مدیریت صنعتی
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۶، شمارهٔ ۱
بهار ۱۳۹۳
ص. ۱۸۰-۱۵۱

مدل ریاضی انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش در زنجیرهٔ تأمین با لحاظ عدم اطمینان در متغیرهای طراحی

مجید هوشمندی ماهر[۱]، مقصود امیری[۲]، لعیا الفت[۳]

چکیده: هزینهٔ مواد خام حدود ۶۰درصد از بهای تمام‌شده (در برخی صنایع تا ۸۰ درصد) را دربرمی‌گیرد. در چنین شرایطی، منبع‌یابی مناسب، می‌تواند نقش مهمی در کارایی و اثربخشی سازمان ایفا کند و تأثیر مستقیمی در کاهش هزینه‌ها، افزایش سودآوری و انعطاف‌پذیری شرکت داشته باشد. در این مقاله، تعیین کمیت مطلوب سفارش با وجود چند تأمین‌کننده، چند محصول، طی چند دوره، در حالت مجازبودن مازاد و کمبود، با لحاظ ماهیت چندمعیاره و چندهدفی مسئله، و وجود تخفیف افزایشی، با لحاظ عدم اطمینان در متغیرهای طراحی، مد نظر قرار گرفته است. به‌منظور لحاظ معیارهای مؤثر بر انتخاب تأمین‌کننده از فرایند تحلیل شبکه و به‌منظور لحاظ وابستگی داخلی میان معیارها از دیمتل استفاده شده است. به‌منظور لحاظ عدم اطمینان در فرایند ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده، عدم اطمینان در متغیر طراحی، بدون مدنظر قراردادن عدم اطمینان در پارامترها، لحاظ و مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل شد. در مدل مذکور، مسئله نسبت به تغییر در متغیرهای طراحی مقاوم شده، به‌نحوی‌که با تغییر در فضای مسئله، تغییر در تابع هدف اندک است که به کاهش نوسانات منجر خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: ***الگوریتم ژنتیک، انتخاب تأمین‌کننده در زنجیرهٔ تأمین، برنامه‌ریزی ریاضی مختلط صحیح چندهدفه، عدم اطمینان در متغیرهای طراحی، فرایند تحلیل شبکه، روش دیمتل.***

۱. دکتری مدیریت تولید و عملیات، دانشکدهٔ مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
۲. دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی، تهران ایران
۳. دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی، تهران ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۱/۲۶
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۲/۰۴/۱۹
نویسندهٔ مسئول مقاله: مجید هوشمندی ماهر
E-mail: majidhooshmand@gmail.com

مقدمه

امروزه، در بازار جهانی عوامل متعددی باعث شده‌اند سازمان‌ها با تمرکز بر زنجیرهٔ تأمین خود، در جستجوی مزیت رقابتی باشند. از میان فعالیت‌های مدیریت زنجیرهٔ تأمین، خریدکردن با توجه به فراهم آوردن فرصت کاهش هزینه‌ها و متعاقب آن افزایش سود، یکی از راهبردی‌ترین فعالیت‌ها به شمار می‌رود (مندوزا، ۲۰۰۷). بر اساس کوایل (۲۰۰۶)، خرید مرکز تمامی زنجیره‌های تأمین است و تسهیل دستیابی به اهداف زنجیرهٔ تأمین در گرو راهبردی‌بودن خرید است. ازسوی‌دیگر، اهمیت فزایندهٔ مدیریت زنجیرهٔ تأمین محرک شرکت‌ها برای انطباق خرید و راهبردهای منبع‌یابی با اهداف زنجیرهٔ تأمینشان است. بنا بر نظر فان‌ویل (۲۰۰۹) خرید درون سازمان معمولاً شامل تمامی فعالیت‌های مرتبط با فرایند خریدن کالاست. این فعالیت‌ها عبارت‌اند از: تعیین نیاز، انتخاب تأمین‌کننده، دستیابی به قیمت مناسب، مشخص‌کردن شرایط و وضعیت قرارداد، عقد قرارداد یا سفارش، و حصول اطمینان از دریافت مناسب.

در این میان، مونزکا، ترنت و هندفیلد (۲۰۰۵) انتخاب تأمین‌کننده را وظیفهٔ اساسی خرید می‌دانند. الرام و کار (۱۹۹۴) نیز بیان می‌کنند که خرید از طریق انتخاب مناسب تأمین‌کنندگانی که راهبرد و موقعیت رقابتی بلندمدت شرکت را پشتیبانی کنند، نقش مهمی را در راهبرد رقابتی شرکت بازی می‌کند (مندوزا، ۲۰۰۷). به‌عبارت‌دیگر، یکی از وظایف ضروری (و درعین‌حال پیچیده) در کارکرد خرید که نقشی اساسی در موفقیت یا عدم موفقیت سازمان ایفا می‌کند، انتخاب تأمین‌کنندگانی است که بتوانند اقلام درخواستی، با مشخصات مورد نیاز را تهیه کنند. مجموعهٔ مناسب و درست انتخاب‌شده از تأمین‌کنندگان به ایجاد تفاوت راهبردی در توانایی سازمان در کاهش هزینه‌ها و بهبود کیفیت محصولات نهایی منجر خواهد شد. این واقعیت محرک تحقیقاتی است که هدف آنها یافتن راه‌های جدیدتر و بهتر برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان است (مندوزا، ۲۰۰۷). به‌عبارتی، انتخاب تأمین‌کننده، تأثیر قابل‌توجهی در بهینه‌سازی کیفیت، کمیت، ارسال به موقع و قیمت کالاها و خدمات خریداری‌شده دارد (شاه‌بندرزاده، جعفرنژاد و رئیسی، ۱۳۹۰). ازسوی‌دیگر، ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده فرآیند ارزیابی، مقایسه و یافتن تأمین‌کنندهٔ مناسب است که بتواند نیازهای خریدار را با بهترین کیفیت مورد انتظار، در مکان مناسب، در حجم مناسب و در زمان مناسب تأمین کند (امیری، جهانی، ۱۳۸۹).

از سوی‌دیگر، مدیریت عدم اطمینان چالشی اساسی در مدیریت تمامی زنجیره‌های تأمین است. بنابراین، انتظار می‌رود که نتایج حاصل از روش‌های برنامه‌ریزی زنجیرهٔ تأمینی که عدم اطمینان در آنها لحاظ نشده است، در صورت مقایسه با مدل‌هایی که عدم اطمینان را فرموله

کرده‌اند، نتایج نامرغوب‌تری ارائه دهند (پیدرو، مولا، پولر و کروز لایرو، ۲۰۰۹). نبود اطمینان در زنجیرهٔ تأمین را می‌توان ناشی از ماهیت پیچیده و پویایی روابط میان عوامل مختلف زنجیرهٔ تأمین دانست (بهاتناگر و سهال، ۲۰۰۵). به‌طورقطع، این عدم اطمینان بر سودآوری تمامی اجزای زنجیره اثرگذار خواهد بود (گویلن، مله، باغاجویگز، اسپونا، و پوجکانر، ۲۰۰۵).

با وجود تأکید بر اهمیت و نقش انتخاب تأمین‌کننده در زنجیرهٔ تأمین و جایگاه عدم اطمینان در برنامه‌ریزی‌های مربوط به زنجیرهٔ تأمین، دغدغهٔ اصلی بسیاری از فعالان زنجیرهٔ تأمین پاسخ به این پرسش اساسی است که در صورت لحاظ عدم قطعیت، تخصیص مطلوب سفارش به تأمین‌کنندگان چگونه باید صورت گیرد. درحالی‌که مرور تحقیقات پیشین حاکی از ناکافی بودن پاسخ محققین به این پرسش است، در این تحقیق، سعی شده است با استفاده از رویکردی کمّی و با اتکا به مبانی نظری مدیریت زنجیرهٔ تأمین به تدوین مدلی مناسب برای انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش میان آنان با مد نظر قرار دادن ماهیت چندمعیارهٔ مسئله و لحاظ کردن عدم اطمینان در آن بپردازد و از این طریق بخشی از ابهام پیش روی فعالان زنجیرهٔ تأمین در ایجاد توازن میان کارایی و پاسخگویی را از میان بر دارد.

پیشینهٔ پژوهش

در تصمیمات مربوط به انتخاب تأمین‌کننده، دو موضوع اهمیت ویژه‌ای دارند: اول اینکه چه معیارهایی را باید مورد استفاده قرار داد، و دیگر اینکه از چه روش‌هایی می‌توان برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان استفاده کرد (قدسی‌پور، ۱۹۹۶). وبر، کارنت و دسای (۱۹۹۸) اشاره می‌کنند که تصمیمات مربوط به انتخاب تأمین‌کننده، به این دلیل که معیارهای گوناگونی را باید مورد ملاحظه قرار داد، بسیار پیچیده است، ضمن اینکه در راستای این انتخاب می‌توان از نگرش‌های متفاوتی استفاده کرد. تحلیل این دو مبحث، یعنی معیارها و روش‌های انتخاب تأمین‌کننده، توجه بسیاری از دانش‌پژوهان و دست‌اندرکاران واحدهای خرید، از دههٔ ۱۹۶۰ به بعد را به خود معطوف ساخته است (ژانگ، لی، کائو، تو، و کنچپو، ۲۰۰۴).

طبق نظر آیسائوی، هائوری و هسینی (۲۰۰۷) تصمیم‌گیری در حوزهٔ انتخاب تأمین‌کننده سه تصمیم عمدهٔ زیر را در بر می‌گیرد:

- چه محصولی سفارش داده شود؟ نیمی از مقالات نگارش‌شده در این حوزه، برای موقعیت‌هایی هستند که فروشندگان فقط برای یک کالا انتخاب می‌شوند. در این موارد، وابستگی‌های داخلی متفاوتی (برای مثال، تخفیف روی حجم کسب‌وکار، کاهش در هزینه‌های سفارش و بازرسی، و غیره) که می‌تواند برای محصولات وجود داشته باشد، به حساب نمی‌آید.

