال نمونه

این‌جا، به منظور نشان دادن کارایی و قابلیت روش پیشنهادی آمده در الگوریتم ۱، از مثال وانگ و همکاران [۳۳] استفاده می‌کنیم و نشان می‌دهیم که الگوریتم ۴-۲ نتایج مشابه‌ای با روش‌های AHP [۳۴]،تاپسیس [۳۵]، چن [۳۶] و وانگ و همکاران [۳۳] را بدست می‌دهد. علاوه بر این، روش پیشنهادی نه تنها برای مجموعه‌های فازی نوع دوم مناسب است، بلکه خوشه‌بندی مناسبی از تامین‌کنندگان (گزینه‌ها) به منظور تعیین میزان نزدیکی آنها را بدست می‌دهد.

با توجه به مثال ارایه شده در وانگ و همکاران [۳۳]، سه تصمیم‌گیرنده ($D_1$، $D_2$، $D_3$) برای انتخاب بهترین ساختمان به عنوان دفتر کار از بین سه گزینه $X$، $Y$ و $Z$ برنامه ریزی کرده اند. بدین منظور، معیارهای اندازه، حمل‌ونقل، شرایط ساختمان و قیمت را مد نظر قرار داده‌اند. این سه تصمیم‌گیرنده، به ترتیب، سه ساختمان نامزد را در مقایسه با معیارها مقایسه کرده و ارزیابی خود را بیان داشته‌اند. پس از انجام مراحل ارزیابی، نمرات، جمع آوری، وزن دهی و نرمال سازی شدند و ماتریس اولویت فازی نرمال شده وزن دار در جدول ۱۴ نشان داده شده است.

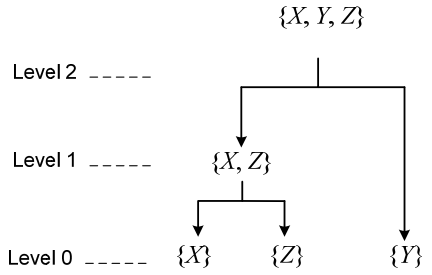
با توجه به گام ۶ در الگوریتم ۱، ماتریس فاصله برای سه خوشه (تامین‌کننده‌ها) محاسبه می‌شود که نتیجه آن در جدول ۱۵ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۱۵، کم‌ترین فاصله، بین خوشه‌های $\{X\}$ و $\{Z\}$ است و بنابراین این دو خوشه با هم تلفیق می‌شوند. در گام بعدی، خوشه $\{Y\}$ به خوشه $\{X, Z\}$ ملحق می‌شود. نتیجه حاصل از خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی در شکل ۳ نشان داده شده است. پس از تعیین مرکز برای هر خوشه، نتیجه رتبه‌بندی به صورت $Y > Z > X$ تعیین شده است. جدول ۱۶، نتیجه حاصل از روش پیشنهادی ما و روش‌های AHP [۳۴]، تاپسیس [۳۵]، چن [۳۶] و وانگ و همکاران [۳۳] را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌کنید که نتیجه حاصل از روش پیشنهادی ما مشابه با سایر روشهاست.

**جدول ۱۴. ماتریس ترجیحات فازی نرمال شده و وزندار شده [۳۳].**

| | اندازه | حمل و نقل | موقعیت | هزینه |
|---|---|---|---|---|
| $\{X\}$ | [0.1,0.15,0.15,0.18; 1] | [0.01,0.02,0.02,0.04; 1] | [0.03,0.11,0.11,0.19; 1] | [0.09,0.24,0.24,0.37;1] |
| $\{Y\}$ | [0.07,0.11,0.11,0.17; 1] | [(0.01,0.01,0.01,0.02;1] | [0.13,0.23,0.23,0.31; 1] | [0.28,0.47,0.47,0.53;1] |
| $\{Z\}$ | [0.02,0.02,0.02,0.06; 1] | [0.04,0.05,0.05,0.05; 1] | [0.13,0.23,0.23,0.31; 1] | [0.16,0.32,0.32,0.45;1] |

**جدول ۱۵. ماتریس فاصله بین خوشه ها**

| | $\{X\}$ | $\{Y\}$ | $\{Z\}$ | مرکز خوشه‌ها | رتبه |
|---|---|---|---|---|---|
| $\{X\}$ | 0 | 0.2701 | 0.1034 | 0.5099 | 3 |
| $\{Y\}$ | | 0 | 0.1667 | 0.78 | 1 |
| $\{Z\}$ | | | 0 | 0.6133 | 2 |




