

انتخاب تأمین کننده با استفاده از رویکرد ترکیبی ANP-DEMATEL-VIKOR فازی

نعیمه باقری راد^۱ و جواد بهنامیان^{۲*}

اطلاعات مقاله	چکیده
دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۸/۰۶	
پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۰۷	
واژگان کلیدی: انتخاب تأمین کننده، تئوری فازی، تصمیم گیری چند معیاره، فرآیند تحلیل شبکه‌ای، DEMATEL، VIKOR	یکی از مهم ترین مراحل در فرآیند خرید، انتخاب تأمین کنندگان مناسب است. انتخاب تأمین کنندگان مناسب می تواند به شکل قابل ملاحظه‌ای هزینه‌های خرید را کاهش و قابلیت رقابت پذیری سازمان را افزایش دهد. این مسأله در واقع یک مسأله تصمیم گیری چندمعیاره است که در آن عمل تصمیم گیری براساس یک سری معیارهای کیفی و کمی صورت می گیرد. هدف از این مقاله، ارائه یک روش تصمیم گیری جهت انتخاب تأمین کننده مناسب در زنجیره تأمین است. در این مقاله، یک مدل ترکیبی تصمیم گیری چندمعیاره فازی برای زمانی که تعداد معیارها زیاد و بین آن‌ها روابط یا وابستگی برقرار باشد ارائه شده است. در این مدل از روش DEMATEL به منظور تعیین ساختار روابط بین معیارها و از روش ANP جهت شناسایی وزن هر یک از معیارها و از روش بهینه سازی چندمعیاره حل سازشی VIKOR برای رتبه بندی بهترین تأمین کننده استفاده شده است. در این تحقیق به منظور پوشش حالات مبهم تصمیم گیری، به جای استفاده از اعداد قطعی از متغیرهای کلامی استفاده شده است. مدل ترکیبی پیشنهادی می تواند به مدیران و کارشناسان سازمان‌ها در جهت بهبود انتخاب‌های خود به خصوص زمانی که تعداد معیارها زیاد و بین آن‌ها وابستگی وجود دارد تحت شرایط عدم اطمینان، کمک کند. همچنین روش پیشنهادی، تعداد ماتریس‌های مقایسه زوجی و حجم محاسبات را کاهش داده و سرعت محاسبات را نیز افزایش و از پیچیدگی مسأله کاسته است.

مقدمه

در بیش تر صنایع، هزینه مواد خام و اجزای تشکیل دهنده محصول، قسمت عمده‌ای از بهای تمام شده محصول را در بر می گیرد. در چنین شرایطی بخش تدارکات می تواند نقش کلیدی در کارایی و اثر بخشی سازمان ایفاء کند و تأثیر مستقیمی روی کاهش هزینه‌ها، سودآوری و انعطاف پذیری یک شرکت داشته باشد [۱]. فرآیند انتخاب تأمین کننده فرآیند پیچیده‌ای است که نشان می دهد چگونه سازمان‌ها تأمین کنندگان استراتژیک را برای افزایش مزایای رقابتی انتخاب می کنند. اما این فرآیند، یک مسأله با چندین شاخص است که فاکتورهای کمی و کیفی را در بر می گیرد. اهمیت نسبی این شاخص‌ها و شاخص‌های فرعی توسط

مدیریت ارشد و مدیران خرید، تعیین می گردد. اخیراً با حضور مفهوم مدیریت زنجیره تأمین بیشتر محققان، دانشمندان و مدیران پی برده‌اند که انتخاب تأمین کننده مناسب و مدیریت آن وسیله‌ای است که می توان برای افزایش رقابت پذیری زنجیره تأمین استفاده نمود [۲]. تکنیک‌های انتخاب تأمین کننده را می توان به دو دسته تقسیم کرد: ۱- انتخاب تأمین کنندگان هنگامی که هیچ محدودیتی وجود ندارد؛ به عبارتی هر تأمین کننده به تنهایی قادر است که نیازهای خریدار از جمله میزان تقاضا، کیفیت، زمان تحویل و غیره را برآورده سازد (منبع یابی منفرد). در این حالت مدیریت تنها یک تصمیم اتخاذ می کند و اینکه کدام تأمین کننده، بهترین است.

* پست الکترونیک نویسنده مسئول مکاتبات: Behnamian@basu.ac.ir

۱. دانشجوی دکتری، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی صنایع، همدان

۲. دانشیار، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی صنایع، همدان

ساختار این مقاله به شرح ذیل است: در بخش ۲ به مرور ادبیات و پیشینه تحقیق مسأله پرداخته می‌شود. در بخش ۳، مبانی نظری تحقیق ارائه می‌گردد. در بخش ۴ روش پیشنهادی و ساختار آن‌ها شرح داده می‌شود. در بخش ۵ مثال عددی از روش پیشنهادی ارائه می‌گردد. نتیجه‌گیری از کار و تحقیقات آتی نیز در بخش ۶ ارائه می‌شود.

مرور ادبیات

ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان فرآیندی است که در طی آن تأمین کنندگان، به عنوان یک جزء از زنجیره تأمین، مورد تحلیل، ارزیابی و انتخاب قرار می‌گیرند. با ظهور بحث مدیریت زنجیره تأمین، توجه خاصی نیز به مسأله انتخاب تأمین کننده شده است و در این زمینه تاکنون مقالات بسیاری به چاپ رسیده است. که هر کدام از جنبه خاصی به این مسأله توجه کرده‌اند. در ذیل به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. دیکسون برای اولین بار یک پرسشنامه، مشتمل بر ۲۳ معیار برای ۲۷۳ نفر از مدیران و عوامل خرید^۴ از آمریکا و کانادا ارسال و از آن‌ها خواست معیارهای مشخص شده را در مقیاس صفر (غیر مهم) تا چهار (بسیار مهم) رتبه‌بندی کنند. ایشان به این نتیجه رسید که سه عامل کیفیت استاندارد، تحویل به موقع کالا و سابقه عملکرد عوامل بسیار مهمی هستند که در امر انتخاب تأمین کنندگان مطرح هستند [۷]. ناراسیمهان در سال ۱۹۸۳ برای اولین بار کاربرد روش AHP را در حل مسأله انتخاب تأمین کنندگان مطرح کرد [۸]. همچنین چان و کومار از یک روش AHP فازی برای انتخاب تأمین کننده استفاده کردند. آن‌ها از اعداد مثلثی فازی و از روش تحلیل توسعه‌ای برای تجزیه و تحلیل مقایسات زوجی و استخراج وزن معیارها استفاده کردند [۹]. بهشتی‌نیا و نعمتی ابوذری یک رویکرد ترکیبی بر مبنای روش منطق دیجیتال اصلاح شده^۵ و TOPSIS فازی جهت رتبه‌بندی تأمین کنندگان را پیشنهاد کردند. در این رویکرد ترکیبی وزن هر یک از معیارها با استفاده از روش MDL و امتیاز هر تأمین کننده با استفاده از روش TOPSIS فازی انجام تعیین می‌گردد [۱۰]. جایانت و همکاران [۱۱] از رویکرد ترکیبی جدید DEMATEL، AHP و TOPSIS جهت ارزیابی تأمین کنندگان سبز استفاده کردند بوران و

۲- انتخاب تأمین کننده در حالتی که محدودیت‌هایی در ظرفیت تأمین کننده، کیفیت محصول تأمین کننده و غیره وجود دارد. به عبارتی یک تأمین کننده به تنهایی قادر به برآورد احتیاجات خریدار نمی‌باشد و خریدار به اجبار باید بخشی از تقاضای خود را از یک تأمین کننده و بخش دیگر تقاضایش را از تأمین کننده دیگر به منظور جبران کمبود ظرفیت یا کیفیت پایین تأمین کننده اول، برآورد سازد در این حالت بیش تر از یک تأمین کننده باید انتخاب شود (منبع یابی چندگانه). در این حالت مدیریت باید دو تصمیم اخذ کند: اول اینکه کدام یک از تأمین کنندگان، بهترین هستند؟ و دوم، از هر یک از تأمین کنندگان انتخابی چه مقدار باید خریداری کرد؟ [۱].

در سال‌های اخیر محققان زیادی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در حل مسائل مختلف استفاده کرده‌اند. بهشتی-نیا و آهنگریان ابهری [۳]، ترک زاد و بهشتی‌نیا [۴] و یاداو و همکاران [۵] از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، به-ترتیب، در مسأله انتخاب روش انتقال فناوری جاده‌ای، کیفیت خدمات بیمارستانی و انتخاب مواد در کاربردهای دریایی استفاده کردند. به دلیل کارایی خوب این روش‌ها در حل مسائل، در این مقاله سعی شده است یک روش ترکیبی برای حل مسأله انتخاب بهترین تأمین کننده در حالت منبع یابی منفرد ارائه گردد. روش ترکیبی پیشنهادی بر مبنای روش‌های تصمیم‌گیری DEMATEL^۳، فرآیند تحلیل شبکه‌ای^۴ و روش بهینه‌سازی چندمعیاری حل سازشی^۵ در حالت فازی می‌باشد. این روش در حالت قطعی در سال ۲۰۰۹ در کنفرانس بین‌المللی MCDM به عنوان روشی برای بررسی ناسازگاری معیارها همراه با وابستگی و بازخورد در روش‌های حل سازشی مطرح شده است [۶]. با توجه به مطالب بیان شده در فوق سوالات اصلی تحقیق به صورت ذیل بیان می‌شوند: (۱) آیا رویکرد ترکیبی پیشنهادی می‌تواند مسأله انتخاب تأمین کننده را به دنیای واقعی نزدیک تر نماید؟ (۲) رویکرد ترکیبی پیشنهادی می‌تواند روابط و وابستگی بین معیارها را در نظر بگیرد؟ سوالات فرعی تحقیق این است که استفاده از رویکرد ترکیبی در انتخاب تأمین کننده به چه صورت قابل انجام است؟

⁴ Purchasing Agents

⁵ Modified Digital Logic (MDL)

¹ Decision Making Trial And Evaluation (DEMATEL)

² Analytic Network Process (ANP)

³ Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) in Serbian which means ^Multi-criteria Optimization and Compromise Solution

در ادامه نیز برخی از تحقیقات داخلی انجام شده در حوزه انتخاب تأمین‌کنندگان که از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده کرده‌اند، ارائه می‌شود.

محرر و همکاران به تحقیقی تحت‌عنوان "انتخاب تأمین‌کنندگان، مطالعه موردی: شرکت‌های مهندسی و ساخت" پرداختند. آن‌ها یک رویکرد (مبتنی بر روش Fuzzy QFD) چند مرحله‌ای جامع به منظور انسجام‌بخشی به فرآیند انتخاب تأمین‌کننده را ارائه کردند [۲۲]. مصدق‌خواه و همکاران مقاله‌ای تحت عنوان "ارائه روش تلفیقی DEA و ANP با استفاده از یک الگوریتم ابتکاری برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان مواد اولیه تولید مخازن نفتی" را نیز ارائه کرده‌اند [۲۳]. کدخدازه و مروتی شریف‌آبادی (۱۳۹۲) تأمین‌کنندگان یک شرکت مواد غذایی را با استفاده از سیستم استنتاج فازی و روش AHP ارزیابی و انتخاب نمودند [۲۴]. سپهوند در پژوهشی به کمک روش AHP به منظور اولویت‌بندی ویژگی‌های و استفاده از دو سری از خانه‌های کیفیت QFD، روشی جدید برای انتخاب تأمین‌کننده نمودند [۲۵]. ثابت مطلق و همکاران از روش ترکیبی AHP و TOPSIS خاکستری جهت انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان استراتژیک استفاده کردند [۲۶]. محمدنژاد چاری و صفائی قادیکلایی معیارهای مؤثر در انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین لارج (مطالعه موردی صنایع غذایی و لبنی کاله) را مورد مطالعه قرار دادند. همچنین آن‌ها برای رتبه‌بندی نهایی هر یک از شاخص‌ها از روش ANP فازی استفاده کردند [۲۷]. نعمتی‌ابوذر و بهشتی‌نیا یک رویکرد ترکیبی بر مبنای روش‌های AHP فازی و TOPSIS فازی را به منظور ارزیابی تأمین‌کنندگان در صنعت تبلیغاتی را پیشنهاد کردند [۲۸]. عباس‌زاده توسلی و همکاران از روش TOPSIS برای محاسبه وزن و رتبه‌بندی معیارها و از روش DEMATEL جهت تعیین ارتباط بین معیارها در مسأله انتخاب تأمین‌کننده سبز استفاده کردند [۲۹].