• در چه کمیتی و از کدام تأمین‌کنندگان؟ اصولاً دو نوع موقعیت خرید وجود دارد: منبع‌یابی منفرد یا چندگانه. در گزینهٔ اول، تمامی تأمین‌کنندگان می‌توانند به صورت کامل خواسته‌های مشتری را بر حسب کمیت، کیفیت، تحویل، و غیره برآورده سازند. درنتیجه، تصمیم فقط با شناسایی بهترین تأمین‌کننده (تأمین‌کنندگان) سروکار دارد. در رابطه با دومین گزینه، دو رویکرد زیر اتخاذ شده است که عبارت‌اند از: زمانی‌که هیچ‌یک از تأمین‌کنندگان قادر به ارضای تمامی تقاضای خریدار نیستند (به خاطر محدودیت‌های ظرفیت، کیفیت، تحویل، قیمت، و غیره از سوی تأمین‌کننده)، و یا زمانی‌که هدف راهبردهای تدارکات اجتناب از وابستگی به منبعی منفرد، به‌منظور حفاظت در برابر کمبودها و حفظ رقابت استوار در میان تأمین‌کنندگان است. در این‌گونه شرایط، مسئله شامل دو قسمت است: انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص کمیت سفارش (تعیین اندازهٔ انباشته).

• در چه دوره‌های زمانی؟ تعیین اندازهٔ انباشتهٔ موجودی و انتخاب تأمین‌کننده ارتباط داخلی بسیار نزدیکی با هم دارند. یک‌کاسه‌کردن تصمیم زمان‌بندی سفارش‌ها طی زمان با انتخاب تأمین‌کننده، می‌تواند تا حد قابل‌ملاحظه‌ای هزینه‌ها را طی دوره کاهش دهد. با ملاحظهٔ افق چنددوره‌ای می‌توان یک یا چند تأمین‌کننده را در هر یک از این دوره‌ها برای خرید محصولات انتخاب کرد. به صورت جایگزین، محصولات را می‌توان به دورهٔ جلوتر منتقل کرد که البته این امر تحمیل هزینه‌های نگهداری موجودی را موجب می‌شود. علی‌رغم این مزیت‌ها، عمده مدل‌هایی که تاکنون پیشنهاد شده‌اند، به انتخاب تأمین‌کننده، بدون توجه به مباحث مدیریت موجودی برای چندین دوره پرداخته‌اند (آیسائوی، هائوری و هسینی، ۲۰۰۷). بنابراین، نقش موجودی نقش اصلی در موفقیت یا شکست زنجیرهٔ تأمین به شمار می‌آید. ازاین‌رو، هماهنگی سطوح موجودی در سرتاسر زنجیرهٔ تأمین حائز اهمیت است (صادقی‌مقدم، مومنی و نالچیگر، ۱۳۸۸).

بر اساس نظر بیر و سندهوف (۲۰۰۷)، عدم اطمینان به چهار نوع تقسیم می‌شود: عدم اطمینان در شرایط محیطی و عملیاتی (پارامترهای ورودی)؛ عدم اطمینان در متغیرها (پارامترهای طراحی)؛ عدم اطمینان در خروجی سیستم (خطاهای ارزیابی)؛ و عدم اطمینان در موجه بودن (در فضای جواب، که معمولاً با عدم اطمینان نوع ۱ و ۲ مشاهده می‌شود.). آن‌ها همچنین اشاره می‌کنند که به‌منظور غلبه بر عدم اطمینان‌های تعریف‌شده می‌توان از سه رویکرد مدلسازی، شامل برنامه‌ریزی قطعی، برنامه‌ریزی احتمالی (برنامه‌ریزی احتمالی و بهینه‌سازی استوار)، و برنامه‌ریزی مبتنی بر امکان و یا فازی استفاده کرد. ترکیب انواع عدم اطمینان‌های موجود با رویکردهای مدلسازی به ایجاد ۱۲ حالت متفاوت منجر می‌شود. بررسی‌های انجام‌گرفته در

ادبیات تحقیق نشانگر آن است که عمده مدل‌های توسعه‌داده‌شده در حوزهٔ عدم اطمینان بر عدم اطمینان در شرایط محیطی و عملیاتی و یا درنهایت عدم اطمینان در موجه بودن (برخی از رویکردهای مدلسازی استوار که استواری در جواب را نیز مد نظر قرار داده‌اند) تأکید کرده و هیچ مدلی یافت نشده است که عدم اطمینان در متغیرهای طراحی را لحاظ کرده باشد.

در این پژوهش، مسئلهٔ انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش، با هدف یافتن پاسخ مناسب به سه پرسش مطرح‌شده در ادبیات و یکپارچه‌سازی تصمیمات مذکور در روش‌شناسی مناسب، با در نظر گرفتن ماهیت چندمعیارهٔ مسئله، مد نظر قرار گرفته است. به‌علاوه، به‌منظور دستیابی به خط‌مشی‌های موجودی بهینه که به صورت همزمان تعیین کند که چقدر، چه زمانی، و از کدام تأمین‌کنندگان سفارش دهیم، هزینه‌های عمومی موجودی (هزینه‌های نگهداری، کمبود[۱]، سفارش، و خرید) نیز مورد توجه قرار گرفته‌اند. ضمناً دربارهٔ نوع خاصی از عدم اطمینان، یعنی عدم اطمینان در متغیرهای طراحی (با هدف کاهش نوسانات توابع هدف) در مسئله لحاظ و مدلسازی شده و درادامه با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل شده است.

درادامه، ابزارها و مفاهیم استفاده‌شده در مدل معرفی می‌شوند.

مفهوم استواری به‌کار گرفته‌شده در مقاله

بر اساس نظر جین و سندهوف (۲۰۰۳) در طراحی سیستم، طراحی استوار به این مفهوم است که پارامترهای فرایند طوری طراحی شوند که فرایند نسبت به تغییرات متغیرهای محیطی و پارامترهای فرایند غیرحساس باشد. از نظر ریاضی، جواب X را یک جواب استوار گوییم، هرگاه در یک شعاع مشخص همسایگی از X با تغییر X به اندازهٔ ΔX تابع هدف $f(X)$ تغییرات کمی داشته باشد. یعنی X^* جواب مقاوم است اگر:

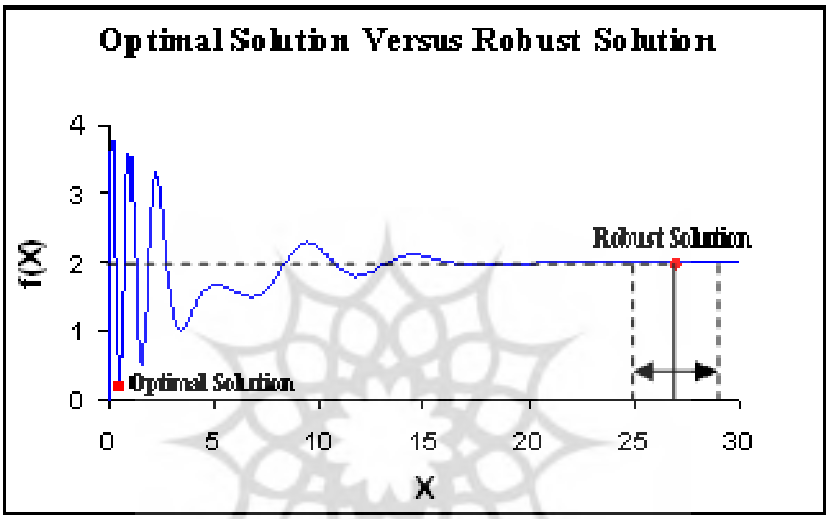
رابطهٔ ۱)
$$\forall X \in D_f \ni X \in \left[X^* - \Delta X^*, X^* + \Delta X^*\right]$$
$$\Rightarrow \varepsilon = \left| f(X) - f\left(X^*\right) \right| \ \ is\ a\ small\ vlaue$$

---

۱. کمبود پدیده‌ای است که در حالت‌های واقعی کنترل موجودی با آن مواجه خواهیم شد. به‌طورکلی، هزینه‌های کمبود به دو دستهٔ هزینهٔ سفارش معوق و هزینهٔ حالت فروش از دست رفته تقسیم می‌شوند. در سفارش معوق به هنگام کمبود، تقاضای مورد نظر با تأخیر تأمین می‌شود. هزینه‌های این حالت هزینه‌هایی مانند هزینه‌های اداری اضافی یا هزینهٔ حمل‌ونقل و همچنین احتمالاً جریمهٔ دیرکرد کالا به مشتری است. در فروش ازدست‌رفته، همان‌طور که از نامش پیداست، تقاضای برآوردنشده از دست می‌رود و درواقع، مشتری به سراغ منابع دیگر می‌رود تا نیاز خود را تأمین کند. هزینه‌های این حالت سود از دست رفته به‌خاطر عدم فروش و نیز تأثیر منفی ایجادشده در درآمدهای حاصل از فروش آینده به مشتری است (فارسیجانی و عبدوس، ۱۳۹۰). محاسبهٔ هزینه‌های کمبود بسیار مشکل است و مدل‌های اندکی هستند که هزینه‌های کمبود را لحاظ کرده باشند.

در شکل ۱، به‌منظور درک بهتر، تابع نمونه‌ای ترسیم شده که در آن نقطهٔ استوار و نقطهٔ بهینه نشان داده شده است. رابطهٔ این تابع به صورت زیر است:

$$f(x) = 2 + 2\sin(xe^{-0.2x})e^{-0.2x}$$ رابطهٔ ۲)



شکل ۱. جواب بهینه در برابر جواب استوار- فراست (۱۳۸٦)

در این تابع نقطهٔ بهینه، نقطهٔ مینیمم تابع است. همان‌طور که در شکل مشخص است در نقطهٔ استوار، در همسایگی معینی از نقطهٔ مذکور، با تغییر x در این شعاع همسایگی مقدار $f(x)$ تغییرات بسیار اندکی خواهد داشت. در سیستم‌های پویا به علت ماهیت پویای متغیرها، ممکن است عواملی باعث ایجاد تغییر در پارامترهای سیستم شود که عملکرد سیستم تابعی از آنها است. بر نقطهٔ استوار این تغییر کمترین اثر را دارد. این مسئله در شکل ۱ به‌خوبی مشهود است. در نقطهٔ بهینهٔ تابع، با تغییر x به اندازهٔ Δx، تابع از نقطهٔ بهینه به نقطه‌ای که حتی ممکن است برازندگی بسیار نامطلوبی داشته باشد، انتقال یابد. بنابراین، در یک فرایند یا هر سیستم دینامیک دیگر، تنظیم پارامترها در نقطهٔ بهینهٔ عملکرد سیستم، تضمینی نمی‌دهد که سیستم یا فرایند در تمامی شرایط به طور مطلوب عمل کند. اما تنظیم پارامترها در نقطهٔ استوار این اطمینان را به وجود می‌آورد که ممکن است فرایند در سطح بهینه عمل نکند، ولی در برابر شرایط مختلفی که به سیستم تحمیل می‌شود، مقاوم است.

