چشم‌انداز مدیریت صنعتی
شماره ۴ ـ زمستان ۱۳۹۰
ص‌ص ۱۰۵ -۸۱

طراحی مدل غیرخطی فازی انتخاب تأمین‌کننده در حالت منبع‌یابی چندگانه

مسعود ربیعه*، مجید اسماعیلیان**

چکیده

افزایش رقابت جهانی، از یک سو، و متنوع شدن تقاضاهای مشتریان در محیط کسب‌وکار امروز، از سوی دیگر، موجب شده است که هزینه‌ها به سرعت در حال افزایش و سودآوری در حال کاهش باشد. انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب می‌تواند هزینه‌های خرید را بسیار کاهش و رقابت‌پذیری سازمان را افزایش دهد، زیرا در بیشتر صنایع، هزینه مواد خام و اجزای تشکیل دهنده، بخش بزرگی از بهای تمام شده محصول را تشکیل می‌دهد. در این تحقیق، واحد آگلومراسیون شرکت سهامی ذوب‌آهن، به‌عنوان واحد مورد بررسی، انتخاب شد و با استفاده از روش‌های ABC و VED به طبقه‌بندی موجودی‌های (مواد اولیه مورد نیاز) این واحد پرداخته شد. دو ماده اولیه به‌عنوان مهم‌ترین‌ها شناسایی شدند و مدل تأمین آن‌ها با لحاظ ترکیب بهینه مصرف، هزینه‌های کل لجستیک، ویژگی‌های تأمین‌کنندگان و شرکت خریدار طراحی گردید. در این تحقیق، یک مدل غیرخطی فازی عدد صحیح مختلط طراحی گردید و پارامترهای مدل، با استفاده از داده‌های سه سال گذشته شرکت، محاسبه شد. با استفاده از داده‌های دو سال متوالی، ارزیابی عملکرد مدل آزمون شد. مدل مذکور، نسبت به هزینه واقعی در دو سال متوالی، به‌ترتیب، ۹/۵۷ درصد و ۶/۴۹ درصد کاهش هزینه را نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: انتخاب تأمین‌کننده؛ منبع‌یابی چندگانه؛ کنترل موجودی؛ هزینه‌های لجستیک؛ مدل ریاضی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۰۲/۲۵، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۰۴/۱۳.

* دانش‌آموخته دکتری، دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول).
E-mail: Masood.Rabieh@gmail.com
** استادیار، دانشگاه اصفهان.

۱. مقدمه

با افزایش اهمیت خرید و تدارکات، تصمیمات خرید از اهمیت بیشتری برخوردار شده است. از آنجا که امروزه سازمان‌ها بیشتر به تأمین‌کنندگان وابسته شده‌اند، پیامدهای مستقیم و غیرمستقیم تصمیم‌گیری‌های ضعیف، وخیم‌تر جلوه می‌کند [۷]. در بیشتر صنایع، هزینه مواد خام و اجزای تشکیل‌دهنده، بخش بزرگی از بهای تمام شده محصول را تشکیل می‌دهد [۹]. در چنین شرایطی، واحد تدارکات می‌تواند نقشی کلیدی در کارایی و اثربخشی سازمان ایفا نماید و تأثیر مستقیم بر کاهش هزینه‌ها، سودآوری و انعطاف‌پذیری داشته باشد [۸].

در حقیقت، انتخاب مجموعه مناسبی از عرضه‌کنندگان، عاملی بسیار مهم برای موفقیت یک شرکت می‌باشد و لذا در طی سالیان طولانی بر انتخاب عرضه‌کننده تأکید شده است [۲۱]. اخیراً با ظهور مدیریت زنجیره تأمین (SCM)[1] بیشتر محققین، دانشمندان و مدیران پی برده‌اند که انتخاب عرضه‌کننده مناسب و مدیریت آن، ابزاری است که از آن می‌توان برای افزایش رقابت‌پذیری زنجیره عرضه استفاده نمود [۱۴]. اساساً مسائل مرتبط با انتخاب عرضه‌کننده از دو نوع می‌باشند:

- انتخاب عرضه‌کننده در هنگامی که هیچ محدودیتی نیست. به‌عبارتی، تک‌تک عرضه‌کنندگان قادرند که نیازهای خریدار از جمله میزان تقاضا، کیفیت، زمان تحویل و غیره را برآورده سازند.
- انتخاب عرضه‌کننده در حالتی که محدودیت‌هایی در ظرفیت و کیفیت محصول وجود دارد. به عبارتی، یک عرضه‌کننده، به‌تنهایی قادر به برآورده ساختن احتیاجات خریدار نمی‌باشد و خریدار ناگریز است بخشی از تقاضایش را از یک عرضه‌کننده و بخش دیگر تقاضایش را از عرضه‌کننده دیگری تأمین نماید تا کمبود ظرفیت یا کیفیت پایین محصول ارائه شده توسط عرضه‌کننده اول را جبران سازد.

درحالت اول، یک عرضه‌کننده می‌تواند تمام نیازهای خریدار را برآورده سازد (منبع‌یابی منحصر به فرد). در این حالت، مدیریت تنها باید یک تصمیم بگیرد و آن اینکه کدام عرضه‌کننده، بهترین است. در حالت دوم، هیچ یک از عرضه‌کنندگان، به تنهایی، قادر نیستند که تمامی احتیاجات خریدار را برآورده سازند. لذا بیشتر از یک عرضه‌کننده باید انتخاب گردد (منبع‌یابی چندگانه). در این حالت، مدیریت باید دو تصمیم بگیرد: ۱. کدام عرضه‌کنندگان، بهترین هستند؟ ۲. چه مقدار خرید از هر یک از عرضه‌کنندگان انتخابی باید داشت؟ [۹]. درخصوص منبع‌یابی چندگانه، تحقیقات محدودی انجام شده و مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی محدودی برای تحلیل چنین تصمیماتی ارائه شده است. در بیشتر این مدل‌ها تنها قیمت خالص[2] مد نظر قرار گرفته است و سایر هزینه‌های مرتبط با خرید –مثل هزینه‌های حمل‌ونقل، سفارش و نگهداری موجودی که از اهمیت قابل ملاحظه‌ای هم برخوردار است– لحاظ نشده‌اند [۸]. در مقاله حاضر، منبع‌یابی

چندگانه با لحاظ کردن کل هزینه‌های تدارکات (لجستیک) –مثل حمل‌ونقل، سفارش، نگهداری موجودی و هزینه افت وزن– مطرح می‌باشد. ساختار مقاله از این قرار است: مبانی و چارچوب نظری تحقیق، روش‌شناسی تحقیق و مدل‌سازی ریاضی، نتایج حل مدل‌ها و بحث و نتیجه‌گیری.

۲. مبانی و چارچوب نظری تحقیق

بنتون[1] یک برنامه غیرخطی و یک روش ابتکاری را با استفاده از Lagrangian relaxation ارائه نمود که هدف از آن، انتخاب عرضه‌کننده در صورت وجود اقلام چندگانه[2]، محدودیت‌های منابع و تخفیفات مقداری است [۵].

هونگ و هایا[3] به تجزیه‌وتحلیل خرید و تدارکات در شرایط JIT پرداخته‌اند. آن‌ها تقسیم یک سفارش بزرگ را بین تحویل‌دهندگان چندگانه یا عرضه‌کنندگان چندگانه به‌منظور کاهش اندازه دسته سفارش مورد بحث قرار داده‌اند [۱۲].

"قدسی‌پور و اُبراین" یک سیستم پشتیبانی تصمیم (DSS) را به‌منظور کاهش تعداد عرضه‌کنندگان ارائه کرده‌اند. آن‌ها از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) و برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط در DSS استفاده نموده‌اند [۱۰].

آن‌ها همچنین یک مدل برنامه‌ریزی خطی مختلط با AHP را توسعه داده‌اند که می‌تواند به مدیران کمک کند تا ویژگی‌های کیفی و فاکتورهای کمی مورد استفاده در فعالیت‌های خرید و تدارکات را در قالب یک روش نظاممند قرار دهند [۹].

ورما و پولمن[4] به تجزیه‌وتحلیل فرآیند انتخاب عرضه‌کننده در یک محیط تجربی پرداخته‌اند. ایشان بیان می‌دارند که مشتریان، عرضه‌کنندگان را بر مبنای اهمیت نسبی شاخص‌های مختلفی –همچون کیفیت، قیمت، انعطاف‌پذیری و عملکرد تحویل– ارزیابی و انتخاب می‌نمایند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داده است که گرچه مدیران می‌گویند که کیفیت، مهم‌ترین شاخص عرضه‌کننده است، اما واقعیت آن است که عرضه‌کنندگان، به‌طور وسیعی، براساس دو معیار هزینه و عملکرد تحویل انتخاب گردیده‌اند [۱۸].

قدسی‌پور و اُبراین همچنین، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط را برای حل مسأله انتخاب عرضه‌کننده در حالت منبع‌یابی چندگانه ارائه نموده‌اند که کل هزینه لجستیک را مدنظر قرار می‌دهد [۸].

پرتال جامع علوم انسانی

1. Benton
2. Multiple items
3. Hong and Hayya
4. Verma and Pulman

کومار و دیگران از برنامه‌ریزی آرمانی فازی برای حل مسأله انتخاب فروشنده (عرضه‌کننده) با اهداف چندگانه استفاده کرده‌اند (با توجه به این نکته که برخی پارامترها ماهیتاً فازی هستند). آن‌ها از داده‌های دنیای واقعی برای نشان دادن اثربخشی مدل پیشنهادی استفاده نموده‌اند [۱۳].

زعیم و همکاران[1] (۲۰۰۵) در تحقیقی به‌منظور حل مسأله تصمیم‌گیری درباره چند معیار برای انتخاب تأمین‌کنندگان، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی را پیشنهاد کرده‌اند. مطالعه موردی آن‌ها درباره عرضه‌کنندگان محصولات تلویزیونی در ترکیه است. در این تحقیق، روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی با روش غیرفازی مقایسه شده نتایج نشان داد که روش فازی، روش بهتری برای ارزیابی و انتخاب عرضه‌کننده است [۲۰].

هانگ هونگ[2] و همکاران (۲۰۰۵)، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی را ارائه کردند که تغییر در قابلیت‌های تأمین‌کنندگان و نیازهای مشتری در طی دوره زمانی را لحاظ می‌کند. مدل ارائه شده برای انتخاب تأمین‌کننده در بخش کشاورزی کره‌جنوبی به‌کار گرفته شده است [۱۱].

چن و همکاران[3] (۲۰۰۵) یک روش تصمیم‌گیری فازی را برای حل مسأله انتخاب تأمین‌کننده در سیستم زنجیره تأمین (عرضه) ارائه کرده‌اند. آن‌ها بیان داشته‌اند که در سال‌های اخیر، تعیین عرضه‌کنندگان مناسب در زنجیره عرضه به موضوعی استراتژیک تبدیل شده است [۶].

باسنت و لینگ[4] (۲۰۰۵) مسأله انتخاب عرضه‌کننده را با لحاظ اندازه دسته سفارش[5] برای موجودی‌ها بررسی کرده‌اند. در این تحقیق، تقاضا برای کالاها در افق برنامه‌ریزی[6] مشخص است و هر یک از کالاها را می‌توان از مجموعه‌ای از عرضه‌کنندگان مورد تأیید خریداری کرد [۴].

جعفرنژاد و همکاران (۱۳۸۶) انتخاب تأمین‌کننده در حالت منبع‌یابی منحصر به فرد را به کمک روش‌های چندمعیاره فازی بررسی کرده‌اند [۱].

ربیعه و همکاران (۱۳۹۰) به انتخاب تأمین‌کننده استوار در شرایط عدم اطمینان در زنجیره تأمین ایران‌خودرو پرداخته و برای مدیریت عدم‌اطمینان از رویکرد برنامه‌ریزی استوار استفاده [۲].

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Zaim et al.
2. Hang Hong
3. Chen et al.
4. Basnet and Leang
5. Lot- sizing
6. Planning horizon

لی[1] و زابینسکی[2] (۲۰۱۰) در مقاله‌ای با عنوان "وارد کردن عدم‌اطمینان در یک مسأله انتخاب تأمین‌کننده" به موضوع انتخاب تأمین‌کننده استوار[3] با رویکرد برنامه‌ریزی احتمالی پرداخته‌اند. ایشان بیان می‌دارند که انتخاب تأمین‌کننده، یک تصمیم استراتژیک مهم در حوزه طراحی زنجیره تأمین می‌باشد. در این تحقیق، یک مدل برنامه‌ریزی احتمالی دو مرحله‌ای و یک مدل برنامه‌ریزی از نوع محدودیت شانس ارائه شده است که هدف از آن، تعیین مجموعه‌های حداقلی از تأمین‌کنندگان و تعیین مقدار بهینه سفارش با لحاظ تخفیف‌های مقداری است. هر دو مدل، دارای چند هدف هستند و تلاش می‌کنند بین تعداد اندکی از تأمین‌کنندگان و ریسک عدم تأمین تقاضا تعادل ایجاد کنند [۱۵]. تحقیقات اخیر، توجه روزافزون به عدم اطمینان، به‌ویژه در حوزه انتخاب تأمین‌کننده، را نمایان می سازد.

۳. روش‌شناسی تحقیق

روش مورد استفاده در این تحقیق، توصیفی-تحلیلی و به‌طور خاص مدل‌سازی ریاضی می‌باشد. اطلاعات مورد نیاز این تحقیق از طریق مصاحبه با خبرگان و کارشناسان صنعت مورد مطالعه، اسناد و مدارک موجود جمع‌آوری و تنظیم گردیده است. در این تحقیق با شناخت درست از مسأله بهینه‌سازی، مدل ریاضی مناسب طراحی و سپس به کمک داده‌های موجود پارامترهای مدل محاسبه و نهایتاً به حل مدل از طریق نرم‌افزار لینگو[4] پرداخته شده است.

مورد مطالعه. مورد مطالعه این تحقیق، واحد آگلومراسیون شرکت سهامی ذوب آهن می‌باشد. وظیفه اصلی بخش واحد یاد شده، تولید آگلومره با شرایط فنی مناسب برای مصرف در کوره بلند است. این واحد شامل انبار مواد خام، کارگاه بونکرهای مواد آماده، و کارگاه پخت است. مصرف آگلومره، در مقایسه با مصرف سنگ آهن به‌طور مستقیم، راندمان کوره بلند را ۲۵ تا ۳۰ درصد افزایش و مصرف کک را تا ۲۰ درصد کاهش می‌دهد که دلیل آن، یکنواختی آنالیز مواد شیمیایی و احیاپذیری بهتر است. برای استفاده کارا از مدل، لازم است در ابتدا به طبقه‌بندی موجودی‌ها پرداخته شود تا قطعات دارای ارزش بالا، از لحاظ شاخص‌های مختلف، در مدل‌سازی مدنظر قرار گیرند.

موجودی‌ها اقلام بسیاری هستند که برخی از آن‌ها بسیار ارزشمند (پرهزینه یا گران‌قیمت) و برخی خیلی حیاتی هستند که ممکن است با ارزش باشند یا نباشند. برخی از موجودی‌ها به‌میزان

1. Li
2. Zabinsky
3. Robust Supplier Selection
4. Lingo

زیاد و برخی به‌اندازه محدود مورد نیاز هستند. لذا برای هر کالا نوع متفاوتی از کنترل اعمال می‌گردد: برخی از موجودی‌ها نیازمند کنترل شدید هستند و برخی به کنترل دقیق و سخت نیاز ندارند. در کنترل موجودی گزینشی، موجودی‌ها با هدف به‌کارگیری نوع مناسبی از کنترل، برمبنای هزینه‌ها و اهمیت کارکردی (عملکردی)، طبقه‌بندی می‌شوند. روش‌های متداول طبقه‌بندی موجودی‌ها عبارتند از: ۱.تجزیه‌وتحلیل ABC، ۲.تجزیه‌وتحلیل VED[1]، ۳.تجزیه‌وتحلیل FNS[2].

در روش ABC، کل موجودی‌ها براساس ارزش سالیانه (نه ارزش انفرادی) آن‌ها به سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند. برخی از معایب روش ABC توسط VEDوFNS مرتفع می‌شود. در روش VED، موجودی‌ها براساس اهمیت کارکردی (عملکردی) و در روش FNS با توجه به سرعت جابجایی و نقل و انتقال، در سه طبقه قرار می‌گیرند [۱۶].

ورودی‌های واحد آگلومراسیون (مواد خام مورد نیاز) از نظر درجه اهمیت و میزان حیاتی بودن (بر اساس روش VED) و از حیث ارزش ریالی سالیانه آن‌ها (با الهام از روش ABC) طبقه‌بندی می‌گردند. بر اساس روش‌های VED و ABC، سنگ آهن و کنسانتره آهن در درجه اول اهمیت قرار دارند و لذا مدل‌سازی بر تأمین این مواد معطوف می‌شود. از طرفی، کنسانتره هم از جنس سنگ‌آهن است و تنها یک فرآیند تغییر در سنگ‌آهن صورت می‌گیرد تا به کنسانتره تبدیل شود. کنسانتره، در واقع، مکملی است که از جنس سنگ آهن است و آن را می‌توان با سنگ‌آهن مصرف کرد، زیرا از نظرکیفی از درصد بالا (Fe بالا) برخوردار است با این حال، قیمت آن، به میزان قابل توجهی، بالاتر از سنگ آهن است و درصدی از آن باید به‌گونه‌ای با سنگ آهن در ترکیب مصرفی این واحد قرار گیرد که بتوان به کیفیت مطلوب محصول خروجی (آگلومره) دست یافت. در مدلی که ارائه خواهد شد، ویژگی‌های تأمین‌کنندگان این دو ماده مقایسه می‌شود. به عبارتی، تقاضای سالیانه برای این دو ماده در قالب یک عدد بیان شده‌است. مدل مذکور با توجه به محدودیت کیفیت، تابع هدف، ویژگی‌های هر سنگ آهن و کنسانتره، چنان ترکیبی از این مواد را برای تولید مشخص می‌کند تا بتوان به یک خروجی با درصد کیفی قابل قبول تولید رسید و از طرفی، کل هزینه‌های مرتبط با موجودی را بهینه یا نزدیک به بهینه کرد.

فرموله‌بندی مدل. برای تأمین سنگ‌های آهن‌دار و کنسانتره مورد نیاز واحد آگلومراسیون از تأمین‌کنندگان (عرضه‌کنندگان) گوناگون خرید می‌شود. در خرید از این تأمین‌کنندگان باید ویژگی‌های مهم آن‌ها در مدل‌سازی لحاظ شود. همچنین محدودیت‌های شرکت در خرید از هر یک از این‌ها نیز درنظر گرفته شود، زیرا محصول هر یک از تأمین‌کنندگان، دارای ویژگی‌های

1. Vital Essential Desirable
2. First Normal Slow Moving

کیفی مثبت و منفی است. تابع هدف مدل فوق از نوع کمینه‌سازی می‌باشد. از جمله ویژگی‌های مهم مدل مذکور، اعمال استراتژی‌های مدیریت شرکت و تعیین ترکیب مناسبی از سنگ‌های آهن‌دار و کنسانتره است.

– **مفروضات، تعریف متغیرها و پارامترهای مدل.** قبل از تشریح مدل، پارامترها و متغیرهای زیر تعریف می‌شوند:
مفروضات مدل: محدود نبودن فضای انبار، ثبات قیمت در طول یک‌سال، دریافت و مصرف به شکل تدریجی، ثبات ذخیره احتیاطی در طول زمان، غیر مجاز بودن کمبود، لحاظ کردن تابع عضویت مثلثی برای پارامترهای فازی.