همچنین برخی از مقالات جدید که از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ترکیبی در حوزه‌های مختلف استفاده کرده‌اند در ادامه آورده شده است. بهشتی‌نیا و آهنگریان ابهری [۳] برای انتخاب روش انتقال فناوری جاده‌ای از یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره (ترکیبی از روش MDL و TOPSIS) استفاده کردند. ترک‌زاد و بهشتی‌نیا [۴] چهار روش ترکیبی بر مبنای روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

همکاران یک رویکرد ترکیبی TOPSIS فازی را به منظور انتخاب تأمین‌کننده در یک محیط تصمیم‌گیری گروهی ارائه داده‌اند. در این رویکرد، یک عملگر متوسط وزنی برای جمع‌بندی عقاید فردی تصمیم‌گیرندگان برای رتبه‌بندی معیارها و گزینه‌ها با توجه به اهمیت مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۲]. ایرج‌پور و همکاران با استفاده از روش DEMATEL مؤثرترین شاخص‌ها را در انتخاب تأمین‌کننده سبز را شناسایی و ارزیابی کردند. آن‌ها یک الگویی برای انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان با رویکرد چندمعیاره و سیزده عامل را ارائه کردند. از بین شاخص‌های ارائه شده مؤثرترین آن‌ها پس از وزن‌دهی باروش DEMATEL تعیین گردید [۱۳]. جونیر و همکاران در مقاله‌ای روش AHP فازی را باروش TOPSIS فازی جهت حل مسأله انتخاب تأمین‌کننده با ۷ معیار مورد مقایسه قرار دادند. آن‌ها نیز بیان کردند که روش TOPSIS فازی نسبت به روش AHP فازی بهتر عمل می‌کند [۱۴].

بیک خانپان و همکاران از روش ترکیبی FAHP_FTOPSIS جهت رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان استفاده کردند. در این روش در ابتدا معیارهای ارزیابی تأمین‌کنندگان شناسایی و سپس با استفاده از مدل ساختاری تفسیری رتبه‌بندی می‌شوند [۱۵]. ژائو و همکاران [۱۶] و وئو و همکاران [۱۷] برای مسأله انتخاب تأمین‌کننده از روش VIKOR فازی استفاده کردند. پرامانیک و همکاران یک رویکرد ترکیبی AHP-TOPSIS-QFD در محیط فازی، جهت انتخاب تأمین‌کننده انعطاف‌پذیر را پیشنهاد کردند [۱۸]. جان و همکاران یک رویکرد ترکیبی AHP فازی و TOPSIS را به منظور انتخاب تأمین‌کننده در شرکت خوردوسازی هند را پیشنهاد کردند. در این رویکرد ترکیبی وزن معیارها با استفاده از روش AHP رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان با استفاده از روش TOPSIS انجام می‌شود [۱۹]. فی و همکاران روش D-SVIKOR را جهت انتخاب تأمین‌کننده پیشنهاد کردند. برای مقابله با عدم قطعیت موجود در قضاوت‌ها از تئوری Dempster-Shafer (D-S) و جهت تعیین وزن معیارها از روش آنتروپی وزنی دنگ و از روش VIKOR برای به دست آوردن رتبه‌بندی نهایی استفاده کردند [۲۰]. پورینگ و همکاران از روش AHP فازی جهت انتخاب تأمین‌کننده تابلوهای مدار چاپی استفاده کردند. جهت جمع‌آوری داده‌ها از یک پرسشنامه استفاده کردند [۲۱].

اولویت‌بندی ساخت نیروگاه‌های تجدیدپذیر با نام TOPKOR پیشنهاد دادند. باتوجه به بررسی‌های انجام‌شده که خلاصه آن در جدول ۱ آمده است، تاکنون تحقیقات مختلفی در زمینه مسأله انتخاب تأمین‌کننده انجام شده است اما در اکثر این روش‌ها، روابط بین ملاک‌ها و بازخورد‌های بین‌عناصر موجود در یک فرآیند تصمیم‌گیری در نظر گرفته نشده است؛ که همواره می‌تواند در دنیای واقعی مصداق نداشته باشد.

در این تحقیق، یک مدل ترکیبی تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی برای زمانی که تعداد معیارها زیاد و بین آن‌ها روابط وابستگی وجود داشته باشد، ارائه شده است. در این رویکرد، به منظور پوشش ابهامات موجود در قضاوت‌های انسانی، به جای استفاده از اعداد قطعی از متغیرهای کلامی استفاده شده است. روش ترکیبی پیشنهادی، تعداد ماتریس‌های مقایسه زوجی و حجم محاسبات را کاهش داده و سرعت محاسبات را نیز افزایش و از پیچیدگی مسأله می‌کاهد.

برای ارزیابی معیارهایی که بر کیفیت خدمات بیمارستانی تأثیر می‌گذارند را پیشنهاد کردند. یاداو و همکاران [۵] یک رویکرد ترکیبی جدید (TOPSIS-PSI) جهت انتخاب مواد در کاربردهای دریایی را پیشنهاد کردند. ارشادی و آشتیانی [۳۰] جهت تحلیل عوامل مؤثر بر ریسک‌های محیطی پروژه‌ها از روش ترکیبی ANP - DEMATEL و شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند. وینود و همکاران [۳۱] یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی بر مبنای روش‌های ANP، DEMATEL و TOPSIS جهت انتخاب مفهوم چابکی را پیشنهاد کردند. بادولسکو و چیخروهو [۳۲] دو رویکرد ترکیبی تصمیم‌گیری چندمعیاره (AHP-TOPSIS / ANP-TOPSIS) جهت ارزیابی و رتبه‌بندی اندازه‌گیری خطای مدل‌های پیش‌بینی را پیشنهاد کردند. میترا و گوسوامی [۳۳] جهت انتخاب مدل دسکتاپ کامپیوتر از روش ترکیبی AHP-TOPSIS استفاده کردند. سدادی و بهشتی‌نیا [۳۴] نیز روش جدید MCDM برای

جدول ۱- تحقیقات انجام‌شده در زمینه مسأله انتخاب تأمین‌کننده

روش حل	مقاله
AHP	ناراسیمهان [۸]
AHP فازی	چان و کومار [۹]
روش ترکیبی MDL و TOPSIS	بهشتی‌نیا و نعمتی ابودر [۱۰]
روش ترکیبی AHP - TOPSIS - DEMATEL	جایانت و همکاران [۱۱]
رویکرد ترکیبی Topsis فازی	بوران و همکاران [۱۲]
DEMATEL	ایرج پور و همکاران [۱۳]
AHP فازی / Topsis فازی	جونیر و همکاران [۱۴]
روش ترکیبی FTopsis-FAHP	بیک خانیان و همکاران [۱۵] جان و همکاران [۱۹] نعمتی ابودر و بهشتی‌نیا [۲۸]
VIKOR فازی	ژانو و همکاران [۱۶] / وئو و همکاران [۱۷]
AHP- TOPSIS-QFD فازی	پرامانیک و همکاران [۱۸]
روش D-SVIKOR	فی و همکاران [۲۰]
روش ترکیبی AHP و TOPSIS خاکستری	ثابت مطلق و همکاران [۲۶]
روش AHP، QFD	سپهوند [۲۵]
Fuzzy QFD	محرر و همکاران [۲۲]
روش تلفیقی DEA و ANP و الگوریتم ابتکاری	مصدق خواه و همکاران [۲۳]
سیستم استنتاج فازی و روش AHP	کدخدازه و مروتی شریف آبادی [۲۴]
ANP فازی	محمدنژاد چاری و صفائی قادیکلایی [۲۷] پورسینگ و همکاران [۲۱]
رویکرد ترکیبی DEMATEL - TOPSIS	عباس‌زاده توسلی و همکاران [۲۹]
رویکرد ترکیبی ANP-DEMATEL-VIKOR فازی	تحقیق حاضر

مبانی نظری تحقیق

هدف از انتخاب، شناسایی تأمین‌کنندگانی با بالاترین پتانسیل برای رفع نیازهای شرکت به‌طور سازگار و با هزینه قابل قبول می‌باشد. انتخاب بهترین گزینه‌ها در هر یک از تصمیم‌گیری‌های زنجیره‌تأمین نیاز به تجزیه و تحلیل عوامل زیادی دارد که در نتیجه سازمان‌ها را با یک مسأله تصمیم‌گیری چند معیاره^۸ روبه‌رو می‌سازد. مراحل ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان را با توجه به مطالعات انجام‌شده می‌توان به دو زیر گروه تعیین معیارها و شاخص‌ها و روش‌های ارزیابی عملکرد برای گزینش تقسیم‌بندی کرد [۳۸].

۳-۱- تعیین معیارها و شاخص‌های عملکرد

در موضوع انتخاب تأمین‌کننده برتر، گام اول، تهیه فهرستی کامل و جامع از معیارهای مرتبط با انتخاب گزینه‌ها است که به یقین، تعیین این معیارها، یکی از مهم‌ترین مراحل طراحی مدل است، چرا که اگر در این مرحله دقت لازم به‌کارگرفته نشود، معیارها به‌طور صحیح و همه‌جانبه انتخاب نشده و در نتیجه مدل نهایی قابلیت ارزیابی دقیقی نداشته و نتایج درستی را ارائه نخواهد داد.

شناسایی معیارها برای انتخاب و اندازه‌گیری کارایی تأمین‌کنندگان از دهه ۱۹۶۰ به بعد مورد توجه بسیاری از مراکز دانشگاهی و صنعتی بوده است. به‌طوری‌که مطالعات متعددی در خصوص طراحی و تعیین شاخص‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان صورت پذیرفته است. فرض اصلی این مطالعات این است که بسیاری از سازمان‌ها زمان زیادی را صرف ارزیابی اعضای زنجیره‌تأمین خود می‌کنند. در مقالات مرتبط با موضوع ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده که تاکنون ارائه‌گردیده‌اند، براساس تجارب خریداران، معیارهای مختلف و متنوعی، شناسایی شده‌اند. اولین تحقیق در این باره را دیکسون در سال ۱۹۶۲م انجام داد. وی ۲۳ معیار برای ارزیابی تأمین‌کنندگان ارائه داد. با توجه به معیارهای دیکسون برای انتخاب تأمین‌کننده، کیفیت تنها معیار بسیارمهم با میانگین ۳٫۵ می‌باشد. معیارهای موعده تحویل، سابقه تاریخی عملکرد، سیاست‌های گارانتی و خسارت‌دهی، تأسیسات و ظرفیت تولید، قیمت، توان فنی و وضعیت مالی شرکت با میانگین ۲٫۵ تا ۳٫۵ به‌عنوان معیارهایی با درجه‌ی اهمیت قابل توجه شناسایی شدند. از ۱۵ معیار باقی‌مانده، ۱۴ معیار به‌عنوان معیارهایی با درجه‌ی اهمیت متوسط، با

میانگین ۵٫۵ تا ۲٫۵، و معیار ارتباط دوطرفه به‌عنوان معیار کم اهمیت شناخته شد [۳۶].