برای به دست‌آوردن جواب مقاوم در تابع، به معیاری نیاز داریم که با بهینه‌سازی این معیار به نقطهٔ استوار تابع دست یابیم. برای به دست آوردن جواب استوار در تابع از معیار واریانس تابع استفاده می‌شود (جین و سندهوف، ۲۰۰۳).

با فرض اینکه هر بردار $X = (x_1, x_2, ..., x_n)$ که یک جواب را در فضای n بعدی نشان می‌دهد، بردار متغیر برداری تصادفی است، زیرا می‌تواند به طور اتفاقی هر مقداری را اتخاذ کند. تابع $f(x)$ را حول نقطهٔ میانگین $\mu = (\mu_{x_1}, \mu_{x_2}, ..., \mu_{x_n})$ با بسط مرتبهٔ اول سری تیلور به صورت خطی تقریب می‌زنیم. بنابراین، داریم:

$$f = f(\mu_{X_1}, \mu_{X_2}, ..., \mu_{X_n}) + \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{\partial}{\partial x_i} f\left(\mu_{x_1}, \mu_{x_2}, ..., \mu_{x_n}\right) \right] (x_i - \mu_i) \qquad \text{رابطهٔ ۳)}$$

در رابطهٔ فوق $f(x)$ نیز متغیری تصادفی است، زیرا هر تابعی از یک متغیر تصادفی نیز خود یک متغیر تصادفی است. بنابراین، می‌توان از طرفین رابطهٔ فوق واریانس گرفت:

$$\sigma_f^2 = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \sigma_{x_i}^2 + \sum \sum_{i \neq j} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right) \left(\frac{\partial f}{\partial x_j} \right) \sigma_{x_i x_j} \qquad \text{رابطهٔ ۴)}$$

می‌دانیم که:

$$Var(x + y) = Var(x) + Var(y) + 2Cov(x, y) \qquad \text{رابطهٔ ۵)}$$

با استفاده از قوانین مربوط به واریانس متغیرهای تصادفی، جملهٔ دوم عبارت فوق را بسط می‌دهیم. بنابراین، خواهیم داشت:

$$\sigma_f^2 = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \sigma_{x_i}^2 + \sum_{i} \sum_{\substack{j \\ i \neq j}} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right) \left(\frac{\partial f}{\partial x_j} \right) \sigma_{x_i x_j} \qquad \text{رابطهٔ ۶)}$$

رابطهٔ σ_f^2 واریانس تابع f و σ_{x_i} انحراف معیار iامین عنصر در بردار جواب است. با توجه به اینکه x_i و x_j مستقل از یکدیگر فرض می‌شوند که فرضی منطقی است، آن‌گاه $\sigma_{x_i x_j} = 0$ بنابراین، تقریب واریانس تابع به دست می‌آید:

$$\sigma_f^2 = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \sigma_{x_i}^2 \qquad \text{رابطهٔ ۷)}$$

بدین‌ترتیب، برآوردی برای واریانس تابع به دست آمد. از این تقریب، برای محاسبهٔ انحراف معیار تابع استفاده می‌شود تا معیاری ایجاد شود که با کمینه کردن این معیار، نقطهٔ استوار تابع به دست آید. شایان توضیح است که این معیار تابعی از واریانس تابع مورد نظر است. بدین منظور، تابع باید به گونه‌ای باشد که با افزایش تغییرات X، $f(x)$ دامنهٔ تغییرات اندکی داشته باشد. تابع زیر به‌عنوان تابع غیرمقاوم[1] پیشنهاد می‌شود. با کمینه کردن این تابع، جواب مقاوم برای تابع اصلی، $f(x)$ به دست می‌آید. یعنی هرچه معیار ذکرشده کمتر باشد جواب به دست آمده معتبرتر خواهد بود.

$$R(X) = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{\hat{\sigma}_f}{\hat{\sigma}_{x_j}}$$ رابطهٔ ۸)

در تابع فوق، $\hat{\sigma}_f$ برآورد انحراف معیار تابع f است که از رابطهٔ ۶ به دست می‌آید. $\hat{\sigma}_{x_i}$ نیز برآوردی از انحراف معیار ژامین مؤلفهٔ بردار X است.

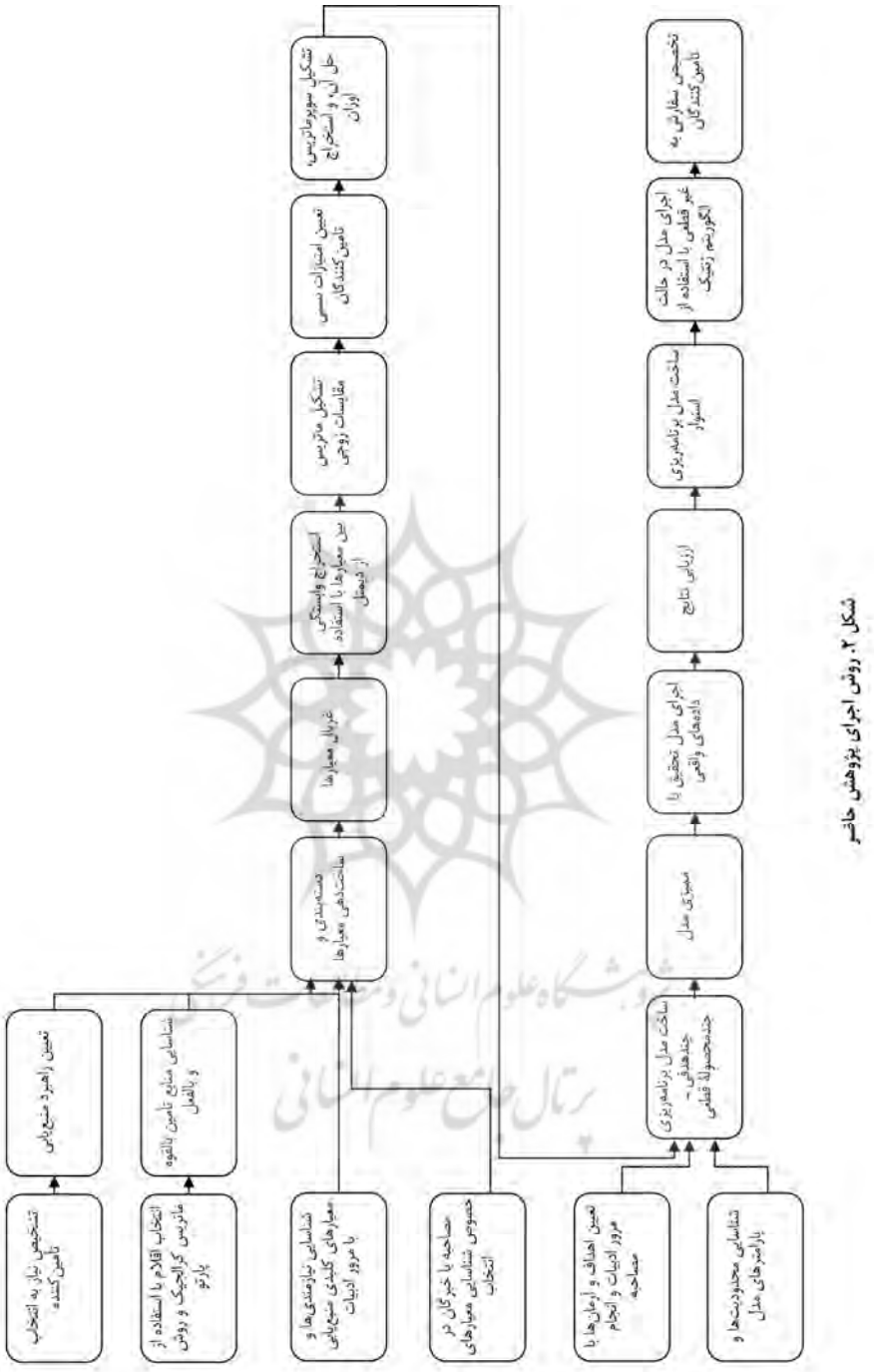
شایان ذکر است که محقق در بررسی‌ها به مدلی برخورد نکرده است که در حوزهٔ انتخاب تأمین‌کننده و مدیریت موجودی، از رویکرد فوق به‌منظور مقابله با عدم اطمینان استفاده کرده باشد. سایر رویکردها، عمدتاً با ایجاد تغییراتی در پارامترهای مدل، عدم اطمینان ذاتی مسئله را لحاظ می‌کنند، اما رویکرد به کار رفته، با متغیرهای مسئله سر و کار دارد. این امر در دنیای واقعی (و برای شرکت‌های خودروساز) می‌تواند شامل مواردی چون تأثیر متغیرهای برون‌زایی چون تحریم، تغییر در نرخ ارز، و غیره باشد.

روش‌شناسی پژوهش

در تحقیق حاضر، به‌منظور 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 گردآوری شده است. لازم به ذکر است که جامعهٔ آماری خبرگان بین ۲۴ تا ۴۹ نفر متغیر بوده است. در شکل ۲، مراحل انجام تحقیق ارائه شده است. لازم به ذکر است که یافته‌های پژوهش (بخش بعد) بر اساس گام‌های اجرای تحقیق ارائه شده است.