پارامترهای مدل:
– پارامترهای فازی.
$\widetilde{D}$ = تقاضای سالیانه برای سنگ آهن و کنسانتره (تُن)
$\widetilde{C}_i$ = ظرفیت سالیانه عرضه‌کننده i ام
$\widetilde{A}_i$ = هزینه سفارش‌دهی به عرضه‌کننده i ام
$\widetilde{h}_i$ = درصد رطوبت در محصول تأمین‌کننده i ام
$\widetilde{D}'$ = سرعت مصرف مواد (سرعت خروج مواد از انبار)
$\widetilde{P}'$ = سرعت ورود مواد به انبار

– پارامترهای غیرفازی (کریسپ).
p_i = قیمت سنگ آهن یا کنسانتره عرضه‌کننده i ام
c_{ti} = هزینه حمل و نقل هر واحد محصول تأمین‌کننده i ام
r = ضریب هزینه نگهداری موجودی
n = تعداد عرضه‌کنندگان
T = مدت زمان هر دوره سفارش
SS_i = مقدار ذخیره اطمینان تأمین‌کننده i ام
SS = مقدار ذخیره اطمینان

- متغیرهای تصمیم

Q = مجموع مقادیر سفارش داده شده به همه عرضه‌کنندگان

X_i = درصدی از Q که به عرضه‌کننده i ام تخصیص می‌یابد

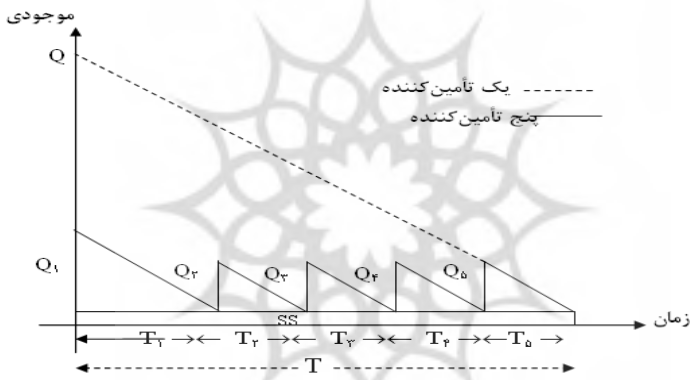
Q_i = مقدار سفارش تخصیص داده شده برای عرضه‌کننده i ام

T_i = مدت زمان داده شده به عرضه‌کننده i ام در هر دوره سفارش

سایر پارامترها و متغیرها در جریان مدل‌سازی تشریح می‌شوند.

تشریح مدل در قالب شکل- مدل دریافت آنی/دریافت غیرهم‌زمان از تأمین‌کنندگان/ مصرف تدریجی. با فرض اینکه تمام موجودی‌ها یک‌جا (آنی) دریافت شود و محدودیتی در زمینه دریافت غیرهمزمان مواد اولیه از تأمین‌کنندگان مختلف در هر دوره سفارش وجود نداشته باشد و مصرف هم تدریجی باشد، مدل مذکور به صورت زیر خواهد بود (شکل ۱).

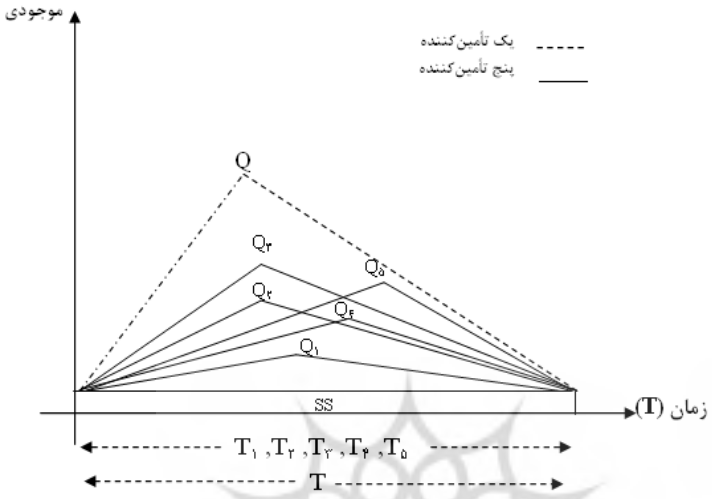
به‌طور خلاصه، اگر موجودی مواد اولیه دریافتی متعلق به یک واحد تولیدی باشد و ضرورتی برای ترکیب مواد اولیه در واحد زمان وجود نداشته باشد، مدل را با فرض n =۵ به صورت زیر می‌توان نشان داد:



شکل ۱. شمای سطوح موجودی در مدل مبنا

در شکل ۱، مدت‌زمان کل (T) برابر با مجموع مدت‌زمان‌های هر تأمین‌کننده برای تحویل دادن سفارش است. فرض می‌شود هنگامی که موجودی تأمین‌کننده i ام در حال اتمام است، موجودی تأمین‌کننده i+۱ ام می‌رسد. در واقع، این مدل برای ان دسته از واحدهای تولیدی کاربرد دارد که دریافت آنی ندارند و لازم نیست که برای فرآیند تولید در واحد زمان، از همه تأمین‌کنندگان موجودی وجود داشته باشد.

مدل دریافت تدریجی/دریافت هم‌زمان از تأمین‌کنندگان/مصرف تدریجی. با فرض دریافت تدریجی موجودی، محدودیت در زمینه دریافت غیر هم‌زمان مواد اولیه و مصرف تدریجی، شمای مدل فوق به صورت زیر خواهد بود (شکل۲). به‌طور خلاصه، اگر موجودی مواد اولیه دریافتی از تأمین‌کنندگان متعلق به یک واحد تولیدی باشد و تمام این مواد، به‌دلیل ویژگی‌های کیفی و سایر ویژگی‌ها، برای ترکیب تولید در واحد زمان یا در کل دوره سفارش موجود باشند، مدل با فرض $n = ۵$ به صورت شکل ۲ خواهد بود.



شکل۲. شمای مدل ابداعی

این مدل برای آن دسته از واحدهای تولیدی کاربرد دارد که دریافت تدریجی دارند و لازم است که برای فرآیند تولید در هر لحظه، از همه تأمین‌کنندگان موجودی وجود داشته باشد.

تابع هدف مدل. تابع هدف مدل از نوع کمینه مینیمم‌سازی است، زیرا متشکل از چند نوع هزینه مرتبط با موجودی است. این هزینه‌ها عبارتند از هزینه خرید، هزینه حمل‌ونقل، هزینه نگهداری، هزینه سفارش‌دهی و سایر هزینه‌ها. سایر هزینه‌های مرتبط با سنگ آهن و آگلومراسیون، هزینه آب موجود در این مواد است. زمانی که سنگ آهن و کنسانتره از تأمین‌کنندگان خریداری می‌شود، همراه با آن‌ها مقداری رطوبت یا آب وجود دارد و هنگامی که این مواد در فرآیند آگلومراسیون به‌کار گرفته می‌شوند، به‌صورت بخار در می‌آیند. به عبارتی، به میزان آب در سنگ‌ها باید هزینه کاهش وزن محصول را متحمل شد. درصد آب موجود در محصول هر تأمین‌کننده، متفاوت است و با استفاده از داده‌های موجود در آزمایشگاه شرکت، قابل محاسبه است. لذا هزینه کل خرید سالیانه یا هزینه کل سالیانه مرتبط با موجودی عبارتست از:

هزینه خرید سالیانه + هزینه حمل‌ونقل سالیانه + هزینه نگهداری سالیانه + هزینه سفارش سالیانه + هزینه افت وزن سالیانه.

هزینه خرید سالیانه[1]. با توجه به اینکه Q (میزان سفارش) باید بین پنج تأمین‌کننده تسهیم شود ($n = 5$)، مفروضات زیر را خواهیم داشت:

$$Q = \sum_{i=1}^{n} Q_i \qquad Q_i = X_i Q \qquad T_i = X_i T \qquad 0 \le X_i \le 1 \qquad \sum_{i=1}^{n} X_i = 1 \qquad i = 1,2,..., n$$

از آن‌جا مقدار خرید سالیانه از تأمین‌کننده i ام، X_iD و قیمت هر واحد محصول تأمین‌کننده i ام برابر P_i است، لذا هزینه خرید سالیانه عبارتست از:

$$A\tilde{P}C = \sum_{i=1}^{n} X_i P_i \tilde{D} \qquad i = 1,2,...., n$$

هزینه حمل‌ونقل سالیانه[2]. از آنجا که مقدار خرید سالیانه از تأمین‌کننده i ام، X_iD و هزینه حمل‌ونقل هر واحد محصول تأمین‌کننده i ام برابر C_{ti} است، هزینه حمل‌ونقل سالیانه عبارتست از:

$$A\tilde{T}C = \sum_{i=1}^{n} X_i C_{ti} \tilde{D}$$

هزینه سالیانه کاهش وزن (AWRC)[3]. ضریب h_i درصد رطوبت در محصول تأمین‌کننده i ام است برای محاسبه این هزینه، این ضریب باید در قیمت تمام شده ماده خریداری شده از تأمین‌کننده i ام ضرب شود. قیمت تمام شده، حاصل جمع قیمت خرید و هزینه حمل و نقل است. لذا داریم:

× (درصد رطوبت در محصول تأمین‌کننده i ام × میزان خرید سالیانه از تأمین‌کننده i ام)= هزینه سالیانه کاهش وزن

(هزینه حمل‌ونقل هر واحد محصول خریداری شده از تأمین‌کننده i ام + قیمت خرید محصول از تأمین‌کننده i ام)

$$AWRC = \sum_{i=1}^{n} X_i \tilde{D}(\tilde{h}_i)(P_i + C_{ti}) = \sum_{i=1}^{n} X_i \tilde{D}(\tilde{h}_i)(P_i + C_{ti})$$

اگر $(P_i + C_{ti})$ را برابر β_i در نظر بگیریم؛ خواهیم داشت:

$$AWRC = \sum_{i=1}^{n} X_i \tilde{D}\, \tilde{h}_i \beta_i \qquad i = 1, 2, ..., n$$

و داریم:

1. Annual Purchasing Cost
2. Annual Transportation Cost
3. Annual Weight Reduction Cost (AWRC)

$$APC + ATIC + AWRC = \sum_{i=1}^{n} X_i \widetilde{D}(1+\widetilde{h}_i)(P_i + C_{ti}) = \sum_{i=1}^{n} X_i \widetilde{D}(1+\widetilde{h}_i)\beta_i$$

لذا قیمت تمام شده برابر با $(1+\widetilde{h}_i)\beta_i$ است. برای محاسبه هزینه نگهداری نیز از قیمت تمام شده استفاده می‌شود.