**شکل ۳. نتیجه خوشه بندی سلسله مراتبی گزینه ها در مساله دوم**

**جدول ۱۶. جدول مقایسه با سایر روشها**

| | | مقدار رتبه هر گزینه | رتبه بندی |
|---|---|---|---|
| روش پیشنهادی | X | 0.5099 | |
| | Y | 0.78 | Y > Z > X |
| | Z | 0.6133 | |
| وانگ و همکاران [۳۳] | X | 0.23 | |
| | Y | 0.5 | Y > Z > X |
| | Z | 0.28 | |
| روش چن [۳۶] | X | 0.95 | Y > Z > X |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 1.35 | Y | |
| | 1.09 | Z | |
| | 0.14 | X | |
| Y > Z > X | 0.30 | Y | روش تاپ سیس [۳۵] |
| | 0.17 | Z | |
| | 0.28 | X | |
| Y > Z > X | 0.36 | Y | روش AHP [۳۴] |
| | 0.31 | Z | |

## ۵. نتیجه گیری

مساله انتخاب تامین کننده از جمله مهم‌ترین مسایل تصمیم‌گیری است که شامل هر دو فاکتورهای کمی و کیفی برای شناسایی تامین‌کننده‌ها می‌باشد که در موفقیت زنجیره تامین اثر می‌گذارد و در سال‌های اخیر محققان بسیاری به آن پرداخته‌اند. از آنجا که در واقعیت، نظرات و یا نگرش افراد معمولا با اظهارات نامشخص و غیر قطعی همراه است، کلمات زبانی مربوط به اطمینان یا عدم اطمینان معمولا مبهم هستند به طوری‌که به کارگیری آن‌ها برای افراد مختلف از میزان اطمینان یا عدم اطمینان یکسانی برخوردار نیست. از این‌رو، اگر بیش از یک تصمیم‌گیرنده وجود داشته باشد، استفاده از مجموعه‌های فازی نوع اول ممکن است مناسب نباشد. در عمل نیز، در فرایند انتخاب تامین‌کننده، تکیه بر یک تامین‌کننده انتخاب شده همیشه ممکن است تضمین شده نباشد. از این‌رو، انتخاب یک دسته از تامین کننده ها عملی تر به نظر می‌رسد. هدف اصلی ما در اینجا این است که یک روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی براساس مقادیر فازی فاصله‌ای نوع دوم برای انتخاب بهترین تامین‌کننده ارایه دهیم که بیشترین رضایت‌مندی مشتری براساس معیارهای مشخص شده را در پی دارد. با استفاده از این روش خوشه‌بندی، ما می‌توانیم میزان نزدیکی بین تامین‌کننده ها را بیابیم. برای نشان دادن کاربرد روش پیشنهادی، دو نمونه مساله حل شده است. اولین مساله یک مطالعه موردی در مساله انتخاب تامین کننده با ۸ معیار و ۸ تامین‌کننده است. مساله بعدی، نمونه مساله‌ای است که برگرفته از ادبیات موضوع می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد در حالی که الگوریتم خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی پیشنهادی نتایج مشابه با روش‌هایAHP، تاپ سیس، روش چن و روش وانگ و همکاران را فراهم می‌کند اما در عین حال برای مجموعه‌های فازی فاصله‌ای نوع دوم مناسب است و هم‌چنین میزان نزدیکی و هم‌خوانی بین تامین‌کننده ها را تعیین می‌کند.

## مراجع

[1] Jain Che ZH. Clustering and selecting suppliers based on simulated annealing algorithms, Computers and Mathematics with Applications, Vol. 63, (2012), pp. 228–238.

[2] Harland CM. Supply chain management, purchasing and supply management, logistics, vertical integration, Materials Management and Supply Chain Dynamics, In: Slack, N (ed.) Blackwell Encyclopedic Dictionary of Operations Management, UK: Blackwell, (1996).

[3] Hadi-Vencheh A, Niazi-Motlagh M. An improved voting analytic hierarchy process–data envelopment analysis methodology for supplier selection, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol. 24, (2011), pp. 189-197.

[4] Perić T, Babić Z, Veža I. Vendor selection and supply quantities determination in a bakery by AHP and fuzzy multi-criteria programming, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol. 26, (2013), pp. 816–829.

[5] Kilincci O, Onal SA. Fuzzy AHP approach for supplier selection in a washing machine company, Expert Systems with Applications, Vol. 38, (2011), pp. 9656-9664.

[6] Chamodrakas I, Batis D, Martakos D. Supplier selection in electronic marketplaces using satisficing and fuzzy AHP, Experts Systems with Applications, Vol. 37, (2009), pp. 490–498.

[7] Lin RH. An integrated FANP-MOLP for supplier evaluation and order allocation, Applied Mathematic Modeling, Vol. 33, (2009), pp. 2730-2736.

[8] Mokhtarian MN, Hadi-Vencheh A. A new fuzzy TOPSIS method based on left and right scores: An application for determining an industrial zone for dairy products factory, Applied Soft Computing, Vol. 12, (2012), pp. 2496–2505.

[9] Agha Mohammad Ali Kermania M, Navidi H, Alborzi F. A novel method for supplier

selection by two competitors, including multiple criteria, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol. 25, (2012), pp. 527–535.