---

1. Non-robust



شکل ۲. روش اجرای پژوهش حاضر

ساخت مدل اصلی تحقیق — انتخاب اقلام؛ شناسایی، ساخت‌دهی، و وزندهی به معیارهای مؤثر — تعیین راهبرد منبع‌یابی

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

- ماهیت این پژوهش به نحوی است که طی آن اهداف متعدد، و گاهی متناقض، مورد توجه قرارگرفته است. لذا تحقیق حاضر، پژوهشی چندهدفی خواهد بود.
- ازآنجایی‌که مدل مورد استفاده در این پژوهش از نوع برنامه‌ریزی خطی چندهدفی است، مفروضات اولیهٔ برنامه‌ریزی خطی در مورد آن صادق خواهد بود. البته لازم به ذکر است که مدل اولیه با توجه به تخفیف افزایشی، مدلی غیرخطی بوده که با استفاده از دو دسته محدودیت به مدل خطی تبدیل شده است.
- مدل طراحی‌شده مدلی چنددوره‌ای بوده که هدف آن برنامه‌ریزی تأمین و تخصیص سفارش برای دوره‌های مذکور است. به‌عبارتی، مدل مذکور پاسخگویی به سؤالات اساسی مطرح‌شده در ادبیات تحقیق (تأمین از کدام تأمین‌کننده، به چه مقدار، و در کدام دورهٔ زمانی) خواهد بود.
- هزینه‌های سفارش قلم i از تأمین‌کنندهٔ k به تنوع و کمیت محصول سفارش‌داده‌شده بستگی نداشته و بر اساس مستندات موجود در شرکت (برای مثال، هزینه‌های واحد قراردادها و هزینه‌های بازرسی تقسیم بر کل ساعات صرف‌شده بر روی قرارداد یک تأمین‌کنندهٔ خاص در هر دوره) به دست آمده است.
- هزینهٔ حمل‌ونقل بر عهدهٔ تأمین‌کننده است با این فرض که حمل‌ونقل به صورت کارا انجام می‌گیرد. عمده‌ترین دلیل این مسئله فقدان اطلاعات مربوط به هزینهٔ حمل‌ونقل بوده است.
- تقاضای اقلام بر اساس روند تقاضای بازار در ابتدای سال مشخص و طی ماه‌های مختلف بر اساس ظرفیت و امتیازات کسب‌شده توسط تأمین‌کنندگان، تقسیم می‌شود.
- زمان انتظار مربوط به هر تأمین‌کننده از اطلاعات آرشیوی شرکت استخراج و در مدل لحاظ می‌شود.
- پارت‌های دریافت‌شده از تأمین‌کننده به انبار موقت منتقل و در آنجا بر اساس استانداردهای صنایع دفاعی[1] امریکا (با توجه سیاست شرکت) بازرسی می‌شوند. پارت‌های مذکور متوسط اقلام معیوب q_{ik} دارند که در مرحلهٔ بازرسی شناسایی می‌شوند و تأمین‌کننده آن‌ها را

1. Military standard

جایگزین می‌کند. توضیح اینکه درصد اقلام معیوب از اطلاعات آرشیوی شرکت استخراج شده است.

- نگهداری اقلام در بیش از یک دوره مجاز بوده است، 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 به دست می‌آید. با توجه به ارتباط مستقیم هزینه‌های نگهداری با اندازهٔ قلم مورد نظر، هزینهٔ مذکور درصدی از هزینهٔ خرید نیز قابل محاسبه است. البته شایان ذکر است که در محاسبهٔ هزینه‌های نگهداری هزینه‌های خواب سرمایه نیز لحاظ شده است.
- موجودی ابتدای دوره صفر لحاظ شده است. دلیل این امر این است که در مدل تحقیق برنامه‌ریزی تأمین بین دو دورهٔ تعطیلات مدنظر قرار گرفته است که در این شرایط نیز موجودی معمولاً به صفر می‌رسد.
- تمامی تأمین‌کنندگان ظرفیت محدودی دارند و معمولاً تأمین‌کنندگان به‌تنهایی قادر به تأمین تمامی اقلام مورد نیاز شرکت نیستند. به‌علاوه، بر اساس اطلاعات موجود، ظرفیت تأمین‌کننده در هر دوره ثابت است.
- با توجه به وجود هزینه‌های ثابت در راه‌اندازی خط تولید تأمین‌کننده، و همچنین سیاست‌های شرکت مبنی بر عدم تأمین تمامی اقلام مورد نیاز از یک تأمین‌کننده، لازم است تا محدودیت حداقل و حداکثر برای هر یک از اقلام در هر دوره در نظر گرفته شود. این محدودیت، اضافه بر محدودیت ظرفیت تأمین‌کننده است.
- کمبود در هر دوره مجاز بوده و هزینه‌های آن از اطلاعات آرشیوی شرکت، مبتنی بر هزینه‌های توقف خط، هزینه‌های تأمین اضطراری، هزینه‌های تأخیر در تحویل به مشتری محاسبه و همچون درصدی از هزینه‌های خرید لحاظ شده است.
- نگهداری اقلامی که طی هر دوره مصرف نمی‌شوند، نیازمند در اختیار داشتن مقداری فضا (بر اساس فضای مورد نیاز محصول) است. به‌علاوه، کل فضای در اختیار برای انبارش هر قلم (یا فضای تخصیص‌یافته به هر تأمین‌کننده) نیز محدود بوده که در مدل لحاظ شده است.
- با توجه به سیاست‌های شرکت، و به‌منظورجلوگیری از پیچیدگی‌های همکاری با تعداد زیادی تأمین‌کننده، محدودیتی برای تعداد تأمین‌کنندگان در نظر گرفته شده است.
- ماهیت قطعات و اقلام به صورتی است که تولید آنها نیازمند صرف هزینه‌های ثابت تنظیم دستگاه‌ها و ماشین‌آلات است. با توجه به اینکه هزینه‌های مزبور بر تعداد تولید سرشکن می‌شود و با افزایش تولید، سهم هزینهٔ تخصیص‌یافته به هر واحد کاهش می‌یابد،

تأمین‌کنندگان تخفیفاتی را بر اساس کمیت خرید در هر دوره ارائه می‌دهند که در مدل لحاظ شده است.

- بودجهٔ خرید ماهیانهٔ شرکت متأثر از وضعیت نقدینگی شرکت (و عموماً مقدار محصول فروش‌رفته) پیش‌بینی و لحاظ شده است.
- قیمت‌گذاری قطعات بدین صورت است که در ابتدای سال با تأمین‌کنندگان مذاکره و قیمت محصولات (و همچنین رویهٔ تخفیف) برای یک سال کامل تعیین و نهایی می‌شود. این قیمت‌ها معمولاً طی سال ثابت است.

یافته‌های پژوهش

شناسایی، دسته‌بندی و غربال معیارها

به‌منظور شناسایی معیارهای اثرگذار، از مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با خبرگان استفاده شده است. پس از آن، لیستی شامل ۳۶ معیار استخراج و با توجه به دسته‌بندی‌های متداول در ادبیات طبقه‌بندی شده است. سپس، به‌منظور انتخاب معیارهای مهم، پرسشنامه‌ای (مبتنی بر طیف لیکرت) تهیه و بین خبرگان توزیع شد. 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:

$$\begin{cases} H_0 : \mu \le ۳ \\ H_1 : \mu > ۳ \end{cases}$$

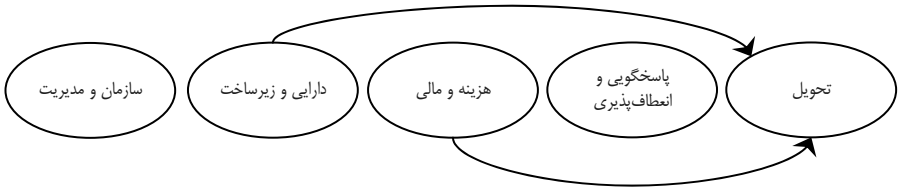
درصورتی‌که فرض H_0 پذیرفته شود، اهمیت معیار کمتر از حد میانگین برآورد می‌شود. بنابراین، معیارهایی که آزمون فرض H_0 در مورد آنها رد می‌شود، معیارهای نهایی انتخاب شدند.

شناسایی روابط متقابل میان معیارها و زیرمعیارها با اجرای روش دیمتل[1]

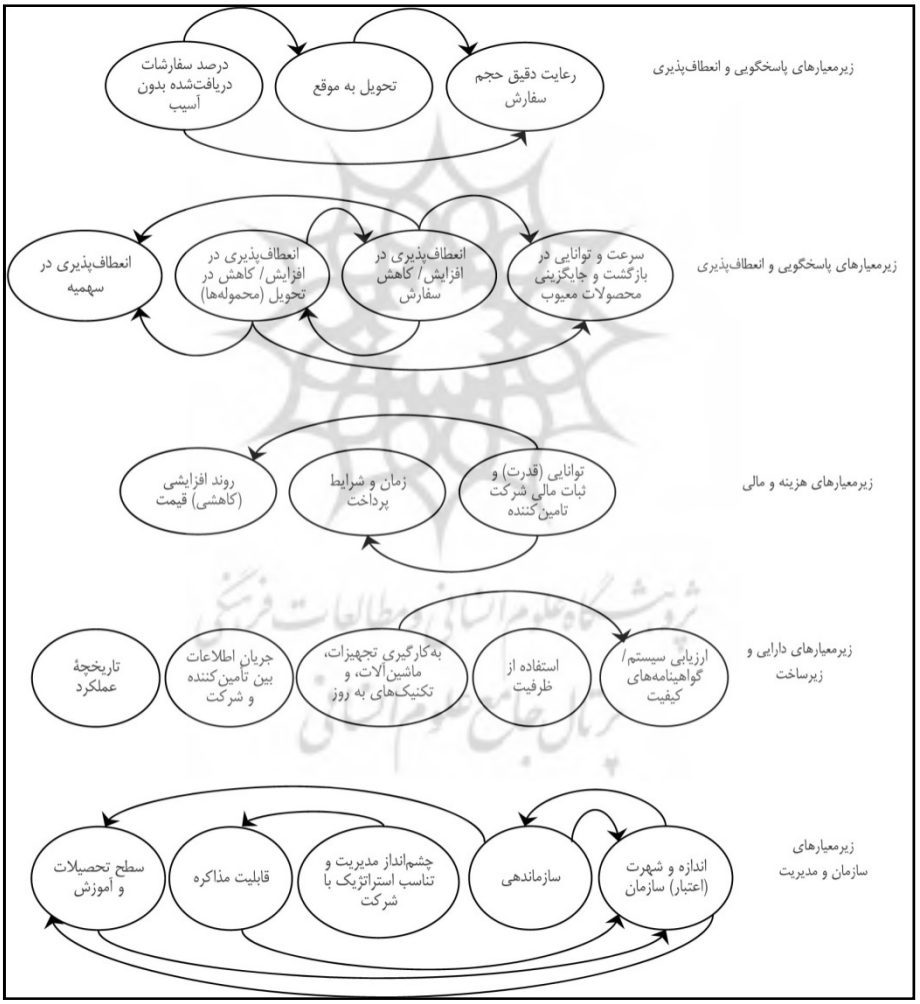
به‌منظور اجرای روش دیمتل از پرسشنامه استفاده شده است. در این روش، از پاسخ‌دهندگان خواسته شد تا تأثیر یک معیار بر معیار دیگر را با استفاده از طیف صفر(بدون تأثیر) تا چهار (حداکثر تأثیر) اندازه‌گیری کنند. پس از استخراج ماتریس روابط کل برای کلیهٔ معیارها و زیرمعیارها، ارزش آستانه مشخص و نقشهٔ تأثیر روابط ترسیم می‌شود. پس از بررسی‌های لازم، ارزش آستانه معادل با ۰/۵ انتخاب و نقشهٔ تأثیر ـ روابط (وابستگی میان سطوح) ترسیم شد (شکل‌های ۳ و ۴).

