فصلنامه علمی – پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی – سال چهاردهم، شماره ۴۰، بهار ۹۵
صفحات ۵۲-۲۵

رویکرد بهینه سازی استوار در انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش

یلدا یحیی زاده اندواری،* لعیا الفت،** مقصود امیری***

تاریخ دریافت: ۹۱/۷/۳ تاریخ پذیرش : ۹۲/۱۰/۱

چکیده

مدیریت مناسب زنجیره تأمین، یکی از مسائل پیش‌روی بنگاه‌های اقتصادی است که تمامی فعالیت‌های سازمان را به منظور تولید محصولات و ارائه خدمات تحت تأثیر قرار می‌دهد. به تبع آن انتخاب تأمین‌کننده نیز به دلیل دخالت داشتن معیارهای کمی و کیفی مختلف از قبیل کیفیت، قیمت، انعطاف‌پذیری و زمان تحویل بسیار دشوار و پیچیده بوده و ابزار دقیق و مناسب خود را می‌طلبد. از طرفی دیگر محیط رقابتی امروز به دلیل ماهیت متغیر خود، بر عدم اطمینان و ابهام موجود در تصمیم‌گیری‌ها افزوده است. مسأله انتخاب تأمین‌کنندگان نیز از این قاعده مستثنی نیست و استفاده از روش‌های بهینه‌سازی استوار در چنین شرایطی مناسب به نظر می‌رسد. لذا در تحقیق حاضر که هدف انتخاب تأمین‌کننده و تعیین مقدار سفارش محصولات با در نظرگرفتن تمامی محدودیت‌ها، برای دستیابی به کمینه‌کردن هزینه‌ها و بیشینه‌کردن مطلوبیت خرید در شرایط عدم قطعیت می‌باشد، از آن استفاده شده است. در این مقاله ابتدا مدل قطعی چند هدفه برای حل مساله ارائه می‌شود، سپس مدل قطعی با استفاده از روش استوار مبتنی بر سناریو به مدل استوار تبدیل و با استفاده از روش LP متریک، حل می‌شود و میزان سفارش بهینه هر محصول، در هر دوره، از هر تأمین‌کننده بدست می‌آید. همچنین برای تعیین وزن هر یک از تأمین‌کنندگان، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بکار گرفته شده است.

واژگان کلیدی: انتخاب تأمین‌کننده، بهینه‌سازی استوار، استواری، مدل برنامه‌ریزی خطی چند هدفه، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، عدم اطمینان، روش LP متریک

---

* دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران
(y_yahyazade@yahoo.com)
** دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران
***دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

مقدمه

مدیریت زنجیره تأمین[1]، و فرآیند انتخاب تأمین‌کنندگان در متون مدیریت مورد توجه خاصی قرار گرفته است. در دهه ۱۹۹۰م. بسیاری از کارخانه‌ها در جستجوی راهی برای مشارکت با تأمین‌کنندگان بودند تا از این طریق عملکرد مدیریت و رقابت‌پذیری آنها را ارتقا دهند[۵]. در حقیقت انتخاب مجموعه مناسبی از تأمین‌کنندگان در جهت موفقیت یک شرکت امری بسیار مهم و حیاتی است و در طی سالیان طولانی بر انتخاب تأمین‌کننده تأکید شده است[۲۴]. به طور اساسی مسائل انتخاب تأمین کننده دو نوع است[۶]:

۱- انتخاب تأمین‌کننده هنگامی که هیچ محدودیتی وجود ندارد؛ به عبارتی هر کدام از تأمین‌کنندگان به تنهایی قادرند که نیازهای (احتیاجات) خریدار را از جمله میزان تقاضا، کیفیت، زمان تحویل و ... را برآورده سازند؛

۲- انتخاب تأمین‌کننده در حالتی که محدودیت‌هایی در ظرفیت تأمین‌کننده، کیفیت محصول تأمین‌کننده و ... وجود دارد. به عبارتی یک تأمین‌کننده به‌تنهایی قادر به برآورد احتیاجات خریدار نمی باشد و خریدار به اجبار باید بخشی از تقاضای خود را از یک تأمین کننده و بخش دیگر تقاضایش را از تأمین‌کننده دیگر به منظور جبران کمبود ظرفیت یا کیفیت پایین تأمین‌کننده اول برآورده سازد.

در خصوص مورد اول یک تأمین‌کننده می‌تواند تمام نیاز خریدار را برآورده سازد، (منبع یابی منفرد)که در این حالت مدیریت تنها یک تصمیم اتخاذ می‌کند و اینکه کدام تأمین کننده، بهترین است. در حالی که در مورد دوم، هیچ کدام از تأمین‌کنندگان به‌تنهایی قادر نیستندکه تمامی احتیاجات خریدار را برآورده سازند و بیشتر از یک تأمین‌کننده باید انتخاب شود (منبع یابی چندگانه). در این حالت مدیریت باید دو تصمیم اخذ کند: اول اینکه کدام تأمین‌کنندگان، بهترین هستند؟ و دوم، از هر یک از تأمین‌کنندگان انتخابی چه مقدار باید خریداری کرد؟[۶]. در تحقیق حاضر بحث منبع یابی چندگانه مدنظر می‌باشد.

1 - Supply chain managment

از آنجاییکه در مسائل انتخاب تأمین‌کننده اکثر داده‌های ورودی به طور دقیق مشخص نمی‌باشند، لذا نیاز به بکارگیری روش‌هایی است که بتواند عدم قطعیت موجود را لحاظ کند. هرچه محیط آشفته‌تر و نرخ تغییرات سریع‌تر باشد روش‌های که بر مبنای پیش‌بینی‌های قطعی اقدام به انتخاب تأمین‌کننده می‌کنند، کارایی خود را از دست می‌دهند، بهینه سازی استوار یکی از روش‌های متداول جهت مقابله با عدم قطعیت در محیط است. در این راستا هدف از طرح این مقاله را می‌توان ارائه مدل چند هدفه استوار به منظور انتخاب تامین‌کننده در شرایط عدم قطعیت دانست که برگرفته از تحقیق یحیی‌زاده و همکاران[۱] با همین مضمون می‌باشد. دو پارامتر تقاضا و قیمت خرید به عنوان پارامتر نامطمئن شناسایی شدند و مدلی ارائه شده که نسبت به تغییر داده‌های تقاضا و قیمت (مقادیر نامطمئن) حساسیت کمتری از خود نشان می‌دهد نوع برنامه‌ریزی این تحقیق، برنامه‌ریزی ریاضی خطی چند هدفه در فضای عدم اطمینان است.

پیشینه تحقیق

اولین تحقیق در زمینه انتخاب تأمین‌کننده توسط دیکسون در سال ۱۹۶۶ [۵] انجام شد. دیکسون در این تحقیق، اهمیت ۲۳ معیار را برای انتخاب تأمین‌کننده طی پرسشنامه‌ای از مدیران و عوامل خرید از امریکا و کانادا شناسایی کرد. همچنین در سال ۱۹۹۱وبر و همکاران[۲۲] در یک مرور جامع در زمینه معیارهای انتخاب تأمین‌کننده، ۷۴ مقاله را بررسی کرده‌اند و به این نتیجه رسیدند که انتخاب تأمین‌کننده یک مسأله چند معیاره است که اهمیت معیارها بستگی به وضعیت خرید دارد. قدسی پور و اُبرین در سال ۱۹۹۸ [۶] یک مدل برنامه ریزی خطی مختلط با استفاده از AHP توسعه دادند که می‌تواند به مدیران به منظور لحاظ کردن ویژگی‌های کیفی و فاکتورهای کمی در فعالیت خرید و تدارکات، در قالب یک روش سیستماتیک کمک کند. قدسی پور و اُبرین در مقاله دیگر[۷] یک مدل برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط را برای حل مسأله انتخاب تأمین‌کننده در حالت منبع‌یابی

چندگانه ارائه کردند که کل هزینه لجستیک را در نظر می‌گیرد. کومار و همکاران[1] (۲۰۰۴)[۹]، رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی را ارائه دادند که برای مسأله‌ی انتخاب تأمین-کننده در یک زنجیره تأمین به کار گرفته شده بود. این مدل، یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی مختلط صحیح بود که دارای سه هدف حداقل نمودن هزینه‌های خالص شبکه فروشندگان، حداقل نمودن اقلام ردی در شبکه و حداقل نمودن تأخیرات در محموله‌ها بود. نویسندگان در این رویکرد از توابع عضویت مثلثی برای اهداف فازی استفاده نمودند.

قدسی‌پور و عمید [۲] مسأله انتخاب تأمین‌کننده را از جمله مسائلی می‌دانند که توسط چندین عامل تحت تأثیر قرار می‌گیرد و یک مدل چند هدفه فازی را برای حل مسأله انتخاب تأمین کننده ارائه کردند که به دنبال مینیمم کردن هزینه خالص، کالاهای برگشتی و نرخ دیرکرد می‌باشد. آنها در این مدل بهترین ابزار برای نشان دادن عدم شفافیت در اطلاعات و نامعینی را مجموعه‌های فازی در نظر می‌گیرند.

عدم قطعیت در دنیای واقعی، مشکلی است که همواره تصمیم‌گیرندگان را در فرآیند تصمیم‌گیری دچار مشکل می‌کند. در تصمیم‌گیری مسأله انتخاب تأمین‌کننده نیز عدم قطعیت‌هایی وجود دارد. بهینه‌سازی استوار از جمله رویکردهایی است که در شرایطی که عدم قطعیت وجود دارد بسیار کارا عمل می‌کند. بهینه‌سازی استوار در سال ۱۹۷۳ توسط سویستر معرفی شد[۲۰].

تحقیقاتی که در آنها عدم قطعیت در نظر گرفته شده را می‌توان به چهار رویکرد اصلی طبقه‌بندی کرد: (۱) رویکرد برنامه‌ریزی احتمالی[2]، (۲)رویکرد برنامه‌ریزی فازی[3] (۳) رویکرد برنامه‌ریزی پویای احتمالی[4] و (۴) رویکرد بهینه سازی استوار[5] در رویکرد برنامه-ریزی احتمالی بعضی از پارامترها به عنوان متغیرهای تصادفی با توزیع احتمال مشخص در نظر گرفته می‌شوند. در دومین رویکرد برخی از متغیرها را به عنوان اعداد و مجموعه‌های فازی در

1 -Kumar et al.,2004
2 - Stochastic Programming
3 - Fuzzy Programming
4 - Stochastic Dynamic Programming
5 - robust optimization

نظر می‌گیرند و سومین رویکرد شامل کاربردهایی از متغیرهای تصادفی در برنامه‌ریزی پویا است و در نهایت رویکرد بهینه‌سازی استوار عدم قطعیت را با مجموعه‌ای از سناریوهای مختلف توصیف می‌کند، هدف این رویکرد یافتن جوابی استوار است که نسبت به تغییر داده‌های ورودی تحت همه سناریو نزدیک به بهینه باقی بماند[۱۹].

وان لاندم و وانماله[۲۱] یک روش برنامه‌ریزی استوار مبتنی بر شبیه‌سازی مونت کارلو را به عنوان پارادایمی جدید در برنامه‌ریزی زنجیره تقاضا نام می‌برند. آنها در این تحقیق به شدت بر اهمیت فضای عدم اطمینان حاکم بر زنجیره عرضه و مدیریت آن تأکید نموده‌اند و بیان می‌دارند که مدل‌ها و روش‌های ارائه شده در شرایط قطعی برای برنامه‌ریزی زنجیره تأمین، دیگر جوابگوی فضای عدم اطمینان حاکم نبوده و کارا نمی‌باشد، لذا باید برنامه‌ریزی زنجیره منطبق با فضای عدم اطمینان صورت پذیرد. آنها همچنین اشاره جامعی بر منابع عدم اطمینان می‌نمایند.

رینر[1] و ترکا[2][۱۸] یک مدل بهبود و اصلاح که بر ارتقاء زنجیره تأمین مورد مطالعه تأثیر دارد را ارائه نموده‌اند. آنها نشان می‌دهند که محیط زنجیره تأمین استوار ایده‌آل بستگی به وضعیت تقاضا دارد، آنها بر این اعتقاد هستند که اگر چه کاهش عدم اطمینان با کمک به اشتراک گذاشتن اطلاعات، کاهش زمان تأمین و موارد دیگر امکان‌پذیر است اما با وجود این موارد اجتناب از عدم اطمینان ممکن نیست و در این خصوص برنامه‌ریزی استوار به منظور مدیریت عدم اطمینان در زنجیره تأمین ضروری است.

لئونگ[3] و همکاران[۱۱] به بهینه‌سازی استوار در حوزه برنامه‌ریزی تولید در زنجیره تأمین یک شرکت چند ملیتی در هنگ‌کنگ پرداخته‌اند و یک مدل بهینه‌سازی استوار برای حل مسأله برنامه‌ریزی تولید چند مکانی با داده‌های نامطمئن توسعه دادند که تابع هدف، حداقل-کردن هزینه کل شامل هزینه تولید، هزینه نیروی کار، هزینه موجودی و هزینه‌های مربوط به تغییر نیروی کار می‌باشد.

1 - Reiner
2 - Tracka
3 - Leung

لای[1] و همکاران [۱۰]، یک مدل بهینه‌سازی استوار برای شرکت‌های خدمات تخصصی در محیط نامطمئن ارائه نموده‌اند. این مدل از نوع برنامه‌ریزی تصادفی است که تصادفی بودن تقاضای ناشناخته را مدنظر قرار داده است. ایشان در این تحقیق از رویکرد اولیه مالوی و همکاران(۱۹۹۵) در حوزه بهینه‌سازی استوار مبتنی بر سناریو استفاده کردند.

نام[2] و همکاران[۱۵]، در تحقیقی با عنوان "مدیریت تأمین استوار" به بحث استواری در تعیین تعداد بهینه تأمین‌کنندگان مورد قرارداد با پیمانکاران پرداخته‌اند. اهمیت مدیریت تأمین استوار در شرایط عدم اطمینان تقاضا، نیازمند درک مزایای تعداد بهینه تأمین‌کنندگان است. بخش کلیدی این مزایا باز می‌گردد به کاهش هزینه کل که تعداد اندکی از مدل‌های بهینه‌سازی در حوزه تأمین‌کنندگان به این مهم پرداخته‌اند. لیبی و همکاران[۸] به بحث در خصوص توسعه متدولوژی طراحی شبکه زنجیره تأمین در شرایط عدم اطمینان پرداخته‌اند و به مروری جامع و نقادانه با ارائه برخی نقاط ضعف موجود از مدل‌های بهینه‌سازی ارائه شده در ادبیات نظری اشاره کرده‌اند. علاوه بر این به تحلیلی از منابع عدم اطمینان و ریسک در زنجیره تأمین پرداخته و منابع عدم اطمینان در آن را معرفی نمودند. آنها بر این اعتقاد هستند که استواری شبکه زنجیره تأمین شرطی لازم برای اطمینان از ایجاد ارزش پایدار تلقی می‌شود.

پان[3] و ناجی[4][۱۶]، مسأله طراحی زنجیره تأمین برای یک فرصت جدید در بازار با تقاضای نامطمئن در محیط تولیدی چابک را مد نظر قرار داده‌اند. آنها بهینه‌سازی یکپارچه‌ای از هزینه‌های تولید و لجستیک مربوط به اعضای زنجیره تأمین را مد نظر قرار داده‌اند. دو دسته متغیرهای تصمیم در این تحقیق در نظر گرفته شده، متغیرهای صفر و یک؛ برای انتخاب شرکت‌ها در ساختن زنجیره تأمین و متغیرهای پیوسته؛ به منظور برنامه‌ریزی تولید مورد

1 - Li
2 - Nam
3 - Pan
4 - Nagi

استفاده قرار گرفته است. مدلسازی استوار این تحقیق مبتنی بر روش مالوی و همکاران(۱۹۹۵) می‌باشد.

چانگ و لین[1] [۳]، به فرصت‌ها و چالش‌های جدید در سیستم‌های پیش‌بینی زنجیره تأمین استوار و انعطاف‌پذیر پرداخته‌اند. ایشان همچنین به پیشرفت‌های اخیر در حوزه هوش محاسباتی شامل تکنیک‌هایی چون شبکه‌های عصبی، تئوری فازی و الگوریتم‌های تکاملی اشاره می‌کنند و این‌ها را روش‌هایی برای پیش‌بینی تقاضای قابل اتکا می‌دانند.

پیشوایی و همکاران[۱۷] ، یک مدل بهینه‌سازی استوار برای مدیریت عدم اطمینان‌های ذاتی موجود در داده‌های ورودی برای مسأله طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته[2] ارائه کرده‌اند که ابتدا یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط برای طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته ارائه می‌شود، سپس مدل همتای استوار آن به کمک روش‌های جدید در تئوری بهینه‌سازی استوار مد نظر قرار می‌گیرد.

با مروری بر ادبیات مسئله انتخاب تأمین‌کننده و اجتناب ناپذیر بودن عدم قطعیت در اینگونه مسائل، و با توجه به اینکه در مدل ما اطلاعات ورودی همچون تقاضای مشتری و قیمت غیر قطعی می‌باشد، در این تحقیق از مدل استوار مالوی و همکاران استفاده می‌کنیم چرا که در چنین شرایط محیطی که نیاز به تعریف سناریوهای مختلف دارد، مدل بهینه‌سازی استوار مبتنی بر سناریو از بهترین روش‌ها خواهد بود.

بهینه سازی استوار

مالوی و همکاران[۱۳]، چارچوبی برای بهینه‌سازی استوار ارائه کردند که شامل دو تعریف مهم "جواب استوار" و "مدل استوار" است. به این‌صورت که؛ زمانی یک جواب برای مدل بهینه‌سازی، جوابی استوار نامیده می‌شود، که آن جواب تحت همه سناریوها " نزدیک" به بهینه باقی بماند. و همچنین زمانی یک مدل، مدلی استوار است که تحت همه سناریوها

1- Chang,Lin
2 - Closed-loop

"تقریباً" موجه باشد. با توجه به این تعاریف، مدل عمومی بهینه‌سازی استوار را توسعه داده-اند، این بهینه‌سازی مرتبط با مسائلی است که جنس داده‌های آن از نوع سناریو باشد (مقادیر داده‌های مسأله توسط مجموعه‌ای از سناریوها توصیف می‌شود). مالوی در این تحقیق بیان می‌کند که تحقیق در عملیات در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی با داده‌های نوسانی[1] و ناممطمئن مواجه است و مواجهه با این نوع داده‌ها از طریق تحلیل حساسیت یا برنامه‌ریزی احتمالی با مشکلاتی مواجه می‌باشد. در حالت کلی در مواجهه با مدل‌های بهینه‌سازی ما با دو بخش مجزا مواجه هستیم، بخش ساختاری،که ثابت است و فاقد هرگونه نوسان در داده‌های ورودی آن می‌باشد و بخش کنترل، که تابعی دستخوش داده‌های نامطمئن و نوسانی است. مدل LP بهینه سازی به صورت زیر است:

$$\text{Minimize} \quad c^T x + d^T y \qquad (۱)$$

$$\text{subject to :} \quad Ax = b \qquad (۲)$$

$$Bx + Cy = e \qquad (۳)$$

$$x, y \geq 0 \qquad (۴)$$

$$x \in R^{n_1}, y \in R^{n_2} \qquad (۵)$$

x بیانگر متغیرهای تصمیم پارامترهای قطعی و y نشان دهنده متغیرهای تصمیم بخش کنترل[2] است. مدل LP شامل دو نوع محدودیت می‌باشد؛ محدودیت‌های ساختاری[3] که ضرایب آن ثابت (ضرایبی مطمئن) و محدودیت‌های کنترل[4] که ضرایب این محدودیت‌ها در برگیرنده حالت غیر قطعی هستند. همچنین مجموعه‌ای محدود از سناریوها $\Omega = \{1,2,3,\ldots,S\}$ برای پارامترهای غیر قطعی مدل فرض می‌کنیم و متناسب با هر سناریو $s \in \Omega$ مجموعه‌ی $\{d_s, B_S, C_S, e_s\}$ به عنوان تحقق عملکرد هر سناریو تعریف شده

1 - noisy
2-control variables
3 - Structural constraints
4 - control constrains

است، از طرفی P_S احتمال رخداد هرسناریو را نشان می‌دهد که $\sum p_s = 1$ می‌باشد. صورت کلی مدل بهینه‌سازی استوار مالوی و همکاران به شرح ذیل است.

$$Minimize \quad \sigma(x,y_1,y_2,...,y_s)+\omega\sum\rho(\delta_1,...,\delta_s) \qquad (۶)$$

$$s.t. \quad Ax=b, \qquad (۷)$$

$$B_Sx+C_sy_s+Z_s=e_e, \quad for\ all\ s\in\Omega, \qquad (۸)$$

$$x\geq 0,\ y_s\geq 0, \quad for\ all\ s\in\Omega, \qquad (۹)$$

در مدل استوار فوق، مجموعه $\{y_1,y_2,y_3,\ldots y_s\}$ ، مجموعه‌ای از متغیرهای کنترل برای هر سناریو $s \in \Omega$ ، است. همچنین $\{\delta_1,\delta_2,\delta_3,....\delta_s\}$ مجموعه‌ای از بردارهای خطا است که مقدار ناموجهی[1] مجاز در محدودیت‌های کنترل تحت سناریوی s را اندازه‌گیری می‌کند. با توجه به سناریوهای چندگانه، تابع هدف $\xi=c^T x+d^T$ متغیری تصادفی است که مقدار $\xi_s = c^T x + d_s^T y_s$ را با احتمال P_s می‌گیرد. مبادله بین استواری جواب و استواری مدل به کمک مفهوم تصمیم‌گیری چند معیاره[2] انجام می‌شود. در حقیقت مدل بهینه‌سازی استوار فوق قادر است میزان این مبادله را بسنجد. عبارت $\sigma_{(0)}$ به صورت عبارتی غیرخطی لحاظ می‌شود. در حقیقت این مدل استوار مبتنی بر سناریو کاربردی از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی احتمالی[3] است[۱۱و۱۳].

عبارت دوم در تابع هدف یعنی $(\delta_1, \delta_2, \delta_3, \ldots . \delta_s)$ یک تابع جریمه موجه بودن است که به منظور جریمه کردن نقض و تخطی از محدودیت‌های کنترل با توجه به برخی از سناریوها مد نظر قرار می‌گیرد. به کمک وزن ω توازن و مبادله بین استواری جواب (که توسط $\sigma_{(0)}$ *سنجیده* می‌شود) و استواری مدل (که توسط $\rho_{(0)}$ سنجیده می‌شود) می‌تواند تحت فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره مدل شوند. برای نمونه اگر $\omega = 0$ باشد، تابع هدف

1 - infeasibility
2 - Multiple criteria decision making
3 - stochastic non-linear programming model

عبارت $\sigma_{(0)}$ را حداقل می‌کند و جواب ممکن است غیرموجه باشد. در حالیکه اگر به ω مقدار نسبتاً بزرگی تخصیص یابد هزینه بیشتری را به دنبال خواهد داشت[۱۱و۱۳و۲۳و۱۴]. عبارت $\sigma(x, y_1 \dots, y_s)$ شامل؛ مقدار میانگین $\sigma_{(0)}$ بعلاوه مقدار ثابت λ ضرب در واریانس آن است:

$$\begin{aligned}&\sigma(x, y_1, \dots, y_s)\\&= \sum_{s\epsilon S} P_s \xi_s\\&+ \lambda \sum_{s\epsilon S} P_s (\xi_s\\&- \sum_{s' \in S} P_{s'} \xi_{s'})^2\end{aligned} \qquad (۱۰)$$

از آنجائیکه عبارت فوق شامل بخشی است که دارای توان دوم است و شکلی کوادراتیک در مدلسازی می‌باشد، عبارت فوق را به صورت زیر که توسط یو و لی[۲۳] فرموله بندی شده است تبدیل نمودند:

$$\begin{aligned}&\sigma(x, y_1, \dots, y_s)\\&= \sum_{s\epsilon S} P_s \xi_s + \lambda \sum_{s\epsilon S} P_s \left| \left| \xi_s \right.\right.\\&\left.\left. - \sum_{s' \in S} P_{s'} \xi_{s'} \right|\right|\end{aligned} \qquad (۱۱)$$

اما این تابع هدف هنوز هم غیرخطی است ولی با رویکرد یو و لی[۲۳] قابل تبدیل به تابع خطی با اضافه کردن دو متغیر انحراف غیرمنفی می‌باشد. در حقیقت به جای حداقل کردن

مرجع انحرافات مطلق از میانگین دو تابع فوق، دو متغیر انحراف با توجه به محدودیت‌ها حداقل می‌گردد. به این صورت که:

$$Minz = \sum_{s\epsilon S} P_s \xi_s + \lambda \sum_{s\epsilon S} P_s \left[(\xi_s - \sum_{s'\in S} P_{s'} \xi_{s'}) + 2\theta_s \right] \quad (۱۲)$$

$$S.t: \quad \xi_s - \textstyle\sum_{s\epsilon S} P_s \xi_s + \theta_s \geq 0 \quad (۱۳)$$

$$\theta_s \geq 0$$

تعریف مسئله و طراحی مدل

در این بخش، ابتدا فرضیات و نمادهای مسأله و منابع عدم اطمینان بیان شده و سپس مدل‌ها طراحی می‌شوند.

۱. وجود چند تأمین‌کننده $\boldsymbol{j = \{1, 2, \dots, m\}}$ که هر تأمین‌کننده قادر است کلیه محصولات را تولید کند.
۲. در مدل چند محصول $\boldsymbol{i = \{1, 2, \dots, n\}}$ در نظر گرفته می‌شود.
۳. هیچ فرآیندی بر روی کالای خریداری شده از تأمین کننده صورت نمی‌گیرد.
۴. در مدل چند دوره زمانی مورد توجه قرار می‌گیرد.

۵. میزان خرید از بعضی تأمین‌کنندگان دارای محدودیت است.(با توجه به هزینه حمل و نقل و بصرفه بودن خرید، در مورد برخی تأمین‌کنندگان حداقل خرید در نظر گرفته می‌شود.)
۶. تأمین‌کننده دارای محدودیت ظرفیت می‌باشد.
۷. هزینه نگهداری در نظر گرفته می‌شود.
۸. عدم اطمینان در تقاضا و قیمت وجود دارد.
۹. روابط بین متغیرهای مدل خطی می‌باشد.

متغیرهای تصمیم مدل:

X_{ijt} :میزان خرید هر واحد محصول i ام از تامین‌کننده jام در دوره زمانیt

I_{it} :میزان موجودی محصول i ام در دوره زمانی t که به دوره$t+1$ منتقل می‌شود (با فرض اینکه $I_0 = 0$ است)

I_{it}^s :میزان موجودی محصول i ام در دوره t ام که به دوره $t+1$ تحت سناریوی s ام منتقل می‌شود (با فرض اینکه $I_{i0} = 0$ است)

Y_{ijt}:اگر محصول i ام در دوره t ام از تامین‌کننده j ام خریداری شود یک(۱)، در غیر اینصورت صفر (۰).

δ_{it}^s : میزان تقاضایی که از محصولi ام در دوره t ام در سناریوی s ام پاسخ داده نمی‌شود.

پارامترهای مدل:

λ_{ijt} :قیمت خرید هر واحد محصول i ام خریداری شده از تامین‌کننده j ام در دوره زمانی t

λ_{ijt}^s :قیمت خرید هر واحد محصول i ام خریداری شده از تامین‌کننده j ام در دوره زمانی t تحت سناریو s ام

h_{it} :هزینه نگهداری هر واحد محصول i ام در دوره t

O_{ijt} :هزینه سفارش محصول i ام از تامین‌کننده j ام در دوره زمانی t

D_{it} :میزان تقاضای محصول i ام در دوره زمانی t

D_{it}^{s} :میزان تقاضای محصول i ام در دوره زمانی t تحت سناریو s ام

C_{ijt} :میزان ظرفیت تامین‌کننده j ام از محصول i ام در دوره زمانی t

f_i :فضای مورد نیاز برای نگهداری محصول i ام

F :کل فضای انبار موجود.

A_{ijt} :حداقل میزان خرید از تامین‌کننده j ام از محصول i ام در دوره t ام

w_j :وزن تخصیص داده شده به تامین‌کنندگان مختلف

P_s :احتمال رخداد هر سناریو

منابع عدم اطمینان:در این مقاله منابع عدم اطمینان شناسایی شده عبارتند از؛ تقاضا و قیمت خرید که این منابع عدم اطمینان نقش مهم و قابل ملاحظه‌ای در نتایج مدل دارند.

صورت کلی مدل قطعی:

$$Min \sum_i \sum_j \sum_t X_{ijt} \times \lambda_{ijt} + \sum_i \sum_j \sum_t O_{ijt} \times Y_{ijt} + \sum_i \sum_t h_{it} \times I_{it} \qquad (14)$$

$$Max \sum_i \sum_j \sum_t W_j \times X_{ijt} \qquad (15)$$

S.t:

$$X_{ijt} \leq C_{ijt} \times Y_{ijt} \qquad \forall i,j,t \qquad (16)$$

$$I_{i(t-1)} + \sum_j X_{ijt} - D_{it} \qquad \forall i,t \qquad (17)$$

$$A_{ijt} \times Y_{ijt} \leq X_{ijt} \qquad \forall i,j,\mathrm{t} \qquad (18)$$
$$M \times Y_{ijt} \geq X_{ijt} \qquad \forall i,j,t \qquad (19)$$
$$\sum_i (I_{it} \times f_i) \leq F \qquad \forall t,i \qquad (20)$$
$$X_{ijt}, I_{it} \geq 0 \; and \; integer \quad \forall i,j, \qquad (21)$$
$$Y_{ijt} \in \{1,0\} \qquad \forall i,j,t \qquad (22)$$

در مدل فوق توابع هدف شامل کمینه کردن هزینه‌های کل (هزینه خرید، هزینه موجودی و هزینه نگهداری) و بیشینه کردن ارزش خرید از تأمین‌کنندگان است. محدودیت‌ها به ترتیب محدودیت ظرفیت هر تأمین‌کننده، محدودیت مربوط به بالانس موجودی قطعات، محدودیت حداقل میزان خرید از هر تأمین‌کننده، محدودیت اعمال متغیر صفر و یک و محدودیت ظرفیت انبار و ... می‌باشد. جهت رویارویی با عدم قطعیت پارامترها با مجموعه‌ای از سناریوهای ممکن و تبدیل مدل قطعی به استوار از رویکرد بهینه‌سازی استوار استفاده می‌شود.

صورت کلی مدل بهینه سازی استوار مسأله انتخاب تأمین‌کننده:

با توجه به توضیحاتی که در مورد مدلسازی استوار به روش پیشنهادی مالوی و همکاران ارائه شد، در این قسمت به مدلسازی مساله پرداخته می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

$$
\begin{aligned}
Min = \sum_s P_s \Bigg(& \sum_i \sum_j \sum_t \lambda_{ijt}^s \times X_{ijt} \\
& + \sum_i \sum_j \sum_t O_{ijt} \times Y_{ijt} + \sum_i \sum_t h_{it} \times I_{it}^s \Bigg) \\
& + \lambda \sum_s P_s \Bigg[\Bigg(\sum_i \sum_j \sum_t \lambda_{ijt}^s \times X_{ijt} \\
& + \sum_i \sum_j \sum_t O_{ijt} \times Y_{ijt} + \sum_i \sum_t h_{it} \times I_{it}^s \Bigg) \\
& - \sum_{\acute{s}} P_{\acute{s}} \Bigg(\sum_i \sum_j \sum_t \lambda_{ijt}^{\acute{s}} \times X_{ijt} \\
& + \sum_i \sum_j \sum_t O_{ijt} \times Y_{ijt} + \sum_i \sum_t h_{it} \times I_{it}^{\acute{s}} \Bigg) + 2\theta_s \Bigg] \\
& + \omega \sum_i \sum_j \sum_t P_s \\
& \times \delta_{it}^s
\end{aligned} \tag{23}
$$

$$Max = \sum_j w_j \times \sum_i \sum_t X_{ijt} \tag{24}$$

$$X_{ijt} \le C_{ijt} \times Y_{ijt} \ \ \forall i,j,t \tag{25}$$

$$I_{i(t-1)}^s + \sum_j X_{ijt} - D_{it}^s + \delta_{it}^s = I_{it}^s \ \ \forall i,j,t,s \tag{26}$$

$$A_{ijt} \times Y_{ijt} \le X_{ijt} \ \ \forall i,j,t \tag{27}$$

$$M \times Y_{ijt} \ge X_{ijt} \ \ \forall i,j,t \tag{28}$$

$$\sum_i \left(I_{i(t-1)}^s \times f_i \right) \le F \ \ \forall t,s \tag{29}$$

$$\left(\sum_i\sum_j\sum_t \lambda_{ijt}^s \times X_{ijt} + \sum_i\sum_j\sum_t O_{ijt} \times Y_{ijt} + \sum_i\sum_t h_{it} \times I_{it}^s\right) - \sum_s P_s\left(\sum_i\sum_j\sum_t \lambda_{ijt}^s \times X_{ijt} + \sum_i\sum_j\sum_t O_{ijt} \times Y_{ijt} + \sum_i\sum_t h_{it} \times I_{it}^s\right) + \theta_s \geq 0 \ \forall s \quad (30)$$

$$and\ integer\ X_{ijt}, I_{it}^s, \delta_{it}^s \geq 0 \quad \forall i,j,t,s \quad (31)$$

$$Y_{ijt} \in \{1,0\} \quad \forall i,j,t \quad (32)$$

در رابطه (۲۳) تابع هدف اول از سه بخش تشکیل شده است که دو بخش اول آن برابر است با: میانگین و واریانس هزینه‌های کل شرکت. این دو بخش نشان دهنده استواری مدل نسبت به بهینگی می‌باشد. بخش سوم تابع هدف استواری مدل نسبت به شدنی بودن را با توجه به مقدار ناموجهی محدودیت‌های کنترل تحت هر سناریو اندازه‌گیری می‌کند. در مدل استوار معادله(۲۶) یک محدودیت کنترل است که تعیین کننده مقدار موجودی محصول در انبار است. اگر مقدار کل یک محصول خریداری شده در دوره t به اضافه مقدار موجودی این محصول از دوره قبل بزرگتر از تقاضای شرکت باشد، موجودی این دوره برابر است با:

$I_i^s = I_{i(t-1)}^s + \sum_j X_{ijt} - D_{it}^s$ و بنابراین تقاضا برآورده نشده‌ای نداریم و مقدار $\delta_{it}^s = 0$ است، اگر مقدار $I_{i(t-1)}^s + \sum_j X_{ijt}$ کمتر از تقاضای شرکت باشد پس مقدار $I_{\mathrm{it}}^{\mathrm{s}} = 0$ صفر می‌شود و در نتیجه: $\delta_{it}^s = D_{it}^s - I_{i(t-1)}^s - \sum_j X_{ijt}$.

معادله (۲۵)، نشان‌دهنده محدودیت ظرفیت تأمین‌کننده و معادله (۲۷)، نشان می‌دهد که میزان خرید از هر تأمین‌کننده دارای محدودیت است و مقدار حداقلی دارد که باید دقیقاً برابر با آن یا بیشتر از آن خریداری شود. معادله (۲۸) نشان می‌دهد که متغیر y_{ijt} یک متغیر صفر و یک می‌باشد. معادله (۲۹) بیانگر این امر است که میزان موجودی هر محصول در یک دوره نباید از ظرفیت تخصیص یافته انبار در آن دوره به آن محصول بیشتر باشد. معادله(۳۰) برای تبدیل تابع هدف از غیر خطی به خطی به مدل اضافه شده است. و معادله (۳۱) و(۳۲) بیانگر نوع متغیرها و اطمینان از بردارهای نامنفی می‌باشد.

روش حل

از آنجائیکه مدل مذکور چند هدفه است برای حل مدل چند هدفه روش $L\text{-}P$ متریک به کار گرفته می‌شودبه این صورت که یکبار تابع هدف ارزش خرید(Z_1) به تنهایی و بدون در نظر گرفتن تابع هدف هزینه خرید بیشینه گردد و یکبار نیز تابع هدف هزینه (Z_2) به تنهایی کمینه گردد و در نهایت مقدار بهینه توابع هدف (Z_1^* وZ_2^*) با در نظر گرفتن تمامی محدودیت‌های مسئله در تابع هدف روش $L\text{-}P$ متریک قرار می‌گیرد[۱۲]. جواب بهینه مدل از حل این مدل تک هدفه که به دنبال حداقل کردن فاصله هر تابع (مینیمم سازی) از مقدار بهینه خود است، به دست می‌آید. از آنجائیکه یکی از توابع هدف ما بیشینه کردن است در آن فاصله مقدار بهینه تابع را از مقدار خود تابع حداقل می‌کنیم. این تابع هدف مطابق رابطه (۳۳) می‌باشد.

(33)

$$Min\ Z_3 = \left[\bar{W} \ \frac{Z_1 - Z_1^*}{Z_1^*} + (1 - \bar{W}) \ \frac{Z_2^* - Z_2}{Z_2^*} \right]$$

آزمون مدل:

برای درک بهتر مدل پیشنهادی، از داده‌های واقعی شرکت پخش لوازم خانگی خزر استفاده گردید. دوره برنامه‌ریزی یکساله t=1,2,3,4 شامل ۴ فصل در نظر گرفته شد. محصولات i=1,2,3,4,5را از تامین‌کنندگان j=1,2,3,4، خریداری می‌شود. سناریوهای s=1,2,3، بر اساس داده‌های گذشته شرکت، قراردادهای کوتاه مدت و بلند مدت آینده و شاخص قیمت خرید و... تعریف شده‌اند. می‌توان فرض کرد که سناریوهای آینده با یکی از سه سناریو زیر متناسب باشد. در سناریو اول شرایطی را در نظر می‌گیریم که تقاضا زیاد باشد و قیمت خرید بالا، در سناریو دوم تقاضا متوسط و قیمت خرید نیز ثابت است و سناریو سوم شرایطی است که تقاضا بسیار کم می‌شود. در این‌صورت فرض می‌کنیم احتمال رخداد هر سناریو نیز به ترتیب برابر است با۰/۳ و ۰/۵ و ۰/۲.

برای تعیین وزن هر یک از تأمین‌کنندگان، ابتدا با انجام مطالعات کتابخانه‌ای، بررسی تحقیقات صورت گرفته و نظرخواهی از خبرگان، معیارهای خدمات پس از فروش، کارکرد محصول، تحویل به موقع، کیفیت شبکه توزیع و عملکرد گذشته شناسایی شدند و سپس با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (*AHP*) پس از انجام محاسبات، وزن هر یک از تأمین‌کنندگان به ترتیب ۰/۰۹، ۰/۱۶، ۰/۳۵، ۰/۴ بدست آمد. قیمت خرید هر یک از محصولات از تأمین‌کننده موردنظر تحت سناریوهای تعریف شده در جدول (۱)، نشان داده شده است. جدول (۲) ،ظرفیت هر تأمین‌کننده را نشان می‌دهد. جدول (۳)، میزان تقاضای هر محصول در هر دوره تحت هر سناریو را نشان می‌دهد، جدول (۴)، حداقل میزان خرید از هر تأمین‌کننده، جدول (۵) هزینه نگهداری و در نهایت جدول (۶) هزینه سفارش‌دهی هر محصول در هر دوره را نشان می‌دهد. پارامتر فضای مورد نیاز برای نگهداری محصول با توجه به حجم اشغال کننده هر محصول بر حسب مترمکعب به ترتیب برای هر محصول ۰/۲۵، ۰/۳۵، ۰/۱۵، ۰/۸۵، ۰/۲۶ بدست آمده است. وزن دو تابع هدف را نیز برابر ۰/۵ در نظر می‌گیریم که بسته به نظر تصمیم گیرنده می‌تواند متفاوت باشد.

جدول ۱. قیمت خرید محصولات(۱۰ هزار ریال)

تأمین کننده، j				محصول،i	t	S	تأمین کننده، j				سناریو،s	دوره t	محصول،i
٤	٣	٢	١				٤	٣	٢	١			
٩٠٠	١٣٩٠	١٤٠٠	١٥٠٠	١			٩٠٠	١٣٨٠	١٣٩٠	١٤٠٠			١
٢٨٠	٣٨٠	٣٩٠	٤٠٠	٢			٢٩٠	٤٠٠	٤١٠	٤٢٠			٢
٣٠٠	٤٢٠	٤٣٠	٤٤٠	٣	٣t=	١s=	٣١٠	٤٤٠	٤٥٠	٤٦٠	١s=	١t=	٣
١٢٩٠	١٨٨٠	١٨٩٠	١٩٠٠	٤			١٣٠٠	١٩٤٠	١٩٥٠	١٩٦٠			٤
٥٤٠	٨٨٠	٨٩٠	٩٠٠	٥			٥٥٠	٩٨٠	٩٩٠	١٠٠٠			٥
٨٥٠	١٣٤٠	١٣٥٠	١٤٥٠	١			٣٥٠	١٣٣٠	١٣٤٠	١٣٥٠			١
٢٣٠	٣٣٠	٣٤٠	٣٥٠	٢			٢٤٠	٣٥٠	٣٦٠	٣٧٠			٢
٢٥٠	٣٧٠	٣٨٠	٣٩٠	٣	٣t=	٢S=	٢٦٠	٣٩٠	٤٠٠	٤١٠	٢ S=	١t=	٣
١٢٤٠	١٨٣٠	١٨٤٠	١٨٥٠	٤			١٢٥٠	١٨٩٠	١٩٠٠	١٩١٠			٤
٤٩٠	٨٣٠	٨٤٠	٨٥٠	٥			٥٠٠	٩٣٠	٩٤٠	٩٥٠			٥
٨٣٠	١٣٢٠	١٣٣٠	١٤٣٠	١			٨٣٠	١٣١٠	١٣٢٠	١٣٣٠			١
٢١٠	٣١٠	٣٢٠	٣٣٠	٢			٢٢٠	٣٣٠	٣٤٠	٣٥٠			٢
٢٣٠	٣٥٠	٣٦٠	٣٧٠	٣	٣t=	٣S=	٢٤٠	٣٧٠	٣٨٠	٣٩٠	٣ S=	١t=	٣
١٢٢٠	١٨١٠	١٨٢٠	١٨٣٠	٤			١٢٣٠	١٨٧٠	١٨٨٠	١٨٩٠			٤
٤٧٠	٨١٠	٨٢٠	٨٣٠	٥			٤٨٠	٩١٠	٩٢٠	٩٣٠			٥
٩٠٠	١٣٨٠	١٣٩٠	١٤٠٠	١			٩٠٠	١٣٨٠	١٣٩٠	١٤٠٠			١
٢٨٠	٣٩٠	٤٠٠	٤١٠	٢			٢٩٠	٤٠٠	٤١٠	٤٢٠			٢
٣١٠	٤٤٠	٤٥٠	٤٦٠	٣	٤t=	١s=	٣١٠	٤٤٠	٤٥٠	٤٦٠	١s=	÷٢t=	٣
١٢٩٠	١٨٨٠	١٨٩٠	١٩٠٠	٤			١٤٠٠	١٩٨٠	١٩٩٠	٢٠٠٠			٤
٥٤٠	٨٨٠	٨٩٠	٩٠٠	٥			٥٦٠	١٠٨٠	١٠٩٠	١١٠٠			٥
٨٥٠	١٣٣٠	١٣٤٠	١٣٥٠	١			٨٥٠	١٣٨٠	١٣٤٠	١٣٥٠			١
٢٣٠	٣٤٠	٣٥٠	٣٦٠	٢			٢٤٠	٣٥٠	٣٦٠	٣٧٠			٢
٢٦٠	٣٩٠	٤٠٠	٤١٠	٣	٤t=	٢s=	٢٦٠	٣٩٠	٤٠٠	٤١٠	٢s=	٢t=	٣
١٢٤٠	١٨٣٠	١٨٤٠	١٨٥٠	٤			١٣٥٠	١٩٣٠	١٩٤٠	١٩٥٠			٤
٤٩٠	٨٣٠	٨٤٠	٨٥٠	٥			٥١٠	١٠٣٠	١٠٤٠	١٠٥٠			٥
٨٣٠	١٣١٠	١٣٢٠	١٣٣٠	١			٨٣٠	١٣٦٠	١٣٢٠	١٣٣٠			١
٢١٠	٣٢٠	٣٣٠	٣٤٠	٢			٢٢٠	٣٣٠	٣٤٠	٣٥٠			٢
٢٤٠	٣٧٠	٣٨٠	٣٩٠	٣	٤t=	٣s=	٢٤٠	٣٧٠	٣٨٠	٣٩٠	٣s=	٣t=	٣
١٢٢٠	١٨١٠	١٨٢٠	١٨٣٠	٤			١٣٣٠	١٩١٠	١٩٢٠	١٩٣٠			٤

٤٧٠	٨١٠	٨٢٠	٨٣٠		٥	٤٩٠	١٠١٠	١٠٢٠	١٠٣٠	٥

جدول ۲. ظرفیت تأمین کنندگان(بر حسب عدد)

تأمین کننده ،j						
۴	۳	۲	۱	دوره،t	محصول،i	
۸۰	۴۰	۳۰	۵۰		۱	
۲۰۰	۱۰۰	۲۰	۴۰		۲	
۴۰	۲۰	۵	۲۰	۱t=	۳	
۲۵۰	۱۰۰	۵۰	۶۰		۴	
۱۴۰۰	۶۰۰	۱۰۰	۲۰۰		۵	
۱۲۰	۸۰	۵۰	۴۰		۱	
۲۵۰	۲۰۰	۴۰	۷۰		۲	
۵۰	۳۰	۵	۲۰	۲t=	۳	
۳۰۰	۱۲۰	۳۰	۵۰		۴	
۲۴۰۰	۲۰۰۰	۵۰	۵۰۰		۵	
۱۱۰	۳۵	۵۴	۲۲		۱	
۹۰	۵۵	۱۵	۱۵		۲	
۵۶	۵۰	۱۰	۲۰	۳t=	۳	
۱۱۰	۶۰	۲۰	۱۰		۴	
۱۰	۵	۲	۳		۵	
۹۵۰	۵۰۰	۵۰	۱۰۰		۱	
۱۹۰	۷۰	۱۵	۳۰		۲	
۱۳۰	۴۰	۲۰	۱۰	۴t=	۳	
۱۲۰	۵۰	۱۰	۲۰		۴	
۷۰	۴۰	۱۰	۱۵		۵	

جدول ۳. تقاضای بازار(بر حسب عدد)

دوره،t						
۴	۳	۲	۱	سناریو،s	محصول،i	
۱۲۰	۱۸۰	۱۲۰	۱۰۰۰		۱	
۳۶۰	۳۶۰	۱۵۰	۲۶۰		۲	
۶۰	۶۰	۸۰	۱۸۰	۱s=	۳	
۳۶۰	۳۶۰	۱۲۰	۱۵۰		۴	
۲۰۰۰	۴۰۰۰	۰	۱۰۰		۵	
۱۰۰	۱۶۰	۱۰۰	۹۰۰		۱	
۳۳۰	۳۴۰	۱۳۰	۲۴۰		۲	
۴۰	۴۰	۶۰	۱۶۰	۲s=	۳	
۳۴۰	۳۴۰	۱۰۰	۱۳۰		۴	
۱۹۰۰	۳۸۰۰	۰	۹۰		۵	
۹۰	۱۴۰	۹۰	۸۰۰		۱	
۳۲۰	۳۲۰	۱۱۰	۲۲۰		۲	
۳۰	۳۰	۵۰	۱۴۰	۳s=	۳	
۳۲۰	۳۲۰	۹۰	۱۱۰		۴	
۱۸۰۰	۳۶۰۰	۰	۸۰		۵	

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول۴. حداقل میزان خرید از تأمین‌کننده(بر حسب عدد)

تأمین‌کننده،j					
۴	۳	۲	۱	دوره،t	محصول،i
۱۰	۵	۴	۶		۱
۲۵	۱۳	۳	۵		۲
۵	۳	۱	۳	۱t=	۳
۳۱	۱۳	۶	۸		۴
۱۷۵	۴۵	۱۳	۲۵		۵
۱۵	۱۰	۶	۵		۱
۳۱	۲۵	۵	۹		۲
۶	۴	۱	۳	۲t=	۳
۳۸	۱۵	۴	۶		۴
۳۰۰	۲۵۰	۶	۶۳		۵
۱۴	۴	۷	۳		۱
۱۱	۷	۲	۲		۲
۸	۶	۱	۳	۳t=	۳
۱۴	۸	۳	۱		۴
۱	۱	۰	۰		۵
۱۱۹	۶۳	۶	۱۳		۱
۲۴	۹	۲	۴		۲
۱۶	۵	۳	۱	۴t=	۳
۱۵	۶	۱	۳		۴
۹	۵	۱	۲		۵

جدول ۵. هزینه نگهداری(۱۰ هزار ریال)

دوره،t					
۱	۲	۳	۴		محصول،i
۴۴	۴۴	۴۴	۴۴		۱
۲۳	۲۳	۲۳	۲۳		۲
۵۴	۵۴	۵۴	۵۴		۳
۳۳	۳۳	۳۳	۳۳		۴
۶۵	۶۵	۶۵	۶۵		۵

جدول ۶-هزینه سفارش دهی(۱۰ هزار ریال)

تأمین‌کننده،j					
۱	۲	۳	۴		
۴	۶	۱۲	۱۵	دوره،t	iمحصول،

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

به دلیل پیچیدگی بالای مدل از نظر حجم متغیرها، محدودیت‌ها و داده‌ها، مدل در فضای مجموعه‌ها در نرم افزار لینگو[1] لینک شده، داده‌های ورودی مدل از اکسل[2] فراخوانی شده تا بدین ترتیب کارایی محاسباتی مدل افزایش یابد. پس از حل مدل توسط نرم افزار لینگو، مقدار $Z_1^* = 5273348$ و مقدار $Z_2^* = 3578$ و در نهایت مقدار $Z_3^* = 0/3367$ بدست آمده است. و در نهایت مقدار سفارش هر محصول از هر تأمین‌کننده در هر دوره در جدول(۷) قابل ملاحظه می‌باشد.

جدول ۷. مقدار بهینه سفارش(بر حسب عدد)

تأمین کننده، j							تأمین کننده، j					
۴	۳	۲	۱	t	محصول،i	دوره t	۴	۳	۲	۱	محصول،i
۰	۰	۰	۱۲۰		۱		۰	۰	۰	۱۰۰۰	۱
۰	۳۱۰	۰	۰		۲		۰	۲۶۰	۰	۰	۲
۰	۶۰	۰	۰	۳t=	۳	۱t=	۰	۱۸۰	۰	۰	۳
۰	۳۶۹۰	۰	۰		۴		۰	۰	۰	۱۵۰	۴
۰	۰	۰	۰		۵		۰	۰	۰	۲۰۰	۵
۰	۰	۰	۰		۱		۰	۰	۰	۰	۱
۰	۵۷۲	۰	۰		۲		۰	۲۰۰	۰	۰	۲
۰	۶۴	۰	۰	۳t=	۳	۲t=	۰	۸۰	۰	۰	۳
۰	۰	۰	۰		۴		۰	۰	۰	۰	۴
۰	۱۹۰۰	۰	۰		۵		۰	۰	۰	۰	۵

1 -Lingo
2 -Excel

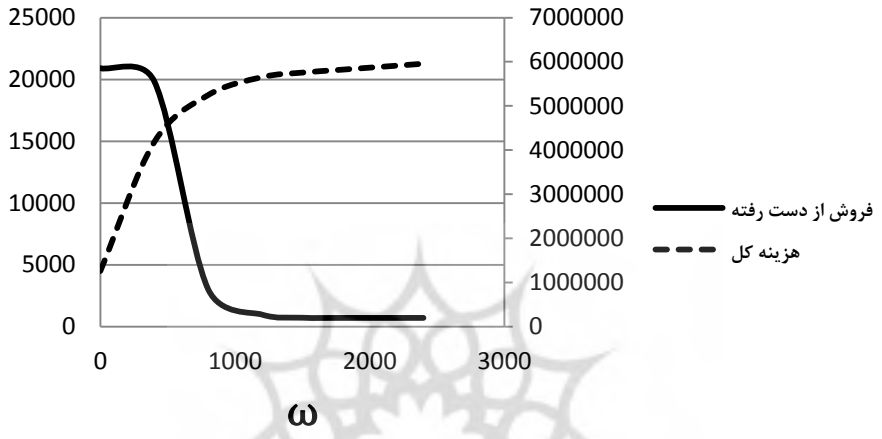
اعتبار مدل

به منظور بررسی اعتبار عملیاتی مدل و همچنین کارایی آن، نتایج و تحلیل‌های فوق در یک جلسه به اطلاع گروه خبرگان و مدیران شرکت رسید و از آن‌ها خواسته شد تا با توجه به اسناد گذشته که مرتبط با مدل قدیمی انتخاب تامین‌کننده در شرکت بوده است، عملیاتی بودن رتبه‌بندی‌ها و کارایی مدل جدید را ارزیابی نمایند. نتیجه این ارزیابی نشان می‌دهد که استفاده از مدل پیشنهادی تا حد قابل ملاحظه‌ای کاهش هزینه‌ها را با توجه به تغییر میزان سفارش از تامین‌کنندگان نشان می‌دهد. در نتیجه جمع‌بندی نظرات کارشناسان و همچنین آزمون مدل، حاکی از کارا و عملیاتی بودن این مدل می‌باشد.

تبادل بین استواری حل و استواری مدل

ω در تابع هدف رابطه (۲۳) توازنی بین استواری حل و استواری مدل ایجاد می‌کند. همان‌طور که گفته شد بهینه‌سازی استوار مقداری ناموجهی را در محدودیت‌های کنترل به‌وسیله‌ی جریمه‌ها مجاز می‌داند. مثلاً در وضعیتی که $\omega = 0$ است، با توجه به اینکه تابع هدف مینیمم‌سازی بوده، مقدار δ_{it}^{s} در محدودیت کنترل دقیقاً برابر با D_{it} می‌شود که این مقدار برابر است با بالاترین مقدار فروش از دست رفته، از این رو بدیهی است که این جواب برای مسئله ما نمی‌تواند بهینه باشد. با افزایش میزان ω میزان تابع هدف نیز افزایش خواهد یافت. اما این بدین معنا است که حل به دست آمده از مقادیر بزرگتر ω مسئله ما را تحت هر سناریو " تقریباً موجه" می‌کند ولی در ازای آن هزینه کل بیشتری پرداخت خواهد کرد. از این‌رو ضروریست که مدل بهینه‌سازی استوار را به ازای مقادیر مختلف ω حل کنیم. شکل(۱)، نشان می‌دهد همان‌طور که ω افزایش می‌یابد، هزینه‌های کل افزایش می‌یابند و فروش از دست رفته کل کاهش می‌یابد و حتی به صفر هم خواهد رسید. بنابراین تصمیم‌گیرنده قادر است با تبادل بین بهینگی و غیر موجه بودن، با توجه به حساسیت مساله و میزان عدم قطعیت، به گونه‌ای میزان ω را تنظیم کند که به جواب موجه پایدار مناسب دست پیدا کند. در

شرکت مورد مطالعه، تصمیم‌گیرنده خواهان فروش از دست رفته کمتری بوده‌اند، لذا $\omega = 1200$ مقداری بهینه برای مدل بدست می‌دهد.



شکل ۱. تعادل بین هزینه‌های کل و فروش از دست رفته کل

نتیجه‌گیری

در این مقاله یک مدل چند هدفه استوار برای مسأله انتخاب تأمین‌کننده پیشنهاد شده است. این مدل با اهداف کمینه‌کردن هزینه‌ها و بیشینه‌کردن ارزش خرید در دوره‌های مختلف، میزان سفارش بهینه محصولات از تأمین‌کنندگان را تعیین می‌کند. با توجه به نیاز سازمان‌ها به روش‌های جدید برنامه‌ریزی، که بتواند آنها را برای مقابله با عوامل غیرقطعی و تغییرات محیطی آماده سازد، از برنامه‌ریزی ریاضی استوار (مدل‌سازی ریاضی استوار) استفاده شده است. یکی از مزایای این روش این است که تصمیم‌گیرنده قادر است با تبادل بین بهینگی و غیر موجه بودن، با توجه به حساسیت مسأله و میزان عدم قطعیت، به‌گونه‌ای وزن بین بهینگی و موجه بودن را تنظیم کند که به جواب موجه پایدار مناسب با شرایط خود دست پیدا کند.

مدل ارائه شده در این تحقیق دو عامل پویایی و انعطاف‌پذیری را مدنظر قرار می‌دهد، و درون خود دارای نظامی است که پس از هر دوره معین از طریق بازبینی مجدد معیارها و اوزان، می‌توان چارچوب و مؤلفه‌های آن را به‌روز کرد تا از این طریق تأمین‌کنندگان در کوره رقابت باقی بمانند. لازم بذکر است مدل با اندکی تغییر قابلیت استفاده در صنایع مختلف را دارا خواهد بود.

با توجه به اینکه در مدل هزینه‌های حمل و نقل و کمبود در نظر گرفته نشد، می‌توان این هزینه‌ها را در مدلسازی مسأله اعمال کرد، و همچنین در این تحقیق عدم قطعیت برای تعداد محدودی از متغیرها از جمله تقاضا و قیمت در نظر گرفته شده است که پیشنهاد می‌شود مسئله در ابعاد بزرگ با عدم قطعیت‌های چندگانه و پیچیده در فضای زنجیره تأمین و استفاده از روش‌های فرا ابتکاری به منظور حل این مسائل، در تحقیقات آینده مورد توجه قرار گیرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

یحیی‌زاده اندواری یلدا، الفت لعیا، امیری مقصود (۱۳۹۰)، انتخاب تامین کننده و تعیین مقدار سفارش در شرایط عدم قطعیت، پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی . دانشکده حسابداری و مدیریت دانشگاه علامه طباطبایی.

Amid, A., Ghodsypour, S.H., O'Brien, C., 2009. A weighted additive fuzzy multiobjective model for supplier selection in a supply chain under price breaks. International Journal of Production Economics 121, 323–332.

Chang, P. C., Lin, Y. K., (2010), "New challenges and opportunities in flexible and robust supply chain forecasting systems", *International Journal of Production Economics*, *v*ol.127,pp.453-456.

De Boer, L., Labro, E., Morlacchi, P., (2001). "A review of methods supporting supplier selection" European Journal of Purchasing & Supply Management, Vol. 7,Pp. 75-89

Dickson, G.W., 1966. An analysis of vendor selection systems and decisions. Journal of Purchasing 2 (1), 5–17.

Ghodsypour, S.H. and O'Brien, C., (1998). "A decision support system for suppleir selection using integrated analytic hierarchy process and linear programing", *I.J. of Production Economics*, Vol. 56-57, pp. 199-212..

Ghodsypour, S.H., O'Brien, C., 2001. The total cost of logistic in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint. International Journal of Production Economics 73, 15–27.

Klibi, W., Martel, A., Guitouni, A., (2010). "The design of robust value-creating supply chain networks: A critical review", European Journal of Operational Research, Vol. 203, pp. 283–293.

Kumar,m.,Vart,p.,Shankar,p.,2004. A fuzzy goal programming approach for Supplier selection problem in a supply chain. Computer and industrial engineering, 46, 69-85.

Lai, K.K., Wang, M., Liang, L. , Wu, Y., (2007). " A stochastic approach to professional services firms'revenue optimization". European Journal of Operational Research, Vol. 182, pp. 971–982.

Leung, S.C.H., Tsang, S.O.S., Ng, W.L. , Wu, Y., (2007). " A robust optimization model for multisite production planning problem in an uncertain environment". European Journal of Operational Research, Vol. 181, pp. 224–238.

Mirzapour Al-e-hashem, S.M.J. , Malekly, H., Aryanezhad, M.B., (2011). " A multi-objective robust optimization model for multi-product multi-site aggregate production planning in a supply chain under uncertainty" , International Journal of Production Economics , vol. 134, pp. 28–42.

Mulvey, J.M., Vanderbei, R.J., Zenios, S.A., (1995). "Robust optimization of large scale systems", Oper. Res. Lett, Vol. 43 (2), pp. 264–281.

Mulvey, J.M., Ruszczynski, A., 1995. A new scenario decomposition method for large-scale stochastic optimization. Operations Research 43, 477–490.

Nama, S.H., Vitton, J., Kurata, H.,(2011). "Robust supply base management: Determining the optimal number of suppliers utilized by contractors", *Int. J. Production Economics*, vol.143,pp.333-343.

Pan, F., Nagi, R., (2010). "Robust supply chain design under uncertain demand in agile manufacturing", Computers & Operations Research, Vol. 37, pp. 668-683.

Pishvaee M. S., Rabbani M., Torabi S. A., (2011). "A robust optimization approach to closed-loop supply chain network design under uncertainty", Applied Mathematical Modelling, Vol. 35, pp. 637–649.

Reiner, G., Trcka, M., (2004), "Customized supply chain design: Problems and alternatives for a production company in the food industry: A simulation based analysis", *Int. J. Production Economics*,Vol. 89, pp. 217-229.

Sahinidis, N.V., 2004. Optimization under uncertainty: state-of-the-art and oppor- tunities. Computers and Chemical Engineering 28 (6–7), 971–983.

Soyster, A.L., (1973). "Convex programming with set-inclusive constraints: Applications to inexact linear programming". *Operations Research*, Vol. 21, pp. 1154–1157.

Van Landeghem, H.V., Vanmaele, H., (2002). " Robust planning: a new paradigm for demand chain planning", Journal of Operations Management, Vol. 20, pp. 769–783.

Weber, C.A., Current, J.R., Benton, W.C., 1991. Vendor selection criteria and methods. European Journal of Operational Research 50, 2–18.

Yu, C.S., Li, H.L., 2000. A robust optimization model for stochastic logistic problems. International Journal of Production Economics 64, 385–397.

Zhang, Zho., Lei, J., Cao, N., To, K. and Ng. K., (2004). "Evolution oF supplier selection criteria and methods", (www.google.com), pp. 1-19. [des2004].