[10] Florez-Lopez R. Strategic supplier selection in the added-value perspective: a CI approach, Information Sciences, Vol. 177, (2007), pp. 1169-1179.

[11] Faez F, Ghodsypour SH, O'Brien C. Vendor selection and order allocation using an integrated fuzzy case-based reasoning and mathematical programming model, International Journal of Production Economics, Vol. 121, (2009), pp. 395-408.

[12] Maali Y, Mahdavi-Amiri N. A triangular type-2 multi-objective linear programming model and a solution strategy, Information Sciences, Vol. 279, (2014), pp. 816-826.

[13] Aissaoui N, Haouari M, Hassini E. Supplier selection and order lot sizing modeling: A review, Computer and Operations Research, Vol. 34, (2007), pp. 3516-3540.

[14] Thanaraksakul W, Phruksaphanrat B. Supplier evaluation framework based on balanced scorecard with integrated corporate social responsibility perspective, Proceedings of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists, 2 March 2009, Hong Kong.

[15] Khorasani O, Khakzar BM. A fuzzy AHP approach for evaluating and selecting supplier in pharmaceutical industry, International Journal of Academic Research, Vol. 3, (2011), pp. 346–352.

[16] Punniyamoorthy M, Mathiyalagan P, Parthiban P. A strategic model using structural equation modeling and fuzzy logic in supplier selection, Expert Systems with Applications, Vol. 38, (2011), pp. 458-474.

[17] Haq AN, Kannan, G. Fuzzy analytical hierarchy process for evaluating and selecting a vendor in a supply chain model, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 29, (2006), pp. 826-835.

[18] Hinkle CL, Robinson PJ, Green PE. Vendor evaluation using cluster analysis, Journal of Purchasing, Vol. 5, (1969), pp. 49–58.

[19] Bottani E, Rizzi A. An adapted multi-criteria approach to suppliers and products selection–an application oriented to lead-time reduction, International Journal of Production Economics, Vol. 111, (2008), pp. 763-781.

[20] Fazel Zarandi MH, Gamasaee R. A type-2 fuzzy system model for reducing bullwhip effects in supply chains and its application in steel manufacturing, Scientia Iranica, Vol. E20, (2013), pp. 879-899.

[21] Che ZH. Using fuzzy analytic hierarchy process and particle swarm optimization for balanced and defective supply chain problems considering WEEE/RoHS directives, International Journal of Production Research, Vol. 48, (2010), pp. 3355-3381.

[22] Liao Z, Rittscher J. A multi-objective supplier selection model under stochastic demand conditions, International Journal of Production Economics, Vol. 105, (2007), pp. 150-159.

[23] Xia W, Wu Z. Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments, Omega, Vol. 35, (2007), pp. 494-504.

[24] Wu D, Mendel JM. Uncertainty measures for interval type-2 fuzzy sets, Information Sciences, Vol. 177, (2007), pp. 5378-5393.

[25] Wu D, Mendel JM. A comparative study of ranking methods, similarity measures and uncertainty measures for interval type-2 fuzzy sets, Information Sciences, Vol. 179, (2009), PP. 1169-1192.

[26] Karnik NN, Mendel JM. Centroid of a type-2 fuzzy set, Information Sciences, Vol. 132, (2001), pp. 195–220.

[27] Heidarzade A, Mahdavi I, Mahdavi-Amiri N. Multiple attribute group decision making in interval type-2 fuzzy environment using a new distance formulation, International Journal of Operational Research, (2015).

[28] Pitchipoo P, Venkumar P, Rajakarunakaran S. Fuzzy hybrid decision model for supplier evaluation and selection, International Journal of Production Research, Vol. 51, (2013), pp. 3903-3919.

[29] Lee IH. A fuzzy supplier selection model with the consideration of benefits, opportunities, costs and risks, Expert Systems with Applications, Vol. 36, (2009), pp. 2879-2893.

[30] Guneri AF, Kuzu A. Supplier selection by using a fuzzy approach in just-in-time: A case

study, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol. 22, (2009), pp. 774-783.

[31] Barla SB. A case study of supplier selection for lean supply by using a mathematical model, Logistics Information Management, Vol. 16, (2003), pp. 451-459.

[32] Ting SC. A multi-objective approach to purchasing decision and supplier selection in the supply chain, Proceedings of the 17th International Conference on Multiple Criteria Decision Analysis, (2004), Canada.

[33] Wang JW, Cheng CH, Cheng HK. Fuzzy hierarchical TOPSIS for supplier selection, Applied Soft Computing, Vol. 9, (2009), pp. 377-386.

[34] Saaty TL. The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, (1980), New York.

[35] Hwang CL, Yoon K. Multiple Attribute Decision Making Methods and Application, Springer-Verlag, New York, (1981).

[36] Chen CT. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment, Fuzzy Sets Systems, Vol. 114, (2000), pp. 1-9.