از سال ۱۹۹۴، معیارهای جدیدی در مقالات مربوط به انتخاب تأمین‌کننده ارائه شده‌اند که برخی از آن‌ها توسعه معیارهای اولیه دیکسون هستند و برخی دیگر با توسعه فلسفه مدیریت به‌وجود آمده‌اند. وبر و همکاران، ۷۴ مقاله را که در طول سال‌های ۱۹۶۶ تا ۱۹۹۱ منتشر شده بودند و معیارهای گزینش تأمین‌کننده در محیط تولید و فروش را مورد بررسی قرار داده بودند، مطالعه کردند. آن‌ها دیدگاه جامعی را درباره معیارهایی که باید در تصمیم‌های گزینش تأمین‌کننده مورد توجه قرار گیرند، تهیه کردند. آن‌ها همچنین نشان دادند که کیفیت، تحویل و قیمت خالص بسیار مورد توجه هستند و تسهیلات و تأسیسات تولید، موقعیت جغرافیایی، وضعیت مالی و ظرفیت از توجهی در حد متوسط برخوردارند [۳۷]. پژوهشی از سوی ورما و پولمن در میان ۱۳۹ مدیر به‌منظور مطالعه چگونگی بده بستان میان کیفیت، هزینه، تحویل به موقع، زمان منتهی به تحویل و خصیصه‌های انعطاف‌پذیری که مدیران به‌هنگام گزینش تأمین‌کننده اعمال می‌کنند صورت پذیرفت، آن‌ها نشان دادند که مدیران، کیفیت را مهم‌ترین خصیصه و متعاقب آن تحویل به موقع و هزینه را برای ارزیابی تأمین‌کننده در نظر می‌گیرند [۳۸]. ترسی بر روی معیارهای کیفیت، میزان اطمینان به تحویل و افزایش عملکرد محصول تأکید کرده و علاوه بر آن، برنامه بهبود مستمر و گروه‌های طراحی محصول را برای توسعه روابط با تأمین‌کنندگان مناسب دانسته است [۳۹]. بوتا و هوک چهار معیار را برای ارزیابی تأمین‌کنندگان مورد استفاده قرار می‌دهند؛ هزینه‌های ساخت و تولید، کیفیت، فناوری و خدمات [۴۰]. همچنین در سال ۲۰۱۰ هو و همکاران ۷۸ مقاله منتشر شده در این حوزه را مرور نموده و بیان نمودند که مشهورترین معیارهای انتخاب به ترتیب عبارتند از: کیفیت، تحویل، قیمت/ هزینه، ظرفیت تولید، سرویس، مدیریت، تکنولوژی، تحقیق و توسعه مالی، انعطاف‌پذیری، شهرت، روابط، ریسک، امنیت و معیارهای محیطی [۴۱].

۳-۲- روش‌های ارزیابی عملکرد

در مورد روش‌های ارزیابی عملکرد می‌توان به برخی از این روش‌ها اشاره کرد. مدل وزنی-خطی، این مدل سعی داشته

⁸ Multiple Attribute Decision Making (MADM)

تا با وزن‌دهی معیارها، روش طبقه‌بندی را بهبود بخشد و در نهایت با محاسبه امتیاز نهایی عملکرد، تأمین‌کنندگان را رتبه‌بندی کند. مدل‌های غیرجبرانی شامل روش‌هایی می‌شود که در آن‌ها بده‌بستان بین شاخص‌ها مجاز نیست؛ یعنی مثلاً نقطه ضعف موجود در یک شاخص به‌وسیله مزیت موجود از شاخص (شاخص‌های) دیگر جبران نمی‌شود [۳۲]. مدل‌های جبرانی، شامل روش‌هایی است که اجازه بده‌بستان در بین شاخص‌های آن‌ها مجاز است [۴۳]. روش فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی، با به‌کارگیری این روش مسأله ابتدا ساخت‌مند شده و سپس گزینه‌های مختلف براساس معیارهای مطرح با هم مقایسه شده و آن‌گاه اولویت انتخاب هر یک از آن‌ها مشخص می‌شود [۴۴]. مدل‌های آماری، این مدل‌ها به عدم اطمینان‌های احتمالی در انتخاب تأمین‌کنندگان برمی‌گردد. مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی، برای فرموله‌سازی مسأله‌گزینه‌ش تأمین‌کننده با توجه به تابع هدف که باید حداکثر (مانند سود) و یا حداقل (مانند هزینه) شود، بکار گرفته می‌شوند. مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی را می‌توان به چهار دسته عمده تفکیک کرد: ۱- تک هدفه (مانند برنامه‌ریزی عدد صحیح و برنامه‌ریزی خطی)؛ ۲- چند هدفه (مانند چند هدفه و برنامه‌ریزی آرمانی)؛ ۳- غیر خطی و ۴- پیوندی (ترکیبی از سه دسته قبلی). تحلیل پوششی داده‌ها، این روش مبتنی بر مفهوم کارایی است و تأمین‌کنندگان براساس معیارهای سود و هزینه ارزیابی می‌شوند [۴۵]. روش استدلال مبتنی برمورد، این روش براساس استفاده از پاسخ مسائل قبلی برای حل مسأله جدید شکل گرفته است و به‌عنوان روشی شناخته می‌شود که از نحوه رفتار انسان‌ها در برخورد با مسائل جدید الگوبرداری کرده است [۴۶]. شبکه‌های عصبی، سیستم‌های دینامیکی هستند که با پردازش روی داده‌های تجربی، دانش یا قانون نهفته در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کنند [۴۷]. منطق فازی، با استفاده از این منطق می‌توان مشکلات مبهم و غیر دقیق بودن داده‌های واقعی مسأله و قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان را برطرف کرد [۴۸]. روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بسیاری تاکنون توسعه یافته‌اند، اما مشکل اساسی که بر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره وارد است، عدم در نظر گرفتن روابط بین ملاک‌ها و بازخوردهای بین عناصر موجود در یک فرآیند تصمیم‌گیری برای انتخاب تأمین‌کننده، می‌باشد. در این تحقیق جهت رفع این مشکل از رویکرد ترکیبی DEMATEL

روش پیشنهادی

به‌منظور تبیین روش پیشنهادی، ابتدا هر یک از روش‌ها به‌طور مختصر شرح داده می‌شود و در ادامه گام‌های روش پیشنهادی تشریح می‌گردد.

۴-۱- روش ANP

توماس ساعتی در سال ۱۹۹۶ روشی را برای تصمیم‌گیری چندمعیاره ارائه کرده‌است که این روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای نامیده شد. این روش برای پرکردن خلاء عدم ایجاد ارتباطات بین عناصر و معیارها در مدل سلسله‌مراتبی به‌وجود آمد و اساس آن شکل‌دهی یک شبکه‌ای از ارتباطات، وابستگی‌ها و پیوندهای بین عناصر و خوشه‌ها است. در واقع می‌توان گفت ANP تصمیم‌یافته روش AHP می‌باشد. شکل (۱) تفاوت بین یک شبکه تصمیم‌گیری و یک سلسله‌مراتب تصمیم را نشان می‌دهد [۴۹]. روش ANP به‌منظور رتبه‌بندی ترجیحات، از ماتریس مقایسات زوجی استفاده می‌کند که داده‌های ورودی آن اعداد قطعی بوده و در مواردی که داده‌های ورودی با ابهام روبرو هستند نمی‌توان از این ماتریس جهت حصول نتایج مطلوب استفاده نمود. لئونگ و چاوو معتقدند از جمله دلایل دقت پایین بودن این نوع کسب نظرات از افراد آن‌است که از فرد خواسته می‌شود براساس درک خود از پدیده‌ها، نسبتی دقیق به مقایسات زوجی آن‌ها اختصاص دهد و این درحالی‌است که درک فرد از پدیده در قالب عددی قطعی قابل‌بیان نیست بلکه بازه‌ای از اعداد می‌تواند بهتر از عدد قطعی منعکس کننده درک فرد از اهمیت یک پدیده در قیاس با پدیده‌های دیگر باشد [۵۰]. بنابراین ANP فازی قادر است بهتر از ANP معمولی روند تصمیم‌گیری در ذهن انسان را شبیه‌سازی کند. تفاوت روش ANP در حالت فازی با روش ANP معمولی در استخراج اوزان اهمیت از ماتریس مقایسات زوجی می‌باشد و سایر مراحل آن با روش ANP معمولی یکسان است.

۴-۲- روش DEMATEL

تکنیک دیمتل توسط Fonetla و Gabus در سال ۱۹۷۱

موجه‌ترین و نزدیک‌ترین راه‌حل به نقطه ایده‌آل است (راه حل سازشی به معنی ایجاد امتیازهای متقابل است) [۵۳]. در سال ۲۰۰۵ رویکرد VIKOR فازی برای نخستین بار از سوی ونگ و همکاران معرفی شد. VIKOR فازی فرآیندی نظاممند و منطقی برای دستیابی به بهترین راه‌حل است که برای حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۵۴].

در این روش، گزینه‌ها به صورت A_1, A_2, \dots, A_m نمایش داده می‌شوند. برای گزینه A_i ، رتبه‌بندی i امین معیار توسط f_{ij} نمایش داده می‌شود، یعنی f_{ij} بیانگر ارزش معیار j ام برای گزینه i ام است، به طوری که n تعداد معیارها و j تعداد گزینه‌ها را نشان می‌دهد. توسعه روش VIKOR به صورت L_p -metric براساس رابطه ۱ مطرح شده است.

$$L_{p,i} = \left\{ \sum_{j=1}^n [w_j * (f_j^* - f_{ij}) / (f_j^* - f_j^-)]^p \right\}^{1/p} \quad (1)$$

بطوری که $i=1,2,\dots,m$ و $1 \leq p \leq \infty$ می‌باشد. در روش

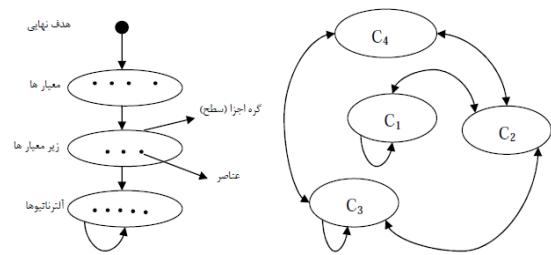
$$L_{1,i} = S_i = \sum_{j=1}^n w_j * \frac{(f_j^* - f_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)}, \text{VIKOR}$$

مورد استفاده قرار می‌گیرند. $L_{1,i}$ به عنوان ثابت^۹ تعریف می‌شود و می‌تواند برای تصمیم‌گیرندگان اطلاعاتی پیرامون ماکزیمم مطلوبیت گروهی یا اکثریت را فراهم آورد. به طور مشابه $L_{\infty,i}$ نیز به عنوان عدم ثابت^{۱۰} تفسیر شده و اطلاعاتی پیرامون حداقل اثر فرد مخالف را برای تصمیم‌گیرندگان فراهم می‌آورد [۵۳].

۴-۴- رویکرد فازی

منطق فازی اولین بار در سال ۱۹۶۵ میلادی توسط پروفیسور لطفی‌زاده در مقاله‌ای تحت عنوان (مجموعه‌های فازی) در مجله اطلاعات و کنترل، عرضه شد. او در این مقاله چیزی را که برتراندراسل، جان لوکاسیه ویچ، ماکس بلک و دیگران آن را ابهام یا چند ارزشی نامیده بودند، فازی نامید [۵۵]. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم هستند؛ چنانچه در عالم واقع اکثراً چنین است، صورت‌بندی ریاضی ببخشد و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد [۵۶]. برای ارائه روش پیشنهادی، لازم است که در ابتدا برخی از تعاریف و نمادهای مهم نظریه

ارائه‌شد. تکنیک دیمتل یکی از انواع روش‌های تصمیم‌گیری براساس مقایسه‌های زوجی است که بابه‌رهمندی از قضاوت خبرگان در استخراج عوامل یک سیستم و ساختاردهی نظام‌مند به آن‌ها، شدت اثر روابط را به صورت امتیاز عددی معین می‌کند [۵۱]. روش دیمتل، که براساس تئوری گراف توسعه داده شده است، تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد تا مسأله را به صورت گرافیکی، به صورتی برنامه‌ریزی و حل نماید که عوامل مرتبط براساس گروه‌های علت و معلولی، به منظور درک بهتر روابط علی دسته‌بندی شوند [۵۲].



شکل ۱- تفاوت بین شبکه و سلسله مراتب تصمیم‌گیری

شکل ۱- تفاوت بین شبکه و سلسله مراتب تصمیم‌گیری مهم‌ترین دلیل استفاده از این روش در تصمیم‌گیری چند-معیاره، توانمندی آن در ساخت‌دهی به روابط داخلی بین معیارها است. با توجه به اینکه برای استفاده از روش DEMATEL به نظرات کارشناسان نیاز است و این نظرات در بردارنده عبارات کلامی مبهم و دوپهلوی است، به منظور یکپارچه‌سازی و رفع ابهام آن‌ها بهتر است این عبارات به اعداد فازی تبدیل شوند. روش دیمتل فازی با استفاده از متغیرهای زبانی فازی، تصمیم‌گیری را در شرایط عدم اطمینان محیطی آسان می‌کند.

۴-۳- روش VIKOR

روش VIKOR به عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای حل مسائل تصمیم‌گیری گسسته با معیارهای نامتناسب و متعارض توسط اپروکوویچ و اپروکوویچ وژنگ توسعه یافته است. کلمه VIKOR برگرفته از عبارت صربستانی Viskriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje به معنی "بهینه‌سازی چند-معیاره وحل سازشی" است. این روش بر روی رتبه‌بندی و انتخاب از میان مجموعه‌ای از گزینه‌ها متمرکز است و راه-حل سازشی را برای یک مسأله با توجه به شاخص‌های متضاد ارائه می‌دهد که می‌تواند تصمیم‌گیرنده را در دستیابی به راه حل نهایی یاری نماید. راه حل سازشی،

¹⁰ Discordance

⁹ Concordance

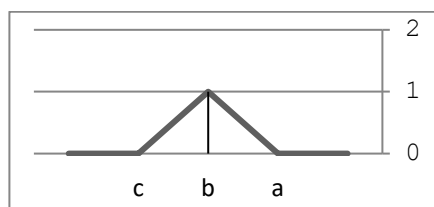
$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{if } a \leq x \leq b \\ \frac{x-c}{b-c} & \text{if } b \leq x \leq c \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (۳)$$

۴-۱-۲- عدد فازی دوزنقه‌ای^{۱۳}

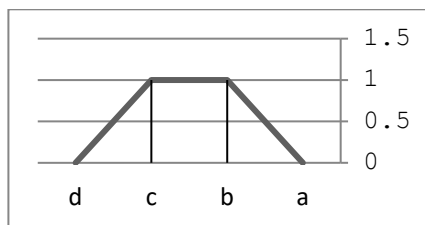
تابع عضویت اعداد فازی دوزنقه‌ای در رده‌ی توابع خطی قرار می‌گیرد و با رابطه ۴ نشان داده می‌شود. شکل (۳) نمودار اعداد فازی دوزنقه‌ای را در بازه (a,b) نشان می‌دهد.

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{if } a \leq x < b \\ 1 & \text{if } b \leq x \leq c \\ \frac{x-d}{c-d} & \text{if } c < x \leq d \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (۴)$$

اعداد فازی دوزنقه‌ای را معمولاً به صورت $\text{trapmf } \tilde{A} = [a, b, c, d]$ و $\tilde{A} = (a, b, c, d)_{\text{trap}}$ نشان می‌دهند.



شکل ۲- نمودار عدد فازی مثلثی $\tilde{A} = (a, b, c)_{\text{TFN}}$



شکل ۳- نمودار عدد فازی دوزنقه‌ای $\tilde{A} = (a, b, c)_{\text{trap}}$

۴-۴-۲- غیرفازی سازی

گاهی نیز به دلیل متغیرهای زیاد و محاسبات گسترده‌ی اعداد فازی، ناچار می‌شویم اعداد فازی را به اعداد قطعی تبدیل کنیم. به این عمل دی‌فازی کردن گفته می‌شود. روش‌های مختلفی برای غیرفازی سازی وجود دارد که متداول‌ترین آن‌ها عبارتند از: روش میانگین وزنی، روش مرکز ثقل، روش میانگین سطح، روش ماکزیمم، روش میانگین ماکزیمم و روش a برش. از بین روش‌های ذکر شده، روش دی‌فازی مرکز ثقل در این مقاله مورد استفاده

مجموعه‌های فازی مرور شوند.

۴-۴-۱- اعداد فازی^{۱۱}

عباراتی مانند حدوداً ۱۰,۲۵ یا نزدیک به ۷ را نمی‌توان به-سادگی و با استفاده از تعریف معمولی مدل سازی کرد. برای مدل کردن این عبارات از اعداد فازی استفاده می‌شود به-گونه‌ای که عبارتی مانند تقریباً ۳ با استفاده از مفهوم فازی بدین معناست که اعداد پیرامون مقدار مرکزی ۳ با درجه عضویت کمتری نسبت به این مقدار به آن تعلق دارند. به-طور کلی اعداد فازی دسته‌ای از مجموعه‌های فازی هستند که دارای ویژگی‌های زیر باشند.

۱- محدب باشند: مجموعه فازی \tilde{A} محدب است، اگر در رابطه ۲ صدق کند.

$$\forall x, \forall y \in R, \quad \text{if } x < z < y \\ \mu_{\tilde{A}}(z) \leq \min[\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{A}}(y)] \quad (۲)$$

۲- نرمال باشند: مجموعه فازی \tilde{A} را نرمال گویند اگر و فقط اگر ارتفاع \tilde{A} برابر ۱ باشد در غیر این صورت مجموعه فازی را زیر-نرمال گویند.

۳- تابع عضویت آن‌ها بطور قطعه‌ای پیوسته باشد و روی اعداد حقیقی تعریف شوند.

۴- تک‌نمایی باشند. این ویژگی بیان می‌کند که تنها و تنها در یک نقطه مقدار عضویت به ۱ می‌رسد.

گونه‌های مختلفی از اعداد فازی وجود دارد که دو مورد از کاربردی‌ترین این اعداد که در این مقاله مورد استفاده قرار خواهد گرفت، عدد فازی مثلثی و عدد فازی دوزنقه‌ای است؛ که در ادامه به توضیح و معرفی این روش‌ها می‌پردازیم.

۴-۴-۱-۱- عدد فازی مثلثی^{۱۲}

عدد فازی مثلثی عمدتاً به دلیل خطی بودن و سادگی محاسبات با آن، برای حل مسائل مهندسی همواره مورد توجه بوده‌است. یک عدد فازی مثلثی به صورت $\tilde{M} = (a, b, c)$ نشان داده شده و با رابطه ۳ نشان داده می-شود. اعداد فازی مثلثی را معمولاً به صورت $\tilde{A} = (a, b, c)_{\text{TFN}}$, $\text{trimf } \tilde{A} = [a, b, c]$ نشان می-دهند. شکل (۲) نمودار اعداد فازی مثلثی را در بازه (a,b) نشان می‌دهد که در آن a کران پایین، b مقدار میانه و c کران بالای عدد فازی است.

¹¹ Fuzzy numbers

¹² Triangular fuzzy number

روش‌ها در محاسبه وزن‌های فازی، روش میانگین هندسی است که در ذیل مراحل بدست آوردن اوزان به وسیله این روش شرح داده شده‌است. در این تحقیق به منظور محاسبه اوزان، شش متغیر زبانی به شرح جدول ۲ تعریف شده است.

جدول ۲- طیف اعداد فازی و متغیر زبانی جهت تعیین اوزان

متغیر زبانی	کاملاً مهم تر	خیلی مهم تر	مهم تر
مقیاس فازی مثلثی (l,m,u)	(۷,۹,۹)	(۵,۷,۹)	(۳,۵,۷)
متغیر زبانی	کمی مهم‌تر	ترجیح	دقیقاً یکسان
مقیاس فازی مثلثی (l,m,u)	(۱,۳,۵)	(۱,۱,۳)	(۱,۱,۱)

مراحل محاسبه اوزان به روش میانگین هندسی:

- ۱- در این روش ماتریس مقایسات زوجی به صورت اعداد فازی دوزنقه‌ای $D=(a,b,c,d)$ استفاده می‌گردد.
- ۲- وزن‌های W_i (میانگین هندسی هر ردیف ماتریس مقایسات زوجی) طبق رابطه ۶ محاسبه می‌شود.

$$Z_i = \left\{ \prod_{j=1}^n a_{ij} \right\}^{1/n}, a_i = \left\{ \prod_{j=1}^n a_{ij} \right\}^{1/n} \quad (6)$$

$$b_i = \left\{ \prod_{j=1}^n b_{ij} \right\}^{1/n}, c_i = \left\{ \prod_{j=1}^n c_{ij} \right\}^{1/n}, d_i = \left\{ \prod_{j=1}^n d_{ij} \right\}^{1/n}$$

$$a = \sum_{i=1}^m a_i, b = \sum_{i=1}^m b_i, c = \sum_{i=1}^m c_i, d = \sum_{i=1}^m d_i$$

۳- اوزان فازی W_i به صورت رابطه ۷ می‌باشد.

$$W_i = \left(\frac{a_i}{d}, \frac{b_i}{c}, \frac{c_i}{b}, \frac{d_i}{a} \right); \forall i \quad (7)$$

وزن‌های بدست‌آمده در این مرحله فازی بوده و جهت قرار گرفتن در سوپر ماتریس و محاسبه نرخ ناسازگاری لازم است دی‌فاز شوند. به منظور کنترل نتیجه مقایسه‌ها، نرخ ناسازگاری برای هر ماتریس محاسبه شده تا میزان سازگاری مقایسه‌های زوجی تخمین زده شود. جهت محاسبه نرخ ناسازگاری، ابتدا وزن‌های فازی را قطعی کرده و سپس طبق فرمول $AW = Q\lambda_{max}$ مقدار متوسط λ را محاسبه کرده و در نهایت نرخ ناسازگاری از طریق روابط ۸ و ۹ محاسبه می‌شود. به توصیف آقای چنان‌چه $C.R \geq 0.1$ باشد، ثبات ماتریس مفروض پذیرفته می‌شود و چنان‌چه این نسبت بزرگتر از ۰,۱ باشد باید از تصمیم‌گیرنده خواسته شود که در قضاوت‌های مقایسه‌ای خود در جهت سازگاری بیش‌تر تجدیدنظر نماید. در این روابط n تعداد معیارها و $R.I$ شاخص تصادفی می‌باشد

قرار خواهد گرفت که در ذیل نحوه محاسبه آن آورده شده است.

۴-۲-۱- روش مرکز ثقل

در این روش مرکز ناحیه‌ای که به وسیله نمودار عدد فازی مورد نظر پوشانده شده‌است، محاسبه می‌شود. اگر A یک عدد فازی و $\mu_A(x)$ تابع عضویت آن باشد، آن‌گاه غیرفازی شده A با استفاده از روش مرکز ثقل توسط رابطه‌ی ۵ بدست می‌آید. در این رابطه، بازه‌ی $[a, b]$ در برگیرنده تکیه‌گاه A است [۵۷].

$$X^* = \frac{\int_a^b x \mu_A(x) dx}{\int_a^b \mu_A(x) dx} \quad (5)$$

۴-۵- گام‌های روش پیشنهادی

در ادامه مراحل روش ANP فازی و DEMATEL فازی و VIKOR فازی متناسب با ساختار پژوهش در حالت ترکیبی توضیح داده می‌شود. شمای کلی روش پیشنهادی در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل ۴- شمای کلی روش پیشنهادی

گام ۱: پایه‌ریزی مدل و ساخت شبکه: در این مرحله، هدف تصمیم‌گیری، شاخص‌های تصمیم‌گیری و گزینه‌های ممکن را مشخص می‌نماییم. و سپس موضوع مورد نظر به ساختار شبکه‌ای که در آن گروه‌ها به‌عنوان خوشه‌ها مطرح هستند، تبدیل می‌شود.

