

## ارائه‌ی مدل برنامه‌ریزی استوار یکپارچه برای تخصیص سفارش در زنجیره‌ی تامین

مجید هوشمندی ماهر\*، مقصود امیری\*\*

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۱۳

### چکیده

در بیشتر صنایع هزینه‌ی مواد خام و اجزای تشکیل دهنده‌ی محصول، در حدود ۶۰٪ از بهای تمام‌شده (در برخی از صنایع تا ۸۰٪) را در برمی‌گیرد. در چنین شرایطی، منبع‌یابی مناسب، می‌تواند نقشی کلیدی در کارایی و اثربخشی سازمان ایفا نموده و تاثیر مستقیمی در کاهش هزینه‌ها، سودآوری و انعطاف‌پذیری یک شرکت داشته باشد. در مقاله‌ی حاضر تعیین کمیت مطلوب سفارش در حالت وجود چند تامین‌کننده، چند محصول، در طی چند دوره، در حالت مجاز بودن مازاد و کمبود، با لحاظ ماهیت چندمعیاره و چندهدفه‌ی مساله و وجود تخفیف افزایشی، با لحاظ عدم اطمینان در پارامترهای تقاضا، زمان انتظار، هزینه‌ی ثابت سفارش، سطح کیفیت تامین‌کننده و بودجه‌ی هر دوره مد نظر قرار گرفته و با استفاده از برنامه‌ریزی مختلط صحیح استوار مدل و حل شده است. به منظور لحاظ معیارهای موثر بر انتخاب تامین‌کننده در مدل ریاضی از فرآیند تحلیل شبکه و به منظور لحاظ وابستگی داخلی میان معیارها از دیمتل استفاده شده است. در پایان نتایج و پیشنهادات ارائه می‌شود.

**کلمات کلیدی:** انتخاب تامین‌کننده در زنجیره‌ی تامین، فرآیند تحلیل شبکه، روش دیمتل، برنامه‌ریزی ریاضی مختلط صحیح چندهدفه استوار

---

\* دانش‌آموخته‌ی دکتری مدیریت تولید و عملیات، دانشکده‌ی مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی

Email: Majidhooshmand@gmail.com

\*\* استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده‌ی مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی

### مقدمه

امروزه در بازار جهانی عوامل متعددی باعث شده‌اند تا سازمان‌ها با تمرکز بر زنجیره‌ی تامین خود، در جستجوی مزیت رقابتی باشند. از میان فعالیت‌های مدیریت زنجیره‌ی تامین، خرید با توجه به مهیا نمودن فرصت کاهش هزینه‌ها و متعاقب آن افزایش سود، یکی از استراتژیک‌ترین آنان به شمار می‌رود (مندوزا، ۲۰۰۷). بر اساس پورادب، نادعلی و اسلامی (۲۰۱۱) خرید قلب تمامی زنجیره‌های تامین بوده و تسهیل دستیابی به اهداف زنجیره‌ی تامین در گرو استراتژیک بودن خرید است. از سوی دیگر اهمیت فزاینده‌ی مدیریت زنجیره‌ی تامین محرک شرکت‌ها برای انطباق خرید و استراتژی‌های منبع‌یابی با اهداف زنجیره‌ی تامینشان است (کوایل، ۲۰۰۶)

مونزکا، ترند و هندزفیلد (۲۰۰۵) انتخاب تامین‌کننده را وظیفه‌ی اساسی خرید می‌دانند. براساس مندوزا (۲۰۰۷)، یکی از وظایف ضروری (و در عین حال پیچیده) در کارکرد خرید که نقشی اساسی در موفقیت یا عدم موفقیت یک سازمان ایفا می‌نماید، انتخاب تامین‌کنندگانی است که قادر به تدارک اقلام تقاضا شده، با مشخصات مورد نیاز باشند. یک مجموعه‌ی مناسب و درست انتخاب‌شده از تامین‌کنندگان منجر به ایجاد تفاوت استراتژیک در توانایی یک سازمان در کاهش هزینه‌ها و بهبود کیفیت محصولات نهایی خواهد شد. این واقعیت محرک تحقیقاتی است که هدف آنها یافتن راه‌های جدیدتر و بهتر برای ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان است (مندوزا، ۲۰۰۷).

از سوی دیگر مدیریت عدم اطمینان چالشی اساسی در مدیریت تمامی زنجیره‌های تامین است. انتظار می‌رود که نتایج حاصل از روش‌های برنامه‌ریزی زنجیره‌ی تامین که عدم اطمینان در آنها لحاظ نشده است، در صورت مقایسه با مدل‌هایی که عدم اطمینان را فرموله نموده‌اند، نتایج نامرغوبتری را ارائه دهند پورادب، نادعلی و اسلامی (۲۰۱۱). وجود عدم اطمینان در زنجیره‌ی تامین را می‌توان ناشی از ماهیت پیچیده و پویایی روابط میان عوامل مختلف زنجیره‌ی تامین دانست (بهاتانگار و سوهال، ۲۰۰۵).

با وجود تاکید بر اهمیت و نقش انتخاب تامین‌کننده در زنجیره‌ی تامین و جایگاه عدم اطمینان

در برنامه‌ریزی‌های مربوط به زنجیره‌ی تامین، دغدغه‌ی اصلی بسیاری از فعالان زنجیره‌ی تامین پاسخ به این پرسش اساسی است که در صورت لحاظ عدم قطعیت، تخصیص مطلوب سفارش به تامین کنندگان چگونه باید صورت گیرد. در حالی که مرور تحقیقات پیشین حاکی از پاسخگویی ناکافی محققین به این پرسش است، تحقیق حاضر می‌کوشد تا با استفاده از رویکردی کمی و با اتکا به مبانی نظری مدیریت زنجیره‌ی تامین به تدوین مدلی مناسب برای انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش میان آنان با مد نظر قرار دادن ماهیت چندمعیاره‌ی مساله و لحاظ نمودن عدم اطمینان در آن پردازد و از این طریق بخشی از ابهام پیش روی فعالان زنجیره‌ی تامین در ایجاد توازن میان کارایی و پاسخگویی را از میان بر دارد.

مقاله‌ی حاضر از ۵ بخش تشکیل شده است. بخش دوم به مرور ادبیات و معرفی ابزارها پرداخته شده است. در بخش سوم روش تحقیق معرفی شده است. در بخش چهارم یافته‌های پژوهش ارائه شده است. نهایتاً در بخش پنجم نتایج و پیشنهادات تحقیق بیان شده است.

### مرور ادبیات

در بیشتر صنایع، هزینه‌ی مواد خام و اجزای تشکیل دهنده‌ی محصول، قسمت عمده‌ای از بهای تمام شده را در بر می‌گیرد. این هزینه در برخی موارد ۷۰ درصد کل هزینه‌ی محصول نهایی را شامل می‌گردد. در شرکت‌های صاحب تکنولوژی بالا، این رقم تا ۸۰ درصد نیز افزایش می‌یابد. در چنین شرایطی، مدیریت مناسب لجستیک نقشی کلیدی در کارایی و اثربخشی سازمان ایفا نموده و تاثیر مستقیمی در کاهش هزینه‌ها، سودآوری و انعطاف پذیری یک شرکت خواهد داشت (فنگک، راکش، ۲۰۱۰).

بر اساس آیسائو، هائورای، و هاسینی (۲۰۰۷) تصمیم‌گیری در حوزه‌ی انتخاب تامین کننده در برگیرنده‌ی سه تصمیم عمده‌ی زیر است:

- چه محصولی سفارش داده شود؟ تا نیمی از مقالات نگارش یافته در این حوزه، برای موقعیت‌هایی هستند که فروشندگان تنها برای یک کالا انتخاب می‌شوند. در این موارد وابستگی‌های داخلی متفاوتی (به عنوان مثال تخفیف بر روی حجم کسب و کار، کاهش

در هزینه‌های سفارش و بازرسی، و...) که می‌تواند میان محصولات وجود داشته باشد، به حساب نمی‌آید.

- در چه کمیتی و از کدام تامین‌کنندگان؟ اصولاً دو نوع موقعیت خرید وجود دارند: منبع‌یابی منفرد یا چندگانه. در گزینه‌ی اول، تمامی تامین‌کنندگان می‌توانند بصورت کامل خواسته‌های مشتری را بر حسب کمیت، کیفیت، تحویل، و... برآورده سازند. در نتیجه تصمیم تنها با شناسایی بهترین تامین‌کننده (گان) سر و کار دارد. در رابطه با دومین گزینه، هر دو رویکرد زیر اتخاذ شده است. این دو رویکرد عبارتند از: زمانی که هیچ‌یک از تامین‌کنندگان قادر به ارضای تمامی تقاضای خریدار نیستند (به خاطر محدودیت‌های ظرفیت، کیفیت، تحویل، قیمت، و... تامین‌کننده)، و یا زمانی که هدف استراتژی‌های تدارکات اجتناب از وابستگی به یک منبع منفرد، به منظور حفاظت در برابر کمبودها و حفظ رقابت استوار در میان تامین‌کنندگان است. در این گونه شرایط، مساله شامل دو قسمت است: انتخاب تامین‌کنندگان و تخصیص کمیت سفارش (تعیین اندازه‌ی انباشته).
- در چه دوره‌های زمانی؟ تعیین اندازه‌ی انباشته‌ی موجودی و انتخاب تامین‌کننده ارتباط داخلی بسیار نزدیکی با هم دارند. یک کاسه‌نمودن تصمیم زمانبندی سفارشات در طی زمان با انتخاب تامین‌کننده، می‌تواند تا حد قابل ملاحظه‌ای هزینه‌ها را طی دوره کاهش دهد. با ملاحظه‌ی یک افق چند دوره‌ای می‌توان یک یا چند تامین‌کننده را در هر یک از این دوره‌ها برای خرید محصولات انتخاب نمود. به صورت جایگزین، محصولات را می‌توان به دوره جلوتر منتقل نمود که البته این امر موجب تحمیل هزینه‌های نگهداری موجودی می‌گردد. علیرغم این مزیت‌ها، عمده‌ی مدل‌هایی که تاکنون پیشنهاد شده‌اند، به انتخاب تامین‌کننده بدون ملاحظه‌ی مباحث مدیریت موجودی برای چندین دوره پرداخته‌اند (آیسائو، هائورای، و هاسینی، ۲۰۰۷).

در تصمیمات مربوط به انتخاب تامین‌کننده دو مبحث دارای اهمیت ویژه‌ای است. اول اینکه چه معیارهایی را باید مورد استفاده قرار داد، و دیگر اینکه از چه روش‌هایی می‌توان برای ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان استفاده نمود (قدسی‌پور و اُبرین، ۲۰۰۱). تحلیل این دو

مبحث، یعنی معیارها و روش‌های انتخاب تامین‌کننده، توجه بسیاری از دانش‌پژوهان و دست‌اندرکاران واحدهای خرید، از دهه ۱۹۶۰ به بعد را به خود معطوف ساخته است (قدسی‌پور و اُبرین، ۲۰۰۱).

در این پژوهش مسأله‌ی انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش، با هدف یافتن پاسخ مناسب به سه پرسش مطرح‌شده در ادبیات و یکپارچه‌سازی تصمیمات مذکور در یک متدولوژی مناسب، با در نظر گرفتن ماهیت چندمعیاره‌ی مسأله، مد نظر قرار گرفته است. به علاوه، به منظور دستیابی به خط‌مشی‌های موجودی بهینه که به صورت هم‌زمان تعیین کند که چقدر، چه زمانی، و از کدام تامین‌کنندگان سفارش دهیم، هزینه‌های عمومی موجودی (هزینه‌های نگهداری، کمبود، سفارش، و خرید) نیز مورد توجه قرار گرفته‌اند. همچنین عدم اطمینان در پارامترهای تقاضا، زمان انتظار، هزینه‌ی ثابت سفارش، سطح کیفیت تامین‌کننده و بودجه‌ی هر دوره در مدل لحاظ شده است. در ادامه ابزارها و مفاهیم استفاده شده در مدل معرفی شده‌اند.

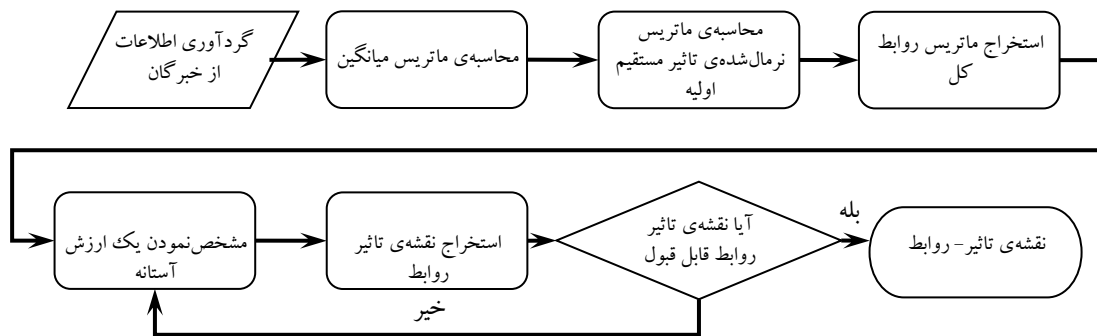
### روش دیمتل

روش دیمتل به منظور بررسی روابط داخلی میان معیارها، برای ساختن یک نقشه‌ی روابط شبکه‌ای مورد استفاده قرار گرفت (هو، تسای، تزنگ و همکاران، ۲۰۱۱). روش دی‌متل، که بر اساس تئوری گراف توسعه داده شده است، تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد تا مسأله را به صورت گرافیکی به صورتی برنامه‌ریزی و حل نماید که عوامل مرتبط بر اساس گروه‌های علت و معلولی، بمنظور درک بهتر روابط علی‌دسته‌بندی شوند (پیدرو، پولو، مولر، و همکاران، ۲۰۰۹).. روش مذکور قادر است تا روابط متقابل میان متغیرها را مشخص نموده و به توسعه‌ی یک گراف مستقیم از وابستگی‌های داخلی بین متغیرها کمک نماید. عمده‌ترین دلیل استفاده از این روش در تصمیم‌گیری چندمعیاره، توانمندی این روش در ساختن روابط داخلی بین معیارها است. برای اجرای روش دیمتل نیاز به اجرای چهار گام به شرح ذیل است:

(۱) محاسبه‌ی ماتریس میانگین

(۲) محاسبه‌ی ماتریس تاثیر مستقیم اولیه

## ۳ استخراج ماتریس روابط کل

۴ تنظیم ارزش آستانه<sup>۱</sup> و ترسیم نقشه‌ی تاثیر- روابط

شکل ۱: فرآیند اجرای دی‌متل، وی‌لی، تزنگ (۲۰۰۹).

گامهای اجرای روش مذکور به شکل خلاصه در شکل ۱ ارائه شده است.

## فرآیند تحلیل شبکه

استقلال معیارها فرض اساسی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است، در حالی که این فرض در دنیای واقعی منطقی نیست. ساعتی (۱۹۹۶) بمنظور حل مسائل دارای وابستگی و یا بازخورد میان معیارها، فرآیند تحلیل شبکه را از طریق بسط فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ارائه نمود (وی‌لی، تزنگ، ۲۰۰۹). پس از تعیین وابستگی‌های داخلی بین معیارها، نتایج حاصل از دی‌متل را می‌توان در روش تحلیل شبکه‌ای به منظور سنجش وابستگی و روابط بازخوردی بین معیارهای خاص مورد استفاده قرار داد (وی‌لی، تزنگ، ۲۰۰۹).

اجرای روش فرآیند تحلیل شبکه نیازمند اجرای ۴ گام زیر است:

۱. ساخت مدل و ساختاردهی به مساله: در این مرحله باید مسأله را باید به طور شفاف بیان کرده و به یک سیستم منطقی و به صورت یک شبکه تجزیه کرد. ساختار مذکور را می‌توان با استفاده از نظر تصمیم‌گیرندگان و از طریق روش‌هایی چون جلسات طوفان مغزی، یا دیگر

1. Threshold value

روش‌های مناسب بدست آورد.

۲. تشکیل ماتریس‌های مقایسات زوجی و بردار اولویت: در این مرحله از تصمیم‌گیرندگان در قالب یک سری مقایسات زوجی پرسیده می‌شود که دو عنصر یا دو قسمت در مقایسه با هم چه تأثیری در معیارهای بالادستی خود دارند. به علاوه، اگر روابط متقابلی میان عناصر یک قسمت وجود دارد، با استفاده از مقایسات زوجی و بدست آوردن بردار ویژه هر عنصر، باید میزان تأثیر دیگر عناصر روی آن نشان داده شود. اهمیت نسبی، با استفاده از یک مقایسه نسبی بدست می‌آید.

۳. تشکیل سوپرماتریس: بردارهای اولویت محلی در مرحله‌ی دوم طبق شکل ۴ در مکان مناسب خود در سوپرماتریس قرار داده می‌شوند.

۴. انتخاب بهترین گزینه: در صورتی که سوپرماتریس تشکیل شده در مرحله‌ی قبلی همه‌ی شبکه را پوشش دهد، اوزان اولویت را در ستون گزینه‌ها در یک سوپرماتریس نرمال شده می‌توان یافت. از سوی دیگر، اگر یک سوپرماتریس فقط شامل قسمت‌های به هم مرتبط باشد، نیاز به محاسبات بیشتری برای رسیدن به اولویت‌های کلی گزینه‌ها وجود دارد. در نهایت گزینه با بیشترین اولویت به عنوان اولین گزینه برتر شناخته می‌شود (هوشمندی ماهر، ۱۳۹۱)

### بهینه‌سازی استوار

بهینه‌سازی استوار یکی از رویکردهایی است که در سالهای اخیر برای مقابله با عدم اطمینان توسعه داده شده است. در این رویکرد مدلساز به دنبال جوابهای نزدیک به بهینه‌ای است که با احتمال بالایی موجه باشند (میرزاپور آل هاشم، ملکلی، آریانزاد، ۲۰۱۱؛ هوشمندی ماهر، ۱۳۹۱). به طور کلی مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی استوار به سه دسته‌ی زیر تقسیم می‌شوند:

- مدل‌های برنامه‌ریزی استوار با داده‌های بازه‌ای؛
- مدل‌های استوار مبتنی بر سناریو؛
- مدل‌های برنامه‌ریزی خطی استوار فازی.

بهینه‌سازی استوار توسط مالوی، وندربی، و زنیوس (۱۹۹۵) توسعه یافت. در حقیقت آنها برنامه‌ریزی احتمالی را از طریق جایگزینی تابع سنتی کمینه‌نمودن هزینه‌های مورد انتظار با تابعی که به صورت آشکار به تغییر در هزینه توجه می‌نماید، این مدل را توسعه دادند. در ادامه چارچوب بهینه‌سازی استوار به صورت خلاصه توسط (فنگک، راکش، ۲۰۱۰) تشریح می‌گردد. مدل برنامه‌ریزی خطی زیر را ملاحظه نمایید که شامل پارامترهای احتمالی است:

$$\begin{aligned} \text{Min } C^T x + d^T y & \quad 1 \\ \text{Subject to} & \\ Ax = b & \quad 2 \\ Bx + Cy = e & \quad 3 \\ x, y \geq 0 & \quad 4 \end{aligned}$$

در مدل مذکور  $X$  نشان‌دهنده بردار متغیرهای تصمیمی است که باید تحت عدم اطمینان در پارامترهای مدل تعیین گردد.  $B, C, e$  به ترتیب نشانگر ماتریس ضرایب فنی تصادفی مدل و بردار سمت راست هستند. یک مجموعه‌ی متناهی از سناریوهای  $\{\xi, 1, 2, \dots, \Omega\}$  را به منظور مدل‌نمودن پارامترهای نامطمئن در نظر بگیرید. در هر سناریوی  $\xi \in \Omega$  زیرمجموعه‌ی  $\{d_\xi; B_\xi; C_\xi; e_\xi\}$  و احتمال سناریوهای  $(\sum_\xi p_\xi = 1)$  را تعریف می‌نماییم.