---

۱. به‌منظور جلوگیری از طولانی‌شدن مقاله محاسبات مربوط به روش دیمتل ارائه نشده است.



شکل۳. نقشهٔ تأثیر ـ روابط برای معیارهای اصلی



شکل٤. نقشهٔ تأثیر ـ روابط برای زیرمعیارها

اجرای فرایند تحلیل شبکه

در این تحقیق، به‌منظور محاسبهٔ اوزان اهمیت معیارها و رتبه‌بندی گزینه‌ها از فرایند تحلیل شبکه استفاده شده است. به‌منظور استخراج اوزان اهمیت معیارها از پرسشنامهٔ استاندارد فرایند تحلیل شبکه استفاده شد. بدین‌ترتیب از داوطلبان خواسته شد تا بر مبنای مقایسات زوجی اهمیت به هر معیار نسبت به سایر معیارها امتیاز دهند . این امتیازدهی در مورد وابستگی‌های استخراج‌شده از مرحلهٔ قبل (خروجی دیمتل) نیز انجام شد. درادامه، ماتریس تصمیم گروهی مربوط به معیارهای اصلی وابستگی‌ها استخراج و نرمال شده و سپس بردار وزنی تأمین‌کنندگان در قبال معیارهای کیفی و کمّی (با استفاده از پرسشنامه و اطلاعات آرشیوی) محاسبه شد.

پس از محاسبهٔ بردارهای وزنی معیارها و امتیازات نسبی تأمین‌کنندگان در قبال معیارهای کمّی و کیفی نوبت به محاسبهٔ امتیازات نهایی تأمین‌کنندگان می‌رسد[۱]. بدین‌منظور، بردارهای حاصل در مراحل ذکرشده در قالب سوپر ماتریس (شکل ۵)، ترکیب و ماتریس حاصل با استفاده از نرم‌افزار متلب حل شده است. لازم به توضیح است که بردارهای $W_{۲۴}$ و $W_{۳۵}$ بردارهای وزنی مربوط به وابستگی‌ها بوده است.

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

شکل ۵. شکل کلی سوپر ماتریس مورد استفاده در تحقیق

پس از تشکیل سوپر ماتریس و همگن کردن آن، نوبت به همگرا کردن آن و استخراج اوزان معیارها و همچنین امتیازات نهایی تأمین‌کنندگان می‌رسد. بدین‌منظور، سوپر ماتریس محدودشده را با استفاده از نرم‌افزار متلب به توان $۲K + ۱$ (K عددی دلخواه است) می‌رسانیم. در این تحقیق، سوپر ماتریس در K معادل با ۲۴ همگرا شد. در جدول ۱، اوزان معیارها و در جدول ۲، امتیازات نهایی تأمین‌کنندگان (خروجی روش تحلیل شبکه‌ای) ارائه شده است.

---

۱. به‌منظور جلوگیری از طولانی‌شدن مقاله، متاثر از تعداد بالای معیارها و گزینه‌ها، از ارائهٔ محاسبات مربوطه خودداری شده و فقط شکل کلی سوپر ماتریس مورد استفاده ارائه شده است.

جدول ۱. اوزان معیارها و زیرمعیارها- خروجی فرایند تحلیل شبکه‌ای

معیار	وزن هر معیار نسبت به هدف	شاخص	وزن زیرمعیار نسبت به معیار	وزن هر زیرمعیار نسبت به هدف
تحویل (C_1)	۰/۳۵	درصد سفارشات دریافت‌شده به صورت کامل	۰/۲۰	۰/۰۷
		درصد سفارشات دریافت‌شده در زمان تعهدشده	۰/۵۴	۰/۱۹
		درصد سفارشات دریافت‌شده بدون آسیب	۰/۲۷	۰/۰۹
پاسخگویی و انعطاف‌پذیری (C_2)	۰/۰۶	سرعت و توانایی در بازگشت و جایگزینی محصولات معیوب	۰/۲۶	۰/۰۲
		انعطاف‌پذیری در افزایش/ کاهش سفارش	۰/۲۵	۰/۰۲
		انعطاف‌پذیری در افزایش/ کاهش در تحویل (محموله‌ها)	۰/۲۶	۰/۰۲
		انعطاف‌پذیری در سهمیه	۰/۲۲	۰/۰۱
هزینه و مالی (C_3)	۰/۳۸	معیار کیفی توانایی (قدرت) و ثبات مالی شرکت تأمین‌کننده	۰/۳۸	۰/۱۴
		زمان و شرایط پرداخت	۰/۱۳	۰/۰۵
		روند افزایشی (کاهشی) قیمت	۰/۴۸	۰/۱۸
دارایی و زیرساخت (C_4)	۰/۱۱	ارزیابی سیستم/ گواهینامه‌های کیفیت	۰/۳۹	۰/۰۷
		استفاده از ظرفیت	۰/۰۹	۰/۰۱
		به کارگیری تجهیزات، ماشین‌آلات، و تکنیک‌های به	۰/۲۵	۰/۰۳
		قابلیت‌های تبادل الکترونیکی داده‌ها	۰/۱۱	۰/۰۱
		تاریخچهٔ عملکرد	۰/۱۷	۰/۰۲
سازمان و مدیریت (توانمندی سازمانی) (C_5)	۰/۱۰	اندازه و شهرت (اعتبار) سازمان	۰/۱۵	۰/۰۲
		سازماندهی	۰/۲۱	۰/۰۲
		چشم‌انداز مدیریت و تناسب استراتژیک با شرکت	۰/۲۰	۰/۰۲
		قابلیت مذاکره	۰/۲۹	۰/۰۳
		سطح تحصیلات و آموزش	۰/۱۵	۰/۰۲

جدول ۲. امتیازات نهایی تأمین‌کنندگان با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای

ردیف (کد تأمین‌کننده)	امتیاز محاسبه‌شده با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای	رتبه
۱	۰/۱۹۴	۱
۲	۰/۱۸۷	۲
۳	۰/۱۲۸	۴
۴	۰/۱۲۳	۵
۵	۰/۱۰۶	۷
۶	۰/۱۲	۶
۷	۰/۱۴۲	۳

ساخت مدل چندمحصوله– چنددوره‌ای در حالت قطعی

پس از تعریف متغیرهای تصمیم و پارامترها، اهداف و محدودیت‌های مدل، محقق به ساخت مدل عددی تحقیق اقدام کرد. این مدل از چارچوب استاندارد برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مخلوط چندهدفی پیروی می‌کند. با توجه به گسترده‌بودن ابعاد مدل مذکور (۶ × ۳ × ۷ × ۴ بعد)، از ارائهٔ مدل عددی داده‌های گردآوری‌شده برای مدل عددی خودداری شده است[1]. مراحل ساخت مدل ریاضی تحقیق را می‌توان به صورت گام‌های زیر بیان نمود:

الف) تعریف متغیرهای تصمیم و پارامترهای مدل: اندیس‌های مدل تحقیق عبارت‌اند از:

مجموعهٔ محصولاتی که باید خریده شوند.	I
مجموعهٔ بالقوه‌ای از تأمین‌کنندگان	K
مجموعهٔ صعودی نقاط شکست تخفیف‌های کلی	M
مجموعهٔ دوره‌های زمانی	T

ب) متغیرهای تصمیم مسئله عبارتند از:

مقداری از محصول i که از تأمین کنندهٔ k در سطح قیمت m و در دورهٔ t خریداری می‌شود.	X_{ikmt}

۱. تعداد محدودیت‌های مدل در حالت وجود ۱۵ تأمین‌کننده، سه سطح تخفیف و ۲۰۰ محصول بیش از ۱۱۰ هزار محدودیت خواهد بود.

Z_{kt}	نشان‌دهندهٔ این است که تأمین‌کنندهٔ k در دورهٔ t انتخاب شده است یا خیر (متغیر صفر و یک).
Y_{ikmt}	یک متغیر صفر و یک است، درصورتی‌که سطح قیمت m استفاده شود. مقدار ۱ و درغیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد.
I_{it}	موجودی خالص محصول i در انتهای دورهٔ زمانی t
I^{+}_{it}	موجودی در دست محصول i در انتهای دورهٔ زمانی t
I^{-}_{it}	میزان سفارشات معوق محصول i در انتهای دورهٔ زمانی t

ج) پارامترهای مدل نیز عبارت‌اند از:

p_{ikm}	هزینهٔ تهیهٔ یک واحد از محصول i از تأمین‌کنندهٔ k در سطح قیمت m
b_{ikm}	تعدادی که در آن شکست‌های قیمت صعودی برای محصول i توسط تأمین‌کنندهٔ k رخ می‌دهد.
F_k	هزینهٔ ثابت سفارش مربوط به تأمین‌کنندهٔ k
d_{it}	تقاضای محصول i در دورهٔ زمانی t
l_{ik}	زمان انتظار تأمین کنندهٔ k برای تولید و تأمین محصول i
q_{ik}	سطح کیفیتی که تأمین کنندهٔ k برای محصول i ارائه می‌دهد. این پارامتر براساس درصد خرابی مشخص می‌شود.
CAP_{ik}	ظرفیت تولید تأمین‌کنندهٔ k برای محصول i
N	حداکثر تعداد تأمین‌کنندگان مد نظر شرکت در هر دوره
h_i	هزینهٔ نگهداری هر واحد محصول i به ازای هر دوره
π_i	هزینهٔ کمبود هر واحد محصول i به ازای هر دوره
w_i	میزان فضای مورد نیاز به‌منظور انبارش محصول i
W_i	حداکثر فضای در دسترس در انبار برای محصول i
S_k	مطلوبیت محاسبه‌شده برای تأمین‌کنندهٔ k
B_t	میزان بودجهٔ پیش‌بینی‌شده برای خرید در هر دوره

A_k حداقل درصد قابل قبول از ظرفیت تراک (با توجه به اینکه هزینهٔ حمل بر عهدهٔ تأمین‌کننده است.).

C_k ظرفیت تراک تأمین‌کنندهٔ k (هر تراک)

د) تعیین اهداف: مرور ادبیات نشان می‌دهد که سه هدف کمینه‌کردن زمان انتظار تحویل (رابطهٔ ۱۴)، کمینه‌کردن اقلام ردّی یا بیشینه کردن کیفیت (رابطهٔ ۱۵) و کمینه‌کردن هزینهٔ کل (روابط ۹ تا ۱۳)، در ادبیات از بیشترین تکرار برخوردار بوده‌اند، و بنابراین، اهداف اصلی در نظر گرفته می‌شوند. به‌منظور لحاظ سایر معیارها در تحقیق، از تلفیق روش‌های دیمتل و فرایند تحلیل شبکهٔ 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 (درحدود ۴۷ پرسشنامه)، و تعریف هدف چهارم (رابطهٔ ۲۴)، یعنی بیشینه‌کردن خروجی رویکرد تحلیل شبکه‌ای (رابطهٔ ۱۶)، زمینه به‌منظور اجرای گام‌های بعدی تحقیق فراهم شد. بیان ریاضی اهداف مذکور به صورت زیر است:

د-۱) تابع هدف اول؛ حداقل کردن هزینهٔ کل (z_1): هزینهٔ کل شامل چهار جزء است: هزینهٔ خرید، هزینهٔ ثابت سفارش، هزینهٔ نگهداری، و هزینهٔ کمبود.

هزینهٔ خرید کل: برابر است با مجموع هزینهٔ خرید کلیهٔ اقلام سالم منتخب از تأمین‌کنندگان برگزیده طی دوره‌های زمانی برنامه‌ریزی و در سطوح متفاوت قیمتی. هزینهٔ مذکور به صورت زیر محاسبه می‌شود:

رابطهٔ ۹)
$$\sum_{i}\sum_{k}\sum_{m}\sum_{t} p_{ikm}.X_{ikmt}(1-q_{ik})$$

هزینهٔ سفارش: هزینهٔ ثابت سفارش مرتبط با انتخاب تأمین‌کنندهٔ k در دورهٔ t برابر است با:

رابطهٔ ۱۰)
$$\sum_{k}\sum_{t} F_k.Z_{kt}$$

هزینهٔ نگهداری: هزینهٔ نگهداری برای اقلامی محاسبه می‌شود که به دورهٔ بعدی منتقل می‌شوند. نحوهٔ محاسبهٔ آن به صورت رابطهٔ ۱۸ بیان می‌شود:

رابطهٔ ۱۱)
$$\sum_i \sum_t h_i . I^+_{it}$$

هزینهٔ کمبود[۱]: نحوهٔ محاسبهٔ هزینهٔ کمبود به صورت زیر است:

رابطهٔ ۱۲)
$$\sum_i \sum_t \pi_i . I^-_{it}$$

درنهایت، هزینهٔ کل برابر خواهد بود با مجموع هزینه‌های فوق:

رابطهٔ ۱۳)
$$TC = \sum_i \sum_k \sum_m \sum_t p_{ikm} . X_{ikmt}(1 - q_{ik}) + \sum_k \sum_t F_k . Z_{kt} + \sum_i \sum_t h_i . I^+_{it} + \sum_i \sum_t \pi_i . I^-_{it}$$

د-۲) تابع هدف ۲؛ کمینه‌کردن زمان انتظار(z_2): کمینه‌کردن زمان انتظار به صورت زیر بیان می‌شود:

رابطهٔ ۱۴)
$$\sum_i \sum_k \sum_m \sum_t l_{ik} . X_{ikmt}$$

د-۳) تابع هدف ۳؛ کمینه‌کردن اقلام ردّی (بیشینه‌کردن کیفیت) (z_3): کمینه‌کردن اقلام ردّی به صورت تابع زیر بیان می‌شود:

رابطهٔ ۱۵)
$$\sum_i \sum_k \sum_m \sum_t q_{ik} . X_{ikmt}$$

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

---

۱. اندازه‌گیری هزینهٔ کمبود، یا هزینهٔ عدم ارضای سفارش یک مشتری بسیار مشکل است. به‌منظور محاسبهٔ این هزینه از اطلاعات آرشیوی شرکت (هزینه‌های توقف خط، ...) استفاده شده است (Shortage cost).

د-۴) تابع هدف ۴؛ بیشینه‌کردن مطلوبیت (z_4): بیشینه‌کردن مطلوبیت، خروجی فرایند تحلیل شبکه است و به صورت تابع زیر بیان می‌شود:

رابطهٔ ۱۶)
$$\sum_i \sum_k \sum_m \sum_t S_k . X_{ikmt}$$

ه) محدودیت‌های مدل: به‌منظور مشخص کردن محدودیت‌های مدل، از رویکردی مشابه رویکرد به کار گرفته‌شده در گام قبل استفاده شد. بدین‌ترتیب، با مطالعهٔ ادبیات، مدارک و اسناد موجود، و همچنین برگزاری جلسات با مدیران و کارشناسان شرکت، محدودیت‌های مدل استخراج شد.

و) محدودیت ظرفیت: هر تأمین‌کنندهٔ k بیشینه ظرفیتی برای تولید محصول i در هر دورهٔ t (CAP_{ik}) دارد. بنابراین، کل سفارش تخصیص‌یافته به هر تأمین‌کننده در هر دورهٔ t باید کمتر یا مساوی با حداکثر ظرفیت وی باشد. خواهیم داشت:

رابطهٔ ۱۷)
$$\sum_m X_{ikmt} \leq CAP_{ik} \quad \forall i,k,t$$

ز) معادلات موجودی: موجودی خالص انتهای دورهٔ t برابر است با موجودی ابتدای دوره به اضافهٔ مقدار محصول سالم خریداری‌شده منهای تقاضای دوره. جهت سهولت این مجموعه معادلات را می‌توان به صورت مجموع مقدار محصول i سالم خریداری شده منهای مجموع تقاضاها تا دورهٔ t نشان داد (رابطهٔ ۱۸). نتیجهٔ معادلهٔ فوق مثبت (مازاد) و یا منفی (کمبود) خواهد بود (رابطهٔ ۱۹).

رابطهٔ ۱۸)
$$I_{it} = \sum_k \sum_m \sum_{j=1}^{t} X_{ikmj}(1 - q_{ik}) - \sum_{j=1}^{t} d_{ij} \; \forall i,t$$

رابطهٔ ۱۹)
$$I_{it} = {I^+}_{it} - {I^-}_{it} \quad \forall i,t$$

با توجه به اینکه h_i و π_i مثبت هستند 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

وجود داشته باشند. این بدین معنی است که محدودیت $I^{+}_{it} \times I^{-}_{it} = 0$ به صورت ذاتی ارضا می‌شود و نیازی به لحاظ کردن جداگانهٔ آن در مدل نیست.

ح) حداکثر تعداد تأمین‌کنندگان: با توجه به خط‌مشی شرکت در مورد کاهش تعداد تأمین‌کنندگان، بیشینهٔ تعداد تأمین‌کنندگان منتخب در هر دورهٔ t، باید کمتر یا مساوی عددی مشخص باشد. این محدودیت به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\sum_{k} Z_{kt} \leq N \quad \forall t$$ رابطهٔ ۲۰)

ط) محدودیت بودجهٔ خرید در هر ماه: با توجه به پیش‌بینی‌های فروش انجام‌شده در ابتدای سال (و جریان نقدینگی شرکت)، در هر ماه بودجه‌ای برای خرید مواد اولیه در نظر گرفته می‌شود. محدودیت بودجهٔ ماهیانه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\sum_{i}\sum_{k}\sum_{m} p_{ikm} X_{ikmt}(1 - q_{ik}) \leq B_t \quad \forall, t$$ رابطهٔ ۲۱)

ی) محدودیت حداقل و حداکثر سفارش از هر تأمین‌کننده در هر دوره: با توجه به اینکه در شرکت مورد بررسی، هزینهٔ حمل سفارش بر عهدهٔ تأمین‌کننده است، هر تأمین‌کننده (به دلیل لزوم اثربخشی هزینه‌های حمل‌ونقل) کمیتی را برای کمینهٔ مقدار سفارش در نظر می‌گیرد. از سوی دیگر، متأثر از سیاست‌های تأمین و تدارکات، شرکت سقفی را برای بیشینهٔ مقدار سفارش در هر دوره از هر تأمین‌کننده در نظر می‌گیرد که این محدودیت‌ها به صورت روابط ۲۲ و ۲۳ تعریف می‌شوند.

$$\sum_{i}\sum_{m} w_i X_{ikmt} \geq A_k C_k * Z_{kt} \quad \forall k, t$$ رابطهٔ ۲۲)

$$\sum_{i}\sum_{m} w_i X_{ikmt} \leq M Z_{kt} \quad \forall k, t$$ رابطهٔ ۲۳)

ک) محدودیت‌های خطی‌کردن مدل: با وجود تخفیف‌های صعودی قیمت، تابع هدف غیرخطی است. مجموعهٔ محدودیت‌های زیر به‌منظور خطی‌کردن تابع هدف مورد استفاده قرار می‌گیرد:

رابطهٔ ۲۴) $$X_{ikmt} \le (b_{ikm} - b_{ikm-1}) * Y_{ikmt} \quad \forall i,k,t, 1 \le m \le m_k$$

رابطهٔ ۲۵) $$X_{ikmt} \ge (b_{ikm} - b_{ikm-1}) * Y_{ik(m+1)t} \quad \forall i,k,t, 1 \le m \le m_{k-1}$$

$0 = b_{i,k,0} < b_{i,k,1} < \cdots < b_{i,k,m_k}$ توالی مقادیری است که در آن نقاط قیمت شکسته می‌شود. p_{ikm} هزینهٔ هر واحد برای سفارش X_{ikmt} عدد از تأمین‌کنندهٔ k در سطحm در دورهٔ t است، اگر $b_{i,k,m-1} < X_{ikmt} \le b_{i,k,m}$ و داریم $1 \le m \le m_k$.

ل) محدودیت انبارش: با توجه به شکل و ماهیت قطعات، فضای انبار بر اساس قطعات قفسه‌بندی شده است. به‌عبارتی، هر بخش از انبار به‌منظور انبارش محصولی خاص تعبیه شده و امکان انبارش محصول مذکور در بخش دیگری از انبار وجود ندارد. محدودیت مذکور در رابطهٔ ۲۶ به نمایش درآمده است.

رابطهٔ ۲۶) $$w_i \left(\sum_i \sum_m \sum_j^t X_{ikmj}(1 - q_{ik}) - \sum_{j=1}^{t} d_{ij} \right) \le W_i \quad \forall i,t$$

م) محدودیت ارضای تقاضا طی دورهٔ T: سیاست شرکت در بخش تولید و فروش بر این اساس است که در انتهای دورهٔ شش‌ماهه تمامی تقاضاها ارضا شد و تقاضای ارضانشده‌ای باقی نماند[1].

رابطهٔ ۲۷) $$\sum_k \sum_m \sum_t X_{ikmj}\,(1 - q_{ik}) \ge \sum_t d_{it} \quad \forall, i$$

ن) محدودیت مثبت، صحیح و یا صفر و یک بودن متغیرها: متغیرهای به کار رفته در مدل حاضر به دو دستهٔ مثبت و عدد صحیح و صفر و یک دسته‌بندی می‌شوند که تعریف آنها در رابطهٔ ۲۸ ارائه شده است.

رابطهٔ ۲۸) $$X_{ikmt}\,, I^+_{it}, I^-_{it} \ge 0 \;\&\; Integer, Z_{kt}, Y_{ikmt} \in (0,1)$$

---

۱. درصورتی‌که محدودیت مذکور به صورت مساوی مدل شود، موجودی در انتهای دورهٔ برنامه‌ریزی صفر خواهد شد.

ساخت مدل چندمحصوله– چنددوره‌ای در حالت غیرقطعی

پس از ساخت و اجرای مدل قطعی و استوار مبتنی بر سناریو در تحقیق نوبت به ساخت مدل استوار نوع دوم (لحاظ عدم اطمینان در متغیرهای طراحی) می‌رسد. همان‌طور که در فصل‌های دوم و سوم اشاره شد، به‌منظور عملی کردن این مدل لازم است تغییراتی در مدل قطعی تحقیق صورت گیرد. با توجه به مطالب بیان‌شده باید بیان داشت که در این رویکرد فقط تابع هدف به شکل رابطهٔ[۱] زیر تغییر می‌یابد و هدف مسئله حداقل‌کردن نسبت فوق خواهد بود.

$$R(X)=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{\hat{\sigma}_f}{\hat{\sigma}_{x_j}} \qquad \text{رابطهٔ ۲۹)}$$

لازم به توضیح است که هرچه عدد حاصل کوچک‌تر باشد، تابع هدف در مقابل تغییرات متغیرهای تصمیم استواری و قوام بیشتری خواهد داشت. به‌منظور حل مسئلهٔ بهینه‌سازی استوار مدل مذکور (با استفاده از تک‌تک اهداف و تلفیق اهداف در قالب تابع هدف با استفاده از روش حداقل انحراف[۲]) با استفاده از الگوریتم ژنتیک در نرم‌افزار متلب مدلسازی و اجرا شد[۳].

جدول ۳. مقادیر پارامترهای مدل الگوریتم ژنتیک

ردیف	پارامتر	مقدار
۱	تکرار	۵۰۰۰
۲	نرخ تقاطع	۰/۸
۳	نرخ جهش	۰/۱
۴	تعداد اعضای جمعیت	۱۰۰

در جدول ۳، مقادیر پارامترهای مدل و در جدول ۴ بده‌بستان توابع هدف ارائه شده است[۴].

---

۱. منظور از f و x در رابطهٔ مذکور، تابع هدف و متغیر اصلی مسئله (X_{ikmt}) است.

2. Minimum deviation

برای کسب اطلاعات بیشتر دربارهٔ این روش می‌توان به Gupta and Sivikumar (2002) مراجعه کرد.

۳. به‌منظور ارزیابی عملکرد الگوریتم ژنتیک از یک تابع معروفی استفاده شد که برای آزمودن الگوریتم‌های بهینه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴. به‌منظور نمایش پایداری مدل می‌توان از بده‌بستان نهایی توابع هدف نیز به‌عنوان مبنایی برای ارزیابی استفاده کرد که در اینجا ارائه نشده است.

جدول ٤. جدول بده‌بستان اهداف مدل تحقیق در حالت غیرقطعی

شرح	تابع هدف اول (z_1)	تابع هدف دوم (z_2)	تابع هدف سوم (z_3)	تابع هدف چهارم (z_4)
تابع هدف اول (z_1)	۹۴۲۴۴/۸ *	۹۷۶۷۱/۶	۹۶۷۸۹/۶	۹۸۲۰۷/۳
تابع هدف دوم (z_2)	۱۶۹۶۶/۱	۱۵۱۸۵/۴ *	۱۶۳۱۵/۲	۱۷۵۰۹/۵
تابع هدف سوم (z_3)	۱۴۸۴/۴	۷۵۵/۱	۵۴۷/۵ *	۱۵۳۴/۴
تابع هدف چهارم (z_4)	۱۱۹۸۶/۹	۱۰۴۲۹/۹	۱۰۳۶۷/۱	۱۲۵۶۶/۲ *

*. مقادیر بهینه تابع هدف

پس از اجرای مدل با توابع هدف لحاظ‌شده به صورت مجزا و یکپارچه و محاسبهٔ اندازهٔ انباشته به ازای هر تأمین‌کننده، 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 بهینهٔ حاصل از اجرای اهداف به صورت مجزا) محاسبه شود. در جدول ۵، مقادیر تابع هدف حاصل از حل نهایی مدل ارائه شده است.

جدول ۵. مقادیر توابع هدف محاسبه شده در حل نهایی مدل

ردیف	هدف	مقدار تابع هدف	مقدار بهینهٔ تابع هدف	درصد پوشش تابع هدف
۱	حداقل نمودن هزینهٔ کل	۹۵۱۰۰/۷۱	۹۴۲۴۴/۸ *	۹۹/۱
۲	حداقل‌نمودن زمان انتظار	۱۷۳۵۴/۷۴	۱۵۱۸۵/۴ *	۸۷/۸
۳	حداقل‌نمودن اقلام ردی	۱۰۰۲/۷۵	۵۴۷/۵ *	۵۴/۶
۴	حداکثر نمودن مطلوبیت	۱۳۱۹۹/۷۹	۱۲۵۶۶/۲ *	۹۵/۲

*. مقادیر بهینه تابع هدف

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

تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان

درنهایت، پس از اجرای تمامی مراحل فوق، خروجی مدل‌های مذکور به‌منظور تخصیص اندازهٔ انباشتهٔ هر تأمین‌کننده در هر دوره در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار داده خواهد شد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به اینکه انتخاب تأمین‌کننده یکی از مهم‌ترین ارکان موفقیت شرکت‌ها در دنیای کسب‌وکار امروز به شمار می‌رود، لازم است تا سیستم مناسبی را به‌منظور ارزیابی و انتخاب آنان به کار گرفت. بررسی‌ها حاکی از آن است که انتخاب تأمین‌کنندگان مسئله‌ای چندمعیاره و متأثر از عوامل مختلف و متفاوتی چون محیط صنعت، محیط فعالیت شرکت، و غیره است. چندین تحقیق به ماهیت چندمعیارهٔ مسئله توجه و به‌منظور رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان از روش‌های وزن‌دهی همچون فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و فرایند تحلیل شبکه استفاده کرده‌اند. مزیت‌های مدل ارائه‌شده را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

۱. ارائهٔ لیستی جامع از معیارها و زیرمعیارهای انتخاب تأمین‌کننده؛
۲. استفاده از روش دیمتل به‌منظور شناسایی روابط و وابستگی میان سطوح مختلف؛
۳. استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه؛ زیرا هم از نظر علمی روشی شناخته‌شده و توانمند است و هم درک و کاربرد آن در عمل ساده است؛
۴. تلفیق تمامی موارد مذکور در قالب مدلی چند هدفی؛
۵. لحاظ نوع خاصی از عدم اطمینان در مدل.

درنهایت، در مقالهٔ حاضر ۳۶ معیار در پنج دستهٔ 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، به دلیل 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 زیر معیارهای هزینه و مالی، روند افزایشی (کاهشی) قیمت (۰/۴۸) بیشترین اهمیت را دارد. در گروه دارایی و زیرساخت نیز ارزیابی سیستم/گواهینامه‌های کیفیت (۰/۳۹)، مهم‌ترین معیار بوده است. درنهایت، در گروه معیارهای مرتبط با سازمان و مدیریت قابلیت مذاکره (۰/۲۹)، در ردهٔ اول بیشترین میزان اهمیت معیارها قرار دارد.

پس از محاسبهٔ اوزان مربوط به اهمیت معیارها، لازم بود تا امتیاز نهایی تأمین‌کنندگان با توجه به معیارهای لحاظ‌شده، محاسبه شود. در این راستا، با در نظر گرفتن وابستگی داخلی در

بین برخی از معیارها (نتایج حاصل از اجرای روش دیمتل)، از رویکرد تحلیل شبکه‌ای استفاده شد، و درنهایت امتیاز تأمین‌کنندگان در قبال معیارهای کمّی و کیفی محاسبه شد که بر اساس آن تأمین‌کنندگان ۱، ۲، و ۳ بیشترین امتیازات را به خود اختصاص دادند.

به‌منظور پاسخ به سؤالات دوم و سوم تحقیق مدل برنامه‌ریزی چندهدفی طراحی شد که پارامترها، محدودیت‌ها، و به‌طورکلی اطلاعات مورد نیاز برای ساخت این مدل از ادبیات تحقیق، مصاحبه با خبرگان، و بررسی اسناد و مدارک موجود در شرکت استخراج شد. مدل مذکور مدلی چندمحصوله، با چند تأمین‌کننده، چنددوره‌ای و با لحاظ تخفیف افزایشی، کمبود و مازاد بود که اجرای آن به سه سؤال اصلی مطرح‌شده در ادبیات (تعیین مقدار خرید از هر تأمین‌کننده در هر دوره، با مد نظر داشتن محدودیت‌های لحاظ‌شده) پاسخ داد. اهداف مدل مذکور شامل حداقل کردن هزینهٔ کل (شامل هزینه‌های خرید، سفارش، نگهداری، و کمبود) بوده است. اجرای مدل مذکور به دستیابی به جواب بهینه برای مسئلهٔ طراحی‌شده در حالت قطعی منجر شد. به‌طور مشخص، درصورتی‌که تقاضای آتی معادل با تقاضای پیش‌بینی‌شدهٔ شرکت باشد، پاسخ مذکور بهترین جواب، حداقل هزینه‌ها، حداقل زمان انتظار، حداقل اقلام ردّی، و حداکثر مطلوبیت را برای شرکت به همراه خواهد داشت. بدین‌ترتیب، هدف‌های فرعی دوم و سوم نیز محقق شدند.

در مرحلهٔ بعدی، محقق به‌منظور لحاظ عدم اطمینان ذاتی در مسئلهٔ انتخاب تأمین‌کننده، مسئله را با استفاده از مدل برنامه‌ریزی استواری کهجین و سندهوف (۲۰۰۳)، ارائه دادند، دوباره تعدیل و اجرا کرد. مدل برنامه‌ریزی استوار طراحی‌شده (لحاظ عدم اطمینان در متغیرهای طراحی) با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل شد. اجرای مدل و مقایسهٔ آن با مدل قطعی نشانگر تحمیل هزینه‌های بیشتر به تصمیم‌گیرنده است، درعوض، پاسخ حاصل (با توجه به لحاظ عدم اطمینان) به تأمین و تدارک بهتری برای شرکت منجر خواهد شد. مدل مذکور فرایند تأمین و تدارکات شرکت را در مقابل تغییرات در متغیرهای طراحی (متأثر از متغیرهای برون‌زا) استوار خواهد کرد.

بررسی و مقایسهٔ مدل با سایر مدل‌ها[1] نشانگر آن است که مدل‌های ارائه‌شده توسط بسنت و لئونگ (۲۰۰۵)، رضایی و داوودی (۲۰۰۸) و صادقی‌مقدم، مؤمنی و نالچیگر (۱۳۸۸) بیشترین شباهت را با مقالهٔ حاضر داشته‌اند. به‌منظور نمایش تمایزات مدل‌های ذکرشده نیز از جدول ۶ استفاده شده است.

---

۱. با تأکید خاص بر مقالات منتشرشده در مجلهٔ مدیریت صنعتی.

جدول ٦. مقایسهٔ مدل تحقیق با مدل‌های موجود

	مدل	تحقیق حاضر	صادقی‌مقدم و همکاران (۱۳۸۸)	رضایی و داوودی (۲۰۰۸)	بسنت و لئونگ (۲۰۰۵)
تابع (توابع) هدف	تابع حداقل نمودن هزینه	هزینه‌های خرید، سفارش، نگهداری، و کمبود	هزینه‌های خرید، نگهداری، ساخت، و حمل	هزینه‌های خرید، سفارش، نگهداری	هزینه‌های خرید، سفارش
	تابع حداقل نمودن زمان انتظار	لحاظ شده است	لحاظ نشده است	لحاظ نشده است	لحاظ نشده است
	تابع حداقل نمودن اقلام ردی	لحاظ شده است	لحاظ نشده است	لحاظ نشده است	لحاظ نشده است
	تابع حداکثر نمودن مطلوبیت	لحاظ شده است	لحاظ نشده است	لحاظ نشده است	لحاظ نشده است
محدودیت‌ها	ظرفیت تأمین‌کننده	لحاظ شده است		لحاظ نشده است	لحاظ نشده است
	توازن موجودی	با فرض وجود مازاد و کمبود با استفاده از دو دسته محدودیت مدل شده است	با فرض وجود مازاد و با استفاده از دو دسته محدودیت (مربوط به قطعات و محصول نهایی) مدل شده است	با فرض وجود مازاد و با استفاده از یک دسته محدودیت مدل شده است	با فرض وجود مازاد و با استفاده یک دسته محدودیت مدل شد است.
	ارضای تقاضا	با توجه به لحاظ کمبود و مازاد، ارضای تقاضا در پایان دورهٔ T مدنظر قرار گرفته است	با توجه به لحاظ مازاد، ارضای تقاضا در پایان هر دورهٔ t مد نظر قرار گرفته است	با توجه به لحاظ مازاد، ارضای تقاضا در پایان هر دورهٔ t مد نظر قرار گرفته است	با توجه به لحاظ مازاد، ارضای تقاضا در پایان هر دورهٔ t مد نظ قرار گرفته است
	انبارش	لحاظ شده است	لحاظ شده است	لحاظ شده است	لحاظ نشده است
	حداقل و حداکثر سفارش از هر تأمین‌کننده	لحاظ شده است	لحاظ نشده است	لحاظ نشده است	لحاظ نشده است
	حداکثر تعداد تأمین‌کننده‌ی همکار در هر دوره	لحاظ شده است	لحاظ نشده است	لحاظ نشده است	لحاظ نشده است
	محدودیت بودجه در هر دوره	لحاظ شده است	لحاظ نشده است	لحاظ نشده است	لحاظ نشده است
	محدودیت خطی‌کردن مدل	لحاظ شده است	لحاظ نشده است	با توجه به عدم لحاظ تخفیف لحاظ نشده است	با توجه به عدم لحاظ تخفیف لحاظ نشده است
	لحاظ عدم اطمینان در مدل	لحاظ شده است	لحاظ نشده است	لحاظ نشده است	لحاظ نشده است

توصیه می‌شود سازمان‌ها و مؤسساتی که خرید در آنها نقشی اساس ایفا می‌کند از مدل مذکور به‌منظور انتخاب تأمین‌کنندگان خود استفاده کنند. به‌منظور بهبود پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود:

- توسعهٔ مدل ارائه‌شده با هدف حداکثر کردن منافع کلیهٔ اعضای زنجیرهٔ تأمین؛
- توسعهٔ مدل مذکور با مد نظر قرار دادن برنامه‌ریزی تولید و توزیع در مسئله به صورت یکپارچه؛
- لحاظ سایر انواع عدم اطمینان موجود در ادبیات به صورت مجزا و ترکیبی و توسعهٔ مدل بر اساس آن و ارائهٔ روش‌های حل با استفاده از روش‌های ابتکاری و فراابتکاری؛
- تلفیق مدل با رویکردهای پیش‌بینی (برای مثال، استفاده از شبکهٔ عصبی، و شبکهٔ عصبی فازی)؛
- حل مدل استوار ارائه‌شده با استفاده از سایر روش‌های ابتکاری و فراابتکاری و مقایسهٔ نتایج.

منابع

امیری، م. و جهانی، س. (۱۳۸۹). به‌کارگیری یک روش IDEA/AHP برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان. *نشریهٔ مدیریت صنعتی*، ۲ (۵): ۱۸-۵.

شاه‌بندرزاده، ح.؛ جعفرنژاد، ا. و رییسی، ر. (۱۳۹۰). به‌کارگیری تکنیک بهبودیافته تخصیص بدیهی با ترکیب دو حالت فازی و قطعی در انتخاب عرضه‌کنندگان زنجیرهٔ تأمین. *نشریهٔ مدیریت صنعتی*، ۳ (۷): ۵۴-۳۷.

صادقی‌مقدم، م. ر.؛ مؤمنی، م. نالچیگر، س. (۱۳۸۸). برنامه‌ریزی یکپارچه تأمین، تولید و توزیع زنجیرهٔ تأمین با به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک. *نشریهٔ مدیریت صنعتی*، ۱ (۲): ۸۸-۷۱.

فارسیجانی، ح. و عبدوس، م.ر. (۱۳۹۰). استفاده از مدل‌های فازی در سیستم‌های سفارش‌دهی کنترل موجودی. *نشریهٔ مدیریت صنعتی*، ۳ (۶): ۱۱۲-۹۹.

فراست، ع.ر. (۱۳۸۶). *طراحی و کنترل هوشمند فرایندهای تولیدی: به‌کارگیری هوش مصنوعی در مهندسی کیفیت*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران.

هوشمندی ماهر، م. (۱۳۹۱). *مدلی برای انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره در شرایط عدم قطعیت*. رساله دکتری دانشکدهٔ مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی.

Aissaoui, N., Haouari, M., Hassini, E. (2007). Supplier selection and order lot sizing modeling: A review. *Journal of Computers & Operations Research*, 4 (34): 3516-3540.

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

Beyer, H.G and Sendhoff, B. (2007). Robust optimization – A comprehensive survey. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 196 (33-34): 3190-3218.

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

Guillen, G., Mele, E., Bagajewicz, M.J., Espuna, A., Puigjaner, L. (2005). Multiobjective supply chain design under uncertainty. *Chemical Engineering Science*, 60 (6): 1535-1553.

Gupta, Amit K., Sivikumar, A.I. (2002). *Simulation based multiobjective schedule optimization in semiconductor manufacturing*. Proceeding of the 2002 winter simulation conference. Retrieved from: http://www.informs-sim.org/wsc02 papers/257.pdf.

Min, H., Zhou, G. (2002). Supply chain modeling: past, present and future. *Journal of Computers and Industrial Engineering*, 43 (1-2): 231-249.

Jin, Y. & Sendhoff, B. (2003). Trade-off between Performance and Robustness: An Evolutionary Multiobjective Approach. 2nd International Conference on Evolutionary Multicriterion Optimization, *Springer*, 2632: 237-252.

Mendoza, E. (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.

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

Peidro, D., Mula, J. Poler, R., Cruz Lario, F. (2009). Quantitative models for supply chain planning under uncertainty: a review. *The international Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 43 (3-4): 400-420.

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*, 32 (10): 2106–2116.

Van Weele A. (2009). *Purchasing and supply chain management*. (5th ed.), Cengage Learning press.

Weber, C. A., Current, J. R. and Desai, A. (1998). Non-Cooperative Negotiation Strategies for Vendor Selection. *European Journal of Operational Research*, 108 (1): 208-223.

Zhang, Zh., Lei, J., Cao, N., To, K. and Kengpo, N.G. (2004). *Evolution of supplier selection criteria and methods*. Proceedings of the Second Globelics Conference Innovation Systems and Development Emerging Opportunities and Challenges.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی