

مدلی برای تخصیص سفارش در حالت چند تامین‌کننده، چند محصوله، و چند دوره‌ای در شرایط وجود تخفیف افزایشی

مجید هوشمندی ماهر¹، مقصود امیری²

¹ دانشجوی دکتری مدیریت تولید و عملیات، دانشکده‌ی مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی

² دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده‌ی مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی

تاریخ دریافت مقاله: 91/03/21

تاریخ پذیرش مقاله: 91/06/25

چکیده

هزینه‌ی مواد خام و اجزای تشکیل‌دهنده‌ی محصول، در حدود 60٪ از بهای تمام‌شده (در برخی از صنایع تا 80٪) 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، طی چند دوره، در حالت مجازبودن مازاد و کمبود، با لحاظ ماهیت چندمعیاره و چندهدفه‌ی مساله، و وجود تخفیف افزایشی، با فرض قطعی بودن پارامترها، مد نظر قرار گرفته است. بمنظور لحاظ معیارهای موثر بر انتخاب تامین‌کننده از فرآیند تحلیل شبکه استفاده شده است. پس از مدلسازی مساله در قالب یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط چندهدفه، یک مثال عددی ارائه شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که تصمیم‌گیرنده، می‌تواند زیرمجموعه‌ی مناسبی از تامین‌کنندگان را انتخاب نموده و مقادیرمطلوبی از محصولات را به آنها به نحوی سفارش دهد که علاوه بر کمینه نمودن هزینه‌های کل، زمان انتظار و اقلام ردی، مطلوبیت تامین نیز بیشینه شود. در پایان نتایج و پیشنهادات ارائه می‌گردد.

کلمات کلیدی: مدیریت زنجیره‌ی تامین، انتخاب تامین‌کننده، فرآیند تحلیل شبکه، برنامه‌ریزی ریاضی مختلط صحیح چند هدفه

مقدمه

در محیط بشدت رقابتی امروز، که با حاشیه سود اندک، انتظارات بالای مشتری برای محصولات باکیفیت، و زمانهای انتظار کوتاه شناخته می‌شود، شرکتها مجبور به کسب مزیت از تمامی فرصتها برای بهینه‌کردن فرآیندهای کسب و کارشان هستند. برای دستیابی به این هدف، دست‌اندرکاران به این نتیجه دست یافته‌اند: برای اینکه یک شرکت رقابتی بماند، باید با شرکای زنجیره تامینش، بمنظور بهبود عملکرد کلی زنجیره کار کند [آیساوئی و همکاران، 2007]. بر همین اساس امروزه شرکتها بیش از آن‌که به فکر رقابت بایکدیگر باشند، خود را بخشی از زنجیره‌های تامینی می‌دانند که در رقابت با دیگر زنجیره‌ها هستند [مین و ژو، 2002]. در این بین خرید و انتخاب تامین‌کننده، با توجه به قرارگرفتن در فرآیندهای اصلی زنجیره‌ی تامین، و تاثیرگذاری بر تمامی حوزه‌های سازمان، اهمیتی فزاینده یافته‌اند [آیساوئی و همکاران، 2007].

در تصمیمات مربوط به انتخاب تامین‌کننده دو مبحث دارای اهمیت ویژه‌ای است. اول، چه معیارهایی را باید مورد استفاده قرار داد، و دوم، از چه روش‌هایی می‌توان برای مقایسه و انتخاب تامین‌کنندگان استفاده نمود [قدسی‌پور، 1996]. وبر و همکاران (1991)، اشاره می‌کنند که تصمیمات مربوط به انتخاب تامین‌کننده، بدلیل لزوم لحاظ معیارهای گوناگون، بسیار پیچیده است. ضمن اینکه در جهت این انتخاب می‌توان از نگرش‌های متفاوتی استفاده نمود. تحلیل این دو مبحث (معیارها و روش‌های انتخاب تامین‌کننده)، توجه بسیاری از دانش‌پژوهان و دست‌اندرکاران خرید، از دهه 1960 به بعد را به خود معطوف ساخته است [ژانگ و همکاران، 2004].

بررسی ادبیات خرید و انتخاب تامین‌کننده نشانگر آن است که تصمیم‌گیری در حوزه‌ی انتخاب تامین‌کننده در برگیرنده‌ی سه تصمیم عمده‌ی زیر است:

➤ چه محصولی سفارش داده شود؟ تا نصف مقالات نگارش یافته در این حوزه، برای موقعیت‌هایی هستند که فروشندگان تنها برای یک کالا انتخاب می‌شوند. در این موارد وابستگی‌های داخلی متفاوتی که می‌تواند در میان محصولات وجود داشته باشد (به عنوان مثال تخفیف بر مبنای حجم فروش و کاهش هزینه‌های سفارش و بازرسی متاثر از سفارش همزمان چندین قلم)، به حساب نمی‌آید. تنها تعداد اندکی مدل، خرید همزمان مجموعه‌ای از محصولات را مد نظر قرار داده‌اند. علاوه بر این، بسیاری از مدل‌های انتخاب فروشنده‌ی چند محصوله، مساله را بر یک مبنای قلم به قلم^۲ مدل نموده و باید بصورت تکراری^۴ برای انتخاب فروشندگان چندین قلم اجرا شوند.

➤ در چه کمیتی و از کدام تامین‌کنندگان؟ اصولاً دو نوع موقعیت خرید وجود دارند: منبع‌یابی منفرد^۵ و چندگانه^۶. در گزینه‌ی اول، تمامی تامین‌کنندگان می‌توانند بطور کامل خواسته‌های مشتری را بر حسب کمیت، کیفیت، تحویل، و... برآورده سازند. در نتیجه تصمیم تنها با شناسایی بهترین تامین‌کننده سر و کار دارد. در رابطه با دومین گزینه، دو رویکرد اتخاذ شده است. اول، زمانی که هیچیک از تامین‌کنندگان (بخاطر محدودیت‌های ظرفیت، کیفیت، تحویل، قیمت، و...) قادر به ارضای تمامی تقاضای خریدار نبوده، و دوم زمانی که هدف استراتژی‌های تدارکات اجتناب از وابستگی به یک منبع منفرد، بمنظور حفاظت در برابر کمبودها و حفظ رقابت بین تامین‌کنندگان است. در چنین شرایطی مساله شامل 2 بخش است: انتخاب تامین‌کنندگان و تعیین اندازه‌ی انباشته.

1. Min and Zhou, 2002
2. Zhang et al., 2004
3. Item By Item
4. Iteratively
5. Single Sourcing
6. Multiple Sourcing

در چه دوره‌های زمانی؟ تعیین اندازه‌ی انباشته‌ی موجودی و انتخاب تامین‌کننده ارتباط بسیار نزدیکی^۷ با هم دارند. یک‌کاسه‌نمودن^۸ تصمیم زمانبندی سفارشات در طی زمان با انتخاب تامین‌کننده، می‌تواند تا حد قابل‌توجهی هزینه‌ها را در طی دوره کاهش دهد. با ملاحظه‌ی یک افق چنددوره‌ای می‌توان یک یا چند تامین‌کننده را در هر یک از این دوره‌ها برای خرید محصولات انتخاب نمود. بطور جایگزین، محصولات را می‌توان به دوره جلوتر (یا عقب‌تر) منتقل نمود که البته این امر موجب تحمیل هزینه‌های نگهداری موجودی (یا کمبود) می‌گردد. همچنین بمنظور تعیین اندازه‌ی انباشته و با هدف دستیابی به حداقل هزینه، می‌توان از مفهوم کمیت اقتصادی سفارش^۹ استفاده نمود. علیرغم این مزیت‌ها، عمده‌ی مدلهایی که تاکنون پیشنهاد شده‌اند، به انتخاب تامین‌کننده بدون لحاظ مدیریت موجودی پرداخته‌اند [آیسائوی و همکاران، 2007].

گابالا^{۱۰} (1974) اولین نویسنده‌ای بود که برنامه‌ریزی ریاضی را برای انتخاب تامین‌کننده در یک مورد واقعی بکار برد. او از یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مختلط برای فرموله‌نمودن انتخاب تامین‌کننده در دفتر پستی استرالیا استفاده نمود. تا زمان انتشار پیمایش وبر و همکاران (1991) تنها 10 مقاله استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی را پیشنهاد داده‌اند، اما پس از آن مطالعات زیادی در این حوزه انجام گرفته است [آیسائوی و همکاران، 2007]. برنامه‌ریزی ریاضی، با توجه به توانای‌اش در بهینه‌نمودن تابع هدف مشخص، تحت شرایط وجود گروهی محدودیت، مناسب‌ترین تکنیکی است که به تصمیم‌گیرنده اجازه می‌دهد چنین مسائلی تصمیمی را فرموله نماید. این مدلها اجازه‌ی لحاظ محدودیت‌های سیستمی تحمیل‌شده بر فرآیند خرید را بمنظور تعیین یک سفارش بهینه و خط و مشی موجودی، همراه با انتخاب بهترین ترکیب از تامین‌کنندگان را می‌دهد [دی‌بوئر و همکاران، 2001]. کوکانگول و سوسوز (2009) در مقاله‌ای با عنوان «فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و مدلسازی ریاضی یکپارچه برای مساله‌ی انتخاب تامین‌کننده، همراه با تخفیف مقداری» فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، برنامه‌ریزی صحیح غیر خطی چندهدفه با محدودیت‌های تخفیف مقداری، ظرفیت، و بودجه را برای تعیین بهترین تامین‌کنندگان و تخصیص کمیت بهینه بین آنان تلفیق نمودند. [کوکانگول و سوسوز، 2009]. بسنت و لئونگ (2005) با ملاحظه یک افق برنامه‌ریزی چند دوره‌ای، هزینه‌های نگهداری و سفارش را موازنه نمودند. آنها یک مدل برنامه‌ریزی مختلط صحیح خطی با ظرفیت نامحدود که هزینه‌های خرید کل، سفارش، و نگهداری را به همراه ارضای تقاضا حداقل کند، پیشنهاد دادند. نویسندگان برای حل مساله یک الگوریتم شمارشی^{۱۱} و یک روش ابتکاری پیشنهاد دادند.

رضایی و داوودی^{۱۲} (2008) سناریویی با یک زنجیره‌ی تامین چند محصوله و چند تامین‌کننده (با ظرفیت محدود)، را بررسی نمودند. نویسندگان فرض می‌کنند که محصولات دریافتی دارای کیفیت عالی نبوده و محصولات نامرغوب طی محموله‌های انفرادی پیش از دریافت محموله بعدی با تخفیف به فروش می‌روند. تقاضا در افق زمانی مورد بررسی مشخص بوده و هر یک از محصولات را می‌توان از مجموعه‌ای از تامین‌کنندگان مورد تأیید خریداری نمود. همچنین حداکثر فضای ذخیره برای خریدار طی هر دوره در نظر گرفته شده است. در این مطالعه، خریدار در پی آن است که بداند کدام محصول را، به چه میزان، از کدام تامین‌کننده و در چه دوره‌ی زمانی خریداری نماید. محققین برای حل مدل خود از رویکرد الگوریتم ژنتیک بهره برده‌اند.

7. Closely Interrelated

8. Incorporate

9. Economic Order Quantity- EOQ

10. Gaballa, 1974

11. Enumerative

12. Rezaei and Davoodi, 2008

مرور ادبیات تحقیق نشانگر آن است که تاکنون مدلی برای انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش در حالت وجود کمبود و تخفیف افزایشی ارائه نشده است. در این مقاله بر اساس فرضیات ارائه شده به مدلسازی مسأله‌ی مذکور پرداخته شده و سپس یک مسأله‌ی عددی واقعی ارائه و حل می‌گردد. بمنظور حل مسأله از نرم‌افزار لینگو استفاده شده است.

روش بررسی (مدلسازی و اجرای مدل تحقیق)

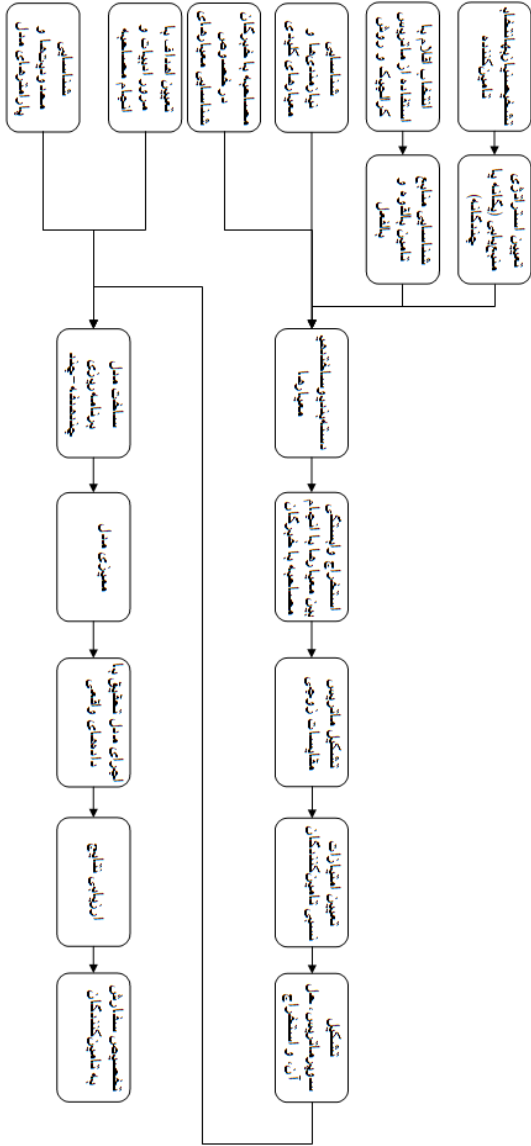
گامهای انجام تحقیق در شکل 1 به صورت شماتیک ارائه شده است. با توجه به مشخص بودن برخی از گامهای تحقیق و همچنین بمنظور جلوگیری از طولانی شدن مقاله، تمرکز تنها بر روی گامهای عمده بوده است. جهت استخراج مقالات (و طبعا معیارها، شکل 2) در پایگاه‌های اطلاعاتی مطرحی چون ساینس دایکرت، امرالد اینسایت، پروکوئست، متاپرس^{۱۳}، و... با عبارات انتخاب تامین‌کننده، و انتخاب فروشنده، با مد نظر داشتن بیشترین تکرار) جستجو شده است. نتیجه‌ی بررسی‌ها حاکی از آن بود که عمده‌ی مقالات مرتبط در مجلاتی چون خرید و مدیریت مواد، توزیع فیزیکی و مدیریت لجستیک، مدیریت عملیات و تولید، مدیریت زنجیره‌ی تامین، و اقتصاد تولید^{۱۴} به چاپ رسیده‌اند. به علاوه، از مراجعی چون مدل مرجع عملیات زنجیره‌ی تامین^{۱۵} نیز استفاده شده است.

13. Metapress

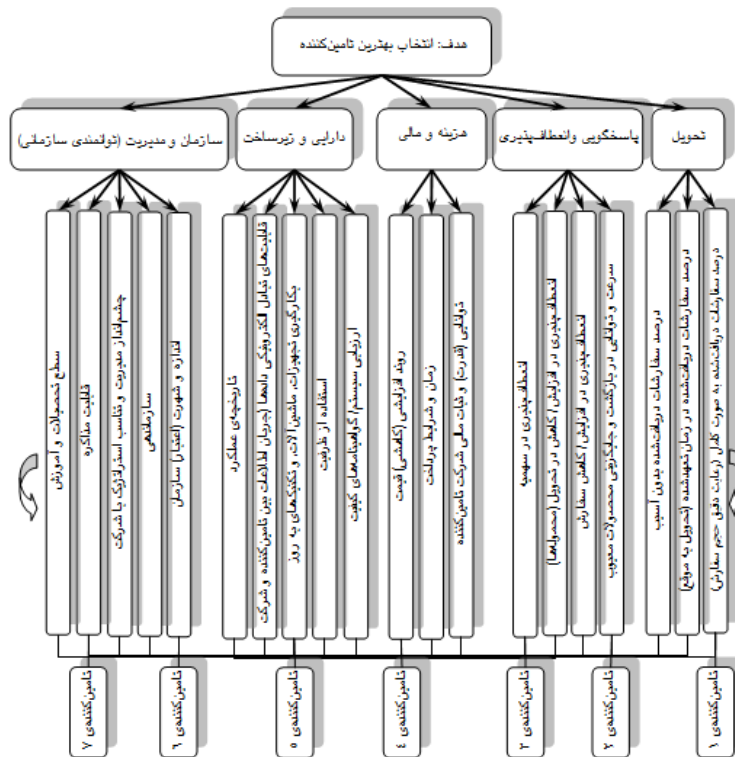
14. Production economics

15. Supply Chain Operational Reference- SCOR

تعیین استراتژی انتخاب اقالام شناسایی ساختگی و وزن
 انتخاب اقالام شناسایی ساختگی و وزن
 ذهنی به معیارهای روش



شکل 1: مدل تحقیق حاضر



شکل 2: معیارهای تحقیق حاضر و وابستگی میان آنها

مفروضات عمده‌ی بکار رفته در مدل تحقیق حاضر عبارتند از:

- هزینه‌های سفارش قلم i از تامین‌کننده‌ی k بستگی به تنوع و کمیت محصول سفارش داده شده نداشته و بر اساس مستندات موجود در شرکت (به عنوان مثال هزینه‌های واحد قراردادهای و بازرسی تقسیم بر کل ساعات صرف شده بر روی قرارداد یک تامین‌کننده‌ی خاص در هر دوره) بدست آمده است.
- هزینه‌ی حمل و نقل (همانند شرایط واقعی تحقیق) بر عهده‌ی تامین‌کننده است.
- تقاضای اقلام بر اساس روند تقاضای بازار در ابتدای سال مشخص و در طی ماه‌های مختلف بر اساس ظرفیت و امتیازات کسب شده توسط تامین‌کنندگان، تقسیم می‌شود.
- پارت‌های دریافت شده از تامین‌کننده به انبار موقت منتقل شده و در آنجا بر اساس استانداردهای صنایع دفاعی 16 آمریکا مورد بازرسی قرار می‌گیرند. پارت‌های مذکور دارای یک متوسط اقلام معیوب Q_{ijk} بوده که در مرحله‌ی بازرسی شناسایی و توسط تامین‌کننده جایگزین می‌شوند.
- نگهداری اقلام 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. موجودی ابتدای دوره صفر بوده و همچنین کمبود در هر دوره (به غیر از دوره‌ی نهایی) مجاز است. هزینه‌های کمبود از اطلاعات آرشیوی شرکت، مبتنی بر هزینه‌های توقف خط، هزینه‌های تامین اضطراری، هزینه‌های تاخیر در تحویل به مشتری محاسبه شده و به عنوان درصدی از هزینه‌های خرید لحاظ شده است.

- ظرفیت تامین‌کنندگان و میزان فضای تخصیص‌یافته به هر کالا محدود است.
- با توجه به وجود هزینه‌های ثابت در راه‌اندازی خط تولید تامین‌کننده، و همچنین سیاست‌های شرکت مبنی بر عدم تامین تمامی اقلام مورد نیاز از یک تامین‌کننده لازم است تا محدودیت حداقل و حداکثری (علاوه بر محدودیت ظرفیت تامین‌کننده) برای هر یک از اقلام در هر دوره در نظر گرفته شود.
- ماهیت اقلام به نحوی است که تولید آنها نیازمند صرف هزینه‌های ثابت تنظیم دستگاه‌ها و ماشین‌آلات است. با توجه به کاهش هزینه‌ی ثابت در سفارشات با حجم بالاتر، تامین‌کنندگان تخفیفاتی را بر اساس کمیت خرید در هر دوره ارائه می‌دهند که در مدل لحاظ شده است.

محاسبه‌ی امتیازات نهایی تامین‌کنندگان

پس از محاسبه بردارهای وزنی معیارها و امتیازات نسبی تامین‌کنندگان در قبال معیارهای کمی و کیفی نوبت به محاسبه‌ی امتیازات نهایی تامین‌کنندگان می‌رسد.^{۱۷} بمنظور انجام این امر بردارهای حاصل در مراحل ذکرشده در قالب سوپر ماتریس (شکل 3)، ترکیب و ماتریس حاصل با استفاده از نرم‌افزار متلب حل شده است.

	هدف	معیار	زیرمعیار	گزینه
هدف	1			
معیار	$W_{۲۱}$	$W_{۲۲}$		
زیرمعیار		$W_{۳۲}$	$W_{۳۳}$	
گزینه			$W_{۳۴}$	1

شکل 3: شکل کلی سوپر ماتریس مورد استفاده در تحقیق

پس از تشکیل سوپر ماتریس و همگن نمودن آن، ماتریس حاصل همگرا شده^{۱۸} و امتیازات نهایی تامین‌کنندگان (جدول 1) استخراج می‌گردد.

جدول 1: امتیازات نهایی تامین‌کنندگان با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای

ردیف (کد تامین‌کننده)	امتیاز محاسبه‌شده با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای
1	0.19
2	0.19
3	0.13
4	0.12
5	0.11
6	0.12
7	0.14

تعیین اندازه‌ی انباشته (ساخت مدل چند محصوله - چند دوره‌ای)

مراحل ساخت مدل را می‌توان بصورت گامهای زیر بیان نمود:

الف) تعریف متغیرهای تصمیم و پارامترهای مدل: اندیس‌های بکار رفته در مدل چند هدفه عبارتند از:

17. بمنظور جلوگیری از طولانی شدن مقاله از ارائه‌ی محاسبات مربوطه خودداری شده و تنها شکل کلی سوپر ماتریس مورد استفاده ارائه شده است.
 18. بدین منظور سوپر ماتریس محدودشده را با استفاده از نرم‌افزار متلب به توان $2K + 1$ (K عددی دلخواه است) می‌رسانیم. در این تحقیق سوپر ماتریس در K معادل با 24 همگرا گردید.

I	مجموعه‌ی محصولات‌ی که می‌بایستی خریداری گردند.
K	مجموعه بالقوه‌ی ای از تامین کنندگان
M	مجموعه‌ی صعودی نقاط شکست تخفیف‌های کلی
T	مجموعه‌ی دوره‌های زمانی
	(ب) 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 می‌گردد. نشان‌دهنده این است که تامین‌کننده‌ی k در دوره t انتخاب شده است یا خیر. یک متغیر صفر و یک
Z _{kt}	است که در صورتی که تامین‌کننده‌ی k جهت تامین هر کدام از محصولات انتخاب شود مقدار 1 و در صورتی که برای تامین هیچ‌یک از محصولات انتخاب نگردد، مقدار صفر خواهد داشت.
Y _{ikmt}	یک متغیر باینری است، در صورتیکه سطح قیمت m استفاده شود مقدار 1 و در غیر اینصورت مقدار صفر می‌گیرد.
I _{it}	موجودی خالص محصول i در انتهای دوره‌ی زمانی t
I ⁺ _{it}	موجودی در دست محصول i در انتهای دوره‌ی زمانی t
I ⁻ _{it}	میزان سفارشات عقب‌افتاده‌ی محصول i در انتهای دوره‌ی زمانی t
	(ج) پارامترهای مدل نیز عبارتند از:
p _{ikm}	هزینه‌ی تهیه یک واحد از محصول i از تامین‌کننده‌ی k در سطح قیمت m
b _{ikm}	تعدادی که در آن شکستهای قیمت صعودی برای محصول i توسط تامین‌کننده‌ی k رخ می‌دهد.
F _k	هزینه‌ی ثابت سفارش مربوط به تامین‌کننده‌ی k
d _{it}	تقاضای محصول i در دوره‌ی زمانی t
l _{ik}	زمان انتظار تامین کننده k جهت تولید و تامین محصول i
q _{ik}	سطح کیفیتی که تامین کننده k برای محصول i ارائه می‌دهد. این پارامتر براساس درصد خرابی مشخص می‌شود.
CAP _{ik}	ظرفیت تولید تامین‌کننده‌ی k برای محصول i
N	حداکثر تعداد تامین‌کنندگان مد نظر شرکت در هر دوره
h _i	هزینه‌ی نگهداری هر واحد محصول i به ازاء هر دوره
π_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	میزان بودجه‌ی پیش‌بینی شده برای خرید در هر دوره
A _k	حداقل درصد قابل قبول از ظرفیت تراک (با توجه به اینکه هزینه‌ی حمل بر عهده‌ی تامین‌کننده است).
C _k	ظرفیت تراک تامین‌کننده‌ی k (هر تراک)

د) تعیین اهداف: مرور ادبیات نشانگر آن است که سه هدف حداقل نمودن زمان انتظار تحویل (رابطه‌ی 6)، حداقل نمودن ارقام ردی¹⁹ (رابطه‌ی 7) حداقل نمودن هزینه‌ی کل (شامل هزینه‌های خرید، نگهداری و کمبود؛ روابط 5-1)، در ادبیات از بیشترین میزان تاکید برخوردار بوده‌اند، و بنابراین به عنوان اهداف اصلی انتخاب می‌شوند. بمنظور لحاظ سایر معیارها در تحقیق، از روش فرآیند تحلیل شبکه استفاده شده و با گنجاندن این معیارها در پرسشنامه‌ای استاندارد و توزیع پرسشنامه بین کارشناسان و خبرگان شرکت تحت بررسی و خبرگان عضو انجمن لجستیک ایران (در حدود 47 پرسشنامه)، و تعریف هدف چهارم (رابطه‌ی 8)، یعنی حداکثر نمودن خروجی رویکرد تحلیل شبکه‌ای، زمینه جهت اجرای گامهای بعدی تحقیق فراهم گردید. بیان ریاضی اهداف مذکور به صورت زیر است:

د-1) تابع هدف اول؛ حداقل نمودن هزینه‌ی کل (Z_1): هزینه‌ی کل شامل چهار جزء می‌گردد؛ هزینه‌ی خرید، هزینه‌ی ثابت سفارش، هزینه‌ی نگهداری، و هزینه‌ی کمبود.

هزینه خرید کل: هزینه‌ی خرید کل برابر است با مجموع هزینه‌ی خرید کلیه‌ی اقلام سالم منتخب از تامین کنندگان برگزیده در طی دوره‌های زمانی برنامه‌ریزی و در سطوح متفاوت قیمتی. هزینه‌ی مذکور به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\sum_i \sum_k \sum_m \sum_t p_{ikm} \cdot X_{ikmt} (1 - q_{ik}) \quad \text{رابطه‌ی 1}$$

هزینه‌ی سفارش: هزینه‌ی ثابت سفارش مرتبط با انتخاب تامین‌کننده‌ی k در دوره‌ی t برابر است با:

$$k \sum_t [F_k \cdot Z_{kt}] \quad \text{رابطه‌ی 2}$$

هزینه نگهداری: هزینه‌ی نگهداری برای اقلامی محاسبه می‌شود که به دوره‌ی بعدی منتقل می‌شوند. نحوه‌ی محاسبه‌ی آن به صورت رابطه‌ی 3 بیان می‌شود:

$$i \sum_t [h_i \cdot [I^+]_{it}] \quad \text{رابطه‌ی 3}$$

هزینه کمبود²⁰: نحوه‌ی محاسبه‌ی هزینه‌ی کمبود به صورت زیر است:

$$i \sum_t [\pi_i \cdot [I^-]_{it}] \quad \text{رابطه‌ی 4}$$

در نهایت هزینه‌ی کل خواهد بود با مجموع هزینه‌های فوق (رابطه‌ی 5):

$$TC = \sum_i \sum_k \sum_m \sum_t [p_{ikm} \cdot X_{ikmt}] + k \sum_t [F_k \cdot Z_{kt}] \quad \text{رابطه‌ی 5}$$

د-2) تابع هدف 2؛ حداقل نمودن زمان انتظار (Z_2): حداقل نمودن زمان انتظار به صورت زیر بیان می‌شود:

$$i \sum_k \sum_m \sum_t [l_{ik} \cdot X_{ikmt}] \quad \text{رابطه‌ی 6}$$

د-3) تابع هدف 3؛ حداقل نمودن ارقام ردی (حداکثر نمودن کیفیت) (Z_3): حداقل نمودن ارقام ردی به صورت تابع زیر بیان می‌شود:

$$i \sum_k \sum_m \sum_t [q_{ik} \cdot X_{ikmt}] \quad \text{رابطه‌ی 7}$$

طبق تعریف، کیفیت بر اساس درصد محصولات برگشتی (معیوب) محاسبه می‌شود.

د-3) تابع هدف 4؛ حداکثر نمودن مطلوبیت (Z_4): حداکثر نمودن مطلوبیت خروجی فرآیند تحلیل شبکه بوده و به صورت تابع زیر بیان می‌شود:

19. به جای هدف مذکور می‌توان از حداکثر نمودن کیفیت کالای خریداری شده استفاده نمود.

20. Shortage cost

اندازه‌گیری هزینه‌ی کمبود، یا هزینه‌ی عدم ارضای سفارش یک مشتری بسیار مشکل است. بمنظور محاسبه‌ی این هزینه از اطلاعات آرشیوی شرکت (هزینه‌های توقف خط، ...) استفاده شده است.

$$\sum_i \sum_k \sum_m \sum_t \{S_{k,X_{ikmt}}\} \quad \text{رابطه‌ی 8:}$$

ه) 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.

ه) محدودیت ظرفیت: هر تامین‌کننده‌ی k یک بیشینه ظرفیتی برای تولید محصول i در هر دوره‌ی t (CAP_{ik}) دارد. بنابراین کل سفارش تخصیص یافته به هر تامین‌کننده در هر دوره‌ی t باید کمتر یا مساوی با حداکثر ظرفیت وی باشد. خواهیم داشت:

$$\sum_m X_{ikmt} \quad \text{رابطه‌ی 9:}$$

و) 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 10). نتیجه‌ی معادله‌ی فوق مثبت (مازاد) و یا منفی (کمبود) خواهد بود (رابطه‌ی 11).

$$I_{it} = \sum_k \sum_m \sum_{(j=1)}^t \{X_{ikmj}\} \quad \text{رابطه‌ی 10:}$$

$$I_{it} = \{I^+\}_{it} - \{I^-\}_{it} \quad \text{رابطه‌ی 11:}$$

با توجه به اینکه h_i و π_i مثبت بوده و بردار ضرایب محدودیتها برای متغیر I^+_{it} ، با متغیر I^-_{it} وابستگی خطی دارد، پس هر دو متغیر نمی‌توانند 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.

و) حداکثر تعداد تامین‌کنندگان: با توجه به خط و مشی شرکت در خصوص کاهش تعداد تامین‌کنندگان، بیشینه تعداد تامین‌کنندگان منتخب در هر دوره‌ی t ، باید کمتر یا مساوی عددی مشخص باشد. این محدودیت به شکل زیر تعریف می‌گردد:

$$\sum_k Z_{kt} \leq N \quad \text{رابطه‌ی 12:}$$

ز) 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 می‌شود. محدودیت بودجه‌ی ماهیانه به صورت زیر تعریف می‌گردد:

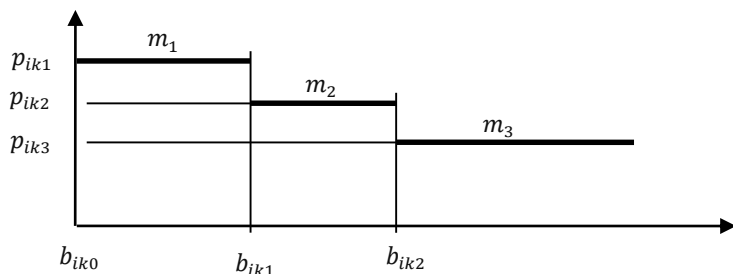
$$\sum_i \sum_k \{ \sum_m p_{ikm} \} \quad \text{رابطه‌ی 13:}$$

ح) محدودیت حداقل و حداکثر سفارش از هر تامین‌کننده در هر ماه: با توجه به اینکه در شرکت تحت بررسی، هزینه‌ی حمل سفارش بر عهده‌ی تامین‌کننده است، هر تامین‌کننده (بدلیل لزوم اثربخشی هزینه‌های حمل و نقل) کمیتی را به عنوان حداقل مقدار سفارش در نظر می‌گیرد. از سوی دیگر، متاثر از سیاست‌های تامین و تدارکات، شرکت سقفی را به عنوان حداکثر مقدار سفارش در هر دوره از هر تامین‌کننده در نظر می‌گیرد که این محدودیت‌ها به صورت روابط 14 و 15 تعریف می‌شوند.

$$\sum_{i=1}^m w_i \quad \text{رابطه‌ی 14:}$$

$$\sum_{i=1}^m w_i \quad \text{رابطه‌ی 15:}$$

ط) محدودیت‌های خطی کردن مدل: با وجود تخفیف‌های صعودی قیمت، تابع هدف غیرخطی است. تخفیفات افزایشی در شکل 4 به صورت شماتیک ارائه شده است.



شکل 4: تخفیف افزایشی قیمت در مدل حاضر

مجموعه‌ی محدودیت‌های زیر جهت خطی کردن تابع هدف مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$X_{ikmt} \leq (b_{ikm} - b_{(ikm-1)}) \quad \text{رابطه‌ی 16:}$$

$$X_{ikmt} \geq (b_{ikm} - b_{(ikm-1)}) \quad \text{رابطه‌ی 17:}$$

هر p_{ikm} هزینه‌ی هر واحد برای سفارش X_{ikmt} عدد از تامین‌کننده‌ی k در سطح m در دوره‌ی t است، اگر $b_{i,k,m-1} < X_{ikmt} \leq b_{i,k,m}$ داریم $1 \leq m \leq m_k$

ی) محدودیت انبارش: 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 18 به نمایش درآمده است.

$$w_i (\sum_{j=1}^m X_{ikmj}) \quad \text{رابطه‌ی 18:}$$

ک) محدودیت ارضای تقاضا در طی دوره (T) : سیاست شرکت در بخش تولید و فروش بر این اساس است که در انتهای دوره‌ی شش ماهه تمامی تقاضاها ارضا شده و تقاضای ارضانشده‌ای باقی نماند^{۲۱}.

$$\sum_{k=1}^m \sum_{t=1}^T X_{ikmj} \quad \text{رابطه‌ی 19:}$$

ل) 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 20 ارائه شده است.

$$X_{ikmt}, [I^+], \text{it} \quad \text{رابطه‌ی 20:}$$

21. در صورتی که محدودیت مذکور به صورت مساوی مدل شود، موجودی در انتهای دوره‌ی برنامه‌ریزی معادل با صفر خواهد شد.

ساخت زیرمدل برنامه‌ریزی چند هدفه‌ی چند محصوله - چند دوره‌ای

پس از تعریف متغیرهای تصمیم و پارامترها، اهداف و محدودیت‌های مدل، محققین اقدام به ساخت مدل عددی تحقیق نمودند. این مدل از چارچوب استاندارد برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مخلوط چندهدفه پیروی می‌کند. با توجه به گسترده‌بودن ابعاد مدل مذکور (6*3*7*4 بعد) از ارائه‌ی مدل عددی در اینجا خودداری شده و تنها داده‌های گردآوری‌شده برای اجرای مدل عددی در جداول زیر ارائه می‌گردد. بمنظور نمایش پیچیدگی مدل، در جدول 2 تعداد محدودیت‌های مدل (بدون لحاظ محدودیت‌های مثبت بودن، صحیح و یا صفر و یک بودن متغیرها) در حالت‌های مختلف ارائه شده است.

جدول 2: تعداد محدودیت‌های مدل در حالات مختلف

تعداد محصولات (i)							تعداد تامین‌کنندگان (k)	تعداد سطح تخفیف (m)	تعداد دوره (t)
200	100	50	20	15	5	2			
624.8	324.4	174.2	884	669	239	110	2	1	6
842.15	942.7	992.3	622.1	227.1	437	200	5		
902.39	002.20	052.10	082.4	087.3	097.1	500	15		
424.13	724.6	374.3	364.1	029.1	359	158	2	2	
842.27	942.13	992.6	822.2	127.2	737	320	5		
902.75	002.38	052.19	682.7	787.5	997.1	860	15		

در جدول 3 قیمت‌های قراردادی (میلیون ریال) اقلام منتخب، به تفکیک نوع قطعات، سطح شکست، و تامین‌کننده ارائه شده است.

جدول 3: قیمت اقلام منتخب به تفکیک نوع قطعات، سطح شکست قیمتی، و تامین‌کننده

تامین‌کننده												سطح شکست	نام قطعه		
7		6		5		4		3		2				1	
تعداد	قیمت	تعداد	قیمت	تعداد	قیمت	تعداد	قیمت	تعداد	قیمت	تعداد	قیمت	تعداد	قیمت		
										300	1.1	250	1.1	1	(1) اکسل جلو وانت
										1000	1	1760 ^{۳۲}	1	2	
										2200	0.95			3	
500	2.3			1760	2.3	50	2.5							1	(2) اکسل عقب وانت
1760	2.15					350	2.35							2	
						2200	2.25							3	
								700	1			400	1	1	(3) میل گاردان
								1000	0.9			2000	0.9	2	
		400	1.79	2200	1.74							400	1.74	1	(4) طبق بالا و طبق پایین و اهرم‌بندی
		1760	1.6									700	1.65	2	
												2200	1.55	3	

در جدول 4 هزینه‌ی ثابت سفارش، متوسط زمان انتظار برای تامین محصول، درصد خرابی محصول، حداقل درصد قابل قبول از ظرفیت هر تراک، و حجم هر تراک، به ازای تامین‌کنندگان مختلف ارائه شده است.

22. ظرفیت تولید هر تامین‌کننده به عنوان سقف سطح شکست لحاظ شده است.

جدول 4: هزینه‌ی ثابت سفارش، متوسط مانده انتظار برای تامین محصول، و... بهای ایتامین کنندگان مختلف

تامین کننده							شرح
7	6	5	4	3	2	1	
8.4	10.4	10.9	11.9	11.9	9.4	8.9	هزینه‌ی ثابت سفارش
					2200	1760	1
1760		1760	2200				2
				1000		2000	3
	1760	2200				2200	4
					0.23	0.14	1
0.14		0.09	0.18				2
				0.45		0.45	3
	0.23	0.18				0.18	4
					0.91	1.44	1
0.44		0.63	0.64				2
				0.04		2.3	3
	1.29	0.25				6.81	4
75	70	50	70	75	50	50	حداقل درصد قابل قبول از ظرفیت تراک (درصد)
12	20	42	20	12	42	42	ظرفیت تراک تامین کننده‌ی k (متر مکعب)

در جدول 5 تقاضای محصول، و بودجه‌ی در اختیار در هر دوره‌ی زمانی آمده است.

جدول 5: تقاضای قطعات، به همراه بودجه‌ی در اختیار (میلیون ریال)، به تفکیک دوره‌های زمانی

دوره‌ی زمانی						تقاضای محصول (قطعه)
6	5	4	3	2	1	
2,538	2,320	2,755	2,660	2,660	2,800	1
2,538	2,320	2,755	2,660	2,660	2,800	2
2,538	2,320	2,755	2,660	2,660	2,800	3
2,538	2,320	2,755	2,660	2,660	2,800	4
12,000	14,000	20,000	20,000	16,000	12,000	بودجه‌ی در اختیار در دوره (میلیون ریال)

در جدول 6 هزینه‌های نگهداری و کمبود (میلیون ریال)، فضای مورد نیاز و حداکثر فضای در اختیار (متر مکعب)، به تفکیک محصول ارائه شده است.

جدول 6: هزینه‌های نگهداری و کمبود، فضای مورد نیاز، و حداکثر فضای در اختیار به تفکیک محصول

محصول (قطعه)	هزینه‌ی نگهداری	هزینه‌ی کمبود	میزان فضای مورد نیاز به ازای هر قطعه	حداکثر فضای در دسترس در انبار برای قطعه
1	0.03	0.063	0.079	88
2	0.08	0.200	0.272	48
3	0.02	0.036	0.043	86
4	0.02	0.032	0.013	64

اجرای مدل تحقیق

بمنظور اجرای مدل تحقیق از نرم افزار لینگو استفاده شده است. رویه‌ی حل نیز بدین ترتیب بوده که در ابتدا و به منظور رسیدن به جدول بده‌بستان^{۲۳} (بمنظور اجرای روش حداقل انحراف^{۲۴})، مدل با لحاظ تک تک اهداف، اجرا شده و

23. Payoff table

24. Minimum deviation method

سپس با استفاده از روش حداقل انحراف تمامی اهداف به یک هدف تبدیل و مدل مجدداً حل شده است. خروجی این مرحله، جواب نهایی مسأله مذکور است. توضیح اینکه بمنظور جلوگیری از طولانی شدن مقاله تنها نتایج اجرای مدل با استفاده از تابع هدف ترکیبی ارائه شده است. بدهستان توابع هدف در جدول 7 ارائه شده است.

جدول 7: جدول بدهستان اهداف مدل تحقیق

شرح	تابع هدف اول (z1)	تابع هدف دوم (z2)	تابع هدف سوم (z3)	تابع هدف چهارم (z4)
تابع هدف اول (z1)	375.891	698.394	843.193	217.895
تابع هدف دوم (z2)	152.616	457.314	532.415	668.516
تابع هدف سوم (z3)	460.31	742.8	538.6	509.51
تابع هدف چهارم (z4)	953.510	569.79	471.99	482.911

نتایج حاصل از اجرای نهایی مدل (با لحاظ تمامی اهداف) در جدول 8 آمده است.

جدول 8: نتایج حاصل از اجرای مدل تحقیق با استفاده از روش حداقل انحراف (لحاظ همزمان تمامی اهداف)

دوره	تامین کننده	سطح شکست	محصول				
			1	2	3	4	
1	1	1	0			800	
		2	0			891.1	
		3				454.1	
	جمع تامین کننده 1			0	0	991.1	20154
	2	1	300				300
		2	700				700
		3	200.1				200.1
	جمع تامین کننده 2			200			200.2
	3	1			225		225
		2			0		0
	جمع تامین کننده 3					225	
	4	1	50	50			50
		2	300	300			300
		3	700.1	700.1			700.1
	جمع تامین کننده 4			050.2			050.2
	5	1		0			0
		2			0		0
	جمع تامین کننده 5					0	
	6	1			0		0
		2			0		0
	جمع تامین کننده 6					0	
	7	1		0			0
		2		0			0
	جمع تامین کننده 7					0	

در این روش مدل با استفاده از تمامی اهداف، به صورت تکیه تک اجرا و مقدار بهینه‌ی تابع هدف محاسبه می‌گردد. سپس مقدار سایر توابع هدف، بر حسب مقدار بهینه‌ی مذکور محاسبه و جدول بده-بستان تشکیل می‌گردد. سپس نوبت به یکپارچه نمودن تمامی اهداف و محاسبه‌ی حداقل انحراف می‌رسد. تابوکانون (1988) بیان می‌کند که بهترین جواب، جوابی است که به ازای آن انحراف کسری تمامی توابع هدف، حداقل شود [گوپتا و سیواکومار، 2002]. انحراف کسری هر هدف به صورت کسری از انحراف حداکثر بیان می‌شود. در صورتی که $f_j(x_0)$ حداقل ارزش مطلوب $f_j(x)$ باشد، مسأله‌ی حداقل انحراف به صورت رابطه‌ی زیر فرموله خواهد شد. فرموله‌سازی مذکور بدلیل بی‌مقیاس نمودن توابع هدف، جواب مناسبی را ارائه خواهد داد [گوپتا و سیواکومار، 2002].

$$Min f = \sum_{j=1}^p \left[\frac{f^j(x^*) - f^j(x)}{f^j(x^*) - f^j(x^0)} \right]$$

25. با توجه به حجم بالای خروجی‌ها در این بخش تنها خروجی مربوط به مقدار سفارش تخصیص یافته به هر تامین کننده (Xikmt) و موجودی (lit) ارائه شده است.

دوره	تامین کننده	سطح شکست	محصول					
			1	2	3	4		
			200.2	050.2	2۰216	2۰154	8۰620	جمع دوره ی 1
			-620	-763	-630	-792		موجودی مربوط به دوره ی اول ۲۶
2	1	1	0		400	400	800	جمع تامین کننده ی 1
		2	0		300	600.1	900.1	
		3			500.1	500.1	500.1	
	2	1	0	0	200.2	000.2	4۰400	جمع تامین کننده ی 1
		2	300	700			300	
		3	200.1	200.1			200.1	
	3	1	200.2				200.2	جمع تامین کننده ی 2
		2	700	700			700	
		3	300	300			300	
	4	1				000.1	000.1	جمع تامین کننده ی 3
		2	50	50			50	
		3	300	300			300	
	5	1	850.1	850.1			850.1	جمع تامین کننده ی 4
		2	200.2	200.2			200.2	
		3	0	0			0	
	6	1	0	0			0	جمع تامین کننده ی 5
		2	0	0			0	
		3	0	0			0	جمع تامین کننده ی 6
	7	1	500	500			500	جمع تامین کننده ی 7
		2	794	794			794	
3		294.1	294.1			294.1		
			200.2	494.3	3۰000	200.2	جمع دوره ی 2	
			-1۰100	51	-336	-1۰402	موجودی مربوط به دوره ی دوم	
3	1	1	250		400	400	050.1	جمع تامین کننده ی 1
		2	353.1		300	600.1	253.3	
		3			500.1	500.1	500.1	
	2	1	603.1			000.2	200.2	جمع تامین کننده ی 1
		2	300	700			300	
		3	200.1	200.1			200.1	
	3	1	200.2				200.2	جمع تامین کننده ی 2
		2	700	700			700	
		3	300	300			300	
	4	1				000.1	000.1	جمع تامین کننده ی 3
		2	50	50			50	
		3	300	300			300	
	5	1	850.1	850.1			850.1	جمع تامین کننده ی 4
		2	200.2	200.2			200.2	
		3	0	0			0	
	6	1	0	0			0	جمع تامین کننده ی 5
		2	400	400			400	
		3	360.1	360.1			360.1	
	7	1	760.1	760.1			760.1	جمع تامین کننده ی 6
		2	425	425			425	

دوره	تامین کننده	سطح شکست	محصول				
			1	2	3	4	
		2	0			جمع کل	
			425			0	
			425			جمع تامین کننده 7	
			2,625			جمع دوره 3	
			0			13,338	
			0			3,960	
						3,000	
						-275	
						-43	
						0	
						0	
						موجودی مربوط به دوره سوم	
4	1	1	250			050.1	
		2	839			739.2	
		3					500.1
				1,890			جمع تامین کننده 1
	2	1	300				5,289
		2	700				300
		3	200.1				700
				2,200			جمع تامین کننده 2
	3	1	700				200.2
		2	300				700
							جمع تامین کننده 3
	4	1	50				000.1
		2	300				50
		3	850.1				300
				200.2			جمع تامین کننده 4
	5	1	0				200.2
		5					0
							جمع تامین کننده 5
	6	1	400				0
		2	360.1				400
							جمع تامین کننده 6
	7	1	760.1				360.1
		2	500				760.1
							جمع تامین کننده 7
	4	1	060.1				500
		2	560				560
			060.1			جمع تامین کننده 7	
			3,289			جمع دوره 4	
			498			13,509	
			486			3,960	
			486			000.3	
						758	
						156	
						486	
						498	
						موجودی مربوط به دوره چهارم	
5	1	1	0			800	
		2	0			900.1	
		3					500.1
				0			جمع تامین کننده 1
	2	1	300				4,400
		2	700				300
		3	200.1				700
				2,200			جمع تامین کننده 2
	3	1	700				200.2
		2	300				700
							جمع تامین کننده 3
	4	1	50				000.1
		2	300				50
		3	850.1				300
				200.2			جمع تامین کننده 4
	5	1	0				200.2
		5					0
							جمع تامین کننده 5
	6	1	0				0
		2	0				0
							جمع تامین کننده 6
	7	1	0				0
		2	0				0

دوره	تامین کننده	سطح شکست	محصول			
			1	2	3	4
					0	
	جمع تامین کننده ی 7					
	جمع دوره ی 5					2,200
9,600			200.2	000.3	200.2	488
	موجودی مربوط به دوره ی پنجم					358
	1	1	800	400	400	0
		2	690.1	300	390.1	0
		3	500.1	500.1		
	جمع تامین کننده ی 1					0
	2	1	300			300
		2	700			700
		3	200.1			200.1
	جمع تامین کننده ی 2					2,200
	3	1	0			0
		2	0		0	0
	جمع تامین کننده ی 3					0
	4	1	50		50	
		2	300		300	
		3	850.1		850.1	
	جمع تامین کننده ی 4					200.2
	5	1	0		0	
	جمع تامین کننده ی 5					0
	6	1	0		0	
		2	0		0	
	جمع تامین کننده ی 6					0
	7	1	0		0	
		2	0		0	
	جمع تامین کننده ی 7					0
	جمع دوره ی 6					2,200
8,390			200.2	790.1	200.2	0
	موجودی مربوط به دوره ی ششم					0
	جمع کل					15,892
64,400			16,674	006.16	829.15	0

پس از محاسبه ی اندازه ی انباشته به ازای هر تامین کننده، لازم است تا مقادیر نهایی توابع هدف (تابع هدف یکپارچه) و همچنین درصد پوشش هر یک از توابع (در مقایسه با مقدار بهینه ی حاصل از اجرای مجزای اهداف) محاسبه شود. در جدول 9 مقادیر تابع هدف حاصل از حل نهایی مدل ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می شود، 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 یافته اند. تنها درصد پوشش هدف سوم، یعنی حداقل نمودن اقلام ردی، کمتر از 60 درصد است.

جدول 9: مقادیر توابع هدف محاسبه شده در حل نهایی مدل

ردیف	هدف	مقدار تابع هدف	مقدار بهینه ی تابع هدف	درصد پوشش تابع هدف
1	حداقل نمودن هزینه ی کل	91,996.3	375.8	99.3
2	حداقل نمودن زمان انتظار	16,530.8	457.3	87.5
3	حداقل نمودن اقلام ردی	1,031.2	538.6	52.2
4	حداکثر نمودن مطلوبیت	10,802.2	482.9	94.1

نتایج و بحث

بمنظور جمع‌بندی مدل و ارائه‌ی نتایج حاصل از آن نتایج اجرای مدل طراحی‌شده با نتایج واقعی مقایسه و نتایج زیر حاصل شده است.

10.1 درصد کاهش در هزینه‌های لحاظ‌شده (خرید، سفارش، نگهداری، و کمبود) در طی دوره‌ی مورد

بررسی؛

6.8 درصد کاهش در اقلام ردی دریافتی در طی دوره‌ی مورد بررسی؛

6.3 درصد کاهش در تاخیر در تحویل اقلام در طی دوره‌ی مورد بررسی؛

7.2 درصد افزایش در مطلوبیت اقلام خریداری‌شده در طی دوره‌ی مورد بررسی.

با توجه به نتایج حاصل می‌توان گفت که مدل تحقیق، مدل مطلوبی بوده و توانسته محققین را در دستیابی به اهداف یاری کند. به علاوه لازم است تاکید شود محققین در بررسی‌های خود به مدلی که تمامی موارد بکاررفته در مدل حاضر، یعنی انتخاب تامین‌کننده در حالت چند محصول، چند تامین‌کننده، چند دوره، و با لحاظ کمبود، مازاد، و تخفیف افزایشی را لحاظ نموده باشند، برخورد ننموده‌اند

منابع و مأخذ

جی فان‌ویل، آر جان (1382)، "مدیریت زنجیره خرید و تامین (تجزیه و تحلیل، برنامه‌ریزی، روش‌ها)" ترجمه بهروز نصر آزادانی و محمود رفیعی، انتشارات ارکان- مرکز تحقیقات مهندسی اصفهان.

Aissaoui, Najla, Haouari M., Hassini E., (2007), "Supplier selection and order lot sizing modeling: A review", Journal of Computers & Operations Research, No. 34, Pp. 3516 – 3540.

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

Cavinato J., Kauffman R., (2000), "The purchasing handbook: A Guide for the Purchasing and Supply Professional" (6th Ed.), McGraw-Hill

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.

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.

Ghodsypour S.H., (1996), "A decision support system for supplier selection integrating analytical hierarchy process with operations research methods" Thesis (Ph.D) , Univ.of Nottingham, Dept of manufacturing engineering and operations management, U.K

Ghodsypour S.H., O'Brien C., (1998), "A decision support system for supplier selection Using An integrating analytical hierarchy process and Linear Programming", Int. Journal of Production Economics, Pp196-212.

Gupta, Amit. K, Appa Iyer Sivikumar (2002), "simulation based multiobjective schedule ottimization in semiconductor manuaufacturing", proceeding of the 2002 winter simulation conference.

Hokey Min, Gengui Zhou, (2002), "Supply chain modeling: past, present and future", journal of Computers and Industrial Engineering, Vol.43 No.1-2, Pp.231-249.

Kokangul, A., Susuz, Z. (2009), "Integrated analytical hierarch process and mathematical programming to supplier selection problem with quantity discount", Journal of Applied Mathematical Modelling, Vol. 33, Num. 3, Pp. 1417-1429.

- 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.
- Van Weele A., (2010)., "Purchasing and supply chain management"(5th ed.), Cengage Learning press.
- Weber C.A, Current J.R, Benton W.E., (1991), "Vendor Selection Criteria and Methods.",*European Journal of Operation Research*.Vol. 50, Pp.2-18.
- Zhiming Zhang, Jiasu Lei, Ning Cao, Kinman To, and Kengpo Ng (2004), "Evolution of Supplier Selection Criteria and Methods,"*Proceedings of the Second Globelics Conference Innovation Systems and Development Emerging Opportunities and Challenges*.