ارائه یک مدل کمّی انتخاب تأمین‌کننده با در نظر گرفتن ارتباطات میان تأمین کنندگان

زهره کریم‌میان[1*]، سیدحسن قدسی‌پور[2] دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی امیرکبیر

جعفر قیدر خلجانی[3] دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی مالک اشتر

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۶/۲۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۸/۲۸

چکیده

محصولات معمولاً از چند قطعه یا زیرسیستم تشکیل شده‌اند. بنابراین هنگام مشخص شدن ساختار محصول در مرحله توسعه محصول، باید در مورد قطعات، تصمیم‌گیری ساخت یا خرید آن صورت پذیرفته و انتخاب تأمین‌کننده برای قطعاتی که باید خریداری شوند، صورت گیرد. قطعات دارای ارتباط در محصولاتی مانند کامپیوترها، ماشین‌آلات، و اتومبیل‌ها باید به‌گونه‌ای با هم هماهنگ شوند که آن‌گونه که انتظار می‌رود در محصول نهایی عمل کنند. این به این معناست که باید انتخاب تأمین کننده با در نظر گرفتن محصول نهایی به‌عنوان یک کل انجام شود.

در این پژوهش، مسئله انتخاب تأمین‌کننده با در نظر گرفتن ارتباطات میان تأمین‌کنندگان با استفاده از داده‌های گذشته تأمین‌کنندگان بررسی می‌شود.

نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که مدل تدوین شده نسبت به حالتی که ارتباطات میان تأمین‌کنندگان در نظر گرفته نشود هزینه‌های کم‌تری برای خریدار به همراه خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: انتخاب تأمین‌کننده، زنجیره تأمین، ارتباطات میان تأمین‌کنندگان، برنامه‌ریزی ریاضی

۱- مقدمه

در دهه ۶۰ و ۷۰ میلادی سازمان‌ها جهت افزایش توان رقابتی خود تلاش می‌کردند تا با استانداردسازی و بهبود فرایندهای داخلی خود، محصولی با کیفیت بهتر و هزینه کمتر تولید کنند. در دهه ۸۰ میلادی با افزایش تنوع در الگوهای مورد انتظار مشتریان، سازمان‌ها به‌طور فزاینده‌ای علاقه‌مند به افزایش انعطاف در خطوط تولید و توسعه محصولات جدید برای ارضای نیازهای مشتریان شدند. در دهه ۹۰ میلادی به همراه بهبود در فرایندهای تولید و به‌کارگیری الگوهای مهندسی مجدد، مدیران بسیاری از صنایع دریافتند که برای ادامه حضور در بازار فقط بهبود فرایندهای داخلی و انعطاف‌پذیری شرکت کافی نیست، بلکه تأمین‌کنندگان قطعات و مواد باید موادی با بهترین کیفیت و کم‌ترین هزینه تولید کنند و توزیع‌کنندگان محصولات نیز باید ارتباط نزدیکی با سیاست‌های توسعه بازار تولیدکننده داشته باشند. با چنین نگرشی، رویکردهای زنجیره تأمین و مدیریت آن پا به عرصه وجود نهاد[۱].

۱*- کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی امیرکبیر، نویسنده پاسخگو، پست‌الکترونیکی: karimmian@aut.ac.ir. نشانی: تهران، خیابان حافظ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌های مدیریت

۲- استاد دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی امیرکبیر، پست‌الکترونیکی: ghodsipo@aut.ac.ir

۳- استادیار دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی مالک اشتر، پست‌الکترونیکی: kheljani@gmail.com

انتخاب تأمین‌کننده مسئله جدیدی نیست و تحقیقات زیادی روی مدل‌سازی و مباحث مفهومی آن صورت پذیرفته است. در حقیقت، قبل از این‌که عبارت «مدیریت زنجیره تأمین» به وجود بیاید تحقیقات زیادی با موضوع انتخاب فروشنده انجام گرفته است[۲].

یک محصول از زیرسیستم‌های مختلفی تشکیل شده است. بنابراین، بعد از مشخص شدن ساختار محصول در مرحله طراحی، تولیدکننده باید درباره خرید زیرسیستم‌هایی که نمی‌تواند تولید کند تصمیم‌گیری کند. برای دست‌یابی به این هدف، یک فرایند برای انتخاب تأمین‌کننده هر زیرسیستم و هماهنگ کردن کل محصول به‌وسیله در نظر گرفتن مشخصات لازم برای زیرسیستم‌ها توسط تأمین‌کنندگان ضروری به‌نظر می‌رسد. در حقیقت انتخاب تأمین‌کننده برای هر یک از اجزای یک محصول به‌طور جداگانه، به طور دقیق منتج به انتخاب تأمین‌کننده مناسب با در نظر گرفتن بهترین هم‌خوانی قطعات نیست. به‌طور خاص، گزینه‌های موجود دارای وابستگی هستند که در برخی محصولات این چنین است، فرایند انتخاب به دلیل امکان ناهم‌خوان بودن برخی گزینه‌ها، فرایند معمولی نخواهد بود[۳].

بنابراین بسیاری از محصولات، مانند هواپیماها، اتومبیل‌ها و تجهیزات الکترونیکی احتیاج به تجمیع یکپارچه قطعات از تأمین‌کنندگان رده اول دارد. تأمین‌کنندگان رده اول قطعات مختلف مرتبط یک محصول را می‌توانند تأمین کنند. بنابراین، هنگام توسعه محصول، خریدار باید ارتباطات تأمین‌کنندگان رده اولی که قطعات «دارای وابستگی»[1] آنها به یکدیگر وصل می‌شود را مدیریت کند[۴]. در صورت عدم تطابق قطعات در محصول نهایی، محصول مناسب مشتری نهایی نبوده و هزینه این عدم تطابق به خریدار تحمیل خواهد شد. برخی قطعات «بحرانی» نامیده می‌شود که این مسئله به این نوع قطعات مربوط می‌شود. یک قطعه بحرانی، قطعه‌ای است که اختلال در آن به کاهش یا از بین رفتن عملکرد مناسب محصول نهایی منتج می‌شود. این قطعات باید در سطح بالایی از تطابق باشند. مشخص است که تعداد اندکی از این نوع قطعات در یک سیستم یا محصول وجود دارد.

هدف از این پژوهش ارائه مدلی است که ارتباط میان اجزای مختلف یک محصول و ضرورت هم‌خوانی فنّی آنها و به تبع آن ارتباط میان تأمین‌کنندگان را در مسئله انتخاب تأمین‌کننده لحاظ می‌کند.

۲- مرور ادبیات

ارتباط میان تأمین‌کنندگان، حوزه مهمی است که توجه زیادی را از ادبیات زنجیره تأمین به خود جلب کرده است. چوی[2] و همکاران (۲۰۰۲) سه نوع ارتباط میان تأمین‌کنندگان را تعریف کرده‌اند: رقابتی، همکارانه و رقابتی- همکارانه. هم‌چنین نقش شرکت خریدار در شکل‌گیری ارتباط میان تأمین‌کنندگان را نشان داده‌اند.[۵].

وو[3] و همکاران (۲۰۰۵) هشت نوع ارتباط میان تأمین‌کنندگان را بر مبنای ارتباطات کار قبلی معرفی کرده‌اند. ویژگی‌های روابط تأمین‌کننده- تأمین‌کننده و تأثیراتی که به سود یا زیان عملکرد خریدار ایجاد می‌کنند در این هشت حالت بررسی شده است[۶].

وانگ[4] (۲۰۰۸) مدلی را ارائه داده است که طی آن باید برای تعویض یک قطعه در محصول، قطعات آن با یکدیگر هماهنگ باشد و تأمین‌کنندگان متعددی برای هر قطعه وجود داشته باشند، لذا زمان سرهم کردن و هزینه سر هم کردن به‌عنوان معیارهای ارزیابی در نظر گرفته می‌شوند. تغییر یک قطعه می‌تواند منتج به تغییر قطعات دیگر شده و به یک واکنش زنجیره‌ای دامن بزند.[۷].

چوی و همکاران (۲۰۰۹) نشان داده‌اند که در شبکه‌های تأمین باید سه‌گانه خریدار-تأمین‌کننده-تأمین‌کننده به جای دوگانه خریدار- تأمین‌کننده برای تصمیم‌گیری‌ها لحاظ شود. در یک دوتایی که شامل دو گروه (مثلاً یک تأمین‌کننده و یک خریدار) و یک رابط که آنها را به هم وصل می‌کند، مهم است که چگونه یک گروه روی گروه

1-Interdependent

2- Choi
3- Wu
4- Wang

دیگر تأثیر می‌گذارد (مثلاً این‌که خریدار و فروشنده روی یکدیگر چه تأثیراتی دارند[۸].

روزریا[1] (۲۰۱۰) سه‌گانه خریدار- تأمین‌کننده- تأمین‌کننده را به‌عنوان محصول جانبی دوگانه خریدار- تأمین‌کننده در شبکه‌های تأمین در دو شرکت بزرگ بررسی کرده است[۹]. ویلهلم[2] (۲۰۱۱) با تمرکز بر روی تنش میان همکاری و رقابت برهم کنش‌های تأمین‌کنندگان را در ارتباطات تأمین‌کننده-تأمین‌کننده بررسی کرده است[۱۰].

هونگ[3] و همکاران (۲۰۱۱) سه راهکار که خریدار برای مدیریت ارتباطات میان تأمین‌کنندگان می‌تواند استفاده کند را به‌صورت زیر معرفی کرده استب:

استفاده از تیم‌های ترکیبی، ترغیب تأمین‌کنندگان به برقراری ارتباط با یکدیگر و طراحی‌های برجسته را باعث شده است. هم‌چنین بیان کرده‌اند که بسیاری از محصولات، مانند هواپیماها، اتومبیل‌ها و تجهیزات الکترونیکی احتیاج به تجمیع یکپارچه قطعات از تأمین‌کنندگان رده اول دارد.[۴].

کیم و واگنر[4] (۲۰۱۱) مطرح کرده‌اند که با توجه به مشخصات محصول و با در نظر گرفتن این‌که قطعات مختلف یک محصول باید بتوانند به خوبی در کنار یکدیگر قرار گرفته تا محصول نهایی آن‌طور که انتظار می‌رود عمل کند، ارتباطات تأمین‌کننده- تأمین‌کننده باید طی فرایند انتخاب تأمین‌کننده مدنظر قرار گیرد. در واقع، وقتی گزینه‌های موجود برای قطعات دارای وابستگی با یکدیگر هستند، انتخاب به راحتی امکان‌پذیر نخواهد بود. بنابراین پیدا کردن زیرسیستم‌های با کیفیت و تجمیع آنها برای شکل دادن محصول نهایی نه تنها برای پیکربندی محصول بلکه برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده بحرانی به نظر می‌رسد[۳].

مدل‌های بررسی شده در مرور ادبیات نشان می‌دهد که پژوهش‌های موجود نه فقط مدل کمی مناسب برای انتخاب تأمین‌کننده را با در نظر گرفتن ارتباط میان تأمین‌کنندگان ارائه نداده‌اند بلکه جزئیات ماهیت و روش‌های اندازه‌گیری آن را نشان نداده‌اند.

۳- مدل‌سازی و حل مسئله

یک خریدار در نظر دارد برای تهیه محصول مورد نظر مشتری نهایی، قطعات یک محصول را از تأمین‌کنندگان بالقوه تأمین کند، به‌گونه‌ای که در این تصمیم‌گیری هدف حداقل نمودن هزینه با محدودیت حداقل کیفیت برای خریدار و با در نظر گرفتن ارتباطات میان تأمین‌کنندگان برآورده شود. فرضیات و مشخصات مدل به شرح زیر است:

- مدل‌سازی برای یک بازه زمانی یکسال خواهد بود.
- کلیه پارامترها و متغیرهای مسئله قطعی هستند.
- می‌توان یک قطعه را از چند تأمین‌کننده مختلف تهیه نمود.
- تقاضای سالانه خریدار ثابت است.
- کلیه تأمین‌کنندگان دارای ظرفیت محدودی هستند.
- همواره بعد از دریافت حجم سفارش داده شده به یک تأمین‌کننده و مصرف آن، سفارش از تأمین‌کننده بعدی دریافت می‌شود.

پارامترهای مسئله به شرح زیر است:

D: تقاضای سالانه محصول نهایی

r: نرخ هزینه نگهداری موجودی برای خریدار

Q: مجموع مقدار سفارش به تأمین‌کنندگان در هر دوره.

با توجه به این‌که سفارش به‌صورت دوره‌ای انجام می‌شود و مقدار تقاضای سالانه ثابت و مشخص است، مقدار Q در دوره‌های مختلف ثابت و برابر Q=DT خواهد بود. در این مسئله فرض می‌شود که Q مقادیر اعشاری هم می‌تواند داشته باشد.

Q_{ij}: مقدار سفارش j امین قطعه به تأمین‌کننده i ام.

$$\sum_i^n \sum_j^m Q_{ij} = Q$$

n: تعداد تأمین‌کنندگان

m: تنوع قطعات موجود در محصول

TAIC: هزینه کل سالانه عدم تطابق قطعات در محصول نهایی که به خریدار تحمیل می‌شود.

TAPC: هزینه کل سالانه خرید

1- Roseria
2- Wilhelm
3- HONG
4- Kim and Wagner

P_{ij}: قیمت iامین تأمین‌کننده برای jامین قطعه

A_{ij}: هزینه سفارش‌دهی iامین تأمین‌کننده برای jامین قطعه

C_{ij}: ظرفیت سالانه iامین تأمین‌کننده برای jامین قطعه

q_{ij}: نرخ تحویل کالای سالم از iامین تأمین‌کننده برای jامین قطعه به خریدار

q_{aj}: حداقل نرخ قابل قبول تحویل کالای سالم برای jامین قطعه به خریدار

e_j: هزینه جبران سفارش تأمین نشده محصول نهایی به دلیل کمبود قطعه‌ی j

α_k: ضریب هماهنگی بین تأمین‌کنندگان $(k= 1, 2. . . f)$

$TAIC_0$: هزینه‌ای که براساس داده‌های تاریخی در طول یک سال به دلیل ناهم‌خوانی‌های موجود به شرکت تحمیل شده است.

f: تعداد ترکیبات شدنی تأمین‌کنندگان

T_k: عدد باینری که در صورت انتخاب ترکیب kام از تأمین‌کنندگان برابر یک و در غیر این‌صورت برابر صفر خواهد بود.

متغیرهای مسئله به شرح زیر هستند:

X_{ij} : درصد مقدار تقاضای سالانه قطعه j که توسط تأمین‌کننده i تأمین می‌شود.

Y_{ij}: عدد باینری که در صورت انتخاب تأمین‌کننده iام برای تأمین قطعه jام برابر یک و در غیر این‌صورت برابر صفر خواهد بود.

۳-۱- مدل نهایی

مدل تک هدفه بوده و هدف حداقل کردن هزینه‌های خریدار شامل هزینه خرید، هزینه سفارش‌دهی، هزینه نگهداری موجودی و هزینه عدم تطابق قطعات در محصول نهایی است.

الف) هزینه خرید

همان‌طور که اشاره شد، مجموع خریدی که به‌صورت سالانه از تأمین‌کننده iام انجام می‌شود برابر $\sum_{j=1}^{m} X_{ij}$ است. مجموع سالانه هزینه خرید برابر است با:

$$\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} P_{ij}X_{ij}\,D \qquad (۱)$$

ب) هزینه سفارش‌دهی

هر بار سفارش قطعه jام به تأمین‌کننده iام هزینه‌ای معادل A_{ij} برای خریدار ایجاد خواهد کرد. بنابراین مجموعه هزینه سالانه سفارش‌دهی خریدار به کلیه تأمین‌کنندگان برابر است با:

$$\left(\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} A_{ij}\ Y_{ij}\right)\times D/Q \qquad (۲)$$

ج) هزینه نگه‌داری موجودی

همان‌طور که در فرضیات پایه‌ای مطرح شد، همواره بعد از دریافت حجم سفارش داده شده به یک تأمین‌کننده و مصرف آن، سفارش از تأمین‌کننده بعدی دریافت می‌شود.

با در نظر گرفتن این مسئله که نرخ هزینه نگهداری در هر واحد کالا برای خریدار برابر r بوده و هزینه هر واحد خرید قطعه jام از تأمین‌کننده iام نیز برابر P_{ij} است، کل هزینه موجودی برای خریدار در هر دوره برابر است با:

$$\sum_i\sum_j rP_{ij}\left(\frac{1}{2}\frac{Q_{ij}^2}{D}\right)=\frac{r}{2D}\sum_i\sum_j P_{ij}Q_{ij}^2 \qquad (۳)$$

با ضرب رابطه بالا در تعداد دوره‌ها $(\frac{1}{T})$ و هم‌چنین در نظر گرفتن رابطه $Q_i=Tx_{ij}$ و $Q=TD$ به ازای هر $i=1,2,\ldots,n$، کل هزینه سالانه نگه‌داری موجودی برای خریدار برابر است با:

$$\frac{1}{T}\left(\frac{rD}{2}\sum_i\sum_j P_{ij}\left(Tx_{ij}\right)^2\right)= \qquad (۴)$$
$$\frac{rDT}{2}\sum_i\sum_j P_{ij}\,x_{ij}{}^2=\left(\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} X_{ij}^2P_{ij}\right)\times rQ/2$$

د) هزینه عدم تطابق قطعات در محصول نهایی

همان‌طور که اشاره شد در صورت عدم تطابق قطعات در محصول نهایی، محصول مناسب مشتری نهایی نبوده و هزینه این عدم تطابق به خریدار تحمیل خواهد شد. در این مسئله، ارتباط میان تأمین‌کنندگان روی قطعات مشخص در نظر گرفته می‌شود. این هزینه عدم تطابق برابر با TAIC است.

این هزینه بین یک قطعه بحرانی از یک تأمین‌کننده و قطعه مرتبط با آن از تأمین‌کننده دیگر به‌صورت زیر مشخص می‌شود و می‌بایست در سطح بالایی از تطابق

باشند. مشخص است که تعداد اندکی از این نوع قطعات در یک سیستم یا محصول وجود دارد.

ابتدا باید با توجه به انتخاب تأمین‌کننده‌های صورت گرفته در گذشته و میزان خسارات سالانه وارده به شرکت در گذشته به‌دلیل مشکلات عدم هم‌خوانی یا فاصله از بیشترین کیفیت و هم‌افزایی ممکن، با گرفتن میانگین سالانه، پارامتر $TAIC_{\circ}$ مشخص می‌شود. با در نظر گرفتن این پارامتر و میزان خرید، TAIC به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$TAIC = TAIC_{\circ} - (TAIC_{\circ} \times \sum_{k=1}^{f} \alpha_k T_k) = TAIC_{\circ}(1 - \sum_{k=1}^{f} \alpha_k T_k) = TAIC_{\circ} \times \sum_{k=1}^{f} \beta_k T_k \quad (۵)$$

که در آن $TAIC_{\circ}$ میانگین هزینه‌ای است که سالانه به دلیل ناهم‌خوانی‌های موجود به شرکت تحمیل شده است.

چهار دسته محدودیت در این مسئله تعریف شده است:

- **محدودیت کیفیت**

$$\sum_{i=1}^{n} X_{ij} q_{ij} \geq q_{aj}, \quad \forall j = 1,2,\dots,m \quad (۶)$$

- **محدودیت مربوط به ارضای تقاضای سالانه**

$$\sum_{i=1}^{n} X_{ij} = 1, \ \forall j = 1,2,\dots,m \quad (۷)$$

- **محدودیت مربوط به ظرفیت تأمین‌کنندگان**

$$X_{ij} D \leq C_{ij}, \ \forall i = 1,2,\dots,n, \ \forall j = 1,2,\dots,m \quad (۸)$$

- **محدودیت‌های منطقی جهت تبیین رابطه‌ی بین X_{ij}ها و Y_{ij}ها**

$$X_{ij} \leq Y_{ij}, \quad X_{ij} \geq \varepsilon Y_{ij}, \ i = 1,2,\dots,n, \forall j = 1,2,\dots,m \quad (۹)$$

$$Y_{ij} = 0,1, \quad i = 1,2,\dots,n, \quad j = 1,2,\dots,m$$

نامساوی‌های فوق تضمین می‌کنند که اگر Y_{ij} صفر باشد، X_{ij} نیز صفر باشد، و اگر Y_{ij} ۱ باشد، X_{ij} بزرگ‌تر از صفر باشد.

در روابط اخیر، ε یک مقدار به اندازه کافی کوچک است.

$$\sum_{k=1}^{f} T_k = 1$$

تساوی فوق منجر می‌شود که در هر بار یک ترکیب از تأمین‌کنندگان انتخاب شود.

با توجه به مطالب ارائه شده، مدل پایه به شکل زیر خواهد بود:

$$Min\ (TAPC + TAIC) = \left(\frac{D}{Q}\left(\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} A_{ij} Y_{ij}\right) + \frac{rQ}{2}\left(\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} X_{ij}^2 P_{ij}\right) + \sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} P_{ij} X_{ij} D\right) + TAIC_{\circ} \times \sum_{k=1}^{f} \beta_k T_k$$

S.t. (10)

$$\sum_{k=1}^{f} T_k = 1$$

$$\left(\sum_{i=1}^{n} X_{ij} q_{ij} \geq q_{aj}, \forall j = 1,2,\dots,m\right.$$

$$X_{ij} D \leq C_{ij}, \forall i = 1,2,\dots,n, \forall j = 1,2,\dots,m$$

$$X_{ij} \leq Y_{ij}, \quad i = 1,2,\dots,n, \forall j = 1,2,\dots,m$$

$$X_{ij} \geq \varepsilon Y_{ij}, \quad i = 1,2,\dots,n, \forall j = 1,2,\dots,m$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_{ij} = 1, \forall j = 1,2,\dots,m$$

$$X_{ij} \geq 0, j = 1,2,\dots,ni = 1,2,\dots,n$$

$$Y_{ij} = 0,1, i = 1,2,\dots,n\ , j = 1,2,\dots,m$$

۳-۲- تبیین α_kها

این پارامتر از عملکرد گذشته تأمین‌کنندگان به‌دست می‌آید. بنابراین از داده‌های گذشته خرابی (کیفیت نامناسب) در محصول نهایی که ناشی از عدم هم‌خوانی دو قطعه از محصول و زمان و هزینه اصلاح یا تعویض مشکل قطعات خراب است، استفاده می‌شود. برای هر قطعه i از هر تأمین‌کننده j با هر قطعه مرتبط s از هر تأمین‌کننده t دیگر هزینه خرابی (DC_{ijst}) و زمان خرابی (TC_{ijst}) تعریف می‌شود. به‌منظور ساده‌سازی این مدل این زمان ناشی از عدم تطابق به هزینه بدل شده و بنابراین جدولی برای قطعات بحرانی به‌دست می‌آید. برای سایر قطعات α_{ijst} صفر در نظر گرفته می‌شود. α_{ijst} نشان‌دهنده

هم‌خوانی قطعه i از تأمین‌کننده j با قطعه مرتبط s از تأمین‌کننده t است.

$$\alpha_{ijst} = \frac{1}{(DC_{ijst}+TC_{ijst})} \qquad (۱۱)$$

اعدادی که از این طریق به‌دست می‌آیند نرمال‌سازی می‌شوند و در رابطه زیر قرار می‌گیرند.

$$\alpha_k = \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^{n}\sum_{s=1}^{n}(\sum_{j=1}^{m}\sum_{t=1}^{m}(X_{ij} * X_{st}) * \alpha_{ijst}) \qquad (۱۲)$$

با توجه به این که تابع هدف این مسئله در صورت داشتن مقادیر مشخص برای Y_{ij}ها محدب می‌باشد با شاخه‌ای کردن Y_{ij}ها تعدادی مسئله محدب به‌دست می‌آید که با روش‌های معمول حل برنامه‌ریزی غیرخطی قابل حل است.

۳-۳- مثال عددی

در این مثال به بررسی مسئله‌ای با پنج تأمین‌کننده و تقاضای ۱۰۰۰ تایی برای محصول نهایی پرداخته می‌شود. اطلاعات تأمین‌کنندگان به شرح جدول (۱) است.

سایر پارامترهای مسئله به شرح زیر است:

q_{3j}=0.92،q_{2j}= 0.90،q_{1j}=0.92 ،$TAIC_{\circ}$=1000 ،r=0.2

در جدول (۲) به‌عنوان مثال ت۱-ق۱ به اختصار نشان دهنده قطعه ۱ از تأمین‌کننده ۱ است. مقادیر جدول (۲) همان α_{ijst} ها هستند. در این مثال فرض شده است که از بین سه قطعه تشکیل‌دهنده محصول نهایی قطعات ۱ و ۲ بحرانی بوده و با توجه به نحوه کارکرد آنها احتیاج به تطابق بالایی دارند.

جدول (۱): اطلاعات تأمین‌کنندگان

	هزینه سفارش دهی بر حسب دلار A_{ij}	قیمت بر حسب دلار P_{ij}	کیفیت q_{ij}	ظرفیت تأمین‌کنندگان C_{ij}
تأمین‌کننده ۱- قطعه ۱	۹	۹	۰,۹۲	۳۰۰
تأمین‌کننده ۱- قطعه ۲	۶	۱۰	۰,۹۲	۲۰۰
تأمین‌کننده ۱- قطعه ۳	۵	۳۰	۰,۹۵	۲۰۰
تأمین‌کننده ۲- قطعه ۱	۴	۱۶	۰,۹۵	۳۰۰
تأمین‌کننده ۲- قطعه ۲	۵	۸	۰,۹۰	۲۰۰
تأمین‌کننده ۲- قطعه ۳	۶	۲۸	۰,۹۲	۲۰۰
تأمین‌کننده ۳- قطعه ۱	۸	۲۰	۰,۹۸	۳۰۰
تأمین‌کننده ۳- قطعه ۲	۳	۶	۰,۹۵	۳۰۰
تأمین‌کننده ۳- قطعه ۳	۸	۲۵	۰,۹۰	۳۰۰
تأمین‌کننده ۴- قطعه ۱	۶	۱۵	۰,۹۸	۲۰۰
تأمین‌کننده ۴- قطعه ۲	۳	۱۲	۰,۹۵	۳۰۰
تأمین‌کننده ۴- قطعه ۳	۵	۳۲	۰,۹۵	۳۰۰
تأمین‌کننده ۵- قطعه ۱	۸	۱۸	۰,۹۲	۳۰۰
تأمین‌کننده ۵- قطعه ۲	۶	۱۰	۰,۹۲	۲۰۰
تأمین‌کننده ۵- قطعه ۳	۸	۲۸	۰,۹۰	۳۰۰

جدول (۲): ضریب هم‌خوانی میان تأمین‌کنندگان

	ت۱- ق۱	ت۲- ق۱	ت۳- ق۱	ت۴- ق۱	ت۵- ق۱	ت۱- ق۲	ت۲- ق۲	ت۳- ق۲	ت۴- ق۲	ت۵- ق۲
ت۱- ق۱	-	-	-	-	-	۱۰	۱۵	۱۵	۱۸	۱۷
ت۲- ق۱	-	-	-	-	-	۱۸	۲۰	۱۶	۱۲	۱۶
ت۳- ق۱	-	-	-	-	-	۱۲	۱۵	۱۶	۱۳	۱۹
ت۴- ق۱	-	-	-	-	-	۳۱	۱۵	۱۸	۱۴	۱۲
ت۵- ق۱	-	-	-	-	-	۱۳	۱۵	۱۸	۱۵	۱۵
ت۱- ق۲	۱۰	۱۸	۱۲	۱۳	۱۳	-	-	-	-	-
ت۲- ق۲	۱۵	۲۰	۱۵	۱۵	۱۵	-	-	-	-	-
ت۳- ق۲	۱۵	۱۶	۱۶	۱۸	۱۸	-	-	-	-	-
ت۴- ق۲	۱۸	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	-	-	-	-	-
ت۵- ق۲	۱۷	۱۶	۱۹	۱۲	۱۵	-	-	-	-	-

جدول (۳): درصد خرید از هر یک از تأمین‌کنندگان

X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{41}	X_{42}	X_{43}	X_{51}	X_{52}	X_{53}
۰	۰	۰	۰,۲	۰,۲	۰,۳	۰,۲۶۵	۰,۳	۰,۲۳۵	۰,۳	۰,۳	۰,۲	۰,۲۳۶	۰,۲	۰,۲۶۵

۳-۳-۱- نتایج حاصل از مدل

بعد از حذف کردن وضعیت‌هایی که محدودیت اولیه ظرفیت را برآورده نمی‌کنند، در روش شاخه کردن Y_{ij}ها، برای قطعه اول و دوم و سوم از ۳۲ وضعیت موجود برای هر یک به ترتیب ۶، ۴، و ۶ وضعیت شدنی باقی ماند. بنابراین تعداد وضعیت‌های شدنی برای کل محصول که از حاصل‌ضرب این مقادیر به‌دست می‌آید ۱۴۴ است. با این روش به جای حل 2^{15} وضعیت فقط ۱۴۴ وضعیت بررسی می‌شود. این ۱۴۴ وضعیت موجود هر یک با محدودیت‌های مسئله حل شده و جواب‌های نشدنی از میان آنها حذف شد. در جواب‌های شدنی به‌دست آمده کم‌ترین آنها انتخاب شده و به‌عنوان جواب مدل معرفی می‌شود. تخصیص‌های به‌دست آمده از حل مدل به انضمام هزینه به شرح زیر است.

هزینه سالانه کل خرید = 2098.843 دلار

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی

هدف اصلی تعیین شده در این پژوهش تهیه مدلی بود که در آن هماهنگی مؤثر بین تأمین‌کنندگان در نظر گرفته شود به‌نحوی که بتوان از هزینه‌های احتمالی آتی تأمین کنندگان جلوگیری کرد و بهترین هم‌خوانی را در نظر گرفت تا هم‌افزایی برای محصول نهایی بیشینه باشد. ملاحظه می‌شود که هزینه‌های خریدار در این وضعیت نسبت به وضعیت در نظر نگرفتن ارتباطات میان تأمین‌کنندگان کاهش می‌یابد.

هم‌چنین وجود برخی محدودیت‌ها سبب شده است که در برخی موارد ساده‌سازی‌هایی صورت بگیرد و یا زوایایی از مسئله پوشش داده نشود. به‌عنوان مثال تمرکز بر مدل تهیه شده و ساده‌سازی فرضیات صورت گرفته، توسعه توابع هدف، در نظر گرفتن جنبه‌ها و جزئیات بیشتر ارتباط میان تأمین‌کنندگان، توسعه شرایط غیرقطعی مسئله را می‌توان نام برد.

منابع

[۱] جاذمی، رضا، "*مدل‌سازی مسئله چندهدفه انتخاب تأمین‌کننده با در نظر گرفتن منافع هم‌زمان خریدار و تأمین‌کنندگان*"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۸.

[۲] جاذمی، رضا، قیدر خلجانی، جعفر، قدسی‌پور، سیدحسن، "*مدل‌سازی مسئله چندهدفه انتخاب تأمین‌کننده با در نظر گرفتن هم‌زمان منافع خریدار و تأمین‌کنندگان*"، نشریه مهندسی صنایع، دوره: ۴۴، شماره: ۲.

[3] Kim, Duck Young and Wagner, Stephan M. "***Supplier selection problem revisited from the perspective of product configuration***". International Journal of Production research, pp. 1-13, iFirst, 2011.

[4] HONG, YUNSOOK and HARTLEY, JANET L. "***MANAGING THE SUPPLIER–SUPPLIER INTERFACE IN PRODUCT DEVELOPMENT: THE MODERATING ROLE OF TECHNOLOGICAL NEWNESS***". Journal of Supply Chain Management, pp. 43-62, 2011.

[5] Choi, Thomas Y., et al., et al. "***Supplier–Supplier Relationships and Their Implications for Buyer–Supplier Relationships***". IEEE transactions on engineering management, pp. Vol. 49, No. 2, 2002.

[6] Wu, Zhahui and Choi, Thomas Y. "***Supplier–supplier relationships in the buyer–supplier triad:Building heories from eight case studies***". Journal of Operations Management, pp. 27-52, 2005.

[7] Wang, H.S. "***Configuration change assessment: Genetic optimization approach with fuzzy multiple criteria for part supplier selection decisions***". s.l. : Expert Systems with Applications, 2008.

[8] Choi, Thomas Y. and Wu, Zhaohui. "***TRIADS IN SUPPLY NETWORKS: THEORIZING BUYER–SUPPLIER–SUPPLIER RELATIONSHIPS***". Journal of Supply Chain Management, pp. Vol. 45, No. 1, 2009.

[9] Roseria, Catarina, Brito, Carlos and Henneberg, Stephan. "***Managing interdependencies in supplier networks***". Journal of Industrial Marketing Management, pp. 925-935, 2010.

[10] Wilhelm, Miriam M. "***Managing coopetition through horizontal supply chain relations: Linking dyadic and network levels of analysis***". Journal of Operations Management, pp. 663-676, 2011.