هزینه نگهداری سالیانه (AHC)[1]. در شکل ترسیم‌شده برای مدل که بیانگر متوسط موجودی هر تأمین‌کننده است، هزینه نگهداری در ارتباط با زمان می باشد. محاسبه هزینه نگهداری در مدل عبارتست از:

جدول۱. محاسبه هزینه نگهداری در مدل

تأمین‌کنندگان	زمان	میانگین موجودی	هزینه نگهداری موجودی زمان T_i
i	T_i	$X_i \frac{Q}{2}(1-\frac{\widetilde{D}'_i}{\widetilde{P}'_i}) + ss_i$	$(X_i \frac{Q}{2}(1-\frac{\widetilde{D}'_i}{\widetilde{P}'_i}) + ss_i)rp_i$

با استفاده از روش دریافت تدریجی و مصرف تدریجی در مباحث کنترل موجودی، میانگین موجودی در حالت دریافت تدریجی از رابطه $\frac{Q}{2}(1-\frac{\widetilde{D}'}{\widetilde{P}'}) + ss$ به‌دست می‌آید. میانگین موجودی دریافتی از تأمین‌کننده **i**ام از رابطه $\frac{Q}{2}(1-\frac{\widetilde{D}'_i}{\widetilde{P}'_i}) + ss_i$ حاصل می‌شود. برای جلوگیری از تکرار، عبارت $(1-\frac{\widetilde{D}'_i}{\widetilde{P}'_i})$ را برابر $\widetilde{\gamma}_i$ در نظر می‌گیریم و مقدار $\widetilde{\gamma}_i$ را به جای $(1-\frac{\widetilde{D}'_i}{\widetilde{P}'_i})$ قرار می‌دهیم. همچنین ss_i –که عددی ثابت است– در مشتق‌گیری برابر صفر و لذا قابل حذف می‌باشد.

بنابراین، هزینه کل نگهداری در هر دوره (THCP)[2] عبارتست از:

$$THCP = X_1 \frac{Q}{2}\widetilde{\gamma}_1 r(1+\widetilde{h}_1)\beta_1 T_1 + X_2 \frac{Q}{2}\widetilde{\gamma}_2 r(1+h_2)\beta_2 T_2 + \ldots + X_n \frac{Q}{2}\widetilde{\gamma}_n r(1+\widetilde{h}_n)\beta_n T_n$$

از طرفی، با توجه به اینکه $T_1 = T_2 = \ldots = T_n = T = \frac{Q}{D}$ است، خواهیم داشت:

$$THCP = X_1 \frac{Q}{2}\widetilde{\gamma}_1 r(1+\widetilde{h}_1)\beta_1 \frac{Q}{\widetilde{D}} + X_2 \frac{Q}{2}\widetilde{\gamma}_2 r(1+\widetilde{h}_2)\beta_2 \frac{Q}{\widetilde{D}} + \ldots\ldots + X_n \frac{Q}{2}\widetilde{\gamma}_n r(1+\widetilde{h}_n)\beta_n \frac{Q}{\widetilde{D}}$$

1. Annual Holding Cost (AHC)
2. Total Holding Cost per Period(THCP)

$$THCP=\frac{rQ^2}{2\tilde{D}}\left(\sum_{i=1}^{n}X_i\tilde{\gamma}_i(1+\tilde{h}_i)\beta_i\right)\ THCP=\sum_{i=1}^{n}\left(X_iQ^2\ \frac{\tilde{\gamma}_i r(1+\tilde{h}_i)\beta_i}{2\tilde{D}}\right)\Rightarrow$$

هزینه نگهداری سالیانه (AHC) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

(تعداد دفعات سفارش در سال) × (هزینه نگهداری در هر دوره) = هزینه نگهداری سالیانه

و یا

$$AHC=\frac{rQ^2}{2\tilde{D}}\left(\sum_{i=1}^{n}X_i\tilde{\gamma}_i(1+\tilde{h}_i)\beta_i\right)\times\frac{\tilde{D}}{Q}\ AHC=(THCP)\times\frac{1}{T}=\frac{(THCP)\tilde{D}}{Q}\Rightarrow$$

$$AHC=\frac{rQ}{2}\left(\sum_{i=1}^{n}X_i\tilde{\alpha}_i(1+\tilde{h}_i)\beta_i\right)$$

هزینه سالیانه سفارش‌دهی (AOC)[1]. از آنجا که مواد اولیه (موجودی‌ها) از n تأمین‌کننده خریداری می‌شوند، هزینه سفارش در هر دوره (OCP)[2] عبارت است از:

$$i=1,2,\ldots,n\qquad \left.\begin{array}{ll}X_i=0 & \text{اگر}\quad 0\\ X_i>0 & \text{اگر}\quad 1\end{array}\right\}=Y_i\ \ OCP=\sum_{i=1}^{n}\tilde{A}_iY_i$$

لذا هزینه سالیانه سفارش‌دهی عبارتست از:

(تعداد دفعات سفارش در سال) × (هزینه سفارش هر دوره سفارش) = هزینه سفارش سالیانه

و یا

$$AOC=(OCP)\times\frac{1}{T}\quad\Rightarrow AOC=\left(\sum_{i=1}^{n}\tilde{A}_iY\right)\frac{1}{T}=\left(\sum_{i=1}^{n}\tilde{A}_iY_i\right)\frac{\tilde{D}}{Q}$$

بنابراین، هزینه کل سالیانه (TAC)[3] چنین خواهد شد:

$$TAC=\sum_{i=1}^{n}X_iP_i\tilde{D}+\left(\sum_{i=1}^{n}X_iC_{ti}\tilde{D}\right)+\frac{rQ}{2}\sum_{i=1}^{n}\left(X_i\tilde{\gamma}_i(1+\tilde{h}_i)\beta_i\right)+\frac{\tilde{D}}{Q}\left(\sum_{i=1}^{n}\tilde{A}_iY+\sum_{i=1}^{n}\tilde{h}_i\beta_iX_i\tilde{D}\right)$$

$$TAC=\sum_{i=1}^{n}X_i\tilde{D}(P_i+C_{ti})+\frac{rQ}{2}(\sum_{i=1}^{n}X_i\tilde{\alpha}_i(1+\tilde{h}_i)\beta_i)+\frac{\tilde{D}}{Q}(\sum_{i=1}^{n}\tilde{A}_iY_i)+\tilde{h}_i\beta_i(\sum_{i=1}^{n}X_i\tilde{D})$$

$$\beta_i=P_i+C_{ti}\ \Rightarrow$$

$$TAC=\sum_{i=1}^{n}X_i\tilde{D}(1+\tilde{h}_i)\beta+\frac{rQ}{2}\left(\sum_{i=1}^{n}X_i\tilde{\gamma}_i(1+\tilde{h}_i)\beta\right)+\frac{\tilde{D}}{Q}\left(\sum_{i=1}^{n}\tilde{A}_iY\right)$$

1. Annual Ordering Cost (AOC)
2. Ordering Cost each Period (OCP)
3. Total Annual Cost

برای به‌دست آوردن مقدار سفارش بهینه از رابطه فوق نسبت به Q مشتق می‌گیریم:

$$(TAC)' = \frac{r}{2}\left(\sum_{i=1}^{n} X_i \tilde{\gamma}_i (1+\tilde{h}_i)\beta_i\right) - \frac{\tilde{D}}{Q^2}\left(\sum_{i=1}^{n} \tilde{A}_i Y\right)$$

مقدار Q^* در این مدل از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2\tilde{D}(\sum_{i=1}^{n} \tilde{A}_i Y_i)}{r(\sum_{i=1}^{n} X_i \tilde{\gamma}_i (1+\tilde{h}_i)\beta_i)}}$$

با قرار دادن مقدار Q^* در رابطه ATC ، حداقل بهینه مدل به شکل زیر خواهد بود:

$$MinTAC = \sum_{i=1}^{n} X_i \tilde{D}(1+\tilde{h}_i)\beta_i + \sqrt{2\tilde{D}r(\sum_{i=1}^{n} X_i \tilde{\gamma}_i (1+\tilde{h}_i)\beta_i)(\sum_{i=1}^{n} \tilde{A}_i Y_i)}$$

محدودیت‌های مدل. محدودیت‌های مدل را می‌توان به محدودیت‌های خریدار و تأمین‌کنندگان طبقه‌بندی کرد. از محدودیت‌های مهم خریدار که با توجه به تجزیه‌وتحلیل این واحد و همچنین مصاحبه‌های صورت گرفته با مدیریت تأمین مواد شامل محدودیت‌های تقاضای سالیانه و محدودیت کیفیت مواد اولیه برای شرکت خریدار است. محدودیت مهم تأمین‌کننده، ظرفیت تولید سالیانه یا ظرفیت قابل تخصیص به خریدار است. محدودیت‌های مذکور در قالب عبارات ریاضی به مدل وارد می‌شوند.