گام ۲: تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و محاسبه اوزان در سطوح معیارها و زیر معیارها: در این مرحله عناصر زوج‌های تصمیم‌گیری در هر دسته با توجه به اهمیت آن‌ها، توسط تصمیم‌گیرنده با هم مقایسه می‌شوند. روش تخمین وزن‌ها در حالت فازی با حالت قطعی متفاوت می‌باشد. یکی از این

$$T_L = X_L(I - X_L)^{-1} = \begin{pmatrix} 0 & I_{12} & I_{13} \\ I_{21} & 0 & I_{23} \\ I_{31} & I_{32} & 0 \end{pmatrix} \quad (12)$$

$$T_m = \begin{pmatrix} 0 & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & 0 & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & 0 \end{pmatrix}, T_u = \begin{pmatrix} 0 & u_{12} & u_{13} \\ u_{21} & 0 & u_{23} \\ u_{31} & u_{32} & 0 \end{pmatrix}$$

براساس ماتریس‌های جزئی قطعی محاسبه شده در مرحله ۴، ماتریس ارتباط کل (T) با استفاده از رابطه ۱۳ محاسبه می‌شود. (I ماتریس همانی)

$$T = X(I - X)^{-1} = \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} \end{pmatrix}, \quad t_{ij} = (I_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \quad (13)$$

۵- محاسبه ماتریس روابط داخلی: در این مرحله بعد از دی‌فازی سازی ماتریس روابط کل با روش دی‌فازی سازی مرکز ثقل، ماتریس قطعی حاصل شده را باید نرمال نمود. به طوری که مجموع عناصر هر ستون برابر یک شود. ماتریس خروجی روش DEMATEL ماتریس ارتباط داخلی نامیده می‌شود که به عنوان بخشی از سوپر ماتریس روش ANP می‌باشد.

گام ۴: تشکیل سوپر ماتریس و محاسبه اوزان: بعد از محاسبه ماتریس ارتباط داخلی و بردارهای اولویت، به تشکیل سوپر ماتریس اقدام می‌شود. سوپر ماتریس، یک ماتریس بخش بندی شده است که هر زیر ماتریس از مجموعه روابطی که بین دو خوشه در مدل گرافیکی وجود دارد، تشکیل شده است. با وارد کردن اولویت‌های بدست آمده از ANP فازی و ماتریس روابط داخلی حاصل از DEMATEL فازی در ستون‌های مناسب، سوپر ماتریس اولیه (بدون وزن) تشکیل می‌شود. برای حل سوپر ماتریس، ابتدا هر ستون را با تقسیم بر مجموع اعضای ستون نرمال سازی می‌کنیم. مرحله نهایی در این گام، بدست آوردن درجه اهمیت هر یک از عناصر مورد نظر است. در این مرحله سوپر ماتریس وزنی به توانی می‌رسد تا همگرا گردد؛ یعنی تمام عناصر موجود در یک سطر مشابه شوند و اثر کلی هر عنصر نیز بر دیگر عناصر که با آن اثر متقابل دارد، حاصل آید.

گام ۵: رتبه بندی و بهبود گزینه‌ها با استفاده از روش vikor فازی: بعد از محاسبه اوزان معیارها با استفاده از روش ترکیبی ANP & DEMATEL فازی، جهت انتخاب و ارزیابی بهترین تأمین کننده، از روش vikor فازی استفاده

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (8)$$

$$C.R = \frac{C.I}{R.I} \quad (9)$$

گام ۳: محاسبه روابط داخلی بین معیارها و زیر معیارها با استفاده از تکنیک DEMATEL فازی: همان طور که ذکر شد، درجه اهمیت هر عنصر تحت کنترل عنصر دیگر با استفاده از روش ANP فازی اندازه گیری شد. حال برای سهولت در کار و کاهش تعداد مقایسه‌های زوجی مورد نیاز، ارتباطات داخلی عناصر با استفاده از روش DEMATEL سنجش می‌شود. بنابراین مراحل تکنیک دیمتل فازی عبارتند از:

۱- طراحی معیارهای زبانی فازی: در این مرحله نیاز است معیارهای زبانی فازی مشخص شوند. بنابراین طیف اعداد فازی و متغیرهای زبانی جهت محاسبه ارتباطات داخلی به شرح جدول (۳) است.

جدول ۳- طیف اعداد فازی و متغیرهای زبانی جهت تعیین

ارتباطات داخل

متغیر زبانی	تأثیر بسیار بالا	تأثیر بالا	تأثیر کم
مقیاس فازی مثلثی (l,m,u)	(۳,۳,۴)	(۲,۳,۴)	(۱,۲,۳)
متغیر زبانی	تأثیر بسیار کم	بدون تأثیر	
مقیاس فازی مثلثی (l,m,u)	(۰,۱,۲)	(۰,۰,۱)	

۲- تشکیل ماتریس رابطه مستقیم فازی (A): تصمیم گیرنده مقایسه زوجی را براساس اثر و جهت بین متغیرها تعیین می‌کند. درایه‌های ماتریس شماره ۱۰ ماتریس رابطه مستقیم نامیده می‌شود. بر مبنای تأثیر معیار i بر j شکل خواهد گرفت.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

۳- در این مرحله ماتریس رابطه مستقیم به دست آمده باید نرمال شود. که به منظور نرمال کردن ماتریس رابطه مستقیم از رابطه ۱۱ استفاده می‌شود.

$$M = \frac{1}{\max_{1 < i < n} \sum_{j=1}^n u_{ij}}, \quad a_{ij} = (I_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \quad (11)$$

$$S = M^*$$

۴- بعد از محاسبه ماتریس نرمالایز شده، ماتریس روابط کل با استفاده از رابطه ۱۲ قابل محاسبه است.

می‌شود. مراحل روش ویکورفازی، در یک مسأله تصمیم-گیری چندمعیاره، با n معیار و m آلترناتیو به شرح ذیل است:

۱- تشکیل ماتریس تصمیم: با توجه به ارزیابی همه آلترناتیوها برای معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم به شکل ماتریس ۱۴ تشکیل می‌شود.

$$X = \begin{matrix} A_1 & \begin{bmatrix} X_{11} & \cdots & X_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{m1} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (14)$$

در این ماتریس، A_i نشان‌دهنده‌ی گزینه A_m ، C_j نشان-دهنده شاخص j ام و X_{ij} نشان‌دهنده‌ی ارزش گزینه‌ی A_i با توجه به شاخص C_j است. طیف اعداد فازی و متناظر متغیر کلامی، مورد استفاده در مثال عددی بیان شده، جهت رتبه-بندی گزینه‌ها به شرح جدول ۴ است.

جدول ۴- طیف اعداد فازی و متناظر متغیر کلامی

متغیر زبانی	خیلی خوب	خوب	نسبتاً خوب	قابل قبول
عدد فازی مثلثی	(۹ ۱۰ ۱۰)	(۷ ۹ ۱۰)	(۵ ۷ ۹)	(۳ ۵ ۷)
متغیر زبانی	نسبتاً ضعیف	ضعیف	خیلی ضعیف	
عدد فازی مثلثی	(۱ ۳ ۵)	(۰ ۱ ۳)	(۰ ۰ ۱)	

۲- در این مرحله با توجه به ضریب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری، با استفاده از روش‌هایی مانند آنترویی یا AHP و غیره بردار وزن به صورت رابطه ۱۵ تعریف می‌شود. در این مدل ضریب اهمیت معیارها با استفاده از روش ترکیبی ANP&DEMATEL فازی محاسبه می‌شود.

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n] \quad (15)$$

۳- استفاده از یک روش فازی‌زدایی برای تبدیل اعداد فازی به اعداد قطعی: درایه‌های ماتریس مرحله ۱ به اعداد غیر-فازی تبدیل می‌شوند. جهت فازی‌زدایی در مثال عددی بیان شده در این پژوهش از روش فازی‌زدایی مرکز ثقل استفاده شده است.

۴- تعیین نقطه ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی: در این مرحله بهترین و بدترین مقدار هر یک از گزینه‌ها را در هر معیار تعیین کرده و به ترتیب f_j^* و f_j^- می‌نامیم.

$$X = \begin{matrix} \begin{bmatrix} X_{11} & \cdots & X_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{m1} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix} \\ f_j^- = \min f_i, f_j^* = \max f_{ij} \\ i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,3,\dots,n \end{matrix} \quad (16)$$

اگر تمامی f_j^* را به هم پیوند بزنیم یک ترکیب بهینه با بیش-ترین امتیاز خواهد داد (نقطه ایده‌آل مثبت) و در مورد f_j^- نیز بدترین امتیاز (نقطه ایده‌آل منفی).

۵- محاسبه مقدار سودمندی (S) و مقدار تأسّف (R) برای هر گزینه با استفاده از روابط ۱۷ و ۱۸.

$$L_{1,i} = S_i = \sum_{j=1}^n w_j * \frac{(f_j^* - f_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)} \quad (17)$$

$$L_{\infty,i} = R_i = \max \left\{ w_j * \frac{(f_j^* - f_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)} \right\} \quad (18)$$

که S_i بیانگر فاصله نسبی گزینه A_m از راه حل ایده‌آل مثبت (بهترین ترکیب) و R_i بیانگر حداکثر ناراحتی گزینه A_m از دوری راه حل ایده‌آل مثبت می‌باشد.

۶- محاسبه شاخص ویکور (Q) برای هر گزینه: برای هر گزینه شاخص ویکور توسط رابطه ۱۹ محاسبه می‌شود. $V \in [0,1]$ ، وزن برای استراتژی ماکسیم مطلوبیت گروهی است.

$$Q_i = v \left[\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} \right] + (1-v) \left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*} \right] \quad (19)$$

$$S^* = \max S_i \quad S^- = \min S_i \\ R^- = \max R_i \quad R^* = \min R_i$$

۷- مرتب کردن گزینه‌ها بر اساس مقادیر Q ، R و S :

- آلترناتیوها بر اساس مقادیر R ، Q و به صورت صعودی مرتب می‌شوند.
- آلترناتیو a' به عنوان یک حل توافقی به گونه‌ای که با توجه به مقدار Q و با در نظر گرفتن دو شرط زیر، به عنوان بهترین، رتبه‌بندی شده است پیشنهاد می‌شود.

شرط اول) مزیت قابل قبول

$$Q(a'') - Q(a') \geq \frac{1}{i-1} \quad i: \text{number of alternatives} \quad (20)$$

" a " آلترناتیو با موقعیت دوم در لیست رتبه‌بندی Q

شرط دوم) ثبات قابل قبول در تصمیم‌گیری: آلترناتیو a' باید دارای بالاترین رتبه در لیست رتبه‌بندی S یا R یا هر دو باشد. اگر یکی از دو شرط برقرار نشود، مجموعه‌ای از راه حل‌های توافقی پیشنهاد می‌گردد:

الف) آلترناتیوهای a', a'' ، اگر فقط شرط دوم برقرار نباشد.

ب) آلترناتیوهای a', a'', \dots, a^m ، اگر شرط اول برقرار

نباشد، a_m به کمک رابطه ۲۱ برای بیشترین مقدار m

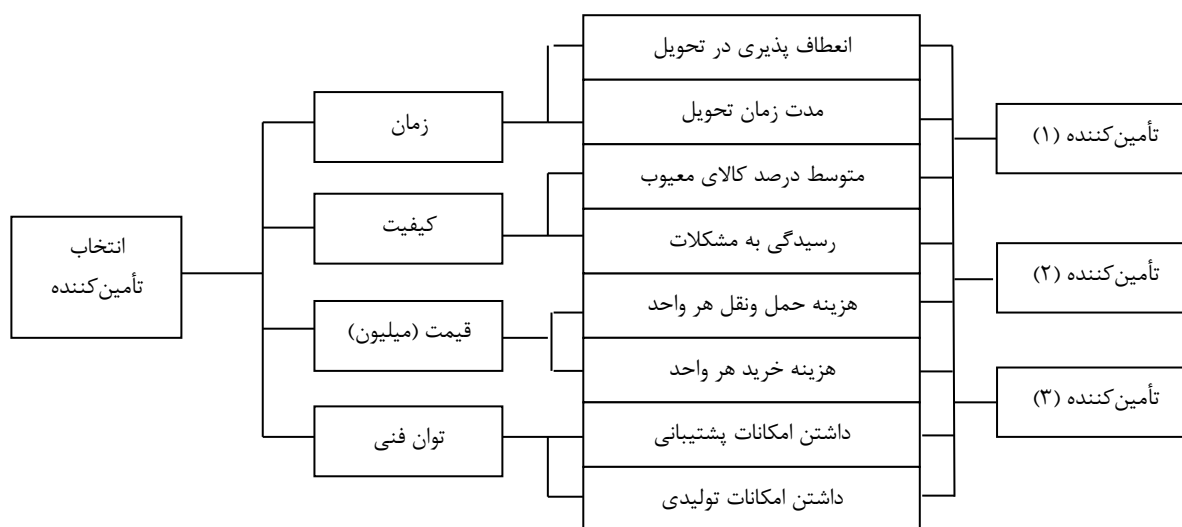
تعیین می شود:

$$Q(a^m) - Q(a') < \frac{1}{i-1} \tag{21}$$

مثال عددی

به منظور تشریح مدل ارائه شده مثال عددی زیر ارائه می شود. بسته به نوع کسب و کار، طیف متنوعی از معیارها برای ارزیابی تأمین کنندگان به کار می رود. از آنجائیکه این تحقیق برای مورد عملی خاصی در نظر گرفته نشده است، معیارها و زیرمعیارهای انتخاب شده در شکل با توجه به اهمیت آنها در مرور ادبیات در نظر گرفته شده اند. با توجه به نظرات تصمیم گیرنده می خواهیم سه تأمین کننده را با استفاده از روش پیشنهادی (Vikor&Dematel&Anp فازی) نسبت

به چهار معیار ذکر شده رتبه بندی نماییم.
گام ۱: پایه ریزی مدل و ساخت شبکه: ساختار شبکه ای تصمیم جهت انتخاب بهترین تأمین کننده مطابق شکل (۵) ترسیم می شود.
گام ۲: تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و محاسبه اوزان در سطوح معیارها و زیرمعیارها: در این گام ابتدا جداول مقایسات زوجی توسط تصمیم گیرنده مطابق جداول ۵ تا ۹ تشکیل شده است. و سپس اوزان هر یک از زیرمعیارها در حالت فازی و قطعی (دی فازی شده با استفاده از روش مرکز ثقل) با توجه به مراحل ذکر شده مطابق جدول ۱۰ محاسبه شده است.



شکل ۵- شبکه تصمیم گیری (مثال)

جدول ۸- ماتریس مقایسه زوجی معیار قیمت

معیار (قیمت)	هزینه حمل و نقل هر واحد	هزینه خرید هر واحد
هزینه حمل و نقل هر واحد	(۱ ۱ ۱ ۱)	(۱/۵ ۱/۷ ۱/۷ ۱/۹)
هزینه خرید هر واحد	(۵ ۷ ۷ ۹)	(۱ ۱ ۱ ۱)

جدول ۶- ماتریس مقایسه زوجی معیار زمان تحویل

معیار (زمان تحویل)	انعطاف پذیری در تحویل	مدت زمان تحویل
انعطاف پذیری در تحویل	(۱ ۱ ۱ ۱)	(۳ ۵ ۵ ۷)
مدت زمان تحویل	(۱/۷ ۱/۵ ۱/۵ ۱/۳)	(۱ ۱ ۱ ۱)

جدول ۹- ماتریس مقایسه زوجی معیار توان فنی

معیار (توان فنی)	داشتن امکانات پشتیبانی	داشتن امکانات تولیدی
داشتن امکانات پشتیبانی	(۱ ۱ ۱ ۱)	(۱/۷ ۱/۵ ۱/۵ ۱/۳)
داشتن امکانات تولیدی	(۳ ۵ ۵ ۷)	(۱ ۱ ۱ ۱)

جدول ۷- ماتریس مقایسه زوجی معیار کیفیت محصول

معیار (کیفیت محصول)	متوسط درصد کالای معیوب	رسیدگی به مشکلات
متوسط درصد کالای معیوب	(۱ ۱ ۱ ۱)	(۵ ۷ ۷ ۹)
رسیدگی به مشکلات	(۱/۵ ۱/۷ ۱/۷ ۱/۹)	(۱ ۱ ۱ ۱)

جدول ۱۰- اوزان فازی و قطعی معیارها

i	معیار	وزن در حالت فازی	وزن در حالت قطعی
۱	زمان تحویل	(۰,۳۸۸۷ ۰,۲۲۸۵ ۰,۱۱۵۶)	۰,۲۴۴۵
۲	کیفیت محصول	(۱,۰۷۲۱ ۰,۵۸۴۲ ۰,۲۹۳۸)	۰,۶۵۰۲
۳	قیمت	(۰,۰۸۱۲ ۰,۰۴۲۴ ۰,۰۲۶۹)	۰,۰۵۰۲
۴	توان فنی	(۰,۲۷۶۸ ۰,۱۴۴۸ ۰,۱۱۳۴)	۰,۱۷۸۷
۵	انعطاف پذیری در تحویل	(۱,۲۵۴ ۰,۸۴۰۷ ۰,۵۳۷۴)	۰,۸۷۷۵
۶	مدت زمان تحویل	(۰,۲۷۳۶ ۰,۱۵۹۲ ۰,۱۱۷۳)	۰,۱۸۲۹
۷	متوسط درصد کالای معیوب	(۱,۱۶۷۷ ۰,۸۷۵ ۰,۶۴۸۷)	۰,۹۱۰۶
۸	رسیدگی به مشکلات	(۰,۱۷۴۱ ۰,۱۲۵ ۰,۰۹۶۶)	۰,۱۳۱۸
۹	هزینه حمل و نقل هر واحد	(۰,۱۷۴۱ ۰,۱۲۵ ۰,۰۹۶۶)	۰,۱۳۱۸
۱۰	هزینه خرید هر واحد	(۱,۱۶۷۷ ۰,۸۷۵ ۰,۶۴۸۷)	۰,۹۱۰۶
۱۱	داشتن امکانات پشتیبانی	(۰,۲۷۳۶ ۰,۱۵۹۲ ۰,۱۱۷۳)	۰,۱۸۲۹
۱۲	داشتن امکانات تولیدی	(۱,۲۵۴ ۰,۸۴۰۷ ۰,۵۳۷۴)	۰,۸۷۷۵

ماتریس روابط کل حدبالا (T_{ii}) در اعداد فازی مثلثی معیار قیمت معکوس ندارد. بنابراین ماتریس روابط کل و ماتریس روابط داخلی معیار قیمت ۰ می‌شود.

جدول ۱۴- ماتریس نرمال شده روابط داخلی معیار توان فنی

معیار	داشتن امکانات پشتیبانی	داشتن امکانات تولیدی
داشتن امکانات پشتیبانی	۰,۵۱۵۶	۰,۶۰۶۷
داشتن امکانات تولیدی	۰,۴۸۴۴	۰,۳۹۳۳

گام ۴: تشکیل سوپرماتریس و محاسبه اوزان:

بعد از محاسبه اولویت‌های به‌دست‌آمده با استفاده از روش ANP فازی و ماتریس روابط داخلی حاصل از روش DEMATEL فازی، سوپر ماتریس اولیه (بدون وزن) مطابق جدول (۱۵) تشکیل می‌شود. برای حل سوپر-ماتریس، ابتدا هر ستون را با تقسیم بر مجموع اعضای ستون نرمال‌سازی شده و سپس با استفاده از نرم افزار ریاضی MATLAB به‌توان حدی رسانده تا مقادیر هر سطح آن همگرا شوند. سوپر ماتریس حدی محاسبه شده نیز در جدول (۱۶) آورده شده است. در جدول (۱۶) اوزان بدست آمده از روش ترکیبی ANP & DEMATEL فازی مشخص شده است.

گام ۵: رتبه‌بندی و بهبود گزینه‌ها با استفاده از روش vikor فازی: مقدار شاخص‌های Q_i و S_i و R_i براساس روابط ۱۷ و ۱۸ برای تأمین کننده ۱ به صورت ذیل محاسبه شده است. برای تأمین کننده‌های ۲ و ۳ این مقادیر به همین

گام ۳: محاسبه روابط داخلی بین معیارها و زیرمعیارها با استفاده از تکنیک DEMATEL فازی: جهت اندازه‌گیری وابستگی میان معیارهای تصمیم‌گیری از روش DEMATEL فازی استفاده می‌شود.

با استفاده از مراحل ذکر شده ماتریس نرمال شده روابط داخلی معیارها و زیرمعیارها مطابق جداول (۱۱) تا (۱۴) محاسبه شده است.

جدول ۱۱- ماتریس نرمال شده روابط داخلی معیارها

معیار	زمان تحویل	کیفیت محصول	قیمت	توان فنی
زمان تحویل	۰,۲۲۷۹	۰,۱۵۷۷	۰,۲۳۸۸	۰,۱۷۶۷
کیفیت محصول	۰,۲۸۴۹	۰,۲۱۰۱	۰,۳۵۱۷	۰,۳۲۸۷
قیمت	۰,۱۸۹۶	۰,۱۶۵۵	۰,۱۱۱۲	۰,۲۵۸۲
توان فنی	۰,۲۸۷۶	۰,۴۶۶۷	۰,۲۹۸۳	۰,۲۳۶۴

جدول ۱۲- ماتریس نرمال شده روابط داخلی معیار زمان تحویل

معیار	انعطاف پذیری در تحویل	مدت زمان تحویل
انعطاف‌پذیری در تحویل	۰,۴۱۴۳	۰,۵۰۵۱
مدت زمان تحویل	۰,۵۸۵۷	۰,۴۹۴۹

جدول ۱۳- ماتریس نرمال شده روابط داخلی معیار کیفیت محصول

معیار	متوسط درصد کالای معیوب	رسیدگی به مشکلات
متوسط درصد کالای معیوب	۰,۵۲۵۶	۰,۶۸۶۴
رسیدگی به مشکلات	۰,۴۷۴۴	۰,۳۱۳۶

جدول ۱۸- رتبه بندی گزینه ها بر اساس S، R و Q به ترتیب

صعودی

Q _i		R _i		S _i	
۰	تأمین کننده ۳	۰,۴۴۴	تأمین کننده ۳	۰,۶۴۸۳۹	تأمین کننده ۳
۰,۷۵۰۸	تأمین کننده ۱	۰,۵۳۶۹	تأمین کننده ۱	۱,۶۷۲۹	تأمین کننده ۱
۱	تأمین کننده ۲	۰,۵۹۱۳	تأمین کننده ۲	۱,۸۲۴۵۵	تأمین کننده ۲

راه حل توافقی: شرط اول

$$Q(تأمین کننده ۱) - Q(تأمین کننده ۳) \geq \frac{1}{2}$$

$$0.7508 > 0.5$$

شرط دوم) تأمین کننده (۳) دارای بالاترین رتبه در ستون S_i و R_i می باشد.

همان طور که ملاحظه می شود به علت برقرار بودن هر دو شرط، تأمین کننده (۳) شرط پذیرش به عنوان بهترین گزینه را دارا است. از این رو بهترین گزینه جهت انتخاب، تأمین کننده (۳) می باشد.

صورت محاسبه می شوند؛ که مقادیر آن ها در جدول (۱۷) آورده شده است. مقدار وزن حداکثر مطلوبیت گروهی V=۰,۵ در نظر گرفته شده است.

$$S_1 = \left(0.4631 * \frac{7-5}{7-5}\right) + \left(0.5369 * \frac{4-2}{4-2}\right) + \left(0.5913 * \frac{3-3}{3-1.333}\right) + \left(0.4087 * \frac{7-7}{7-3}\right) + \left(0.5660 * \frac{9.666-7}{9.666-5}\right) + \left(0.444 * \frac{9.666-3}{9.666-1.333}\right) = 1.6729$$

$$R_1 = \max \left(\left(0.4631 * \frac{7-5}{7-5}\right), \left(0.5369 * \frac{4-2}{4-2}\right), \left(0.5660 * \frac{9.666-7}{9.666-5}\right), \left(0.444 * \frac{9.666-3}{9.666-1.333}\right) \right) = 0.5369$$

$$Q_1 = 0.5 * \left(\frac{1.6729 - 0.64835}{1.82455 - 0.64835} \right) + 0.5 * \left(\frac{0.5369 - 0.444}{0.5913 - 0.444} \right) = 0.7508$$

جدول ۱۷- مقادیر S و R و Q برای تمام گزینه ها

Q _i	R _i	S _i		
۰,۷۵۰۸	۰,۵۳۶۹	۱,۶۷۲۹	تأمین کننده ۱	
۱	۰,۵۹۱۳	۰,۴۰۸۸	تأمین کننده ۲	
۰	۰,۴۴۴۰	۱,۸۲۴۵۵	تأمین کننده ۳	
	۰,۵۹۱۳	R ⁻	۱,۸۲۴۵۵	S ⁻
	۰,۴۴۴۰	R [*]	۰,۶۴۸۳۵	S [*]

جدول ۱۵- سوپر ماتریس بدون وزن (اولیه)

<i>m</i>	<i>l</i>	<i>k</i>	<i>j</i>	<i>i</i>	<i>h</i>	<i>g</i>	<i>f</i>	<i>e</i>	<i>d</i>	<i>c</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	معیار
.	انتخاب تأمین کننده (a)
.	۰,۱۷۶۷	۰,۲۳۸۸	۰,۱۵۷۷	۰,۲۳۷۹	۰,۲۴۴۵	زمان تحویل (b)
.	۰,۲۳۸۷	۰,۳۵۱۷	۰,۲۱۰۱	۰,۲۸۴۹	۰,۶۵۰۲	کیفیت محصول (c)
.	۰,۲۵۸۲	۰,۱۱۱۲	۰,۱۶۵۵	۰,۱۸۹۶	۰,۰۵۰۲	قیمت (d)
.	۰,۲۳۶۴	۰,۲۹۸۳	۰,۴۶۶۷	۰,۲۸۷۶	۰,۱۷۸۷	توان فنی (e)
.	۰,۵۰۵۱	۰,۴۱۴۳	.	.	.	۰,۸۷۷۵	.	انعطاف پذیری در تحویل (f)
.	۰,۴۹۴۹	۰,۵۸۵۷	.	.	.	۰,۱۸۲۹	.	مدت زمان تحویل (g)
.	.	.	.	۰,۶۸۶۴	۰,۵۲۵۶	.	.	.	.	۰,۹۱۰۶	.	.	متوسط درصد کالای معیوب (h)
.	.	.	.	۰,۳۱۳۶	۰,۴۷۴۴	.	.	.	.	۰,۱۳۱۸	.	.	رسیدگی به مشکلات (i)
.	۰,۱۳۱۸	.	.	.	هزینه حمل و نقل هر واحد (j)
.	۰,۹۱۰۶	.	.	.	هزینه خرید هر واحد (k)
۰,۶۰۶۷	۰,۵۱۵۶	.	.	.	.	.	.	۰,۱۸۲۹	.	.	.	.	داشتن امکانات پشتیبانی (l)
۰,۳۹۳۳	۰,۴۸۴۴	.	.	.	.	.	.	۰,۸۷۷۵	.	.	.	.	داشتن امکانات تولیدی (m)

جدول ۱۶- سوپر ماتریس حددار

<i>m</i>	<i>l</i>	<i>k</i>	<i>j</i>	<i>i</i>	<i>h</i>	<i>g</i>	<i>f</i>	<i>e</i>	<i>d</i>	<i>c</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	معیار
.	انتخاب تأمین کننده (a)
.	زمان تحویل (b)
.	کیفیت محصول (c)
.	قیمت (d)
.	توان فنی (e)
.	۰,۴۶۳۱	۰,۴۶۳۱	۰,۰۴۲۰	۰,۰۴۹۳	۰,۰۳۹۹	۰,۲۸۷۴	۰,۰۹۴۵	انعطاف‌پذیری در تحویل (f)
.	۰,۵۳۶۹	۰,۵۳۶۹	۰,۰۴۸۷	۰,۰۵۷۱	۰,۰۴۶۲	۰,۳۳۳۳	۰,۱۰۶۹	مدت زمان تحویل (g)
.	.	.	.	۰,۵۹۱۳	۰,۵۹۱۳	.	.	۰,۰۸۸۴	۰,۰۹۱۹	۰,۳۷۴۲	۰,۰۸۲۰	۰,۲۵۲۶	متوسط درصد کالای معیوب (h)
.	.	.	.	۰,۴۰۸۷	۰,۴۰۸۷	.	.	۰,۰۶۱۱	۰,۰۶۳۵	۰,۲۵۸۶	۰,۰۵۶۷	۰,۱۷۴۶	رسیدگی به مشکلات (i)
.	هزینه حمل و نقل هر واحد (j)
.	هزینه خرید هر واحد (k)
۰,۵۵۶۰	۰,۵۵۶۰	.	.	.	.	.	.	۰,۳۶۲۸	۰,۰۸۵۸	۰,۱۰۷۳	۰,۰۸۳۰	۰,۱۴۱۷	داشتن امکانات پشتیبانی (l)
۰,۴۴۴۰	۰,۴۴۴۰	.	.	.	.	.	.	۰,۲۸۹۷	۰,۰۶۸۵	۰,۰۸۵۷	۰,۰۶۶۲	۰,۱۱۳۱	داشتن امکانات تولیدی (m)

نتیجه‌گیری

معرفی رویکرد ANP & DEMATEL & VIKOR فازی در انتخاب بهترین تأمین‌کننده در زنجیره تأمین، ویژگی مهم تحقیق حاضر محسوب می‌شود که تاکنون تحقیقی با استفاده از این رویکرد ترکیبی ارائه نشده است. نتیجه محاسبات مثال عددی ارائه‌شده در بخش ششم نشان می‌دهد که این مدل قادر می‌باشد علاوه بر استخراج رتبه‌های گزینه‌ها، وزن نهایی هر یک از ملاک‌های وارد شده در تصمیم‌گیری را به‌دست آورد و تأثیرات متقابل عناصر تصمیم‌گیری را وارد محاسبات کرده و فرآیند تصمیم‌گیری را به بهترین نحو ممکن انجام دهد. در ادامه پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی پیشنهاد شده است. به‌منظور رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان از سایر روش‌های وزن‌دهی استفاده شود، تحقیق مذکور در صنایع واقعی اجرا شود، فرآیند تصمیم‌گیری گروهی در محیط فازی مورد استفاده قرار گیرد و روش پیشنهادی درحالت احتمالی ارائه و با روش مذکور مورد مقایسه قرار گیرد.

با افزایش تمایلات به سمت ایجاد شراکت استراتژیک و رابطه همکاری سازمان‌ها با تعداد کمتر ولی بهتری از تأمین‌کنندگان، ارزیابی تأمین‌کنندگان و انتخاب آن‌ها تبدیل به موضوع بسیار مهمی در حوزه مدیریت زنجیره تأمین شده است. بنابراین ایجاد رابطه‌ای نزدیک و بلندمدت بین تأمین‌کننده و خریدار به‌عنوان یکی از عوامل کلیدی موفقیت در ایجاد زنجیره تأمین مدنظر قرار می‌گیرد. به‌طوری که می‌توان گفت مسأله انتخاب تأمین‌کنندگان مهم‌ترین مسأله در اجرای موفقیت‌آمیز زنجیره تأمین می‌باشد در این تحقیق رویکرد ترکیبی ANP&DEMATEL & VIKOR برای انتخاب بهترین تأمین‌کنندگان ارائه شده و با توجه به اینکه مسأله انتخاب تأمین‌کنندگان به‌طور ذاتی با داده‌های غیردقیق و مبهم مواجه است از تئوری مجموعه‌های فازی جهت پوشش حالات مبهم تصمیم‌گیری نیز استفاده شده است. استفاده از رویکرد ترکیبی ANP & DEMATEL & VIKOR فازی سبب کاهش حجم محاسبات و پیچیدگی تحقیق شده است.

منابع

- [1] S. H. Ghodsypour, C. O'Brien, "A decision support system for supplier selection .using onintegrated analytic hierarchy process and linear programing". *Internation Journal of Production Economics*, 1998, pp: 56-57.
- [2] E. K. Lee, S. Ha, and S. K. Kim, "Supplier selection and management system considering relationships in supply chain management", *IEEE transactions on Engineering Management*, Vol. 48, No. 39, 2001, pp. 307-318.
- [3] M. A. Beheshtinia, and M. Ahangareian Abhari, "A New Hybrid Decision Making Method for Selecting Roller Concrete Road Pavement Technology Transfer Method", *International Journal of Transportation Engineering (IJTE)*, Vol. 5, NO. 3, 2018, pp. 229-249.
- [4] A. Torkzad, and M.A. Beheshtinia, "Evaluating and prioritizing hospital service quality", *International Journal of Health Care Quality Assurance*. Vol. 32, No. 2, 2019, pp. 332-346.
- [5] S. Yadav, V. Kumar Pathak, and S. Gangwar, "A novel hybrid TOPSIS-PSI approach for material selection in marine applications", *Sādhanā*, 2019, pp. 44-58.
- [6] Y. P. Yang, H. Shieh, and G. H. Tzeng, "A VIKOR Technique with Applications Based on DEMATEL and ANP", *Springer*, Vol. 35, 2009, pp. 780-788.
- [7] A. G. W. Dickson, "An analysis of vendor selection systems and management". *Journal of Purchasing*, Vol. 2, No.1, 1996.
- [8] R. Narasimhan, "An analytical approach to supplier selection", *Journal of Purchasing and Supply Management*, Vol. 19, No. 4, 1983, pp: 27-32.
- [9] F. T. S. Chan, and N. Koumar, "Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach", *OMEGA-International Journal of Management Science*, Vol. 35, No. 4, 2007, pp: 417-43.

- [10] M.A. Beheshti-Nia, and V. Nemati-Abozar, "A Novel Hybrid Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Model for Supplier Selection Problem (A Case Study in Advertising industry)", *Journal of Industrial and Systems Engineering*, Vol. 9, No. 4, 2016, pp: 65-79.
- [11] A. Jayant, A. Agarwal, and N. Chaudhary, "A novel hybrid MCDM approach based on DEMATEL, AHP and TOPSIS to evaluate green suppliers", *Journal of Physics Conference Series*, 2019.
- [12] E. B. Baron, S. Genc, M. Kurt, and D. Akay, "A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method", *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, 2009, pp: 11363-11368.
- [13] A. Irajpour, M. hajimirza, M. gelsefid alavi, and S. Kazemi, "Identification and evaluation of the most effective factors in green supplier selection using DEMATEL method", *Journal of basic and applied scientific research*, Vol. 5, 2012, pp: 4485-4493.
- [14] F. R. Lima junior, L. Osiro, L. C. Ribeiro Carpinetti, "A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection", *Applied Soft Computing*, Vol. 21, 2014, pp: 194-209.
- [15] Y. Beikkhakhian, M. Javanmardi, M. Karbasian, and B. Khayambashi, "The application of ISM model in evaluating agile suppliers' selection criteria and ranking suppliers using fuzzy TOPSIS-AHP methods", *Expert Systems with Applications*, Vol. 42, 2015, pp: 6224-6236.
- [16] J. Zhao, X. Y. You, H. C. Liu, and S. M. Wu, "An Extended VIKOR Method Using Intuitionistic Fuzzy Sets and Combination Weights for Supplier Selection", *Symmetry*, Vol. 9, No. 169, 2017.
- [17] Y. Wu, k. Chen, B. Zeng, H. Xu, and Y. Yang, "Supplier selection in nuclear power industry with extended VIKOR method under linguistic information", *Applied Soft Computing*, Vol. 48, 2016, pp: 444-457.
- [18] D. Pramanik, A. Haldar, S.C. Mondal, S. Kumar Naskar, A. Ray, "Resilient supplier selection using AHP-TOPSIS-QFD under a fuzzy environment". *International Journal of Management Science and Engineering Management*, Vol. 1, No. 1, 2017, pp: 45-54.
- [19] V. Jain, A. K. Sangaiah, S. Sakhuja, N. Thoduka, and R. Aggarwal, "Supplier selection using fuzzy AHP and TOPSIS: a case study in the Indian automotive industry". *Neural Computing and Applications*, Vol. 29, No. 7, 2018, pp: 555-564.
- [20] L. Fei, Y. Deng, and Y. Hu, "DS-VIKOR: A New Multi-criteria Decision-Making Method for Supplier Selection", *International Journal of Fuzzy Systems*, Vol. 21, No. 1, 2019, pp: 157-175.
- [21] C. Pornsing, P. Jomtong, J. Kanchana-anotai, and T. Tonglim, "Solving Supplier Selection Problem Using Fuzzy-AHP for an Electronic Manufacturer", *IEEE 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, 2019.
- [30] M. J. Ershadi, F. Karimi_Ashtiyani, "Analyzing the factors affecting environmental risks of projects using a hybrid approach of DEMATEL-ANP, artificial neural network: A case study", *Environmental Quality Management*, Vol. 1, 2019, pp: 77-88.
- [31] S. Vinod, T. S. Sai Balagi, and A. Patil, "A hybrid MCDM approach for agile concept selection using fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 83, No. 9-12, 2016, pp: 1979-1987.
- [32] Y. Badulescu, and N. Cheikhrouhou, "Evaluation of forecasting approaches using hybrid multi-criteria decision-making models", *Proceedings of International Conference on Time Series and Forecasting (ITISE 2018)*, 2018.
- [33] S. Mitra, and S. S. Goswami, "Selection of the Desktop Computer Model by AHP-TOPSIS Hybrid MCDM Methodology", *International Journal of Research and Analytical Reviews*, Vol. 6, No. 1, 2019.
- [34] F. Sedady, and M. Beheshtinia, "A novel MCDM model for prioritizing the renewable power plants' construction", *Management of Environmental Quality*, Vol. 30, No. 2, 2019, pp: 383-399.
- [36] G. W. Dickson, "An Analysis of Vendor Selection Systems and Management", *Journal of Purchasing*, Vol. 2, No. 1, 1966, pp: 5-17.
- [37] C. A. Weber, J. R. Current, and W. E. Benton, "Vendor selection criteria and methods", *European Journal of Operation Research*, Vol. 50, 1991, pp: 2-18.
- [38] R. Verma, and M. E. Pullman, "An analysis of the supplier selection process", *International Journal of Management Science*, Vol. 26, 1998, pp: 739-750.

- [39] M. Tracey, "Empirical analysis of supplier selection and evolution; Supply chain management". An International Journal, Vol. 6, 2001, 174-188.
- [40] K. S. Bhutta, and F. Huq, " Supplier selection problem: A comparison of the total cost of ownership and analytic hierarchy process approaches", Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 7, 2002, pp: 126-135.
- [41] W. Ho, X. Xiaowei, and K. D. Prasanta, "Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review", European Journal of Operational Research, Vol. 202, 2010, pp: 16-24.
- [44] R. P. Nydick, and R. P. Hill, "Using the analytic hierarchy process to structure the supplier selection procedure", International Journal of Purchasing & Materials Management, Vol. 28, No. 2, 1992.
- [49] Iwan. J. Azis, "Analytic Network Process with Feedback Influence: A New Approach to Impact Study", Prepared for a seminar organized by the Department of Urban and Regional Planning, University of Illinois at Urbana Champaign, in conjunction with the Investiture Ceremony for Professor John Kim, 2003.
- [50] L. C. Leung, and D. Cao, "On consistency and ranking of alternatives in fuzzy AHP", European Journal of Operational Research, Vol. 124, No.1 , 2000, pp: 102-113.
- [51] G. H. Tzeng, C. H. Chiang, and C. W. Li, "Evaluating intertwined effects in elearning programs: A novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL", Expert Systems with Applications, Vol. 32, 2007, pp: 1028-1044.
- [52] S. Pouradab, A. Nadali, and H. Eslami, "A Hybrid Method for Credit Risk Assessment of Bank Customers", International Journal of Trade, Economics and Finance, Vol. 2, No. 2, 2011.
- [53] M. T. Chu, J. Shyu, G. H. Tzeng, and R. Khosla, "Comparison among three analytical methods for knowledge communities group-decision analysis", Expert Systems with Applications, Vol. 33, No. 4, 2007, pp: 1011-1024.
- [54] L.Y. Chen, T. C. Wang, "Optimizing partners' choice in IS/IT out sourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR", International Journal Production Economics, Vol. 120, 2009, pp: 233-242.
- [۵۵] علی محقر، مزگان نوری، محمد میر کاظمی مود و نیما سرابی، "انتخاب تأمین‌کنندگان شرکت‌های مهندسی و ساخت"، فصلنامه‌ی کاوش‌های مدیریت بازرگانی، سال ۳، شماره ۶، ۱۳۹۰.
- [۵۶] مسعود مصدق‌خواه، بهروز فرهاد زارع، هانف فتوحی ومصطفی زارعی، "ارائه روش تلفیقی DEA و ANP با استفاده از یک الگوریتم ابتکاری برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان مواد اولیه تولید مخازن نفتی"، نهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، ۱۳۹۱.
- [۵۷] حمیدرضا کدخدازاده و علی مروتی شریف‌آبادی، "انتخاب تأمین‌کننده با استفاده از سیستم استنتاج فازی"، مدیریت تولید و عملیات، شماره ۲، ۱۳۹۲، صفحه ۱۱۳-۱۳۱.
- [۵۸] رضا سپهوند، "طراحی استفاده از رویکردهای QFD و AHP در انتخاب تأمین‌کننده با مطالعه موردی در شرکت زمزم"، مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال ۱۱، شماره ۱، ۱۳۹۳، صفحه ۱۹-۳۰.
- [۵۹] محمد ثابت مطلق، جمشید صالحی صدقیانی، سید علی ایازی و مهدی عابدینی نایینی، "ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان استراتژیک با استفاده از روش ترکیبی فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و تاپسیس خاکستری"، مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال ۱۱، شماره ۴، ۱۳۹۴، صفحه ۱۱۷-۱۰۱.
- [۶۰] فاطمه محمدنژاد چاری و عبدالحمید صفائی قادیکلایی، "شناسایی و رتبه‌بندی معیارهای انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین لارج (مطالعه موردی: صنایع غذایی و لبنی کاله)"، مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، شماره ۴، ۱۳۹۵، صفحه ۱۰۳-۱۲۰.
- [۶۱] وحید نعمتی‌ابوذر و محمد علی بهشتی‌نیا، "ترکیب روش‌های فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و تاپسیس فازی برای انتخاب تأمین‌کنندگان (مطالعه موردی: شرکت تبلیغاتی)"، مجله مدل‌سازی در مهندسی، سال ۱۵، شماره ۴۸، ۱۳۹۶، صفحه ۲۱۷-۲۲۹.
- [۶۲] سارا عباس‌زاده توسلی، سروش آوخ دارستانی و میترا عباس‌زاده توسلی، "ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده سبز با استفاده از DEMATEL & TOPSIS (مطالعه موردی: مجتمع فولاد گیلان)"، فصلنامه مدیریت صنعتی، سال ۱۲، شماره ۳۹، ۱۳۹۶، صفحه ۱۵-۲۸.
- [۶۳] مرتضی موسی‌خانی، محمد امین ناییبی و جواد بخشی، "ارائه یک متدولوژی فازی برای ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان در فرآیند برون‌سپاری"، نشریه مدیریت‌دانش، شماره ۷۷، ۱۳۸۶.

- [۶۴] جعفر رزمی، منصوره عقیقی و سعید کرباسیان، "استفاده از روش جایگشت در حل مسائل تصمیم‌گیری انتخاب تأمین‌کنندگان با رویکرد ELECTRE"، پنجمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، ۱۳۸۶.
- [۶۵] عادل حاتمی ماریینی، صابر ساعتی مهتدی و احمد ماکوئی، "تصمیم‌گیری گروهی چندمعیاره در انتخاب تأمین‌کنندگان با رویکرد ELECTRE"، پنجمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، ۱۳۸۶.
- [۶۶] احمد جعفرنژاد، بهنام ازدری و محمدرضا صالح، "به‌کارگیری تحلیل پوششی داده‌ها و روش کارایی متقاطع برای ارزیابی تأمین‌کنندگان شرکت مهندسی اندیشه فراهن"، دومین کنفرانس ملی مدیریت عملکرد، ۱۳۸۴.
- [۶۷] فرهاد فائز، سید حسن قدسی پور و سید محمد تقی فاطمی قمی، "طراحی یک مدل تلفیقی برای انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارشات با استفاده از روش استدلال موردگرا و برنامه‌ریزی ریاضی چن هدفه"، نشریه دانشکده فنی، سال ۴۰، شماره ۴، ۱۳۸۵، صفحه ۵۶۸-۵۵۳.
- [۶۸] علیرضا سروش، عیسی نخعی علی آبادی، ابراهیم اسدی گنگر و محمد ملک زاده "مرور و تحلیل کاربردهای شبکه‌های عصبی در مدیریت زنجیره تأمین"، نخستین کنفرانس بین‌المللی مدیریت زنجیره تأمین و سیستم‌های اطلاعات، ۱۳۸۶.
- [۶۹] سامان حسن‌زاده امین، هومن ملک لی و محمد جعفرتارخ، "انتخاب تأمین‌کننده با استفاده از منطق‌فازی". نخستین کنفرانس بین‌المللی مدیریت زنجیره تأمین و سیستم‌های اطلاعات، ۱۳۸۶.
- [۷۰] عادل آذر "علم مدیریت فازی"، چاپ اول، مؤسسه کتاب مهربان نشر، تهران، ۱۳۸۶.
- [۷۱] کارونو تاناکا "مقدمه‌ای بر منطق‌فازی برای کاربردهای علمی"، ترجمه علی وحیدیان کامیاد و حامد رضا طارقیان، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۱.
- [۷۲] حمید رضا خاتمی و محمد رنجبر "مبانی مدل‌سازی فازی"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۳۸۷.