هر سناریو شامل مجموعه‌ای است از داده‌های محقق در طی دوره‌ی برنامه‌ریزی. از  $\Omega$  به منظور نشان‌دادن اینکه سناریوها از ۱ تا  $\xi$  هستند، استفاده می‌شود. ضرایب نامطمئن  $B, C, e$  را می‌توان به صورت  $B_\xi, C_\xi, e_\xi$  نمایش داد که برای هر سناریو  $\xi \in \Omega$  است. همچنین متغیر کنترل  $y$ ، که در زمان تحقق یک سناریو مورد استفاده قرار می‌گیرد، را می‌توان با  $y_\xi$  برای سناریوی  $\xi$  نمایش داد. با توجه به وجود عدم اطمینان در پارامترها، ممکن است مدل برای برخی از سناریوها غیر موجه باشد. بنابراین  $\delta_\xi$  مساوی صفر خواهد بود. در غیر این صورت به  $\delta_\xi$  مقداری مثبت تخصیص خواهد یافت. مدل بهینه‌سازی استوار به صورت زیر فرموله خواهد شد:



$$\text{Min } \sigma(x, y_1, y_2, \dots, y_\xi) + \omega \rho(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_\xi) \quad ۵$$

Subject to

$$Ax = b \quad ۶$$

$$B_\xi x + C_\xi y_\xi = e_\xi; \forall \xi \in \Omega \quad ۷$$

$$x \geq 0, y_\xi \geq 0, \delta_\xi \geq 0 \quad ۸$$

واژه‌ی اول نشانگر استواری در جواب است که مطلوبیت شرکت را برای هزینه‌های پایین و گریز از ریسک اتخاذ می‌نماید، در حالی که واژه‌ی دوم نشانگر استواری در مدل بوده که به جوابهایی که در برآوردن تقاضا در یک سناریو برآورده نمی‌شوند و یا سایر محدودیت‌های فیزیکی، مانند نقض ظرفیت، جریمه‌ای تخصیص می‌دهد. از  $\psi$  به منظور نمایش  $f(x, y)$ ، که عبارت است از تابع هزینه یا منفعت، استفاده می‌گردد.  $\psi_\xi f(x, y_\xi)$  برای سناریوی  $\xi$ . یک واریانس بالا برای  $\psi_\xi f(x, y_\xi)$  به معنای آن است که جواب یک تصمیم با ریسک بالا است. به عبارت دیگر، یک تغییر کوچک در ارزش پارامترهای نامطمئن می‌تواند منجر به یک تغییر بزرگ در ارزش تابع ارزیابی شود. مالوی، وندربی، زنیوس (۱۹۹۵) بدین منظور از تابع زیر استفاده نمودند:

$$\sigma_{(0)} = \sum_{\xi \in \Omega} p_\xi \psi_\xi + \lambda \sum_{\xi \in \Omega} p_\xi \left( \psi_\xi - \sum_{\xi' \in \Omega} p_{\xi'} \psi_{\xi'} \right)^2 \quad ۹$$

به منظور نمایش استواری جواب از  $\lambda$  استفاده می‌شود که نشانگر وزن واریانس جواب به نحوی است که جواب با افزایش  $\lambda$  به تغییرات داده تحت تمامی سناریوها کمتر حساس باشد. معادله‌ی ۹، یک معادله‌ی درجه‌ی دو است. یو و لی (۲۰۰۰) در خصوص تلاش‌های مورد نیاز محاسباتی متأثر از درجه‌ی دو بودن معادله بحث نموده و به جای معادله‌ی درجه‌ی دو یک قدر مطلق را به صورت زیر پیشنهاد دادند:

$$\sigma_{(0)} = \sum_{\xi \in \Omega} p_\xi \psi_\xi + \lambda \sum_{\xi \in \Omega} p_\xi \left| \psi_\xi - \sum_{\xi' \in \Omega} p_{\xi'} \psi_{\xi'} \right| \quad ۱۰$$

بر اساس لئو، تسانگ، نا و همکاران (۲۰۰۷) به جای کمینه نمودن مجموع انحرافات مطلق در رابطه ی ۱۰، می توان دو متغیر تغییر متغیر داده شده بر حسب محدودیت های اصلی و محدودیت های نرم اصفه شده، که ارزش های مثبت تفاوت میان توابع مطلق را ارائه می دهند، را کمینه نمود. با این حال یو و لی (۲۰۰۰) بیان نمودند که این رویکرد خطی نمودن مستقیم بدلیل تعداد زیاد متغیرهای تغییر متغیر داده شده و محدودیت های معرفی شده شدیداً محدود است. معادله ی ۱۰ به مساله ی برنامه ریزی خطی زیر تغییر می یابد:

$$\text{Min} \sum_{\xi \in \Omega} p_{\xi} \psi_{\xi} + \lambda \sum_{\xi \in \Omega} p_{\xi} \left[ \left( \psi_{\xi} - \sum_{\xi' \in \Omega} p_{\xi'} \psi_{\xi'} \right) + 2\theta_{\xi} \right] \quad 11$$

$$\text{Subject to} \quad 12$$

$$\psi_{\xi} - \sum_{\xi' \in \Omega} p_{\xi'} \psi_{\xi'} + \theta_{\xi} \geq 0; \forall \xi \in \Omega \quad 13$$

$$\theta_{\xi} \geq 0; \forall \xi \in \Omega$$

می توان چنین تفسیر نمود که در شرایطی که  $\psi_{\xi}$  بزرگتر از  $\sum_{\xi' \in \Omega} p_{\xi'} \psi_{\xi'}$  است،  $\theta_{\xi} = 0$  بوده

و در شرایطی که  $\sum_{\xi' \in \Omega} p_{\xi'} \psi_{\xi'} > \psi_{\xi}$  باشد،  $\theta_{\xi} = \sum_{\xi' \in \Omega} p_{\xi'} \psi_{\xi'} - \psi_{\xi}$  خواهد بود.

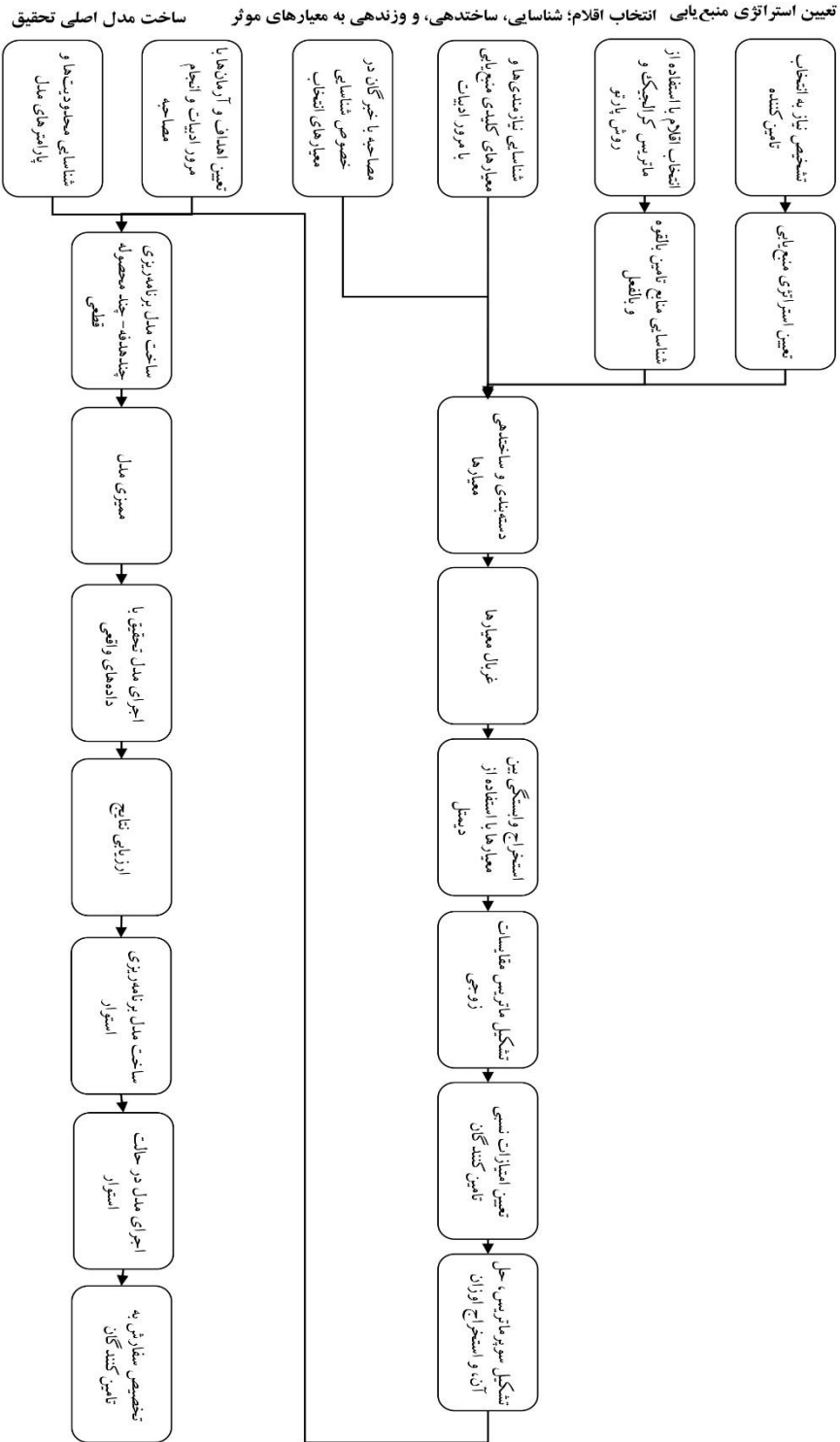
دومین عبارت در تابع هدف  $\rho(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_{\xi})$  یک تابع جریمه ی موجه بودن است که برای لحاظ جریمه به نقض برخی از محدودیت های کنترل تحت برخی از سناریوها مورد استفاده قرار می گیرد. نقض محدودیت های کنترل به معنای آن است که در برخی از سناریوها جواب غیرموجه حاصل شده است. با استفاده از وزن  $\omega$ ، که بر اساس آن بدهستان میان استواری جواب که توسط عبارت اول  $\sigma_{(0)}$  ارزیابی می شود، و استواری مدل که می توان آن را توسط  $\rho_{(0)}$  در فرآیند تصمیم گیری چندمعیاره مدل نمود، تابع هدف را می توان به صورت زیر فرموله نمود (میرزاپور آل هاشم، ملکلی، آریانژاد، ۲۰۱۱)

$$\text{Min} \sum_{\xi \in \Omega} p_{\xi} \psi_{\xi} + \lambda \sum_{\xi \in \Omega} p_{\xi} \left[ \left( \psi_{\xi} - \sum_{\xi' \in \Omega} p_{\xi'} \psi_{\xi'} \right) + 2\theta_{\xi} \right] + \omega \sum_{\xi \in \Omega} p_{\xi} \delta_{\xi} \quad 14$$

### روش تحقیق

در تحقیق حاضر به منظور جمع‌آوری داده‌ها از دو روش کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شده است. برای مرور ادبیات و شناسایی و دسته‌بندی معیارهای اثرگذار از روش کتابخانه‌ای استفاده شده است. داده‌های اصلی تحقیق نیز از طریق توزیع پرسشنامه و انجام مصاحبه با خبرگان (۲۴-۴۹ نفر) گردآوری شده است. در شکل ۲ مراحل انجام تحقیق به صورت شماتیک ارائه شده است.

پیش از معرفی مدل لازم است تا به مفروضاتی که در حین طراحی مدل در نظر گرفته شده است، اشاره شود. برخی از این مفروضات مستقیماً با ویژگی‌ها و مشخصه‌های مساله در ارتباط بوده، و برخی دیگر بنا به محدودیت‌های موجود در فرآیند تحقیق در نظر گرفته شده‌اند. این مفروضات به این شرح هستند:



شکل ۲: روش انجام پژوهش حاضر

- ماهیت این پژوهش به نحوی است که طی آن اهداف متعدد، و بعضاً متناقض، مورد توجه قرار گرفته است. لذا تحقیق حاضر، مدلی چندهدفه خواهد بود.
- هزینه‌ی حمل و نقل بر عهده‌ی تامین‌کننده بوده و فرض بر این است که حمل و نقل به صورت کارا (متاثر از فقدان اطلاعات مربوطه) انجام می‌گیرد.
  - از آنجا که مدل مورد استفاده در این پژوهش از نوع برنامه‌ریزی خطی چند هدفه است، بنابراین مفروضات اولیه برنامه‌ریزی خطی در مورد آن صادق خواهد بود. البته لازم به ذکر است که مدل اولیه با توجه به لحاظ تخفیف افزایشی، مدلی غیر خطی بوده که با استفاده از دو دسته محدودیت تبدیل به مدل خطی شده است.
  - مدل طراحی شده مدلی چند دوره‌ای بوده که هدف آن برنامه‌ریزی تامین و تخصیص سفارش برای دوره‌های مذکور است. به عبارتی مدل مذکور پاسخگویی سوالات اساسی مطرح شده در ادبیات تحقیق (تامین از کدام تامین‌کننده، به چه مقدار، و در کدام دوره‌ی زمانی) خواهد بود.
  - هزینه‌های سفارش قلم  $i$  از تامین‌کننده‌ی  $k$  بستگی به تنوع و کمیت محصول سفارش داده شده نداشته و بر اساس مستندات موجود در شرکت بدست آمده است. پارامتر مذکور به عنوان یکی از پارامترهای نامطمئن لحاظ شده است.
  - تقاضای اقلام بر اساس روند تقاضای بازار در ابتدای سال مشخص و در طی ماه‌های مختلف بر اساس ظرفیت و امتیازات کسب‌شده توسط تامین‌کنندگان، تقسیم می‌شود. در مدل ارائه‌شده، تقاضا به عنوان پارامتر نامطمئن در نظر گرفته شده است.
  - زمان انتظار مربوط به هر تامین‌کننده از اطلاعات آرشیوی شرکت استخراج می‌گردد. پارامتر مذکور نیز از پارامترهای استوار است.
  - پارت‌های دریافت‌شده از تامین‌کننده به انبار موقت منتقل شده و در آنجا بر اساس استانداردهای صنایع دفاعی آمریکا مورد بازرسی قرار می‌گیرند. پارت‌های مذکور دارای یک متوسط اقلام معیوب  $q_{ik}$  بوده که در مرحله‌ی بازرسی شناسایی و توسط تامین‌کننده جایگزین می‌شوند. درصد اقلام معیوب از اطلاعات آرشیوی شرکت

- استخراج شده است. با توجه به تغییرپذیری در پارامتر مذکور، متوسط ارقام معیوب نیز به عنوان یک پارامتر نامطمئن لحاظ شده است.
- نگهداری ارقام در بیش از یک دوره مجاز بوده، اما پس از اتمام اولین دوره، مشمول هزینه‌های نگهداری خواهد شد. هزینه‌های نگهداری هر واحد از تقسیم هزینه‌های انبار به کل فضای انبار ضربدر حجم کالای مورد نظر بدست می‌آید. در محاسبه‌ی هزینه‌های نگهداری خواب سرمایه نیز لحاظ شده است.
  - موجودی ابتدای دوره صفر، بدلیل شروع اجرای مدل در بین دو دوره‌ی تعطیلات (موجودی معمولاً در این شرایط به صفر می‌رسد) لحاظ شده است.
  - تمامی تامین‌کنندگان دارای ظرفیتی محدود هستند. به علاوه بر اساس اطلاعات موجود، ظرفیت تامین‌کننده در هر دوره ثابت است.
  - با توجه به وجود هزینه‌های ثابت در راه‌اندازی خط تولید تامین‌کننده، و همچنین سیاست شرکت مبنی بر عدم تامین تمامی ارقام مورد نیاز از یک تامین‌کننده لازم است تا محدودیت حداقل و حداکثری برای هر یک از ارقام در هر دوره در نظر گرفته شود. این محدودیت، علاوه بر محدودیت ظرفیت تامین‌کننده است.
  - کمبود در هر دوره مجاز بوده و هزینه‌های آن از اطلاعات آرشیوی شرکت، مبتنی بر هزینه‌های توقف خط، تامین اضطراری، و تاخیر در تحویل به مشتری محاسبه شده و به عنوان درصدی از هزینه‌های خرید لحاظ شده است.
  - نگهداری ارقامی که در طی هر دوره مصرف نمی‌شوند، نیازمند در اختیار داشتن مقداری فضا (بر اساس فضای مورد نیاز محصول) است. مضافاً اینکه کل فضای در اختیار برای انبارش هر قلم (یا فضای تخصیص یافته به هر تامین‌کننده) نیز محدود بوده که در مدل لحاظ شده است.
  - با توجه به سیاست‌های شرکت محدودیتی برای تعداد تامین‌کنندگان در نظر گرفته شده است.
  - رویه قیمت‌گذاری قطعات بدین صورت است که در ابتدای سال با تامین‌کنندگان

مذاکره و قیمت محصولات (و همچنین رویه‌ی تخفیف) برای یکسال کامل تعیین و نهایی می‌گردد. قیمت مذکور معمولاً در طی سال ثابت است. بودجه‌ی خرید ماهیانه‌ی شرکت متأثر از وضعیت نقدینگی شرکت (و عموماً مقدار محصول فروش رفته) پیش‌بینی و لحاظ شده است. با توجه به تغییرات احتمالی در میزان فروش پیش‌بینی شده و انحراف در بودجه‌ی فروش، این پارامتر نیز به عنوان پارامتر نامطمئن لحاظ شده است.

### یافته‌های پژوهش

#### شناسایی، دسته‌بندی و غربال معیارها

به منظور شناسایی معیارهای اثرگذار از مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با خبرگان استفاده شده است. پس از انجام این امر لیستی شامل ۳۶ معیار استخراج شده و بر اساس دسته‌بندی‌های متداول طبقه‌بندی شده است. به منظور انتخاب معیارهای مهم پرسشنامه‌ای (مبتنی بر طیف لیکرت) تهیه و بین خبرگان توزیع گردید. برای انتخاب معیارها از روش ناپارامتری آزمون علامت یک‌نمونه‌ای (در سطح خطای ۰,۰۵ درصد) استفاده شده است که آزمون فرض آن به شرح زیر بوده است:

در صورتی که فرض  $H_0$  پذیرفته شود، اهمیت معیار کمتر از حد میانگین برآورد می‌شود. بنابراین معیارهایی که آزمون فرض  $H_0$  در خصوص آنها رد می‌شود، به عنوان معیارهای نهایی انتخاب گردیدند<sup>۱</sup>.

#### شناسایی روابط متقابل میان معیارها و زیرمعیارها با اجرای روش دیمتل<sup>۲</sup>

به منظور اجرای روش دیمتل از پرسشنامه استفاده شده است. در این روش از پاسخ‌دهندگان

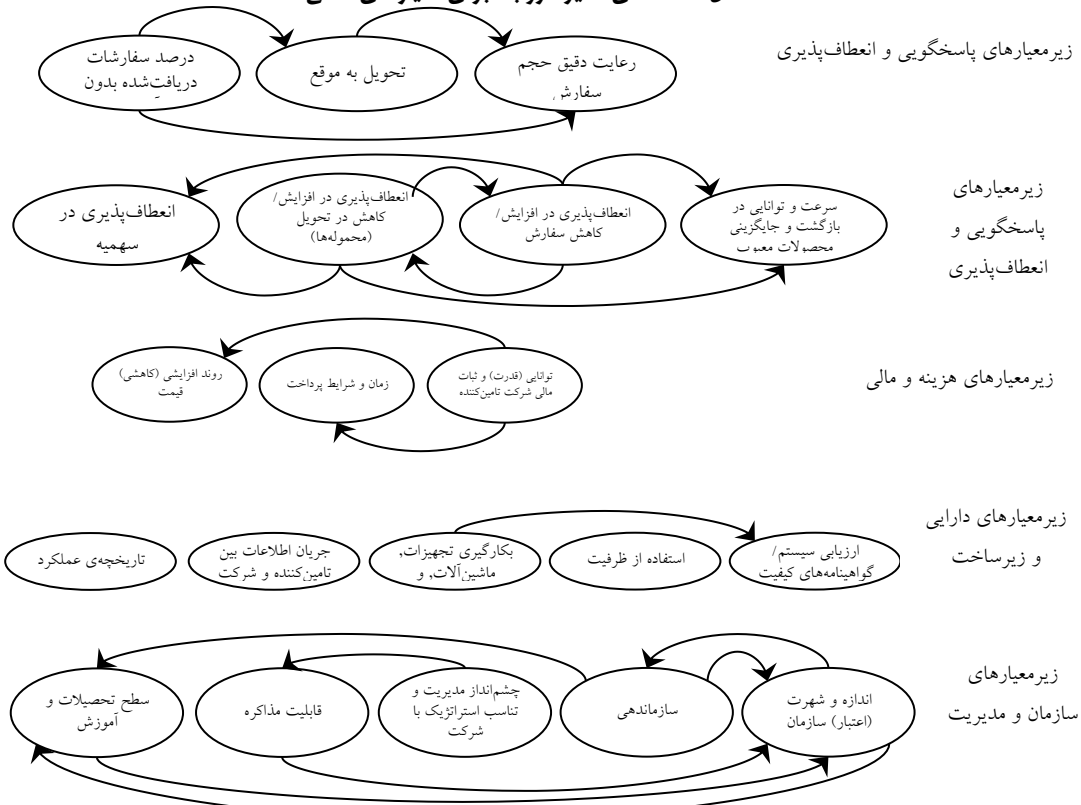
<sup>۱</sup> به علاوه به منظور سنجش پایایی پرسشنامه‌ی مذکور از آلفای کرونباخ کمک گرفته شد. بدین ترتیب که پرسشنامه‌های اولیه به صورت محدود توزیع و سپس آلفای کرونباخ با استفاده از نرم‌افزار اسپاس محاسبه شد. مقدار این شاخص معادل با ۰,۷۸۵ بود که نشان از پایایی پرسشنامه‌های مذکور دارد.

<sup>۲</sup> به منظور جلوگیری از طولانی شدن مقاله از ارائه‌ی محاسبات مربوط به روش دیمتل خودداری شده است.

خواسته شده تا تاثیر یک معیار بر معیار دیگر را با استفاده از یک طیف صفر (بدون تاثیر) تا چهار (حداکثر تاثیر) اندازه گیری نمایند. پس از استخراج ماتریس روابط کل برای کلیه ی معیارها و زیرمعیارها ارزش آستانه (معادل با ۵,۰) مشخص و نقشه ی تاثیر- روابط (اشکال ۳ و ۴) ترسیم می گردد.



شکل ۳: نقشه ی تاثیر- روابط برای معیارهای اصلی



شکل ۴: نقشه ی تاثیر- روابط برای زیرمعیارها



### اجرای فرآیند تحلیل شبکه

در تحقیق حاضر به منظور محاسبه‌ی اوزان اهمیت معیارها و رتبه‌بندی گزینه‌ها از فرآیند تحلیل شبکه استفاده شده است. به منظور استخراج اوزان اهمیت معیارها از پرسشنامه‌ی استاندارد فرآیند تحلیل شبکه استفاده گردید. بدین ترتیب از پرسش‌شوندگان خواسته شد تا بر یک مبنای مقایسات زوجی اهمیت هر معیار را نسبت به سایر معیارها امتیازدهی نمایند. این امر در خصوص وابستگی‌های استخراج‌شده از مرحله‌ی قبل (خروجی دیمتل) نیز انجام شد. در ادامه ماتریس تصمیم گروهی مربوط به معیارهای اصلی وابستگی‌ها استخراج و نرمال شده و سپس بردار وزنی تامین‌کنندگان در قبال معیارهای کیفی و کمی (با استفاده از پرسشنامه و اطلاعات آرشویی) محاسبه گردید. پس از محاسبه بردارهای وزنی معیارها و امتیازات نسبی تامین‌کنندگان در قبال معیارهای کمی و کیفی نوبت به محاسبه‌ی امتیازات نهایی تامین‌کنندگان می‌رسد. بمنظور انجام این امر بردارهای حاصل در مراحل ذکر شده در قالب سوپر ماتریس (شکل ۵)، ترکیب و ماتریس حاصل با استفاده از نرم‌افزار متلب حل شده است. لازم به توضیح است که بردارهای و بردارهای وزنی مربوط به وابستگی‌ها بوده است.

	گزینه	زیرمعیار	معیار	هدف
هدف	1			
معیار	$W_{21}$	$W_{22}$		
زیرمعیار		$W_{32}$	$W_{33}$	
گزینه			$W_{34}$	1

شکل ۵: شکل کلی سوپر ماتریس مورد استفاده در تحقیق

پس از تشکیل سوپر ماتریس و همگن نمودن آن، نوبت به همگرا نمودن آن و استخراج اوزان معیارها و همچنین امتیازات نهایی تامین‌کنندگان می‌رسد. بدین منظور سوپر ماتریس محدود شده را با استفاده از نرم‌افزار متلب به توان  $2K + 1$  ( $K$  عددی دلخواه است) می‌رسانیم. در این تحقیق سوپر ماتریس در  $K$  معادل با ۲۴ همگرا گردید. در جدول ۱ اوزان

معیارها و در جدول ۲ امتیازات نهایی تامین کنندگان (خروجی روش تحلیل شبکه‌ای) ارائه شده است.

جدول ۱: اوزان معیارها و زیرمعیارها - خروجی فرآیند تحلیل شبکه‌ای

وزن هر معیار نسبت به هدف	وزن هر زیرمعیار نسبت به هدف	شاخص	معیار
0.07	۰,۲۰	درصد سفارشات دریافت شده به صورت کامل	تحویل (C <sub>1</sub> )
0.19	۰,۵۴	درصد سفارشات دریافت شده در زمان تعهدشده	
0.09	۰,۲۷	درصد سفارشات دریافت شده بدون آسیب	
0.02	۰,۲۶	سرعت و توانایی در بازگشت و جایگزینی محصولات معیوب	پاسخگویی و انعطاف پذیری (C <sub>2</sub> )
0.02	۰,۲۵	انعطاف پذیری در افزایش / کاهش سفارش	
0.02	۰,۲۶	انعطاف پذیری در افزایش / کاهش در تحویل (محموله‌ها)	
0.01	۰,۲۲	انعطاف پذیری در سهمیه	
0.14	۰,۳۸	معیار کیفی توانایی (قدرت) و ثبات مالی شرکت تامین کننده	هزینه و مالی (C <sub>3</sub> )
0.05	۰,۱۳	زمان و شرایط پرداخت	
0.18	۰,۴۸	روند افزایشی (کاهش) قیمت	
0.04	۰,۳۹	ارزیابی سیستم / گواهینامه‌های کیفیت	دارایی و زیرساخت (C <sub>4</sub> )
0.01	۰,۰۹	استفاده از ظرفیت	
0.03	۰,۲۵	بکارگیری تجهیزات، ماشین آلات، و تکنیک‌های به روز	
0.01	۰,۱۱	قابلیت‌های تبادل الکترونیکی داده‌ها	
0.02	۰,۱۷	تاریخچه‌ی عملکرد	
0.02	۰,۱۵	اندازه و شهرت (اعتبار) سازمان	سازمان و مدیریت (توانمندی)
0.02	۰,۲۱	سازماندهی	
0.02	۰,۲۰	چشم‌انداز مدیریت و تناسب استراتژیک با	

وزن هر معیار نسبت به هدف	وزن زیرمعیار نسبت به معیار	شاخص	وزن هر معیار نسبت به هدف	معیار
		شرکت		سازمانی (C <sub>5</sub> )
0.03	۰,۲۹	قابلیت مذاکره		
0.02	۰,۱۵	سطح تحصیلات و آموزش		

جدول ۲: امتیازات نهایی تامین کنندگان با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای

رتبه	امتیاز محاسبه شده با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای	ردیف (کد تامین کننده)
۱	۰,۱۹۴	۱
۲	۰,۱۸۷	۲
۴	۰,۱۲۸	۳
۵	۰,۱۲۳	۴
۷	۰,۱۰۶	۵
۶	۰,۱۲	۶
۳	۰,۱۴۲	۷

ساخت مدل برنامه‌ریزی استوار بر مبنای رویکرد مبتنی بر سناریو

مراحل ساخت مدل ریاضی تحقیق به شرح زیر است:

تعریف متغیرهای تصمیم و پارامترهای مدل

اندیس‌های بکار رفته در مدل چند هدفه استوار عبارتند از:

مجموعه‌ی محصولات  $I$  که می‌بایستی خریداری

گردند.

مجموعه بالقوه‌ای از تامین کنندگان  $K$

مجموعه‌ی صعودی نقاط شکست تخفیف‌های کلی  $M$

T مجموعه‌ی دوره‌های زمانی

S مجموعه‌ی سناریوهای برنامه ریزی

متغیرهای تصمیم مساله عبارتند از:

$X_{ikmt}$  مقداری از محصول  $i$  که از تامین کننده  $k$  در سطح قیمت  $m$  و در دوره  $t$  خریداری می گردد.

$Z_{kt}$  نشان‌دهنده این است که تامین کننده‌ی  $k$  در دوره  $t$  انتخاب شده است یا خیر. یک متغیر صفر و یک است که در صورتی که تامین کننده‌ی  $k$  جهت تامین هر کدام از محصولات انتخاب شود مقدار ۱ و در صورتی که برای تامین هیچ یک از محصولات انتخاب نگردد، مقدار صفر خواهد داشت.

$Y_{ikmt}$  یک متغیر باینری است، در صورتیکه سطح قیمت  $m$  استفاده شود مقدار ۱ و در غیر این صورت مقدار صفر می گیرد.

$I_{it}^S$  موجودی خالص محصول  $i$  در انتهای دوره‌ی زمانی  $t$  برای سناریوی  $S$

$I_{it}^{+S}$  موجودی در دست محصول  $i$  در انتهای دوره‌ی زمانی  $t$  برای سناریوی  $S$

$I_{it}^{-S}$  میزان سفارشات عقب افتاده‌ی محصول  $i$  در انتهای دوره‌ی زمانی  $t$  برای سناریوی  $S$

پارامترهای مدل نیز عبارتند از:

$p_{ikm}$	هزینه‌ی تهیه یک واحد از محصول $i$ از تامین کننده‌ی $k$ در سطح قیمت $m$
$b_{ikm}$	تعدادی که در آن شکستهای قیمت صعودی برای محصول $i$ توسط تامین کننده‌ی $k$ رخ می دهد.
$F_k^S$	هزینه‌ی ثابت سفارش مربوط به تامین کننده‌ی $k$ برای سناریوی $S$
$d_{it}^S$	تقاضای محصول $i$ در دوره‌ی زمانی $t$ برای سناریوی $S$
$l_{ik}^S$	زمان انتظار تامین کننده $k$ جهت تولید و تامین محصول $i$ برای سناریوی $S$
$q_{ik}^S$	سطح کیفیتی که تامین کننده $k$ برای محصول $i$ برای سناریوی $S$ ارائه می دهد. براساس درصد خرابی مشخص می شود.
$CAP_{ik}$	ظرفیت تولید تامین کننده‌ی $k$ برای محصول $i$
$N$	حداکثر تعداد تامین کنندگان مد نظر شرکت در هر دوره

$h_i$	هزینه‌ی نگهداری هر واحد محصول $i$ به ازاء هر دوره
$\pi_i$	هزینه‌ی کمبود هر واحد محصول $i$ به ازاء هر دوره
$w_i$	میزان فضای موردنیاز جهت انبار محصول $i$
$W_i$	حداکثر فضای در دسترس در انبار برای محصول $i$
$S_k$	مطلوبیت محاسبه شده برای تامین کننده $k$
$B_t^s$	میزان بودجه‌ی پیش‌بینی شده برای خرید در هر دوره برای سناریوی $S$
$A_k$	حداقل درصد قابل قبول از ظرفیت تراک (با توجه به اینکه هزینه‌ی حمل بر عهده‌ی تامین کننده است).
$C_k$	ظرفیت تراک تامین کننده‌ی $k$ (هر تراک)
$Pr^s$	احتمال وقوع سناریوی $S$ ام
$\theta_j^s$	پارامتر خطی کننده تابع هدف $j$ ام برای سناریوی $S$
$\lambda$	وزن واریانس جواب

### تعیین اهداف

بر اساس مرور ادبیات سه هدف کمینه کردن زمان انتظار تحویل (رابطه‌ی ۱۷-۱۸)، کمینه کردن اقلام ردی (یا بیشینه نمودن کیفیت؛ رابطه‌ی ۱۹-۲۰) و کمینه کردن هزینه‌ی کل (شامل هزینه‌های خرید، سفارش، نگهداری و کمبود؛ روابط ۱۶-۱۵)، از بیشترین تکرار برخوردار بوده‌اند و بنابراین به عنوان اهداف اصلی انتخاب می‌شوند. خروجی روش دیمتل و فرآیند تحلیل شبکه نیز به عنوان هدف چهارم (رابطه‌ی ۲۰) لحاظ شده است. بیان ریاضی اهداف مذکور به صورت زیر است:

**الف) تابع هدف اول؛ حداقل نمودن هزینه‌ی کل ( $Z_1$ ):** هزینه‌ی کل در هر سناریو شامل چهار جزء می‌گردد؛ هزینه‌ی خرید، هزینه‌ی ثابت سفارش، هزینه‌ی نگهداری و هزینه‌ی کمبود. تابع هدف هزینه کل به صورت ذیل تعریف می‌گردد:

$$TC^s = \sum_i \sum_k \sum_m \sum_t p_{ikm} \cdot X_{ikmt} (1 - q_{ik}^s) + \sum_k \sum_t F_k^s \cdot Z_{kt} + \sum_i \sum_t h_i \cdot I_{it}^+ + \sum_i \sum_t \pi_i \cdot I_{it}^- \quad :15$$

پس از اعمال عدم اطمینان ناشی از پارامترها رابطه‌ی ۱۵ در مدل استوار به صورت زیر ارائه می‌گردد.

$$\begin{aligned} \text{Min } z_1 = & \sum_s Pr^s \cdot TC^s \\ & + \lambda_1 \sum_s Pr^s \cdot \left[ \left( TC^s - \sum_{\dot{s}} Pr^{\dot{s}} \cdot TC^{\dot{s}} \right) + 2\theta_1^s \right] \end{aligned} \quad :16$$

(ب) تابع هدف ۲؛ حداقل نمودن زمان انتظار ( $z_2$ ): حداقل نمودن زمان انتظار به صورت زیر بیان می‌شود:

$$LT^s = \sum_i \sum_k \sum_m \sum_t l_{ik}^s \cdot X_{ikmt} \quad :17$$

پس از اعمال عدم اطمینان ناشی از پارامترها رابطه‌ی ۱۷ در مدل استوار به صورت زیر ارائه می‌گردد.

$$\begin{aligned} \text{Min } z_2 = & \sum_s Pr^s \cdot LT^s \\ & + \lambda_2 \sum_s Pr^s \cdot \left[ \left( LT^s - \sum_{\dot{s}} Pr^{\dot{s}} \cdot LT^{\dot{s}} \right) + 2\theta_2^s \right] \end{aligned} \quad :18$$

(ج) تابع هدف ۳؛ حداقل نمودن ارقام ردی (حداکثر نمودن کیفیت) ( $z_3$ ): طبق تعریف، کیفیت به صورت درصد محصولات برگشتی یا معیوب محاسبه می‌شود. بنابراین حداقل نمودن ارقام ردی به صورت تابع زیر بیان می‌شود:

$$QT^s = \sum_i \sum_k \sum_m \sum_t q_{ik}^s \cdot X_{ikmt} \quad :19$$

پس از اعمال عدم اطمینان ناشی از پارامترها رابطه‌ی ۱۹ در مدل استوار به صورت زیر ارائه می‌گردد.

$$\begin{aligned} \text{Min } z_3 = & \sum_s Pr^s \cdot QT^s \\ & + \lambda_3 \sum_s Pr^s \cdot \left[ \left( QT^s - \sum_{\dot{s}} Pr^{\dot{s}} \cdot QT^{\dot{s}} \right) + 2\theta_3^s \right] \end{aligned} \quad :20$$

(د) تابع هدف ۴؛ حداکثر نمودن مطلوبیت ( $z_4$ ): حداکثر نمودن مطلوبیت به صورت تابع زیر بیان می‌شود:

$$\begin{aligned} \text{Max } z_4 \\ = \sum_i \sum_k \sum_m \sum_t S_k \cdot X_{ikmt} \end{aligned} \quad :21$$

#### تعریف محدودیت‌های مدل

به منظور مشخص نمودن محدودیت‌های مدل، از رویکردی مشابه رویکرد بکار گرفته شده در گام قبل استفاده گردید. بدین ترتیب، با مطالعه‌ی ادبیات، مدارک و اسناد موجود و همچنین برگزاری جلسات با مدیران و کارشناسان شرکت، محدودیت‌های مدل استخراج گردید.

**الف) محدودیت ظرفیت:** هر تامین کننده‌ی  $k$  بیشینه ظرفیتی برای تولید محصول  $i$  در هر دوره‌ی  $t$  ( $CAP_{ik}$ ) دارد. بنابراین کل سفارش تخصیص یافته به هر تامین کننده در هر دوره‌ی  $t$  باید کمتر یا مساوی با حداکثر ظرفیت وی باشد. خواهیم داشت:

$$\sum_m X_{ikmt} \leq CAP_{ik} \quad \forall i, k, t \quad :22$$

**ب) معادلات موجودی:** موجودی خالص انتهای دوره‌ی  $t$  برابر است با موجودی ابتدای دوره به اضافه‌ی مقدار محصول سالم خریداری شده منهای تقاضای دوره. جهت سهولت این مجموعه معادلات را می‌توان به صورت مجموع مقدار محصول  $i$  سالم خریداری شده منهای مجموع تقاضاها تا دوره‌ی  $t$  نشان داد (رابطه‌ی ۲۳). نتیجه‌ی معادله‌ی فوق مثبت (مازاد) و یا منفی (کمبود) خواهد بود (رابطه‌ی ۲۴).

$$I_{it}^S = \sum_k \sum_m \sum_{j=1}^t X_{ikmj} (1 - q_{ik}^S) - \sum_{j=1}^t d_{ij}^S \quad \forall i, t, s \quad :23$$

$$I_{it}^S = I_{it}^{+S} - I_{it}^{-S} \quad \forall i, t, s \quad :24^1$$

ج) حداکثر تعداد تامین کنندگان: با توجه به خط و مشی شرکت در خصوص کاهش تعداد تامین کنندگان، بیشینه تعداد تامین کنندگان منتخب در هر دوره  $t$ ، باید کمتر یا مساوی عددی مشخص باشد. این محدودیت به شکل زیر تعریف می شود:

$$\sum_k Z_{kt} \leq N \quad \forall t \quad :25$$

د) محدودیت بودجه‌ی خرید در هر ماه: با توجه به پیش‌بینی‌های فروش انجام شده در ابتدای سال (و جریان نقدینگی شرکت)، در هر ماه بودجه‌ای برای خرید مواد اولیه در نظر گرفته می شود. محدودیت بودجه‌ی ماهیانه به صورت زیر تعریف می شود:

$$\sum_i \sum_k \sum_m p_{ikm} X_{ikmt} (1 - q_{ik}^S) \leq B_t^S \quad \forall t, s \quad :26$$

ه) محدودیت حداقل و حداکثر سفارش از هر تامین کننده در هر ماه: با توجه به اینکه در مورد مطالعه، هزینه‌ی حمل سفارش بر عهده‌ی تامین کننده است، هر تامین کننده (بدلیل لزوم اثربخشی هزینه‌های حمل و نقل) کمیتی را به عنوان کمینه مقدار سفارش در نظر می گیرد. از سوی دیگر، متاثر از سیاست‌های تامین و تدارکات، شرکت سقفی را به عنوان بیشینه مقدار سفارش در هر دوره از هر تامین کننده در نظر می گیرد که این محدودیت‌ها به صورت روابط ۲۷ و ۲۸ تعریف می شوند.

۱. با توجه به اینکه  $h_i$  و  $\pi_i$  مثبت بوده و بردار ضرایب محدودیت‌ها برای متغیر  $I_{it}^+$ ، با متغیر  $I_{it}^-$  وابستگی خطی دارد، پس هر دو متغیر نمی توانند به صورت همزمان در جواب پایه حضور داشته باشند. این بدین معنی است که محدودیت  $I_{it}^+ \times I_{it}^- = 0$  به صورت ذاتی ارضاء شده نیازی به لحاظ آن به صورت جداگانه در مدل نیست.



$$\sum_i \sum_m w_i X_{ikmt} \geq A_k C_k * Z_{kt} \quad \forall k, t \quad :27$$

$$\sum_i \sum_m w_i X_{ikmt} \leq M Z_{kt} \quad \forall k, t \quad :28$$

(و) محدودیت‌های خطی کردن مدل: با وجود تخفیف‌های صعودی قیمت، تابع هدف غیرخطی است. همچنین به منظور خطی سازی تابع هدف برنامه‌ریزی استوار مبتنی بر نیز از تغییر متغیر استفاده می‌شود. محدودیت‌های مربوط به خطی نمودن مدل به شرح روابط ۲۹-۳۳ ارائه شده است.

$$X_{ikmt} \leq (b_{ikm} - b_{ikm-1}) * Y_{ikmt} \quad \forall i, k, t, 1 \leq m \leq m_k \quad 29$$

$$X_{ikmt} \geq (b_{ikm} - b_{ikm-1}) * Y_{ik(m+1)t} \quad \forall i, k, t, 1 \leq m \leq m_{k-1} \quad 30$$

$$TC^s - \sum_{\dot{s}} Pr^{\dot{s}} . TC^{\dot{s}} + \theta_1^s \geq 0 \quad \forall s \quad 31$$

$$LT^s - \sum_{\dot{s}} Pr^{\dot{s}} . LT^{\dot{s}} + \theta_2^s \geq 0 \quad \forall s \quad 32$$

$$QT^s - \sum_{\dot{s}} Pr^{\dot{s}} . QT^{\dot{s}} + \theta_3^s \geq 0 \quad \forall s \quad 33$$

توضیح اینکه  $0 = b_{i,k,0} < b_{i,k,1} < \dots < b_{i,k,m_k}$  توالی مقادیری است که در آن نقاط قیمت شکسته می‌شود.  $p_{ikm}$  هزینه‌ی هر واحد برای سفارش  $X_{ikmt}$  عدد از تامین‌کننده‌ی  $k$  در سطح  $m$  در دوره‌ی  $t$  است، اگر

$$1 \leq m \leq m_k \text{ و داریم } b_{i,k,m-1} < X_{ikmt} \leq b_{i,k,m}$$

(ز) محدودیت انبارش (می‌توان بر روی کالا یا تامین‌کننده تعریف نمود): با توجه به شکل و ماهیت قطعات، فضای انبار بر اساس قطعات قفسه‌بندی شده است. به عبارتی هر بخش

از انبار جهت انبارش محصولی خاص تعبیه شده و امکان انبارش محصول مذکور در بخش دیگری از انبار وجود ندارد. دسته محدودیت مذکور در رابطه‌ی ۳۴ به نمایش درآمده است.

$$w_i \left( \sum_k \sum_m \sum_{j=1}^t X_{ikmj} (1 - q_{ik}^s) - \sum_{j=1}^t d_{ij}^s \right) \leq W_i \quad \forall i, t, s \quad 34$$

ح) محدودیت ارضای تقاضا در طی دوره و موجودی صفر در انتهای زمان مسئله (T):  
سیاست شرکت در بخش تولید و فروش بر این اساس است که در انتهای دوره‌ی شش ماهه تمامی تقاضاها ارضا شده و تقاضای ارضا نشده‌ای باقی نماند.

$$\sum_k \sum_m \sum_t X_{ikmj} (1 - q_{ik}^s) \geq \sum_t d_{it}^s \quad \forall i, s \quad 35$$

ط) محدودیت مثبت، صحیح و یا صفر و یک بودن متغیرها: متغیرهای بکار رفته در مدل حاضر به دو دسته‌ی مثبت و عدد صحیح و صفر و یک دسته‌بندی می‌شوند که تعریف آنها در رابطه‌ی ۳۶ ارائه شده است.

$$X_{ikmt}, I_{it}^{+s}, I_{it}^{-s} \geq 0 \text{ \& Integer, } Z_{kt}, Y_{ikmt} \in (0, 1) \quad 36$$

### اجرای مدل

پس از ساخت مدل برنامه‌ریزی استوار مبتنی بر سناریو نوبت به اجرای مدل مذکور می‌رسد.<sup>۱</sup> در جدول ۳ بده‌بستان حاصل از اجرای مدل، با استفاده از توابع هدف به صورت مجزا ارائه شده است.

<sup>۱</sup> به منظور جلوگیری از طولانی شدن مقاله تنها نتایج نهایی مربوطه ارائه شده است. همچنین نتایج نهایی اجرای مدل در حالت قطعی نیز ارائه نشده است.

جدول ۳: جدول بده‌بستان اهداف مدل تحقیق در حالت استوار

تکرار	شرح	حداقل هزینه کل	حداقل زمان انتظار در تحویل	حداقل نمودن اقلام ردی	حداکثر نمودن مطلوبیت
۱	وزن	1.00	0.00	0.00	0.00
	مقدار	91,421	34,734	2,800	10,940
۲	وزن	0.00	1.00	0.00	0.00
	مقدار	94,753	31,101	1,429	9,570
۳	وزن	0.00	0.00	1.00	0.00
	مقدار	93,912	171,440	1,036	9,472
۴	وزن	0.00	0.00	0.00	1.00
	مقدار	95,382	172,441	274,390	11,387

پس از اجرای مدل با توابع هدف لحاظ‌شده به صورت مجزا و یکپارچه و محاسبه‌ی اندازه‌ی انباشته به ازای هر تامین‌کننده و همچنین مقادیر توابع هدف لازم است تا مقادیر نهایی توابع هدف (پس از اجرای مدل با تابع هدف یکپارچه) و همچنین درصد پوشش هر یک از توابع (در مقایسه با مقدار بهینه‌ی حاصل از اجرای اهداف به صورت مجزا) محاسبه شود. در جدول ۴ مقادیر تابع هدف حاصل از حل نهایی مدل ارائه شده است.

جدول ۴: مقادیر توابع هدف محاسبه شده در حل نهایی مدل

ردیف	هدف	مقدار تابع هدف	مقدار بهینه‌ی تابع	درصد پوشش
۱	حداقل نمودن هزینه‌ی	۹۲,۰۶۵	۹۱,۴۲۱	۹۹,۳
۲	حداقل نمودن زمان	۳۵,۵۴۴	۳۱,۱۰۱	۸۷,۵
۳	حداقل نمودن اقلام	۱,۹۸۵	۱,۰۳۶	۵۲,۲
۴	حداکثر نمودن	۱۰,۷۱۵	۱۱,۳۸۷	۹۴,۱

همانطور که ملاحظه می‌شود، تابع هدف اول تقریباً به صورت کامل بهینه شده و اهداف حداقل نمودن زمان انتظار و حداکثر نمودن مطلوبیت نیز تا حد قابل قبولی بهبود یافته‌اند. تنها درصد پوشش هدف سوم، یعنی حداقل نمودن اقلام ردی کمتر از ۶۰ درصد است.

به منظور پشتیبانی از تصمیم گیرنده با استفاده از در اختیار گذاشتن چندین مجموعه جواب، مدل استوار با استفاده از تابع هدف ترکیبی و با تخصیص اوزان متفاوت به هر تابع هدف، با استفاده از دو روش حداقل انحراف و روش معیار جامع مجدداً اجرا شده که نتایج حاصله در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴: نتایج حاصل از اجرای مدل استوار با اوزان مختلف و با استفاده از روش معیار

جامع و حداقل انحراف

تکرار	شرح	حداقل هزینه کل	حداقل زمان انتظار در تحویل	حداقل نمودن اقلام ردی	حداکثر نمودن مطلوبیت
۱	وزن	0.25	0.25	0.25	0.25
	معیار جامع	94,833	33,698	1,090	9,420
	حداقل انحراف	91,433	34,807	2,810	10,959
۲	وزن	0.50	0.20	0.20	0.10
	معیار جامع	93,605	33,413	036.1	9,472
	حداقل انحراف	91,421	34,745	2,805	10,949
۳	وزن	0.40	0.20	0.20	0.20
	معیار جامع	94,817	33,504	1,057	9,438
	حداقل انحراف	91,424	34,747	2,810	10,954
۴	وزن	0.30	0.30	0.20	0.20
	معیار جامع	94,935	32,690	1,082	9,352
	حداقل انحراف	91,424	34,747	2,810	10,954
۵	وزن	0.30	0.20	0.30	0.20
	معیار جامع	195.94	419.33	075.1	384.9

تکرار	شرح	حداقل هزینه کل	حداقل زمان انتظار در تحویل	حداقل نمودن اقلام ردی	حداکثر نمودن مطلوبیت
	حداقل انحراف	424,91	747,34	810,2	954,10
۶	وزن	0.20	0.30	0.30	0.20
	معیار جامع	95,074	33,134	1,157	9,452
	حداقل انحراف	91,433	34,807	2,810	10,959
۷	وزن	0.20	0.30	0.20	0.30
	معیار جامع	94,833	33,698	1,090	9,420
	حداقل انحراف	91,543	33,997	2,855	10,997
۸	وزن	0.10	0.30	0.30	0.30
	معیار جامع	95,258	33,614	1,121	9,379
	حداقل انحراف	92,131	33,846	2,885	11,097
۹	وزن	0.60	0.10	0.10	0.20
	معیار جامع	95,245	33,173	1,081	9,332
	حداقل انحراف	91,424	34,747	2,810	10,954
۱۰	وزن	0.70	0.10	0.10	0.10
	معیار جامع	93,556	33,428	1,039	9,474
	حداقل انحراف	91,421	34,745	2,805	10,949

## نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با توجه به اینکه انتخاب تامین‌کننده یکی از مهم‌ترین ارکان موفقیت شرکت‌ها در دنیای کسب و کار امروز به شمار می‌رود، لذا لازم است تا سیستم مناسبی را به منظور ارزیابی و انتخاب آنان به کار گرفت. بررسی‌ها حاکی از آن است که انتخاب تامین‌کنندگان مساله‌ای چند معیاره بوده و متاثر از عوامل مختلف و متفاوتی چون محیط صنعت، محیط فعالیت شرکت، و... است. چندین تحقیق به ماهیت چندمعیاره‌ی مساله توجه نموده و به منظور رتبه‌بندی تامین‌کنندگان از روش‌های وزن‌دهی همچون فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و فرآیند تحلیل شبکه استفاده نموده‌اند. مزیت‌های مدل ارائه‌شده را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

- ارائه‌ی لیستی جامع از معیارها و زیرمعیارهای انتخاب تامین‌کننده؛
  - استفاده از تکنیک دیمتل به منظور شناسایی روابط و وابستگی میان سطوح مختلف؛
  - استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه؛ زیرا هم از نظر علمی یک روش شناخته‌شده و توانمند است و هم درک و کاربرد آن در عمل ساده است؛
  - تلفیق تمامی موارد مذکور در قالب یک مدل چند هدفه؛
  - لحاظ عدم اطمینان در مدل با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی استوار مبتنی بر سناریو.
- در مقاله‌ی حاضر ۳۶ معیار در ۵ دسته‌ی تحویل، پاسخگویی و انعطاف‌پذیری، هزینه و مالی، دارایی و زیرساخت، و سازمان و مدیریت شناسایی شده که پس از اجرای روش ناپارامتری آزمون علامت یک‌نمونه‌ای، ۱۶ زیرمعیار، بدلیل اهمیت کمتر، حذف شده‌اند. نتایج حاصل از مقایسات نشانگر آن است که معیارهای هزینه و مالی (۰,۳۸)، تحویل (۰,۳۵) و دارایی و زیرساخت (۰,۱۱) به ترتیب بیشترین میزان اهمیت را در میان معیارهای اصلی به خود اختصاص داده‌اند. در بین زیرمعیارهای گروه تحویل، تحویل به موقع با ۰,۵۴ مهم‌ترین زیرمعیار بوده است. در میان زیرمعیارهای گروه پاسخگویی و انعطاف‌پذیری نیز سرعت و توانایی در بازگشت و جایگزینی محصولات معیوب (۰,۲۶۵) بیشترین اهمیت را به خود اختصاص داده است. در میان زیرمعیارهای هزینه و مالی، روند افزایشی (کاهش) قیمت (۰,۴۸) دارای بیشترین اهمیت بوده است. در گروه دارایی و زیرساخت نیز ارزیابی سیستم /

گواهینامه‌های کیفیت (۳۹، ۰)، مهمترین معیار بوده است. در نهایت در گروه معیارهای مرتبط با سازمان و مدیریت قابلیت مذاکره (۲۹، ۰)، در رده‌ی اول بیشترین میزان اهمیت معیارها قرار دارد.

پس از محاسبه‌ی اوزان مربوط به اهمیت معیارها، لازم بود تا امتیاز نهایی تامین‌کنندگان با توجه به معیارهای لحاظ‌شده، محاسبه گردد. در این راستا با در نظر داشتن وابستگی داخلی در بین برخی از معیارها (نتایج حاصل از اجرای روش دیمتل)، از رویکرد تحلیل شبکه‌ای استفاده گردیده، و در نهایت امتیاز تامین‌کنندگان در قبال معیارهای کمی و کیفی محاسبه گردید که بر اساس آن تامین‌کنندگان شماره‌ی ۱، ۲، و ۳ بیشترین امتیازات را به خود اختصاص دادند.

به منظور پاسخ به سوالات دوم و سوم تحقیق مدل برنامه‌ریزی چندهدفه‌ای طراحی گردید که پارامترها، محدودیت‌ها و بطور کلی اطلاعات مورد نیاز برای ساخت این مدل از ادبیات تحقیق، مصاحبه با خبرگان و بررسی اسناد و مدارک موجود در شرکت استخراج گردید. مدل مذکور مدلی چند محصوله، چند تامین‌کننده، چند دوره‌ای و با لحاظ تخفیف افزایشی، کمبود و مازاد بوده که اجرای آن منجر به پاسخ به سه سوال اصلی مطرح‌شده در ادبیات (تعیین مقدار خرید از هر تامین‌کننده در هر دوره، با مد نظر داشتن محدودیت‌های لحاظ‌شده) گردید. اهداف مدل مذکور شامل حداقل نمودن هزینه‌ی کل (شامل هزینه‌های خرید، سفارش، نگهداری، و کمبود) بوده است. همچنین به منظور لحاظ عدم اطمینان ذاتی در مساله‌ی انتخاب تامین‌کننده از رویکرد برنامه‌ریزی استوار مبتنی بر سناریو استفاده شده است. در ادامه مدل با استفاده از نرم‌افزار لینگو حل شده و به منظور پشتیبانی از تصمیم‌گیرنده با استفاده از در اختیار گذاشتن چندین مجموعه جواب، مدل مذکور با استفاده از تابع هدف ترکیبی و با تخصیص اوزان متفاوت به هر تابع هدف، با استفاده از دو روش حداقل انحراف و روش معیار جامع مجدداً اجرا شده که نتایج آن در مقاله ارائه شده است.

بررسی و مقایسه‌ی مدل با سایر مدلها نشانگر آن است که مدل‌های ارائه‌شده توسط [۲] و [۱۵] از بیشترین مشابهت با مقاله‌ی حاضر برخوردار بوده‌اند. به منظور نمایش تمایزات مدل‌های ذکر شده نیز از جدول ۵ استفاده شده است.

جدول ۵: مقایسه‌ی مدل تحقیق با مدل‌های موجود شامل [۲] و [۱۵].

مدل	تحقیق حاضر	رضایی و داوودی (۲۰۰۸)	بست و لئونگ (۲۰۰۵)
مدل (تابع) هدف تابع	تابع حداقل نمودن هزینه	هزینه‌های خرید، سفارش، نگهداری و کمبود.	هزینه‌های خرید، سفارش، نگهداری.
	تابع حداقل نمودن زمان انتظار	لحاظ شده است.	لحاظ نشده است.
	تابع حداقل نمودن اقلام ردی	لحاظ شده است.	لحاظ نشده است.
	تابع حداکثر نمودن مطلوبیت	لحاظ شده است.	لحاظ نشده است.
	ظرفیت تامین کننده	لحاظ شده است.	لحاظ نشده است.
محدودیت‌ها	توازن موجودی	با فرض وجود مازاد و کمبود با استفاده از دو دسته محدودیت مدل شده است.	تنها با فرض وجود مازاد و با استفاده از یک دسته محدودیت مدل شده است.
	ارضای تقاضا	با توجه به لحاظ کمبود و مازاد، ارضای تقاضا در پایان دوره‌ی $T$ مد نظر قرار گرفته است.	با توجه به لحاظ مازاد، ارضای تقاضا تنها در پایان هر دوره‌ی $t$ مد نظر قرار گرفته است.
	انبارش	لحاظ شده است.	لحاظ نشده است.
	حداقل و	لحاظ شده است.	لحاظ نشده است.



			حداکثر سفارش از هر تامین‌کننده
لحاظ نشده است.	لحاظ نشده است.	لحاظ شده است.	حداکثر تعداد تامین‌کننده‌ی همکار در هر دوره
لحاظ نشده است.	لحاظ نشده است.	لحاظ شده است.	محدودیت بودجه در هر دوره
با توجه به عدم لحاظ تخفیف لحاظ نشده است.	با توجه به عدم لحاظ تخفیف لحاظ نشده است.	لحاظ شده است.	محدودیت خطی کردن مدل
$X_{ijt}, R_{it}, Y_{jt}$	$X_{ijt}, R_{it}, Y_{jt}$	$X_{ikmt}, I_{it}^+, I_{it}^-, Z_{kt}, Y_{ikmt} \in (0,1)$	متغیرهای تصمیم
لحاظ نشده است.	لحاظ نشده است.	لحاظ شده است.	عدم اطمینان

در نهایت به منظور جهت‌دهی پژوهشهای آتی پیشنهاد می‌شود:

- توسعه‌ی مدل ارائه‌شده با هدف حداکثر نمودن منافع کلیه‌ی اعضای زنجیره‌ی تامین؛
- توسعه‌ی مدل مذکور با مد نظر قرار دادن برنامه‌ریزی تولید و توزیع در مساله به صورت یکپارچه؛
- لحاظ سایر انواع رویکردهای برنامه‌ریزی استوار و مقایسه‌ی نتایج؛
- تلفیق مدل با رویکردهای پیش‌بینی (به عنوان مثال استفاده از شبکه‌ی عصبی و شبکه‌ی عصبی فازی)؛

## منابع

فیض الهی، محمد جواد، (۱۳۸۶)، *بهبودسازی استوار و کاربرد آن در مهندسی مالی و صنایع*، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف، تهران؛  
 هوشمندی ماهر مجید، (۱۳۹۱)، *مدلی برای انتخاب تامین کننده در زنجیره تامین در شرایط عدم اطمینان*، رساله‌ی دکتری دانشکده‌ی مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی.

Aissaoui, Najla, Haouari M., Hassini E., (۲۰۰۷), "Supplier selection and order lot sizing modeling: A review", Journal of Computers & Operations Research, No. ۳۴, Pp. ۳۵۱-۳۵۴.

Basnet, C., Leung, J. M. Y., (2005), "Inventory lot sizing with supplier selection", Journal of Computers & Operations Research, Vol. 32, Pp. 1-14.

Bhatnagar R, Sohal AS., (2005), "Supply chain competitiveness: measuring the impact of location factors, uncertainty and manufacturing practices.", Technovation, Vol. 25, Num.5, Pp.443-456.

Feng, Rakesh,N.,(۲۰۱۰), "Robust supply chain design under uncertain demand in agile manufacturing", Computers & Operations Research Vol.۳۷Num. 4, Pp.۶۶۸-۶۸۳.

Ghodsypour S.H, O'Brien C., (2001), "The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint", Int. J. Production Economics, Vol. 73, Pp. 15-27.

Ho W.R.J, Tsai C.L, Tzeng G.H, Fang S.K, (۲۰۱۱), "Combined DEMATEL technique with a novel MCDM model for exploring portfolio selection based on CAPM", Expert Systems with Applications: An International Journal, Vol. ۳۸, No. ۱, Pp. ۲۵-۱۶.

Leung, S.C.H., Tsang,S.O.S., Ng,W.L., Wu,Y., (2007), "A robust optimization model for multi-site production planning problem in an uncertain environmen", European Journal of Operational Research, Vol. 181, Num. 1 Pp. 224-238.

Mendoza, Ebrahim, (2007), "Effective methodologies for supplier selection and order quantity allocation", A Thesis document submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of philosophy in industrial engineering and operation research, University of Pennsylvania.

Mirzapour Al-E-Hashem, S.M.J, Malekly H., Aryanezhad, MB., (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, Num. 1, Pp. 28-42.

Monczka, R., R. Trent, and R. Handfield, (2005), "Purchasing & Supply Chain Management", Thomson, Mason, OH.

Mulvey, J.M., Vanderbei, R.J., Zenios, S.A., (1995), "Robust optimization of large scale systems", Operations Research, Vol.43, Num2, Pp. 264–281.

Peidro D., Mula J. Poler R., Cruz Lario F., (2009), "Quantitative models for supply chain planning under uncertainty: a review", Int J Adv Manuf Technol, Num. 400, Pp. 400-420.

Pouradab S., Nadali A., Eslami H. (۲۰۱۱)، "A Hybrid Method for Credit Risk Assessment of Bank Customers"، International Journal of Trade، Economics and Finance، Vol. ۴، No. ۴.

Quayle, M., (2006) "Purchasing and Supply Chain Management: Strategies and Realities" (1th ed.), IRM Press

Rezaei, J., Davoodi, M., (2008), "A deterministic, multi-item inventory model with supplier selection and imperfect quality", Journal of Applied Mathematical Modelling, Vol. 32. Pp. 2106–2116.

Wei Li, C. & Tzeng G.H., (2009), "Identification of a threshold value for the DEMATEL method using the maximum mean de-entropy algorithm to find critical services provided by a semiconductor intellectual property mall", Expert System with Applications, Vol. 36, Num6, Pp. 9891-9898.

Yu, C.S., Li,H.L., (2000), "A robust optimization model for stochastic logistic problems", International Journal of Production Economics, Vol. 64, Num. 1-3, Pp. 385–397.