چشم‌انداز مدیریت صنعتی
شماره ۴ ـ زمستان ۱۳۹۰
ص‌ص ۱۷۳ -۱۵۳

به‌کارگیری مدل ریاضی مناسب جهت ارزیابی تأمین‌کنندگان با بهره‌گیری از روش میخائیلیوف

احمد توکلی*، حسین دیده‌خانی، امیر کاریزنوئی***، حسین صادقپور*****

چکیده

ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های مدیریت زنجیره تأمین، مورد توجه محققین قرار گرفته است. در این پژوهش با استفاده از یک مدل ادغامی تحلیل سلسله مراتبی فازی و برنامه‌ریزی ریاضی فازی، به ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان یک شرکت تولید کننده قطعات خودرو پرداخته می‌شود. مدل به‌کارگرفته شده شامل دو مرحله می‌باشد: در مرحله اول با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، مطلوبیت نهایی تأمین‌کنندگان با درنظرگرفتن سیزده عامل محاسبه می‌گردد. سپس در مرحله دوم با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی فازی، سبد بهینه خرید از تأمین‌کنندگان حاصل می‌شود. الگوریتم مورد استفاده در بخش تحلیل سلسله مراتبی، الگوریتم میخائیلیوف است که دارای مزایای متعددی همچون ارائه شاخص سازگاری، ارائه بردار وزن به‌صورت قطعی و قابل استفاده با ماتریس‌های ناقص می‌باشد. نتایج حاصله نشان می‌دهد که به‌کارگیری مدل مورد نظر، به تصمیم‌گیرندگان این امکان را می‌دهد که با ادغام معیارهای کمی و غیرکمی، نه تنها تصمیمات خود را بهبود بخشند، بلکه این کار را به‌صورت نظام‌مند و با سطح اطمینان بالاتری انجام دهند.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی تأمین‌کنندگان؛ برنامه‌ریزی خطی فازی؛ تحلیل سلسله مراتبی فازی؛ مدل میخائیلیوف.

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۱۲/۱۹، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۰۴/۱۲.

* استادیار، دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسئول).

E-mail: Tavakoli-a@ferdowsi.um.ac.ir

** استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی‌آباد کتول.

*** دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

**** دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

۱. مقدمه

بعد از معرفی واژه مدیریت زنجیره تأمین، این عبارت به‌طور قابل ملاحظه‌ای توسط محققین در صنعت و کارهای پژوهشی مورد توجه قرار گرفته است. توجه مدیران صنایع به استقرار اهداف مدیریت زنجیره تأمین، شامل موارد زیادی همچون انتخاب تأمین‌کنندگان، ادغام آن‌ها، روابط با فروشندگان و پیوسته بودن فرآیند آن موجب این توجه شده است [۱۰]. اصطلاح مدیریت زنجیره تأمین اولین بار در اوایل دهه ۸۰ میلادی توسط مشاوران مدیریت مورد استفاده قرار گرفت. تاریخچه مدیریت زنجیره تأمین مملو از مفاهیمی همچون استراتژی جامع خرید[۱]، تدارکات جامع[۲]، ادغام تأمین‌کنندگان[۳]، مشارکت خریدار-فروشنده[۴]، مدیریت براساس تأمین[۵]، ائتلاف استراتژیک با تأمین‌کنندگان[۶] و مدیریت زنجیره تأمین برای اشاره به مراحل این فلسفه جدید مدیریتی می‌باشد [۱۴]. مدیریت زنجیره تأمین بیشترین اشاره را در این فلسفه جدید دارد. استدلر[۷] مدیریت زنجیره تأمین را این‌گونه معرفی کرده است: مدیریت زنجیره تأمین عبارت است از ادغام واحدهای سازمانی در قالب یک زنجیره تأمین و هماهنگی مواد، اطلاعات و جریان‌های مواد به‌منظور ارضای نیازهای مشتریان نهایی برای به دست آوردن مزایای رقابتی [۱۹]. همچنین مدیریت زنجیره تأمین بر چگونگی به‌کارگیری سازمان از فرآیندها، تکنولوژی و قابلیت‌های تأمین‌کنندگان برای تقویت مزایای رقابتی تمرکز دارد [۱۸].

دیدگاه‌های مختلفی به مدیریت زنجیره تأمین وجود دارد؛ همچون دیدگاه خرید و لجستیک، دیدگاه تدارکات و حمل‌ونقل و دیدگاه استراتژی یکپارچه مدیریت زنجیره تأمین که کافمن[۸] و همکارانش هر یک از این دیدگاه‌ها را به تشریح بیان کرده‌اند [۹]. اما از مهم‌ترین وظایف مدیریت زنجیره تأمین، وظایف خرید، انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان سازمان می‌باشد؛ به‌طوری که بیشتر پژوهش‌های صورت‌گرفته بر این بخش از مدیریت زنجیره تأمین تأکید کرده است [۱۲].

با توجه به افزایش اهمیت وظایف خرید در سازمان‌ها، تصمیمات مربوط به خرید و ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان اهمیت بیشتری پیدا کرده است. همچنین تغییر مداوم خواسته‌های مشتریان، نیازمند استراتژی‌های انعطاف‌پذیرتر در زنجیره تأمین و انتخاب و ارزیابی

1. Integrated purchasing strategy
2. Integrated logistics
3 .Supplier integration
4 .Buyer-supplier partnerships
5. Supply base management
6. Strategic co-alliance with suppliers
7. Stadtler
8. Kaufmann

تأمین‌کنندگان می‌باشد [۱۸]. موارد بالا باعث می‌شود که روش‌ها و مدل‌های جامع‌تری در این زمینه طراحی شوند. در این مقاله با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، تأمین‌کنندگان شرکت مورد ارزیابی قرار می‌گیرند؛ سپس با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی خطی فازی، سبد بهینه خرید مواد اولیه شرکت به دست می‌آید.

در ادامه، مقاله بدین صورت سازمان یافته است: ابتدا بخش ۲ به مبانی و چارچوب نظری تحقیق می‌پردازد. بخش ۳ روش‌شناسی تحقیق را مطرح می‌کند. بخش ۴ تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش را ارائه می‌کند. بخش ۵ با نتیجه‌گیری به مقاله پایان می‌دهد.

۲. مبانی و چارچوب نظری تحقیق

ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان. مدیریت زنجیره تأمین، به صورت یک فرآیند یکپارچه می‌باشد که در آن تعدادی از عوامل تجاری مانند تأمین کننده، تولیدکننده، توزیع کننده و خرده فروش به‌منظور استخراج مواد خام و تبدیل این مواد به محصولات نهایی، با هم کار می‌کنند تا این محصولات را به دست مشتریان برسانند [۲۲].

در طی سال‌های اخیر مدیریت زنجیره تأمین و فرآیند انتخاب تأمین‌کنندگان، به‌صورت قابل ملاحظه‌ای مورد توجه مدیران بازرگانی قرار گرفته‌است؛ به‌طوری که میلر استراتژی‌های تأمین را به‌عنوان یکی از انتخاب‌های عملیات استراتژیک ذکر کرده است. همچنین رابطه بین مدیریت زنجیره تأمین و مدیریت محیط نیز افزایش یافته است. در واقع ترکیب تفکر محیطی با زنجیره تأمین، تمامی اجزای آن را نظیر طراحی محصول، انتخاب تأمین‌کنندگان، فرآیند تولید و غیره را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۲۳]. در محیط‌های رقابتی امروز، فرآیند تهیه مواد اولیه به‌عنوان یکی از بخش‌های اصلی ارزش محصولات می‌باشد. با نگاه به درصد بالای هزینه مواد اولیه در قیمت تمام‌شده، وظیفه اصلی بخش خرید را می‌توان به‌صورت زیر عنوان کرد: خرید مواد با کیفیت و قیمت مناسب در زمان به‌موقع آن، که تأمین این خواسته‌ها از هر تأمین‌کننده‌ای ساخته نیست.

معیارهای متعددی جهت ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان شناسایی شده است. میشلی[1] چندین معیار برای ارزیابی تأمین‌کنندگان یک سازمان ذکر کرده است [۱۱]. در پژوهش‌های دیگر کارتر[2]، مالتز[3] و همکاران نیز معیارهای اصلی ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان را بیان نموده‌اند [۳].

1. Micheli
2. Karter
3. Maltz

مدل‌های ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان. مدل‌های متنوعی در زمینه ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان توسط پژوهشگران ذکر شده است. از جمله این مدل‌ها می‌توان به مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نظیر تحلیل سلسله مراتبی و تکنیک تاپسیس[1] اشاره کرد. مقالات متعددی نیز در زمینه استفاده از تحلیل سلسله مراتبی در ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان وجود دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به کارهای پرسین[2]، چن و هانگ[3]، زایم و سوکلی[4]، چیوس و کایریتو[5] اشاره کرد [۱۰،۱۷،۴،۱۵]. مدل‌های دیگر مربوط به استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها می‌شود که در این زمینه نیز می‌توان به کار جین و بن یوسف[6] اشاره کرد [۸]. مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از دیگر مدل‌های پرکاربرد در ارزیابی تأمین‌کنندگان می‌باشند. در این بخش می‌توان به پژوهش‌های انجام شده توسط پی[7] و لاو[8] [۱۴]، گنجر[9] و گورپینار[10] [۶] و حسن زاده و رزمی [۷] اشاره کرد. کلیه مدل‌های ذکر شده برای شرایط قطعی و اطمینان طراحی شده‌اند، اما همانند دیگر شرایط تصمیم‌گیری، در این زمینه نیز ما با شرایط عدم‌قطعیت مواجه می‌شویم که در این زمینه مدل‌های مبتنی بر منطق فازی می‌توانند بسیار مفید باشند. برای تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت، شناخت نوع آن لازم است. تا چند دهه گذشته، تصور بر این بود که عدم قطعیت حاکم بر رویدادها، ناشی از وجه تصادفی آن‌هاست و می‌توان آن را به‌وسیله نظریه احتمال مدل‌سازی کرد، اما نظریه فازی نشان داد که تمام عدم قطعیت‌ها ناشی از وجه تصادفی حاکم بر رویدادها نیست [۲۰]. تئوری فازی یک مفهوم کامل برای مدل‌سازی عدم قطعیت برخاسته از پدیده‌های ذهنی می‌باشد. انسان‌ها و قضاوت‌های انسانی بخش عمده‌ای از داده‌های نظریه‌های تصمیم‌گیری را شامل می‌شوند. بنابراین یک روش منطقی در زمینه تصمیم‌گیری باید قادر به در نظر گرفتن عدم قطعیت مربوط به قضاوت‌های انسانی به جای به‌کارگیری صرف اندازه‌های احتمالی باشد. این نگرش به عدم قطعیت رفتارهای انسانی منجر به مطالعه یک رویکرد نسبتاً جدید به نام نظریه تصمیم‌گیری فازی شده است [۱۱]. پیشینه تحقیق در زمینه استفاده ار منطق فازی بسیار غنی می‌باشد. از مهم‌ترین کارها می‌توان به پژوهش‌های انجام گرفته زیر اشاره کرد:

1. TOPSIS
2. Percin
3. Chen & Hang
4. Zaim & Sevekli
5. Chios & Kirytopouolos
6. Jain& Benyoucef
7. Pie
8. Low
9. Gencer
10. Gurpinar

فلیکس و کومار[1] با طراحی یک ساختار سلسله مراتبی فازی، به ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در محیط بین‌المللی پرداختند. آن‌ها با افزودن عواملی همچون ریسک ارز، ریسک سیاسی، تعرفه‌های گمرکی و.. به همراه فاکتورهایی همچون قیمت، کیفیت، خدمات و روابط، به ارزیابی تأمین‌کنندگان خارجی سازمان پرداخته‌اند. روش فازی مورد استفاده در این تحقیق، روش تحلیل توسعه‌ای چانگ می‌باشد [۵].

وی‌جون[2] و زیمینگ[3] نیز با طراحی یک مدل دومرحله‌ای، به ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان با در نظرگرفتن نرخ تخفیف پرداخته‌اند. در این روش ابتدا با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، مطلوبیت نهایی هر تأمین‌کننده به‌دست می‌آید. سپس در مرحله بعد، با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی خطی فازی، سبد خرید بهینه شرکت به‌دست می‌آید. چن[4] و دیگران نیز با طراحی یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی و با استفاده از روش تاپسیس فازی، به ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان پرداخته‌اند [۴]. عمید و دیگران با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی چند هدفه، یک مدل فازی برای انتخاب تأمین‌کنندگان ارائه دادند [۲].

مروری بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[5] به‌طور وسیعی در تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره به‌کار گرفته می‌شود و به‌طور موفقیت‌آمیزی در بسیاری از مسائل علمی به‌کار گرفته شده است. AHP مسأله را به ۳ مرحله اصلی زیر تقسیم می‌کند:

۱. ساختاربندی مسأله ۲. ارزیابی وزن‌های محلی ۳. محاسبه وزن نهایی

در AHP مسأله در قالب یک ساختار سلسله مراتبی با سطوح مختلف، ساختاربندی می‌شود؛ هر سطح شامل تعداد محدودی از عناصر است. اهمیت نسبی عناصر (شامل وزن عوامل و رتبه جایگزین‌ها) به‌طور غیرمستقیم توسط قضاوت‌های ذهنی تصمیم‌گیرندگان به‌دست می‌آید. علیرغم عمومیت و کارایی AHP، اغلب به دلیل در نظر نگرفتن عدم قطعیت و اطمینان در ادراکات و قضاوت‌های ذهنی تصمیم‌گیرندگان، مورد انتقاد قرار گرفته است. در بسیاری از موارد ترجیحات تصمیم‌گیرندگان و قضاوت‌های ذهنی آنان، دارای عدم قطعیت و عدم اطمینان می‌باشد و کار مشکلی است که از آن‌ها بخواهیم ترجیحات خود را در قالب اعداد قطعی ۱، ۳،... بیان کنند. تصمیم‌گیرندگان به دلایلی نظیر دانش و اطلاعات ناکافی، پیچیدگی مسأله، عدم اطمینان در مورد محیط تصمیم و فقدان یک مقیاس مناسب، نمی‌توانند ترجیحات خود را در قالب اعداد محض بیان کنند [۱۲].

1. Felix &Kumar
2. Weijun
3. Zhiming
4. Chen
5. Analytical hierachy process (AHP)

متغیرهای کلامی. بخشی از قدرت تئوری مجموعه‌های فازی در تقابل با مسائل تصمیم‌گیری، به‌علت به‌کارگیری متغیرهای کلامی به جای متغیرهای عددی برای نشان دادن مفاهیم، نادقیق است. این متغیرها می‌توانند ابهام کلام انسان را به‌خوبی و به‌صورت عددی و کمی تحلیل کنند. متغیرهای کلامی، متغیرهایی هستند که مقادیر آن‌ها کلمات یا عبارات زبان طبیعت هستند؛ مانند خیلی کم یا بسیار پیر. بدیهی است که کلمات به اندازه اعداد دارای قدرت نیستند و به‌همین دلیل متغیرهای کلامی به‌عنوان روشی برای کمی کردن کلام و قضاوت‌های انسان که به‌صورت پیچیده و خوب تعریف نشده و موجود هستند، مورد توجه قرار گرفته و با متناظر کردن آن‌ها با اعداد فازی، امکان ایجاد عملیات ریاضی را بر روی آن‌ها فراهم می‌نمایند. به‌عنوان مثال در یک طیف لیکرت، عبارات خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد را می‌توان به‌عنوان عبارات کلامی در نظر گرفت [۱].

در مراحل بعدی لازم است هر کدام از این عبارات با یک عدد فازی متناظر شود. به‌عنوان مثال می‌توان این تناظر را به صورت زیر برقرار نمود:

جدول ۱. تبدیل عبارات کلامی به اعداد فازی

عبارت کلامی	عدد فازی
خیلی کم	(۱،۲،۳)
کم	(۲،۳،۴)
متوسط	(۳،۴،۵)
زیاد	(۴،۵،۶)
خیلی زیاد	(۵،۶،۷)

در این تحقیق برای فازی‌سازی عبارات زبانی و امتیازات کلاسیک، طیف نه تایی ساعتی از اعداد فازی مثلثی استفاده شد. فرمول به‌کار گرفته شده به صورت زیر می‌باشد:

$$X = (x - 0.5, x, x + 0.5)$$

به‌طوری که عدد قطعی به یک سه تایی که همان عدد فازی مثلثی متناظر با آن می‌باشد، تبدیل می‌گردد.

۳. روش‌شناسی تحقیق

روش مورد استفاده در این پژوهش و برتری آن نسبت به سایر روش‌های مرتبط. در این تحقیق برای محاسبه بردار وزن، از روش میخائیلوف استفاده می‌گردد. میخائیلوف در سال ۲۰۰۳ روشی را برای محاسبه بردار وزن از ماتریس مقایسات زوجی ارائه داد که نارسایی‌های

روش‌های پیشین را برطرف ساخته است. میخائیلوف سه مشکل اصلی را برای روش‌های تعیین وزن فازی بر می‌شمارد که به‌ترتیب زیر هستند:

۱. این روش‌ها از ماتریس مقایسات زوجی استفاده می‌کنند و با الهام از روش تحلیل سلسله مراتبی قطعی، ماتریس متقابل (عناصر زیر قطر) را تعیین می‌نمایند (با معکوس کردن اعداد بالای قطر) که این منجر به بروز مشکلاتی می‌شود. علاوه بر این ممکن است گاهی تصمیم‌گیرندگان نخواهند یا نتوانند تمامی مقایسات را انجام دهند.
۲. مشکل دوم روش‌های پیشین این است که اوزان نهایی را به‌صورت فازی نشان می‌دهند و به‌علت کثرت محاسبات فازی، اوزان به‌دست آمده دارای همپوشانی وسیعی می‌باشند. رویه‌های نرمالایز کردن که در برخی از این روش‌ها استفاده می‌شود، ممکن است منجر به اوزان فازی غیرمنطقی شود که در آن ارزش فوقانی نرمالایز شده، از حد تحتانی آن کمتر باشد.
۳. و درنهایت اینکه روش‌های فوق‌الذکر در انتها نیازمند رویه‌های رتبه‌بندی فازی می‌باشند تا اوزان فازی به دست آمده را رتبه‌بندی نمایند و رویه‌های متفاوت رتبه‌بندی نیز اغلب نتایج متفاوتی ارائه می‌دهند [۱].

مزیت عمده چنین روشی این است که با ارائه شاخص سازگاری، می‌توان میزان سازگاری مقایسات را به دست آورد.

تئوری روش میخائیلوف. فرض کنیم که یک مسأله رتبه‌بندی، با یک بردار وزن ناشناخته $w=(w_1,\dots,w_n)$ وجود دارد و مقایسات زوجی تصمیم‌گیرنده به صورت اعداد فازی مثلثی بیان شده‌اند $A = [\tilde{a}_{ij}]$ به‌طوری که

$$\tilde{a}_{ij} = (l_{ij} + m_{ij} + u_{ij})$$

و

$$\tilde{a}_{ji} = \frac{1}{\tilde{a}_{ij}} = \left(\frac{1}{u_{ij}}, \frac{1}{m_{ij}}, \frac{1}{l_{ij}}\right)$$

فرض کنیم که تصمیم‌گیرنده m مقایسه زوجی که $m \le \frac{n(n-1)}{2}$ انجام داده است. یک برش α از $\tilde{a}_{ij}$ می‌گیریم:

$$\tilde{a}_{ij}(\alpha) = \left\{x \epsilon R^+ \middle| \mu_{\tilde{a}_{ij}}(x) \ge \alpha\right\} \qquad 0 \le \alpha \le 1$$

بدین طریق اعداد فازی مثلثی را به یک بازه حقیقی تبدیل می‌کنیم.

$$\tilde{a}_{ij}(\alpha) = [l_{ij}(\alpha), u_{ij}(\alpha)]$$

به‌طوری‌که:

$u_{ij}(\alpha) = \alpha \times (m_{ij} - u_{ij}) + u_{ij}$, $l_{ij}(\alpha) = \alpha \times (m_{ij} - l_{ij}) + l_{ij}$

حال مجموعه $F = \{l_{ij}(\alpha_1), u_{ij}(\alpha_1)\}$ را در سطح $\alpha = \alpha_1$ داریم و بدین طریق قضاوت‌های ذهنی تصمیم‌گیرندگان را از اعداد فازی مثلثی به بازه‌های حقیقی تبدیل می‌کنیم. هنگامی که بازه‌های مقایسات سازگار هستند، بردارهای وزن زیادی وجود دارد که نامعادله زیر را برآورده می‌کنند:

$$l_{ij}(\alpha) \leq \frac{w_i}{w_j} \leq u_{ij}(\alpha)$$

و هنگامی که قضاوت‌ها ناسازگار باشند، هیچ برداری در نامعادله بالا صدق نمی‌کند. بنابراین منطقی است برداری را پیدا کنیم که تمامی محدودیت‌ها را تا حد ممکن برآورده سازد، یعنی:

$$l_{ij}(\alpha) \lesssim \frac{w_i}{w_j} \lesssim u_{ij}(\alpha)$$

نماد $\lesssim$ بیانگر " تقریبا کوچک‌تر یا مساوی" می‌باشد. نامعادله بالا، برابر با ۲ محدودیت فازی زیر می‌باشد:

$$\begin{aligned} w_i - w_j u_{ij}(\alpha) &\lesssim 0 \\ -w_i - w_j l_{ij}(\alpha) &\lesssim 0 \end{aligned} \qquad (۱)$$

بنابراین با 2m محدودیت فازی روبرو می‌باشیم که می‌توانیم به‌صورت زیر نمایش دهیم.

$RW \lesssim 0 \quad R \epsilon R^{2m \times n}$

سطر K ام $R_k w \lesssim 0 \ , k = 1,2, \dots, 2m$ ارائه‌دهنده محدودیت خطی فازی زیر می‌باشد که می‌توانیم تابع عضویت این محدودیت را به صورت زیر نمایش دهیم:

$$\mu_k(R_k w) = \begin{cases} 1 - \frac{R_k w}{d_k} & R_k w \leq d_k \\ 0 & R_k w > d_k \end{cases} \qquad (۲)$$

که d_K انحراف سطر k ام می‌باشد و بیانگر بازه قابل قبول برای محدودیت قطعی $R_k w \leq 0$ می‌باشد.$\mu_k(R_k w)$ را به‌عنوان تابع عضویت محدودیت فازی $R_k w \lesssim 0$ بر روی سادک[1] n-1 بعدی زیر قرار می‌دهیم:

$$Q^{n-1} = \{(w_1, \dots, w_n) \Big| \sum_{i=1}^{n} w_i = 1, w_i > 0 \}$$

تعریف ۱: ناحیه موجه فازی[2] $\tilde{p}$ بر روی سادک Q^{n-1} یک مجموعه فازی است که به‌وسیله تابع عضویت زیر بیان می‌گردد:

1. Simplex
2. Fuzzy Feasible Area

$$\mu_{\tilde{p}}(w) = [\min\{\mu_1(R_1 w), \dots, \mu_m(R_m w)\} \mid w_1 + \cdots + w_n = 1]$$

ناحیه موجه $\tilde{p}$ به‌عنوان اشتراک تمامی محدودیت‌های فازی بر روی سادک معرفی می‌گردد. اگر بازه‌های ابتدایی ناسازگار باشند، با انتخاب d_K های به اندازه کافی بزرگ، می‌توانیم یک ناحیه موجه غیرتهی به دست آوریم. و به‌سادگی می‌توان نشان داد که یک ناحیه موجه ناتهی $\tilde{p}$ بر روی سادک Q^{n-1}، یک مجموعه فازی محدب می‌باشد [۱۲]. مجموعه فازی محدب $\tilde{p}$، رضایت کلی تصمیم‌گیرنده را به وسیله بردار قطعی W نشان می‌دهد. بنابراین منطقی است که به‌دنبال W باشیم که رضایت کلی تصمیم‌گیرنده را بیشینه کند.

تعریف ۲: راه حل بیشینه، یک بردار قطعی w^* می‌باشد به‌طوری که بیشینه منطقه موجه فازی می‌باشد.

$$\mu_{\tilde{p}}(w^*) = \max[\ \min\{\mu_1(R_1 w), \dots, \mu_m(R_m w)\} \mid w_1 + \cdots + w_n = 1] \quad (۳)$$

بنابراین از آنجایی که منطقه موجه فازی $\tilde{p}$ یک مجموعه محدب می‌باشد و تمامی محدودیت‌های فازی به‌عنوان مجموعه‌های محدب معرفی شدند، همواره یک بردار w^* برروی سیمپلکس Q^{n-1} وجود دارد؛ به‌طوری که دارای بیشینه مقدار در مجموعه فازی $\tilde{p}$ می‌باشد.

عملگر max-min برای به‌دست آوردن راه حل بیشینه برای تصمیم‌گیری در حالتی که محدودیت‌ها و تابع هدف فازی می‌باشند، توسط بلمن و زاده ارائه گردید. با معرفی متغیر جدید λ که اندازه‌گیرنده درجه عضویت بردار وزن w^* در ناحیه موجه فازی $\tilde{p}$ می‌باشد و استفاده از (۱) و (۲) و (۳)، می‌توانیم مدل برنامه‌ریزی خطی قطعی زیر را به‌دست آوردن بردار وزن بهینه ارائه دهیم:

$$Max\ \lambda$$
$$\text{subj to}: d_k\lambda + R_k w \le d_k$$
$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1, w_i \ge 0, i = 1, \dots, n, k = 1,2,..,2m$$

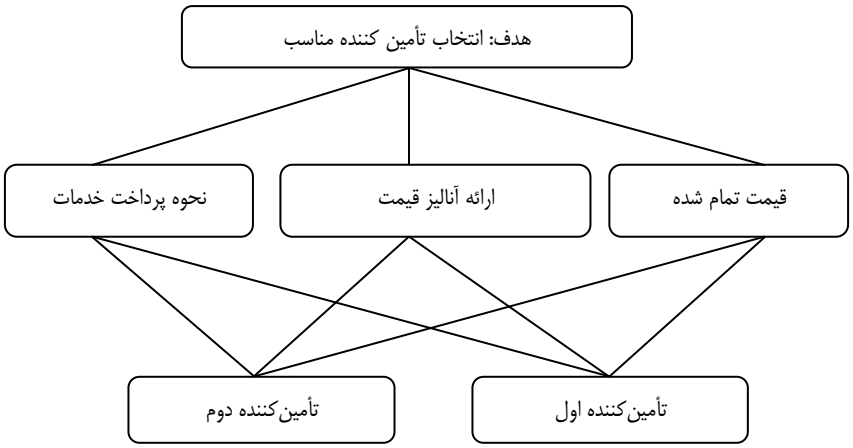
جواب بهینه مسأله برنامه‌ریزی خطی بالا، بردار (w^*, λ^*) می‌باشد. w^* بیانگر بردار وزن که دارای مقدار بیشینه در منطقه موجه می‌باشد و λ^* بیانگر درجه عضویت بردار w^* می‌باشد.

$\lambda^* = \mu_{\tilde{p}}(w^*)$ مقدار درجه رضایت تصمیم‌گیرنده را به ازای بردار w^* نشان می‌دهد. بنابراین می‌تواند به‌عنوان یک شاخص مناسب برای اندازه‌گیری سازگاری مقایسات مورد استفاده قرار گیرد. میخائیلوف بیان کرده است که $\lambda \cong 1$ (تقریباً بزرگ‌تر از ۱) نشان‌دهنده سازگاری مقایسات می‌باشد [۱۲].

مثالی در مورد استفاده از روش میخائیلوف. استفاده از روش میخاویلوف برای محاسبه اوزان معیارهای مشخص شده در هر سطح، با توجه به ماتریس‌های ۴ *۴ مورد نیاز این مسأله به صورت دستی، کاری زمانبر و طولانی است و در این صفحات محدود نمی‌گنجد؛ بنابراین با ذکر مثالی کوتاه و مختصر، سعی می‌کنیم مفهوم مورد نظر را به‌صورت شفاف بیان کنیم:

به‌منظور انتخاب از بین دو تأمین‌کننده با توجه به معیار قیمت و سه زیر معیار قیمت تمام شده، ارائه آنالیز قیمت و نحوه پرداخت خدمات، از روش میخائیلوف استفاده می‌کنیم:

درخت تصمیم به‌صورت زیر در نظر گرفته شده است:



شکل ۱. درخت تصمیم

براساس نظرات کسب شده از پرسشنامه، معیارها و گزینه‌ها به‌صورت زیر تحت مقایسات زوجی فازی قرار گرفته‌اند:

$$\widetilde{D}=\begin{array}{c} \begin{matrix} \text{نحوه پرداخت} & \text{آنالیز قیمت} & \text{قیمت تمام شده} \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} — & — & — \\ (۳/۵,۴.۴/۵) & — & — \\ (۷/۵,۸,۸/۵) & (۱/۵,۲,۲/۵) & — \end{bmatrix} \end{array}$$

آنالیز قیمت $(\tilde{B})$: $\begin{bmatrix} - & - \\ (۲/۵,۳,۳/۵) & - \end{bmatrix}$

نحوه پرداخت $(\tilde{A})$: $\begin{bmatrix} - & (۴/۵,۵,۵/۵) \\ - & - \end{bmatrix}$

قیمت تمام شده $(\tilde{C})$: $\begin{bmatrix} - & - \\ (۱/۵,۲,۲/۵) & - \end{bmatrix}$

درایه‌های ماتریس‌های توافقی، به‌ازای $\alpha=0$ بدون تغییر به‌صورت فوق باقی می‌مانند.

به‌عنوان نمونه، مدل برنامه‌ریزی برای ماتریس $(\tilde{C})$ و با تعیین انحراف برابر با۱، به‌صورت زیر تنظیم می‌شود:

$$\begin{aligned} &\text{Max } \lambda && \text{Max } \lambda \\ &\text{s.t.} && \text{s.t.} \\ &1\times\lambda + w_2 - w_1 u_{21}(0) \le 1 && 1\times\lambda + w_2 - 4.5\times w_1 \le 1 \\ &1\times\lambda - w_2 + w_1 l_{21}(0) \le 1 && 1\times\lambda - w_2 + 3.5\times w_1 \le 1 \\ &1\times\lambda + w_3 - w_1 u_{31}(0) \le 1 && 1\times\lambda + w_3 - 8.5\times w_1 \le 1 \\ &1\times\lambda - w_3 + w_1 l_{31}(0) \le 1 && 1\times\lambda - w_3 + 7.5\times w_1 \le 1 \\ &1\times\lambda + w_3 - w_1 u_{32}(0) \le 1 && 1\times\lambda + w_3 - 2.5\times w_2 \le 1 \\ &1\times\lambda - w_3 + w_2 l_{32}(0) \le 1 && 1\times\lambda - w_3 + 1.5\times w_2 \le 1 \\ &\textstyle\sum_{i=1}^{n} w_i = 1, w_i \ge 0\ , i = 1,2,3\ ; && \textstyle\sum_{i=1}^{n} w_i = 1, w_i \ge 0\ , i = 1,2,3\ ; \end{aligned}$$

با حل این مدل و نیز مدل‌های مرتبط با سه ماتریس دیگر به‌ازای مقادیر مختلف α، نتایج به‌صورت جدول ۲ به‌دست می‌آید:

جدول ۲. اوزان ماتریس‌ها

	ماتریس $(\tilde{D})$				ماتریس $(\tilde{A})$				ماتریس $(\tilde{B})$		ماتریس $(\tilde{C})$		
	W1	W_2	W_3	λ	W	W	λ	W_1	W	λ	W	W	λ
α=۰	۰/۰۷۷	۰/۳۰۸	۰/۶۱۵	۱/۰۳۸	۰/۱۷	۰/۸۳	۱/۰۸۳	۰/۲۵	۰/۷۵	۰/۱۲۵	۰/۳۳	۰/۶۷	۱/۶۶۷
α=۰/۱	۰/۰۷۷	۰/۳۰۸	۰/۶۱۵	۱/۰۳۵	۰/۱۷	۰/۸۳	۱/۰۷۵	۰/۲۵	۰/۷۵	۱/۱۱۲۵	۰/۳۳	۰/۶۷	۱/۱۵
α=۰/۲	۰/۰۷۷	۰/۳۰۸	۰/۶۱۵	۱/۰۳۱	۰/۱۷	۰/۸۳	۱/۰۶۷	۰/۲۵	۰/۷۵	۱/۱	۰/۳۳	۰/۶۷	۱/۱۳
⋮		۰/۳۰۸	۰/۶۱۵	⋮	۰/۱۷	۰/۸۳	⋮	۰/۲۵	۰/۷۵	⋮	۰/۳۳	۰/۶۷	⋮
α=۱	۰/۰۷۷	۰/۳۰۸	۰/۶۱۵	۱	۰/۱۷	۰/۸۳	۱	۰/۲۵	۰/۷۵	۱	۰/۳۳	۰/۶۷	۱

مشاهده می‌شود که مقدار λ به ازای تمامی برش‌های α، بزرگ‌تر یا مساوی یک است و این نشان از سازگاری کامل ماتریس‌های قضاوت فازی دارد. به‌علت سازگاری کامل و نیز متقارن بودن قضاوت‌های فازی، مقادیر وزن‌ها برای هر ماتریس در مقادیر مختلف α برابر هستند.

$$r_1(0) = \sum_{i=1}^{n} 0.17 \times 0.077 + 0.25 \times 0.308 + 0.33 \times 0.615 = 0.294$$

$$r_2(0) = \sum_{i=1}^{n} 0.83 \times 0.077 + 0.75 \times 0.308 + 0.67 \times 0.615 = 0.706$$

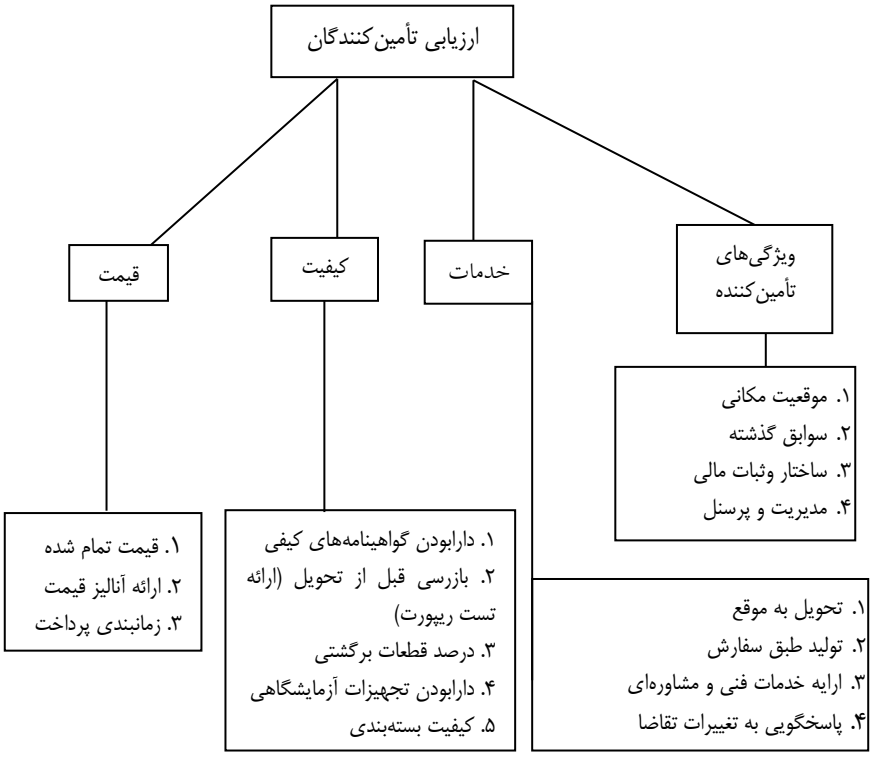
باتوجه به ثابت بودن مقادیر وزن‌ها، r_1 برای سایر برش‌های α نیز معادل همین مقدار می‌شود.

با توجه به اینکه در تمامی مقادیر برش α، وزن تأمین‌کننده اول بیشتر از وزن تأمین‌کننده دوم است، بنابراین تأمین‌کننده اول انتخاب می‌شود.

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

فرآیند انجام تحقیق. فرآیند انجام تحقیق شامل دو مرحله می‌باشد: مرحله اول شامل به‌دست آوردن رتبه نهایی تأمین‌کنندگان و مرحله دوم شامل به‌دست آوردن سبد بهینه خرید شرکت می‌باشد. مرحله اول تحقیق شامل گام‌های زیر می‌باشد:

شناسایی معیارهای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان و تشکیل ساختار سلسله مراتبی. در این گام با استفاده از پیشینه تحقیق و معیارهای کلاسیک ارزیابی تأمین‌کنندگان و همچنین استفاده از نظرات کارشناسان شرکت که از طریق پرسشنامه جمع‌آوری شده، ساختار سلسله مراتبی زیر تشکیل شد:



شکل ۲. نمودار ساختار سلسله مراتبی

محاسبه وزن نهایی معیارها و زیر معیارهای مسأله. در این گام با استفاده از پرسشنامه‌هایی که براساس ماتریس مقایسات زوجی بنا نهاده شده بود، وزن نهایی زیر معیارها به‌صورت جدول ۳ به‌دست آمد.

جدول ۳. وزن نهایی معیارهای ارزیابی

سرگروه‌ها	وزن سرگروه‌ها	زیرمعیارها	وزن نهایی زیرمعیارها
قیمت	۰/۴۷	قیمت تمام شده	۰/۳۲۹
		ارائه آنالیز قیمت	۰/۰۵۱
		نحوه پرداخت بهای مواد	۰/۰۸۹
کیفیت	۰/۳۷	دارابودن گواهینامه‌های کیفی	۰/۱۵۱
		درصد قطعات برگشتی	۰/۱۲۲
		کیفیت بسته‌بندی و حمل‌ونقل	۰/۰۴۰
		دارابودن تجهیزات آزمایشگاهی	۰/۰۲۲
		بازرسی قیل از تحویل	۰/۰۳۳
خدمات	۰/۰۷	تحویل به موقع	۰/۰۲۳
		تولید طبق سفارش	۰/۰۳۴
		ارائه خدمات فنی و مشاوره‌ای	۰/۰۰۴
		پاسخگویی به تغییرات تقاضا	۰/۰۰۷
ویژگی‌های تأمین‌کننده	۰/۰۸	موقعیت مکانی	۰/۰۰۶
		سوابق گذشته	۰/۰۳۴
		ساختار وثبات مالی	۰/۰۱۴
		مدیریت و پرسنل	۰/۰۲۸

محاسبه وزن نهایی تأمین‌کنندگان با توجه به معیارهای ارزیابی. در این گام، تمامی تأمین‌کنندگان شرکت نسبت به ۱۶ معیار شناسایی‌شده، مورد ارزیابی قرار گرفتند. سپس رتبه نهایی آن‌ها از حاصل‌ضرب وزن نسبی آن‌ها نسبت به معیارها در وزن نهایی زیر معیارها و جمع بستن بر روی تمام معیارها به‌دست آمد.

$$R_k = \sum w_{gi} \times R_{ik}$$

R_k : وزن نهایی تأمین کننده k ام

w_{gi} : وزن نهایی زیرمعیار i ام

جدول ۴. وزن نهایی تأمین‌کنندگان

تأمین‌کنندگان	وزن نهایی
A	۰/۲۲۶
B	۰/۲۰۲
C	۰/۳۰۸
D	۰/۲۵۱

به‌دست آوردن سبد بهینه شرکت. در این مرحله با طراحی یک مدل برنامه‌ریزی خطی فازی که شامل یک تابع هدف و چند محدودیت بود، سبد بهینه شرکت به‌دست آمد. الگوریتم مورد استفاده در این مرحله، الگوریتم زیمرمن[1] می‌باشد که مبتنی بر استفاده از عملگر ماکسی‌مین است. مدل طراحی شده یک مدل برنامه‌ریزی خطی فازی نامتقارن با مقادیر سمت راست فازی می‌باشد.

الگوریتم زیمرمن با استفاده از تعریف تابع عضویت برای هریک از محدودیت‌ها، از مدل زیر، مدل‌های برنامه‌ریزی خطی نامتقارن را به یک مدل برنامه‌ریزی خطی قطعی تبدیل می‌کند.

$$\begin{aligned} &\text{Max } \lambda \\ &\text{s.t.} \\ &C^T X - (f_1 - f_0)\lambda \geq f_0 \\ &AX + p\gamma \leq b + p \\ &DX \leq d \\ &\lambda, X \geq 0 \end{aligned}$$

در مدل فوق f_1 مقدار تابع هدف قطعی مسأله است و هنگامی که کلیه محدودیت‌های فازی مسأله به‌صورت قطعی و با اضافه کردن مقدار انحرافات مجاز (p) به مقدار سمت راست (b) اصلاح شده‌اند، به‌دست می‌آید. همچنین f_0 مقدار تابع هدف مسأله است و هنگامی که کلیه محدودیت‌های فازی به‌صورت قطعی در نظر گرفته شوند، به‌دست می‌آید و متغیر λ اندازه‌گیرنده میزان تابع عضویت ادغامی (اشتراک) کلیه محدودیت‌های فازی و تابع هدف فازی شده مسأله می‌باشد. تابع هدف مدل و محدودیت‌های مدل به شرح زیر می‌باشند:

تابع هدف مدل. تابع هدف مدل عبارت است از بیشینه‌سازی مطلوبیت سبد خرید مواد اولیه شرکت که مدل ریاضی آن به‌صورت زیر می‌باشد:

$$U = \sum R_i \times X_i$$

R_i : وزن نهایی تأمین‌کننده i ام

X_i : میزان خرید از تأمین‌کننده i ام

محدودیت میزان تقاضای شرکت. این محدودیت به این نکته اشاره دارد که حجم سبد باید برابر با میزان تقاضای شرکت باشد، اما از آنجایی که کلیه محدودیت‌های مدل به‌صورت فازی در نظر گرفته شده‌اند، طبق نظر مدیران شرکت یک انحراف مجاز برای این محدودیت در نظر می‌گیریم. میزان تقاضای شرکت و همچنین انحراف مجاز از آن در جدول ۵ نشان داده شده است.

1. Zimermman

جدول ۵. میزان تقاضای شرکت

میزان انحراف مجاز (متر)	میزان تقاضا (متر)	
۵۰۰	۱۰ هزار	شرکت الکتریک خودرو

تابع عضویت این محدودیت به‌صورت زیر می‌باشد:

$$\mu(d) = \begin{cases} 1 & \text{if} \quad d = 1000 \\ 1 - \dfrac{d - 1000}{500} & \text{if } 10000 < d \leq 10500 \\ 1 - \dfrac{10000 - d}{500} & \text{if } 9500 < d < 10000 \\ 0 & \text{o.w} \end{cases}$$

در این تابع متغیر d میزان انحراف مجاز محدودیت تقاضا می‌باشد. همان‌طور که از تابع ریاضی مشخص است، اگر میزان تقاضا دقیقاً برابر با ۱۰۰۰۰ واحد باشد، درجه تابع عضویت برابر با یک و در صورتی که از میزان تقاضا انحراف داشته باشیم، به تناسب میزان انحراف، از درجه تابع عضویت کاسته می‌شود. همچنین اگر میزان انحرافات بیش از ۵۰۰ واحد باشد، درجه عضویت صفر می‌گردد و این مقدار قابل قبول نخواهد بود.

محدودیت مربوط به تأمین‌کنندگان. سیاست خرید شرکت، داشتن چند تأمین‌کننده می‌باشد. بنابراین تمامی تقاضا را نمی‌توان به‌وسیله بهترین منبع تأمین کرد که این امر دلایل خاص خود را دارد. بنابراین طبق نظر کارشناسان شرکت، میزان حداقل و حداکثر خرید از هر منبع به‌صورت جدول زیر بیان شد و انحراف مجاز از حدود نیز ۱۰۰ متر تعیین شد.

جدول ۶. محدودیت‌های مربوط به تأمین‌کنندگان

تأمین کننده	میزان حداقل خرید (متر)	میزان حداکثر خرید (متر)	انحراف مجاز (متر)
A	۱۵۰۰	۲۵۰۰	۱۰۰
B	۲۵۰۰	۴۰۰۰	۱۰۰
C	۱۰۰۰	۳۰۰۰	۱۰۰
D	۳۰۰۰	۶۰۰۰	۱۰۰

محدودیت مربوط به سطح مطلوب کیفیت. این محدودیت بیانگر این است که میانگین موزون قطعات معیوب، نباید از حد معینی بیشتر باشد. جدول ۷ درصد قطعات برگشتی تأمین‌کنندگان براساس سابقه تاریخی آن‌ها می‌باشد.

جدول ۷. درصد قطعات برگشتی تأمین‌کنندگان

تأمین کننده	درصد قطعات برگشتی
A	۱/۵ درصد
B	۱درصد
C	۲/۵ درصد
D	۳ درصد

مدل ریاضی این محدودیت به شکل زیر می‌باشد:

$$r = \frac{0.015\,x_a + 0.01\,x_b + 0.025\,x_c + 0.03\,x_d}{x_a + x_b + x_c + x_d} \leq 0.02$$

که ۰/۰۲ حداکثر قابل قبول درصد قطعات برگشتی سبد می‌باشد.

اما این محدودیت را نیز به‌صورت فازی در نظر گرفته و یک انحراف قابل قبول برای آن در نظر می‌گیریم که براساس نظر مدیریت شرکت، انحراف مجاز ۰/۵درصد انتخاب شد. بنابراین تابع عضویت محدودیت بالا به شکل زیر می‌باشد:

$$\mu(r) = \begin{cases} 1 & if \quad r \leq 0.02 \\ 1 - \dfrac{r - 0.02}{0.005} & if \quad 0.02 \leq r \leq 0.025 \\ 0 & if \quad r \geq 0.025 \end{cases}$$

تفسیر تابع عضویت فوق نیز همانند تفسیر ارائه شده برای تابع عضویت محدودیت تقاضا می‌باشد.

سبد بهینه خرید شرکت. بنابراین با توجه به تابع هدف و محدودیت‌های فازی ارائه شده، مدل برنامه‌ریزی خطی فازی طراحی شده جهت حل مسأله پرتفوی بهینه به‌صورت زیر خواهد بود:

$$Max\ U = \sum R_i\,x_i = 0.245\,x_a + 0.223\,x_b + 0.249\,x_c + 0.269\,x_d$$
$$\text{s.t.} \quad x_a + x_b + x_c + x_d \cong 10000$$

$$\frac{0.015\,x_a + 0.001\,x_b + 0.0025\,x_c + 0.003\,x_d}{x_a + x_b + x_c + x_d} \lesssim 0.002$$

$$1500 \lesssim x_a \lesssim 2500, 2500 \lesssim x_b \lesssim 4000, 1000, \lesssim x_c \lesssim 3000, 3000 \lesssim x_d \lesssim 6000$$

در مدل مذکور x_a, x_c, x_b, x_d مقدار بهینه سفارش از هریک از تأمین‌کنندگان و علامت‌های $\lesssim$ و $\cong$ بیانگر حالات تقریباً کوچک‌تر یا مساوی و تقریباً مساوی می‌باشند، سپس با استفاده از الگوریتم زیمرمن، مدل برنامه‌ریزی خطی فازی نامتقارن طراحی شده به مدل برنامه‌ریزی خطی زیر تبدیل و جواب بهینه به شرح جدول ۸ به دست آمد:

$$\begin{aligned}
&Max\ \lambda \\
&s.t. \\
&-226933\,\lambda + 226\,x_a + 202\,x_b + 308\,x_c + 251 x_d \geq 2432667 \\
&-500\,\lambda + x_a + x_b + x_c + x_d \geq 9500 \\
&500\,\lambda + x_a + x_b + x_c + x_d \leq 10500 \\
&100\,\lambda + x_a \leq 2600 \\
&-100\,\lambda + x_a \leq 1400 \\
&100\,\lambda + x_b \leq 4100 \\
&-100\,\lambda + x_b \leq 2400 \\
&100\,\lambda + x_c \leq 3100 \\
&-100\,\lambda + x_c \leq 900 \\
&100\,\lambda + x_d \leq 6100 \\
&-100\,\lambda + x_d \leq 2900 \\
&0.005\,\lambda - 0.056\,x_a - 0.01\,x_b + 0.005\,x_c + 0.01\,x_d \leq 0.005 \\
&x_a + x_b + x_c + x_d \geq 0
\end{aligned}$$

جدول ۸. سبد بهینه خرید شرکت الکتریک خودرو

تأمین کننده	میزان خرید (متر)
A	۱۴۴۰
B	۳۴۶۰
C	۲۴۷۰
D	۲۹۴۰

در مقایسه‌ای که بین سبد خرید فعلی شرکت و سبد پیشنهادی مدل صورت گرفت میزان مطلوبیت سبد پیشنهادی ۳ درصد افزایش را نشان می‌داد.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین تصمیمات در حوزه مدیریت زنجیره تأمین، توجه زیادی را در بخش‌های پژوهشی و کاربردی جلب نموده است. در این پژوهش به دو بخش اساسی در این زمینه پرداخته شد. در ابتدا تأمین‌کنندگان شرکت با در نظر گرفتن ۱۳ معیار، مورد ارزیابی قرار گرفتند. در بخش دوم نیز با طراحی یک مدل برنامه‌ریزی خطی فازی، به مسأله انتخاب تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن محدودیت‌هایی همچون بودجه پرداخته شد.

سبد خرید پیشنهادی این مدل، بهبود ۳ درصدی را در مقایسه با سبد خرید فعلی نشان می‌دهد. همچنین مدل طراحی شده می‌تواند به‌عنوان یک مدل جامع در هر دو بخش ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان، مورد استفاده قرار گیرد. از مزایای دیگر مدل، می‌توان به قابلیت آن در لحاظ کردن عدم قطعیت با توجه به استفاده از منطق فازی در هر دو بخش اشاره کرد که منجر به ارائه جواب‌های کاراتر می‌گردد.

منابع

۱. زنجیرچی، م. (۱۳۹۰). *فرآیند تحلیل سلسله مراتب فازی*، انتشارات صانعی.

2. Amid, A., Ghodsypour, S. H., & O'Brien, C. (2006). Fuzzy multiobjective linear model for supplier selection in a supply chain. *International Journal of Production Economics, 104*(2), 394-407.
3. Carter, J. R., Maltz, A., Maltz, E., Goh, M., & Yan, T. (2010). Impact of culture on supplier selection decision making. *International Journal of Logistics Management, 21*(3), 353 - 374.
4. Chen, Y. M., & Huang, P.-N. (2007). Bi-negotiation integrated AHP in suppliers selection. *International Journal of Operations & Production Management, 27*(11), 1254 - 1274.
5. Chan, F. T. S., & Kumar, N. (2007). Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach. *omega, 35*(4), 417-431.
6. Gencer, C., & Gürpinar, D. (2007). Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm. *Applied Mathematical Modelling, 31*(11), 2475-2486.
7. Amin, S. H., & Razmi, J. (2009). An integrated fuzzy model for supplier management: A case study of ISP selection and evaluation. *Expert Systems with Applications, 36*(4), 8639-8648.
8. Jain, V., & Benyoucef, L. (2008). Managing long supply chain networks: some emerging issues and challenges. *Journal of Manufacturing Technology Management, 19*(4), 469 - 496.
9. Kaufmann, L., Carter, C. R., & Buhrmann, C. (2010). Debiasing the supplier selection decision: a taxonomy and conceptualization. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 40*(10), 792 - 821
10. Kirytopoulos, K., Leopoulos, V., & Voulgaridou, D. (2008). Supplier selection in pharmaceutical industry: An analytic network process approach. *Benchmarking: An International Journal, 15*(4), 494 - 516.
11. Kahraman, C., Ertay, T., & Büyüközkan, G. (2006). A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach. *European Journal of Operational Research, 171*(2), 390-411.
12. Micheli, G. J. L. (2008). A decision-maker-centred supplier selection approach for critical supplies. *Management Decision, 46*(6), 918 - 932.
13. Mikhailov, L. (2003). Deriving priorities from fuzzy pairwise comparison judgements. *Fuzzy Sets and Systems, 134*(3), 365-385. doi: 10.1016/s0165-0114(02)00383-4
14. Pi, W.-N., & Low, C. (2006). Supplier evaluation and selection via Taguchi loss functions and an AHP. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 27*(5), 625-630.
15. Park, J., Shin, K., Chang, T.-W., & Park, J. (2010). An integrative framework for supplier relationship managemen. *Industrial Management & Data Systems, 110*(4), 495 - 515.
16. Perçin, S. (2008). Use of fuzzy AHP for evaluating the benefits of information-sharing decisions in a supply chain. *Journal of Enterprise Information Management, 21*(3), 263 - 284.

17. Saen, R. F. (2008). Using super-efficiency analysis for ranking suppliers in the presence of volume discount offers. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 38*(8), 637 - 651.
18. Sevkli, M., Koh, S. C. L., Zaim, S., Demirbag, M., & Tatoglu, E. (Hybrid analytical hierarchy process model for supplier selection). 2008. *Industrial Management & Data Systems, 108*(1), 122 - 142.
19. Sezen, B. (2008). Relative effects of design, integration and information sharing on supply chain performance. *Supply Chain Management: An International Journal, 13*(3), 233 - 240.
20. Stadtler, H. (2005). Supply chain management and advanced planning—basics, overview and challenges. *European Journal of Operational Research, 163*(3), 575-588.
21. Wu, L.-C. (2009). Supplier selection under uncertainty: a switching options perspective. *Industrial Management & Data Systems, 109*(2), 191 - 205.
22. Lee, T.-R. J.-S., T. P. N. Le, et al. (2012). Using FAHP to determine the criteria for partner's selection within a green supply chain. Manufacturing Technology Management 23(1),25-55.
23. Srivastava, S. K. (2007). Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews, 9*(1), 53-80.