محدودیت تقاضا. با فرض اینکه تقاضای سالیانه برای مجموع سنگ‌های آهن‌دار و کنسانتره برابر $\tilde{D}$ باشد و با فرض اینکه n تأمین‌کننده می‌توانند تقاضای خریدار را برآورده سازند، داریم:

$$\sum_{i=1}^{n} X_i \tilde{D} = \tilde{D} \qquad i = 1, 2, ..., n$$

با حذف $\tilde{D}$ از طرفین معادله خواهیم داشت:

$$\sum_{i=1}^{n} X_i = 1 \qquad i = 1, 2, ..., n$$

محدویت کیفی Fe. با توجه به توضیحات داده شده، بسته به اینکه بخواهیم Fe خروجی چه درصدی داشته باشد، Fe ورودی را براساس داده‌های گذشته محاسبه می‌کنیم و لذا داریم:

$$\sum_{i=1}^{n} X_i \tilde{D} \tilde{q}_{Fei} \geq \tilde{q}_{aFe} \tilde{D}$$

با حذف $\tilde{D}$ از طرفین معادله داریم:

$$\sum_{i=1}^{n} X_i \tilde{q}_{Fei} \geq \tilde{q}_{aFe}$$

$\tilde{q}_{aFe}$ حداقل درصد Fe قابل قبول از ترکیب مواد اولیه در واحد زمان و $\tilde{q}_{Fei}$ میانگین درصد Fe موجود در ماده اولیه عرضه‌شده توسط تأمین‌کننده i ام است. هر دو پارامتر با استفاده از داده‌های گذشته و روش میانگین وزنی قابل محاسبه است.

محدودیت ظرفیت. این محدودیت به این شکل قابل اعمال است که عرضه‌کننده i ام تنها می‌تواند مقدار محدودی از تقاضای خریدار ($\tilde{C}_i$) را برآورده کند. لذا مقدار خریداری شده از عرضه‌کننده i ام در سال باید کوچکتر یا مساوی $\tilde{C}_i$ در هر سال باشد. در واقع، ظرفیت سالیانه تولید یا حداکثر ظرفیت سالیانه‌ای که عرضه‌کننده i ام به خریدار تخصیص می‌دهد، باید کمتر یا مساوی $\tilde{C}_i$ در سال باشد. از این رو داریم:

(تعداد سفارش در سال × میزان خرید در هر دوره)= میزان خرید در سال

بنابراین، مقدار کالای خریداری شده از عرضه‌کننده i ام در هر سال عبارت است از:

$$X_i Q \times \frac{1}{T} = X_i Q \times \frac{1}{\frac{Q}{\tilde{D}}} = X_i Q \times \frac{\tilde{D}}{Q} = X_i \tilde{D}$$

لذا محدودیت ظرفیت عرضه‌کنندگان به شکل زیر خواهد بود:

$$X_i \tilde{D} \leq \tilde{C}_i \quad i = 1,2,\ldots,n$$

محدودیت عدد صحیح بودن متغیرها. پس از اعمال همه محدودیت‌ها باید از شرایط متغیرهای عدد صحیح -یعنی از شرایط Y_i که متغیر عدد صحیح از نوع صفر و یک است- اطمینان حاصل شود: اگر Y_i صفر باشد، X_i باید صفرگردد($X_i = 0$)و اگر Y_i یک باشد، X_i باید بزرگتر از صفر گردد($X_i > 0$). البته با توجه به اینکه X_i همواره کوچکتر یا مساوی یک است ($X_i \in [0,1]$).

$$X_i \leq Y_i \quad i = 1,2,\ldots,n$$
$$X_i \geq \varepsilon Y_i$$

که در آن ε اندکی بزرگتر از صفر است. برای اعمال این محدودیت می‌توانیم، به‌جای عبارت فوق، در هرجا که X_i در محدودیت‌ها داریم، Y_i را در آن ضرب کنیم.

مدل. مدل برنامه‌ریزی فازی عدد صحیح مختلط نهایی به شرح زیر خواهد بود:

$$MinTAC=\sum_{i=1}^{n} X_i \tilde{D}(1+\tilde{h}_i)\beta_i+\frac{rQ}{2}\left(\sum_{i=1}^{n} X_i \tilde{\gamma}_i(1+\tilde{h}_i)\beta_i\right)+\frac{\tilde{D}}{Q}\left(\sum_{i=1}^{n}\tilde{A}_i Y_i\right)$$

$$S.T$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i = 1 \qquad i=1,2,\ldots,n$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i \tilde{q}_{Fei} \geq \tilde{q}_{aFe} \qquad i=1,2,\ldots,n$$

$$X_i \tilde{D} \leq \tilde{C}_i \qquad i=1,2,\ldots,n \qquad (۱)$$

$$Q_i = X_i Q$$

$$X_i \leq Y_i$$

$$X_i \geq \varepsilon Y_i$$

$$Q=\sum_{i=1}^{n} Q_i$$

$$X_i \geq 0\ ,\ Y_i = 0,1\ ,Q>0\ ,\ \ i=1,2,\ldots,n$$

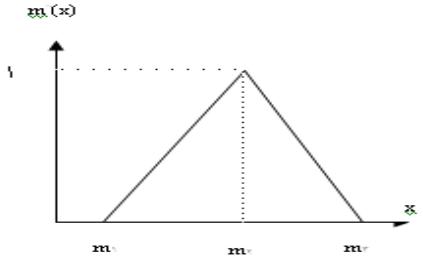
برای حل مدل ۱ از مفهوم برش‌های α استفاده می‌کنیم. برش α عدد فازی $\tilde{A}$ به ازای $\alpha \in [0,1]$ به صورت زیر تعریف می‌گردد [۳]:

$$\tilde{A}_\alpha = \left\{x \in U \,/\, \tilde{A}(x) \geq \alpha\right\}$$

$\tilde{A}_\alpha$، یک مجموعه غیر تهی محدود در U می‌باشد که به صورت $\tilde{A}_\alpha = [a_\alpha^l, a_\alpha^u]$ نشان داده می‌شود. a_α^l، حد پایین و a_α^u حد بالای برش α را نشان می‌دهند.

عدد فازی مثلثی مثبت $(\tilde{m})$ را می‌توان به فرم $\tilde{m}=(m_1,m_2,m_3)$ داد. تابع عضویت $(\tilde{m})$ در شکل ۳ نشان داده شده است. تابع عضویت $\tilde{m}(x)$ عبارتست از [۳]:

$$\tilde{m}(x)=\begin{cases} 0 & x< m_1 \\ \dfrac{x-m_1}{m_2-m_1} & m_1 \leq x \leq m_2 \\ \dfrac{m_4-x}{m_4-m_3} & m_2 \leq x \leq m_3 \\ 0 & x > m_3 \end{cases}$$



شکل ۳. عدد فازی مثلثی $\tilde{m}(x)$

اگر $(\tilde{m})$ عدد فازی مثلثی مثبت به فرم $\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3)$ و $(\tilde{n})$ عدد فازی مثلثی مثبت به فرم $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$ باشد، عملیات جبری بر روی اعداد فازی مثلثی به صورت زیر خواهد بود [۳]:

$$\tilde{n}(+)\tilde{m} = (n_1 + m_1, n_2 + m_2, n_3 + m_3)$$
$$\tilde{n}(.)\tilde{m} = (n_1.m_1, n_2.m_2, n_3.m_3)$$
$$\tilde{n}(-)\tilde{m} = (n_1 - m_3, n_2 - m_2, n_3 - m_1)$$
$$\tilde{n}(:)\tilde{m} = (n_1 / m_3, n_2 / m_2, n_3 / m_1)$$

اگر $\tilde{n}_\alpha = [n_\alpha^l, n_\alpha^u]$ و $\tilde{m}_\alpha = [m_\alpha^l, m_\alpha^u]$، برش‌های α بر روی اعداد فازی مثلثی مثبت $(\tilde{m})$ و $(\tilde{n})$ باشد، عملیات بر روی اعداد فازی فوق به‌صورت زیر تعریف می‌گردد [۳].

$$(\tilde{n}(+)\tilde{m})_\alpha = [n_\alpha^l + m_\alpha^l, n_\alpha^u + m_\alpha^u]$$
$$(\tilde{n}(-)\tilde{m})_\alpha = [n_\alpha^l + m_\alpha^u, n_\alpha^u + m_\alpha^l]$$
$$(\tilde{n}(.)\tilde{m})_\alpha = [n_\alpha^l + m_\alpha^l, n_\alpha^u + m_\alpha^u]$$
$$(\tilde{n}(:)\tilde{m})_\alpha = \left[\frac{n_\alpha^l}{m_\alpha^u}, \frac{n_\alpha^u}{m_\alpha^l}\right]$$

با استفاده از برش‌های α، به ازای هر $\alpha \in [0,1]$ تمامی پارامترهای فازی مدل ۱ ($\tilde{D}$، $\tilde{h}_i$، $\tilde{\gamma}$، $\tilde{A}_i$، $\tilde{q}_{Fei}$، $\tilde{q}_{aFe}$ و $\tilde{C}_i$) به مقادیر بازه‌ای تبدیل می‌گردند. برای مثال، برش α بر روی تقاضای فازی $\tilde{D}$ به صورت بازه $[D_\alpha^l, D_\alpha^u]$ خواهد بود. لذا مدل ۱ به فرم ۲ تبدیل می‌گردد [۱۹،۱۷]:

$$MinTAC=\sum_{i=1}^{n} X_i[\,D_\alpha^l, D_\alpha^u\,](1+[\,h_{i\alpha}^l, h_{i\alpha}^u\,])\beta_i+\frac{rQ}{2}(\sum_{i=1}^{n} X_i[\,\gamma_{i\alpha}^l,\gamma_{i\alpha}^u\,](1+[\,h_{i\alpha}^l,h_{i\alpha}^u\,])\beta_i+\frac{[\,D_\alpha^l,D_\alpha^u\,]}{Q}(\sum_{i=1}^{n}[\,A_{i\alpha}^l,A_{i\alpha}^u\,]Y_i)$$

$$S.T$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i=1 \qquad i=1,2,\ldots,n$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i[\,q_{Fei\alpha}^l,q_{Fei\alpha}^u\,]\geq\left[q_{aF\alpha}^l,q_{aF\alpha}^u\right] \qquad i=1,2,\ldots,n$$

$$X_i[\,D_\alpha^l,D_\alpha^u\,]\leq[\,C_{i\alpha}^l,C_{i\alpha}^u\,] \qquad i=1,2,\ldots,n \qquad (۲)$$

$$Q_i=X_iQ$$

$$X_i\leq Y_i$$

$$X_i\geq\varepsilon Y_i$$

$$Q=\sum_{i=1}^{n} Q_i$$

$$X_i\geq 0\ ,\ Y_i=0,1\ ,Q>0\ ,\quad i=1,2,\ldots,n$$

برای کمینه‌سازی یک مقدار بازه‌ای می‌توان حد بالا و حد پایین آن را همزمان کمینه کرد. لذا برای حل مدل فوق، آن را به صورت یک مسأله دو هدفه به فرم زیر در می‌آوریم:

$$MinTAC^l(x,\alpha)=\sum_{i=1}^{n} x_i[D_\alpha^l](1+[h_{i\alpha}^l])[\beta_i]+\frac{rQ}{2}(\sum_{i=1}^{n} x_i[\gamma_{i\alpha}^l](1+[h_{i\alpha}^l])[\beta_i])+\frac{[D_\alpha^l]}{Q}(\sum_{i=1}^{n}[A_{i\alpha}^l]y_i)$$

$$MinTAC^u(x,\alpha)=\sum_{i=1}^{n} x_i[D_\alpha^u](1+[h_{i\alpha}^u])[\beta_{i\alpha}]+\frac{rQ}{2}(\sum_{i=1}^{n} x_i[\gamma_{i\alpha}^u](1+[h_{i\alpha}^u])[\beta_i])+\frac{[D_\alpha^u]}{Q}(\sum_{i=1}^{n}[A_{i\alpha}^u]y_i)$$

$$S.T$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i=1 \qquad i=1,2,\ldots,n$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i[q_{Fei\alpha}^l]\geq\left[q_{aF\alpha}^l\right] \qquad i=1,2,\ldots,n$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i[q_{Fei\alpha}^u]\geq\left[q_{aF\alpha}^u\right] \qquad i=1,2,\ldots,n$$

$$x_i[D_\alpha^l]\leq[C_{i\alpha}^l] \qquad i=1,2,\ldots,n \qquad (۳)$$

$$x_i[D_\alpha^u]\leq[C_{i\alpha}^u] \qquad i=1,2,\ldots,n$$

$$Q_i=x_iQ$$

$$x_i\leq y_i$$

$$x_i\geq\varepsilon y_i$$

$$Q=\sum_{i=1}^{n} Q_i$$

$$x_i\geq 0\ ,\ y_i=0,1\ ,Q>0\ ,\quad i=1,2,\ldots,n$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

با خلاصه‌سازی مقادیر تابع هدف، مسأله دوهدفه به فرم زیر خواهد بود:

$$
\begin{aligned}
&Min \quad \mathrm{TAC}^{u}(x,\alpha)\\
&Min \quad TAC^{l}(x,\alpha)\\
&S.T\\
&\sum_{i=1}^{n} X_i = 1 \qquad i=1,2,\ldots,n\\
&\sum_{i=1}^{n} X_i [\, q^{l}_{Fei\alpha} \,] \geq [q^{l}_{aFe\alpha}] \qquad i=1,2,\ldots,n\\
&\sum_{i=1}^{n} X_i [\, q^{u}_{Fei\alpha} \,] \geq [q^{u}_{aFe\alpha}] \qquad i=1,2,\ldots,n\\
&X_i [\, D^{l}_{\alpha} \,] \leq [\, C^{l}_{i\alpha} \,] \qquad i=1,2,\ldots,n\\
&X_i [\, D^{u}_{\alpha} \,] \leq [\, C^{u}_{i\alpha} \,] \qquad i=1,2,\ldots,n\\
&Q_i = X_i Q\\
&X_i \leq Y_i\\
&X_i \geq \varepsilon Y_i\\
&Q = \sum_{i=1}^{n} Q_i\\
&X_i \geq 0 \;,\; Y_i = 0,1 \;,Q > 0 \;,\quad i=1,2,\ldots,n
\end{aligned}
\qquad (۴)
$$

به ازای مقدار معینی از α، مسأله ۴ به یک مسأله برنامه‌ریزی خطی دوهدفه کریسپ تبدیل می‌شود و می‌توان آن را با استفاده از روش‌های متداول حل کرد. آسان‌ترین روش برای حل مسأله ۴ این است که $w\mathrm{TAC}^{u}(x,\alpha)+(1-w)\mathrm{TAC}^{l}(x,\alpha)$ به ازای $w \in [0,1]$ کمینه گردد. در این بخش، یک روش $\min-\max$ توسعه یافته ارائه می‌گردد که نسخه توسعه‌یافته روش زیمرمن برای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی چند هدفه کریسپ است [۱۹،۱۷]:

$$
\begin{aligned}
&\min \quad \Gamma\\
&\text{s.t. } TAC^{U}(x,\alpha) \leq \Gamma\\
&\quad TAC^{L}(x,\alpha) \leq \Gamma\\
&\quad x \in X
\end{aligned}
\qquad (۵)
$$

جواب بهینه را با X^{*} و Γ^{*} نشان می‌دهیم.

در معادله بالا $\Gamma = \max[TAC^{l}(x,\alpha), TAC^{u}(x,\alpha))]$ می‌باشد، ولی با این حال ممکن است جواب‌های مختلفی، X^{*}، با تابع هدف برابر، Γ^{*}، وجود داشته باشد (چند جواب بهینه). در چنین مواردی، جواب معادله ۵ منحصر به فرد نمی‌باشد، زیرا معادله ۵ یک جواب را به صورت تصادفی انتخاب می‌کند و این در حالی است که ممکن است جواب دیگری با همان مقدار تابع هدف (Γ^{*}) وجود داشته باشد. با این وجود، نمی‌توان تشخیص داد که آیا چند جواب بهینه وجود دارد یا خیر. برای رفع این مشکل، مرحله دوم حل مسأله، به صورت زیر پیشنهاد می‌گردد [۱۹،۱۷].

$$\begin{aligned} \min \quad & \mathrm{TAC_w} = \mathrm{w_1} TAC^L(x,\alpha) + w_2 TAC^u(x,\alpha) \\ s.t. \; & TAC^L(x,\alpha) \le \Gamma^* \\ & TAC^U(x,\alpha) \le \Gamma^* \\ & x \in X \end{aligned} \qquad (۶)$$

w_1, w_2 وزن یا اهمیت نسبی توابع هدف، $w_1 + w_2 = 1, \quad w_1, w_2 \in [0,1]$ می‌باشد. در این روش، برای ایجاد یک رابطه جبرانی بین اهداف، از اپراتور میانگین وزنی استفاده می‌شود. مدل ۶ همچنین تضمین می‌کند که مقدار تابع هدف، حداقل برابر با Γ^* باشد.

پارامترهای مدل. با توجه به اینکه ارزیابی عملکرد مدل را با استفاده از داده‌های دو سال متوالی آزمون می‌کنیم، یک سری پارامترها به سال بستگی ندارند و مشترک هستند و برخی چون قیمت‌ها و هزینه‌ها به سال بستگی دارند و غیرمشترک هستند. این دو دسته از پارامترها جداگانه نشان داده می‌شوند. در این بخش، مهم‌ترین کار، تعیین تابع عضویت مقادیر و پارامترهای مدل است. برای این منظور، با تحلیل مقادیر پارامتری‌ها مدل در سال‌های گذشته و تعیین میزان تغییرپذیری آن‌ها و نهایتاً با استفاده از نظر خبرگان، مقادیر پارامترهای مدل در قالب اعداد فازی مثلثی زیر تخمین زده شده است.

پارامترهای مشترک.

جدول ۲. خلاصه پارامترهای مشترک در دو سال متوالی

پارامتر	C_i			h_i			q_{Fei}			γ_i		
i	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L
۱	۲/۰۳۰/۰۰۰	۲/۰۲۱/۰۰۰	۲/۰۲۱/۰۰۰	۰/۰۲۳۰	۰/۰۱۸۹	۰/۰۱۰۰	۶۰/۴۰	۶۰/۱۹	۵۹/۷۸	۰/۷۲۰	۰/۶۸۵	۰/۶۱۰
۲	۱۴۵/۰۰۰	۱۴۲/۰۰۰	۱۴۲/۰۰۰	۰/۰۴۸۰	۰/۰۴۳۴	۰/۰۳۵۰	۶۱/۹۸	۶۱/۵۶	۶۱	۰/۶۳۰۰	۰/۵۹۴	۰/۵۰۰
۳	۹۰/۰۰۰	۸۴/۰۰۰	۸۴/۰۰۰	۰/۰۸۱۰	۰/۰۷۷۳	۰/۰۷۰۰	۶۰/۹۶	۶۰/۴۱	۵۹/۳۰	۰/۸۶۰	۰/۸۳۷	۰/۷۹۰
۴	۳/۱۰۰/۰۰۰	۳/۰۰۰/۰۰۰	۳/۰۰۰/۰۰۰	۰/۱۰۰	۰/۰۹۱۵	۰/۰۸۰۰	۶۸/۲۶	۶۷/۲۶	۶۶/۵۶	۰/۳۲۰	۰/۲۸۲	۰/۲۲۰
۵	۴/۱۵۰/۰۰۰	۴/۰۰۰/۰۰۰	۴/۰۰۰/۰۰۰	۰/۰۹۲۰	۰/۰۸۳۲	۰/۰۷۰۰	۶۸/۳۷	۶۸/۰۶	۶۷/۱۰	۰/۱۰۰	۰/۰۸۴	۰/۰۳۰

پرتال جامع علوم انسانی

پارامترهای غیرمشترک.

جدول ۳. خلاصه پارامترهای غیرمشترک

پارامتر i	$\tilde{A}_i$ (سال اول) ریال			B_i (سال اول) ریال
	U	M	L	
۱	۱۰/۱۵۰/۰۰۰	۱۰/۰۸۳/۲۱۰	۹/۵۰۰/۰۰۰	۱۲۲/۰۰۰
۲	۱۰/۱۵۰/۰۰۰	۱۰/۰۸۳/۲۱۰	۹/۵۰۰/۰۰۰	۱۲۸/۰۰۰
۳	۱۰/۱۵۰/۰۰۰	۱۰/۰۸۳/۲۱۰	۹/۵۰۰/۰۰۰	۱۶۷/۵۰۰
۴	۱۰/۱۵۰/۰۰۰	۱۰/۰۸۳/۲۱۰	۹/۵۰۰/۰۰۰	۲۵۴/۰۰۰
۵	۱۰/۱۵۰/۰۰۰	۱۰/۰۸۳/۲۱۰	۹/۵۰۰/۰۰۰	۲۱۵/۰۰۰
پارامتر i	$\tilde{A}_i$ **(سال دوم)** ریال			B_i **(سال دوم)** ریال
	U	**M**	**L**	
۱	۱۱/۰۰۰/۰۰۰	۱۰/۴۸۵/۴۲۲	۱/۰۰۰/۰۰۰	۱۵۷/۶۷۲
۲	۱۱/۰۰۰/۰۰۰	۱۰/۴۸۵/۴۲۲	۱/۰۰۰/۰۰۰	۱۷۰/۰۰۰
۳	۱۱/۰۰۰/۰۰۰	۱۰/۴۸۵/۴۲۲	۱/۰۰۰/۰۰۰	۱۹۸/۰۰۰
۴	۱۱/۰۰۰/۰۰۰	۱۰/۴۸۵/۴۲۲	۱/۰۰۰/۰۰۰	۲۵۴/۰۰۰
۵	۱۱/۰۰۰/۰۰۰	۱۰/۴۸۵/۴۲۲	۱/۰۰۰/۰۰۰	۲۱۵/۰۰۰

ادامه جدول ۳. خلاصه پارامترهای غیر مشترک

	$\tilde{D}$ (تن)			$\tilde{q}_a$ (درصد)		
	U	**M**	**L**	**U**	**M**	**L**
سال اول	۲/۰۸۲/۳۶۸	۲/۰۸۲/۳۶۸	۲/۰۰۰/۰۰۰	۶۱/۹۳	۶۱/۱۷	۶۰/۶۰
سال دوم	۱/۸۶۱/۵۱۸	۱/۸۶۱/۵۱۸	۱/۸۰۰/۰۰۰	۶۰/۹۴	۶۰/۲۳	۵۸/۴۸

$\tilde{q}_a$، میانگین کیفیت آگلومره خروجی از لحاظ درصد Fe در یک سال و $\tilde{D}$ میزان مصرف سالیانه محصولات پنج تأمین‌کننده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

نتایج مدل‌ها. پس از حل مدل، با استفاده از نرم‌افزار لینگو، نتایج زیر حاصل شد:

جدول ۴. نتایج حل مدل در سال اول به ازای $W_1 = W_2 = 0.5$

α	$\mathrm{TAC_w}$	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Q
۰	۲۹۵۰۸۳۲۵۰۰۰۰	۰/۷۵۲۲	۰/۰۶۹۶۳۲	۰	۰	۰/۱۷۸۱۶	۱۰۳۶۷۰/۳
۰.۱	۲۹۴۳۰۸۷۵۰۰۰۰	۰/۷۵۸۸۱	۰/۰۶۹۴۸۸	۰	۰	۰/۱۷۱۶۹	۱۰۳۳۶۰/۰
۰.۲	۲۹۳۵۲۴۲۵۰۰۰۰	۰/۷۶۵۴۵	۰/۰۶۹۳۴۴	۰	۰	۰/۱۶۵۲	۱۰۳۰۵۷/۳
۰.۳	۲۹۲۷۲۹۸۰۰۰۰۰	۰/۷۷۲۱	۰/۰۶۹۲	۰	۰	۰/۱۵۸۶۹	۱۰۲۷۶۱/۹
۰.۴	۲۹۱۹۲۵۲۰۰۰۰۰	۰/۷۷۸۷۷	۰/۰۶۹۰۵۶	۰	۰	۰/۱۵۲۱۶	۱۰۲۴۷۳/۶
۰.۵	۲۹۱۱۱۰۵۰۰۰۰۰	۰/۷۸۵۴۶	۰/۰۶۸۹۱۱	۰	۰	۰/۱۴۵۶۲	۱۰۲۱۹۲/۴
۰.۶	۲۹۰۲۸۵۷۰۰۰۰۰	۰/۷۹۲۱۶	۰/۰۶۸۷۶۷	۰	۰	۰/۱۳۹۰۶	۱۰۱۹۱۷/۹
۰.۷	۲۸۹۴۵۰۷۵۰۰۰۰	۰/۷۹۸۸۸	۰/۰۶۸۶۲۳	۰	۰	۰/۱۳۲۴۸	۱۰۱۶۵۰/۰
۰.۸	۲۸۸۶۰۵۵۵۰۰۰۰	۰/۸۰۵۶۲	۰/۰۶۸۴۷۹	۰	۰	۰/۱۲۵۸۹	۱۰۱۳۸۸/۵
۰.۹	۲۸۷۷۵۰۰۵۰۰۰۰.۰۰	۰/۸۱۲۳۸	۰/۰۶۸۳۳۵	۰	۰	۰/۱۱۹۲۸	۱۰۱۱۳۳/۴
۱	۲۸۶۸۸۴۳۰۰۰۰۰.۰۰	۰/۸۱۹۱۵	۰/۰۶۸۱۹۱	۰	۰	۰/۱۱۲۶۵	۱۰۰۸۸۴/۳

جدول ۵. نتایج حل مدل در سال دوم $W_1 = W_2 = 0.5$

α	$\mathrm{TAC_w}$	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Q
۰	۳۰۳۵۳۴۶۰۰۰۰۰	۰/۹۳۲	۰	۰	۰	۰/۰۶۸	۶۹۱۹۶/۱۶
۰/۱	۳۰۳۲۹۶۷۰۰۰۰۰	۰/۹۳۸	۰	۰	۰	۰/۰۶۲	۶۸۹۳۱/۴۴
۰/۲	۳۰۳۰۵۳۸۰۰۰۰۰	۰/۹۴۵	۰	۰	۰	۰/۰۵۵	۶۸۶۷۰/۹
۰/۳	۳۰۲۸۰۶۰۰۰۰۰۰	۰/۹۵۱	۰	۰	۰	۰/۰۴۹	۶۸۴۱۴/۴۹
۰/۴	۳۰۲۵۵۳۰۰۰۰۰۰	۰/۹۵۷	۰	۰	۰	۰/۰۴۳	۶۸۱۶۲/۰۸
۰/۵	۳۰۲۲۹۵۱۰۰۰۰۰	۰/۹۶۳	۰	۰	۰	۰/۰۳۷	۶۷۹۱۳/۰۵۹
۰/۶	۳۰۲۰۳۲۱۰۰۰۰۰	۰/۹۷۰	۰	۰	۰	۰/۰۳۰	۶۷۶۸۸/۹۶
۰/۷	۳۰۱۷۶۴۰۰۰۰۰۰	۰/۹۷۶	۰	۰	۰	۰/۰۲۴	۶۷۴۲۸/۰۹
۰/۸	۳۰۱۴۹۰۸۰۰۰۰۰	۰/۹۸۲	۰	۰	۰	۰/۰۱۸	۶۷۱۹۰/۹۲
۰/۹	۳۰۱۲۱۲۴۰۰۰۰۰	۰/۹۸۹	۰	۰	۰	۰/۰۱۱	۶۶۹۵۷/۳۶
۱	۳۰۰۹۲۹۰۰۰۰۰۰	۰/۹۹۵	۰	۰	۰	۰/۰۰۵	۶۶۳۸۸/۲

با توجه به اینکه هزینه کل یا مقدار تابع هدف عبارتست از مجموع هزینه خرید سالیانه، هزینه نگهداری سالیانه و هزینه سالیانه سفارش، داریم:

هزینه سالیانه سفارش + هزینه نگهداری سالیانه + هزینه خرید سالیانه = هزینه‌کل

ریال ۳۱۲/۹۲۹/۰۹۸/۶۰۰ = هزینه کل واقعی سال اول

ریال ۳۲۳/۲۹۰/۰۰۰/۰۰۰= هزینه کل واقعی سال دوم

در جدول ۶ مقدار تابع هدف در دو سال متوالی برای مدل با مقدار هزینه کل در حالت واقعی مورد قیاس قرار می‌گیرد.

جدول ۶. مقایسه مقدار هزینه کل مدل‌ها با حالت واقعی

سال شرح	اول	دوم
کل هزینه مدل (ریال)	۲۹۱/۱۱۰/۵۰۰/۰۰۰	۳۰۲/۲۹۵/۱۰۰/۰۰۰
کل هزینه واقعی (ریال)	۳۲۱/۹۲۹/۰۹۸/۶۰۰	۳۲۳/۲۹۰/۰۰۰/۰۰۰
اختلاف کل هزینه مدل با کل هزینه واقعی (ریال)	(۳۰/۸۱۸/۵۹۸/۶۰۰)	(۲۰/۹۹۴/۹۰۰/۰۰۰)
نوع اختلاف	کاهشی	کاهشی
میزان کاهش	۰.۰۹۵۷ یا ۹/۵۷ درصد	۰/۰۶۴۹ یا ۶/۴۹ درصد

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به جدول ۶، این نتایج قابل استنباط است:

- مدل در طی دو سال کاهش در هزینه را نشان می‌دهد. کاهش هزینه مدل‌ها برای دو سال، به‌ترتیب، ۳۰/۸۱۸/۵۹۸/۶۰۰ ریال و ۲۰/۹۹۴/۹۰۰/۰۰۰ ریال است که قابل توجه می‌باشد.
- نسبت کاهش هزینه برای دو سال، به ترتیب، ۹/۵۷ درصد و ۶/۴۹ درصد است.
- درصد ترکیب سنگ آهن وکنسانتره در سال اول، به‌ترتیب، ۰/۸۸۷۳۴۷۲ و ۰/۱۱۲۶۵۲۸ و در سال دوم، به ترتیب، ۰/۹۹۴۹۱۷۴ و ۰/۰۰۵۰۸۲۵۹۲ است. در واقع، این ترکیبات را مدل با توجه به حداقل درصد کیفی Fe مورد نیاز برای خروجی فرآیند (qaFe) و دیگر محدودیت‌ها و تابع هدف تعیین می‌نماید. با توجه به نتایج حل مدل، موارد بحث‌شده در بالا، انجام تحلیل حساسیت و اینکه مدل مذکور، تنها یک مدل موجودی ساده نیست و علاوه بر در نظر گرفتن ویژگی‌های تأمین‌کننده، به بحث ترکیب بهینه مصرف مواد اولیه نیز پرداخته است (به‌طور خلاصه، مدل مذکور، مدل انتخاب تأمین‌کننده/کنترل موجودی/ترکیب بهینه مصرف است) لذا می‌توان با اطمینان بالا به مدل اتکا کرد. نکته قابل توجه دیگر اینکه مدل‌های غیرخطی با ماهیت دنیای واقعی، بیشتر همخوانی دارند. به‌عبارتی، ماهیت روابط متغیرها در دنیای واقعی غیرخطی است و استفاده از مدل‌های خطی صرفاً برای ساده‌سازی و رسیدن به جواب‌های بهینه است. لذا مدل مورد بحث در این تحقیق –که از نوع غیرخطی است– درمقایسه با مدل‌های خطی از این نوع، همخوانی بیشتری با دنیای واقعی و روابط متغیرهای آن دارد و این ویژگی بارز مدل ابداعی است. با توجه به اینکه مدل مبنای این تحقیق، مدل قدسی‌پور و اوبراین (۲۰۰۱) است، تنها به قیاس

مدل ارائه شده در این تحقیق با مدل قدسی‌پور و اوبراین می‌پردازیم. ویژگی‌های بارز مدل‌های ارائه شده در این تحقیق، در مقایسه با مدل قدسی‌پور و اوبراین عبارتند از:

– کاربردی‌تر و نزدیک‌تر به دنیای واقعی و هیچ فشاری به تأمین‌کنندگان وارد نمی‌کند.

– تنها به فرض "دریافت آنی" توجه نمی‌کند و دریافت تدریجی را نیز در نظر می‌گیرد و با حذف α_i، به آسانی ویژگی‌های بارز مشترکی قابل تبدیل به مدل دریافت آنی می‌باشد.

– در فضای عدم قطعیت، از نوع فازی، قابل کاربرد است.

اما مدل ارائه شده در این تحقیق و مدل قدسی‌پور و اوبراین (۲۰۰۱) به شرح زیر دارند:

– می‌توانند معیارهای چندگانه، مثل هزینه وکیفیت، را در مسائل انتخاب تأمین‌کننده لحاظ کنند.

– کل هزینه تدارکات (لجستیک) را لحاظ می‌کنند.

– می‌توانند مقدار اقتصادی سفارش (Q^*)را در هر دو حالت منبع‌یابی (چندگانه و منحصر به فرد) و حتی در حالات با محدودیت و بدون محدودیت محاسبه کنند.

– به مدیریت امکان می‌دهند تا استراتژی‌های شرکت در فعالیت تأمین مواد را اعمال کنند.

– می‌توانند یک برنامه زمان‌بندی ارائه دهند که در چه موقع و به چه مقدار باید از هر تأمین‌کننده خرید شود.

– با نرم‌افزارهایی چون لینگو و اکسل قابل حل هستند و مدیریت تدارکات می‌تواند به آسانی از آن‌ها استفاده نماید.

– به‌طورکلی، انعطاف‌پذیری بسیار بالایی دارند.

– به آسانی قابل خطی شدن هستند (در عمل، ممکن است تعداد سفارش در سال $\left(\frac{D}{Q}\right)$ عدد معینی باشد، در این صورت، به آسانی قابل خطی شدن هستند).

در پایان لازم است به محدودیت‌ها و معایب مدل ارائه شده اشاره کنیم و پیشنهادهایی را برای تحقیقات آتی ارائه دهیم. از جمله مهم‌ترین معایب مدل ارائه شده این است که تخفیف در قیمت خرید و صرفه‌جویی در هزینه‌های حمل را در دادن سفارش به تأمین‌کنندگان در نظر نمی‌گیرد. دوم اینکه پارامترهای نادقیق مدل در قالب اعداد فازی بیان شده‌اند، در صورتی که برای انطباق بیشتر مدل با واقعیت می‌توان از ترکیب مدل‌های فازی–احتمالی استفاده کرد. پیشنهاد می‌گردد محققین در پژوهش‌های آتی، این معایب را مد نظر قرار دهند و برای رفع آن‌ها مدل‌های دیگری را ارائه کنند.

منابع

۱. جعفرنژاد، احمد؛ اسماعیلیان، مجید؛ و ربیعه، مسعود. (۱۳۹۰). ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین در حالت منبع یابی منفرد با رویکرد فازی، *فصلنامه پژوهش‌های مدیریت در ایران*، دوره دوازدهم، شماره چهارم (۵۹)، صفحه ۱۲۷-۱۵۴.

۲. ربیعه، مسعود؛ آذر، عادل؛ مدرس‌یزدی، محمد؛ و فطانت‌فردحقیقی، محمد (۱۳۹۰). طراحی مدل ریاضی منبع‌یابی استوار چندهدفه: رویکردی در کاهش ریسک زنجیره تأمین (مورد مطالعه: زنجیره تأمین ایران خودرو). *فصلنامه چشم‌انداز مدیریت صنعتی*، سال اول، شماره ۱، صفحه ۵۷-۷۷.

۳. منهاج، محمدباقر (۱۳۸۶). *محاسبات فازی*، تهران، انتشارات دانش نگار.

4. Basnet, ch., & leang, J. M. Y. (2005). Inventory lot- sizing with supplier selection. *computers & operations research*, 32, 1-14.
5. Benton, W.C. (1991). Quantity discount decision under conditions oF multiple items, multiple suppliers and resource limitation. *International Journal oF Production Economics*, 27, 1953-1961.
6. Chen, C-T., Lin, C-T., & Muang, S-F. (2005). A Fuzzy approach For supplier evaluation and selection in supply chain management. *Internation Jouranl oF Production Economics*, Article in press
7. DeBoer, L., Labro, E., & Morlacchi, P. (2001). A review oF methods supporting supplier selection. *European Journal oF Purchasing & Supply Management*, 7, 75-86.
8. Ghodsypour, S. H., & O'Brien, C. (2001). The Total cost oF logistics in supplier selection, under conditions oF multiple souring, multiple criteria and capacity constraint. *International Journal oF Production Economics*, 73, 15-27.
9. Ghodsypour, S.H., & O'Brien, C. (1998). A decision support system For suppleir selection using onintegrated analytic hierarchy process and linear programing. *Internation Journal oF Production Economics*, 56-57, 199-212.
10. Ghodsypour, S.H., & O'Brien, C. (1997). A decision supporth system For reducing the number oF suppliers and managing the supplier partnership in A JIT/ TQM environmaent. The proceeding oF 3rd international symposium on logistics, University oF Padua, Italy.
11. Hang Hong, G., Chanpark, S., Sikjang, D., & Min Rho, H. (2005). An eFFective supplier selection method For constructing a competitive supply-relationship. Expert system with applications, Article in press, 1-11.
12. Hong, J.D., & Hayya, J.c., (1992). Just- in time purchasing single or multiple sourcing?. *International Journal oF Production Economics*, 27, 175-181.
13. Kumar, M., Vrat, P., & Shankar, R. (2004). A Fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain. *Computers & industrial Engineering*, 46, 69.58.
14. Lee, E. K., Ha, S., & Kim, S. K. (2001). Supplier selection and management system considering relationships in supply chain management. *IEEE transactions on Engineering Management*, 48(39), 307-318.
15. Li, L., & Zabinsky, Z.B. (2010). Incorporating uncertainty into a supplier selection problem. International Journal of Production Economics, Article in press.

16. Nair, Ng. (2002). Resource Management. India: vikas publishing house PVT.
17. Sakawa, M. (1993). Fuzzy Sets and Interactive Multiobjective Optimization. Plenum Press, New York.
18. Verma, Ro. (1998). An Analysis oF the supplier selection Process, Omega, *International Journal Mgmt sci*, 6, 739-750.
19. Young., J.L., & Ching., L.H. (1993). Fuzzy Mathematical Programming.Springer-Verlag.
20. Zaim, S., Sevkil, M., & Tarim, M. (2005). Fuzzy analytic hierarchy based approach For supplier selection. www.Fatih-edu.tr/~msevkli/Fahp.pdF., [jun2005]
21. Zhang, Zh., Lei, J., Cao, N., To, K., & Ng. K. (2004). Evolution oF supplier selection criteria and methods. (www.google.com), 1-19, [des2004].

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی