

طراحی مدل انتخاب تأمین کننده انطباق پذیر غیر خطی در حالت منبع یابی چندگانه (مطالعه موردی: شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان)

مسعود ربیعه* دکتر محمدعلی سوخکیان** دکتر احمد جعفرنژاد***

دریافت: ۸۵/۸/۸

پذیرش: ۸۶/۳/۶

انتخاب تأمین کننده / منبع یابی چندگانه / کنترل موجودی / هزینه های لجستیک / مدل
ریاضی / انطباق پذیر

چکیده

از عوامل مهم بقا در محیط پر رقابت امروزی کاهش هزینه های تولید محصول می باشد. انتخاب عرضه کنندگان مناسب می تواند به شکل قابل ملاحظه ای هزینه های خرید را کاهش و قابلیت رقابت پذیری سازمان را افزایش دهد، چرا که در بیشتر صنایع، هزینه مواد خام و اجزای تشکیل دهنده محصول، قسمت عمده ای از بهای تمام شده محصول را در بر می گیرد. در این تحقیق واحد آگلومراسیون شرکت سهامی ذوب آهن به عنوان واحد مورد بررسی انتخاب شد و به طبقه بندی موجودی های (مواد اولیه مورد نیاز) این واحد با استفاده از مفهوم روش های ABC و VED پرداخته شد. دو نوع مواد اولیه به عنوان مهمترین مواد اولیه شناسایی شد. سپس مدل تأمین این مواد با لحاظ ترکیب بهینه مصرف، هزینه های کل لجستیک، ویژگی های تأمین کنندگان و شرکت خریدار طراحی شد. در این تحقیق یک مدل غیرخطی مختلط عدد صحیح طراحی و پارامترهای مدل با استفاده از داده های سه سال گذشته شرکت محاسبه شده است. ارزیابی عملکرد مدل با استفاده از داده های دو سال متوالی مورد آزمون قرار گرفت. مدل مذکور نسبت به هزینه واقعی برای سال ۸۲ و ۸۳ به ترتیب ۱۰/۹ درصد و ۷/۱ درصد کاهش در هزینه را نشان می دهد.

مقدمه

در بیشتر صنایع، هزینه مواد خام و اجزای تشکیل دهنده محصول، قسمت عمده‌ای از بهای تمام شده محصول را در بر می‌گیرد^۱. با افزایش اهمیت فعالیت خرید و تدارکات تصمیمات خرید مهمتر گردیده و از آنجا که امروزه سازمان‌ها بیشتر به تأمین کنندگان وابسته شده‌اند، پیامدهای مستقیم و غیرمستقیم تصمیم‌گیری ضعیف، وخیم‌تر جلوه می‌کند^۲. در چنین شرایطی، بخش تدارکات می‌تواند نقشی کلیدی در کارایی و اثر بخشی سازمان ایفا نماید و تأثیر مستقیمی روی کاهش هزینه‌ها، سودآوری و انعطاف پذیری یک شرکت داشته باشد^۳. در حقیقت، انتخاب مجموعه مناسبی از عرضه کنندگان برای کار با آن‌ها، در جهت موفقیت یک شرکت امری بسیار مهم و حیاتی می‌باشد و در طی سالیان طولانی، بر انتخاب عرضه کننده تأکید گردیده است^۴. اخیراً با حضور مفهوم مدیریت زنجیره تأمین^۵ (SCM) بیشتر محققین، دانشمندان و مدیران پی برده‌اند که انتخاب عرضه کننده مناسب و مدیریت آن، وسیله‌ای است که از آن می‌توان برای افزایش رقابت پذیری زنجیره عرضه استفاده نمود^۶. اساساً مسائل انتخاب عرضه کننده از دو نوع می‌باشند:

- (۱) انتخاب عرضه کننده هنگامی که هیچ محدودیتی نداریم. به عبارتی هر کدام از عرضه کنندگان به تنهایی قادر هستند که نیازهای (احتیاجات) خریدار را از جمله میزان تقاضا، کیفیت، زمان تحویل و ... را بر آورده سازند (منبع‌یابی منفرد).
- (۲) انتخاب عرضه کننده در حالتی که محدودیت‌هایی در ظرفیت عرضه کننده، کیفیت محصول عرضه کننده و ... وجود دارد. به عبارتی یک عرضه کننده به تنهایی قادر به برآورد احتیاجات خریدار نمی‌باشد و خریدار به اجبار باید بخشی از تقاضایش را از یک

-
1. Ghodsypour, S. H. and O'Brien, C. (1998).
 2. DeBoer, Lutzen., Labro, Eva., Morlacchi, Pierangela. (2001).
 3. Ghodsypour, S. H. and O'Brien, C. (2001).
 4. Zhang, Zho., Lei, J., Cao, N., To, K. and Ng. K., (2004).
 5. Supply Chain Management.
 6. Lee, E. K., Ha, S. and Kim, S. K. (2001).

عرضه‌کننده و بخش دیگر تقاضایش را از عرضه‌کننده دیگر به منظور جبران کمبود ظرفیت یا کیفیت پایین عرضه‌کننده اول، برآورده سازد (منبع‌یابی چندگانه)^۱. در خصوص منبع‌یابی چندگانه، تحقیقات محدودی انجام شده و مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی محدودی برای تحلیل چنین تصمیماتی ارائه شده است.^۲ در مقاله حاضر بحث ما منبع‌یابی چندگانه با لحاظ کل هزینه‌های تدارکات (لجستیک) مثل حمل و نقل، سفارش، نگهداری موجودی و هزینه افت وزن می‌باشد.

۱. ادبیات تحقیق

هانگ و هایا^۳ به تجزیه و تحلیل خرید و تدارکات در شرایط JIT پرداخته‌اند. آن‌ها تقسیم یک مقدار سفارش بزرگ را بین تحویل‌دهندگان چندگانه یا عرضه‌کنندگان چندگانه به منظور کاهش اندازه دسته سفارش مورد بحث قرار داده‌اند. قدسی‌پور و اُبرایان یک سیستم پشتیبانی تصمیم (DSS) را به منظور کاهش تعداد عرضه‌کنندگان ارائه کرده‌اند. آن‌ها از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط در سیستم پشتیبانی تصمیمشان استفاده نموده‌اند.^۴ قدسی‌پور و اُبرایان همچنین در مقاله دیگری، یک مدل برنامه‌ریزی خطی مختلط با AHP را توسعه داده‌اند که می‌تواند به مدیران به منظور لحاظ کردن ویژگی‌های کیفی و فاکتورهای کمی در فعالیت خرید و تدارکاتشان در قالب یک روش سیستماتیک کمک نماید.^۵ قدسی‌پور و اُبرایان در مقاله دیگر، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط را برای حل مسئله انتخاب عرضه‌کننده در حالت منبع‌یابی چندگانه ارائه نموده‌اند که کل هزینه لجستیک را مدنظر می‌گیرد.^۶

1. Ghodsypour, S. H. and O'Brien, C. (1998).
2. Ghodsypour, S. H. and O'Brien, C. (2001).
3. Hong and Hayya (1992).
4. Chodsypour, S. H., O'Brien, C. (1997).
5. DeBoer, Lutzen., Labro, Eva., Morlacchi, Pierangela. (2001).
6. Ghodsypour, S. H. and O'Brien, C. (2001).

کومار و دیگران از برنامه‌ریزی آرمانی فازی برای حل مسئله انتخاب فروشنده (عرضه‌کننده) با اهداف چندگانه با این لحاظ که برخی پارامترها ماهیتاً فازی هستند، استفاده کرده‌اند. آن‌ها از داده‌های دنیای واقعی برای نشان دادن اثربخشی مدل پیشنهادی استفاده نموده‌اند.^۱

زعیم و همکاران^۲ (۲۰۰۵) در تحقیقی به منظور حل مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتخاب تأمین‌کنندگان، روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی^۳ (FAHP) را پیشنهاد کرده‌اند. مطالعه موردی آن‌ها، عرضه‌کنندگان محصولات تلوزیونی در ترکیه است. در این تحقیق، روش FAHP با روش غیرفازی مورد قیاس قرار گرفته و نتایج نشان داد که این روش، روش بهتری جهت ارزیابی و انتخاب عرضه‌کننده است.

هانگ هونگ و همکاران^۴ (۲۰۰۵)، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی که تغییر در قابلیت‌های^۵ عرضه‌کنندگان و نیازهای مشتری در طی دوره زمانی را لحاظ می‌کند، ارائه کرده‌اند. مدل ارائه شده برای انتخاب تأمین‌کننده در صنعت کشاورزی کشور کره بکار گرفته شده است.

چن و همکاران^۶ (۲۰۰۵)، یک روش تصمیم‌گیری فازی را برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده در سیستم زنجیره تأمین (عرضه) ارائه کرده‌اند. آن‌ها بیان داشته‌اند که در طی سال‌های اخیر تعیین عرضه‌کنندگان مناسب در زنجیره عرضه به‌عنوان مسئله قابل توجه استراتژیک تبدیل شده است.

باسنت و لونگ^۷ (۲۰۰۵)، مسئله انتخاب عرضه‌کننده را با لحاظ اندازه دسته سفارش^۸ برای موجودی‌ها مورد بررسی قرار داده‌اند. در این تحقیق تقاضای کالاها در افق برنامه‌ریزی^۹ مشخص است و هر کدام از کالاها را می‌توان از مجموعه‌ای از عرضه‌کنندگان

1. Kumar, M., Vrat, P., and Shankar, R. (2004).

2. Zaim et al. (2005).

3. Fuzzy Analytic Hierarchy (FAHP).

4. Hang Hong et al.

5. Capabilities.

6. Chen et al. (2005).

7. Basnet and Leang (2005).

8. Lot- Sizing.

9. Planning Horizon.

مورد تأیید خریداری کرد.

فرانکلین وهای^۱ (۲۰۰۵)، در مقاله تحقیقی‌شان یک روش جدید بنام فرایند تحلیل سلسله مراتبی رأی‌گیری^۲ (VAHP) را برای انتخاب تأمین‌کننده ارائه کرده‌اند. این روش یک روش وزن‌دهی جدید بجای مقایسه‌های زوجی AHP برای انتخاب تأمین‌کننده می‌باشد. این روش، علاوه بر اینکه روش ساده‌تری نسبت به AHP است اما رویکرد منظم اقتباس اوزان مورد استفاده و نمره‌دهی به عملکرد تأمین‌کنندگان را از دست نمی‌دهد. عمید و همکاران^۳ (۲۰۰۶) نیز برای انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین، یک مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه فازی ارائه دادند که هدف این مدل، حداقل کردن قیمت خالص، حداکثر کردن کیفیت کل، و حداکثر کردن سطح خدمت^۴ اقلام خریداری شده بود.

۲. طبقه‌بندی موجودی‌های بخش آگلومراسیون

موجودی‌ها اقلام بسیاری را شامل است که هر قلم نیازمند نوع متفاوتی از کنترل قابل اعمال است. روش‌های معمول و متداول طبقه‌بندی موجودی‌ها عبارتند از: ۱) تجزیه و تحلیل ABC، ۲) تجزیه و تحلیل VED، ۳) تجزیه و تحلیل FNS^۵. در روش ABC، کل موجودی‌ها به سه گروه براساس ارزش سالیانه آن‌ها و نه براساس ارزش انفرادی آن‌ها، طبقه‌بندی می‌شوند. برخی از معایب روش تجزیه و تحلیل ABC توسط تجزیه و تحلیل VED و FNS مرتفع می‌شود. در روش VED، موجودی‌ها براساس اهمیت کارکردی (عملکردی) در سه طبقه و در روش FNS با توجه به سرعت جابجایی و نقل و انتقال، کالاها در انبارها در سه طبقه قرار می‌گیرند^۶. در این بخش به مبانی نظری روش‌های طبقه‌بندی موجودی‌ها پرداخته شد و از این مفاهیم در طبقه‌بندی موجودی‌های واحد آگلومراسیون استفاده خواهد شد.

1. Franklin and Hai (2005).

2. Voting Analytic Hierarchy Process.

3. Amid et al. (2006).

4. Service Level.

5. Vital Essential Desirable.

6. First Normal Slow Moving.

7. Nair, Ng. (2002). Resource Management, India: Vikas Publishing House PVT.

وظیفه اصلی بخش آگلومراسیون تولید آگلومره با شرایط فنی مناسب جهت مصرف در کوره بلند است. این بخش شامل انبار مواد خام، کارگاه بونکرهای مواد آماده و کارگاه پخت است. مصرف آگلومره نسبت به مصرف مستقیم سنگ آهن به دلیل یکنواختی آنالیز مواد شیمیایی و احیاء پذیری بهتر باعث افزایش راندمان کوره بلند به میزان ۲۵ تا ۳۰ درصد است و همچنین مصرف کک را تا ۲۰ درصد کاهش می دهد. در ادامه به طبقه بندی موجودی های این واحد پرداخته می شود.

ورودی های آگلومراسیون (مواد خام یا اولیه مورد نیاز واحد آگلومراسیون) به لحاظ درجه اهمیت و میزان حیاتی بودن (براساس روش VED)، براساس میزان ارزش ریالی سالیانه آن ها (با الهام از روش ABC)، طبقه بندی می گردد. براساس روش VED و روش ABC، سنگ آهن و کنسانتره در درجه اول اهمیت قرار گرفته لذا مدلسازی روی تأمین این مواد معطوف می شود. از طرفی کنسانتره هم از جنس سنگ آهن است و تنها یک فرایند تغییر روی سنگ آهن صورت می گیرد تا به شکل کنسانتره تبدیل شود. کنسانتره در واقع به عنوان مکملی است که از جنس سنگ آهن بوده و می توان با سنگ آهن مصرف کرد چرا که به لحاظ کیفی از درصد کیفی بالا (Fe بالا) برخوردار است، اما قیمت آن به میزان قابل توجهی نسبت به سنگ آهن بالا است و باید درصدی از آن چنان با سنگ آهن در ترکیب مصرفی این واحد تولیدی قرار گیرد که بتوان به کیفیت مطلوب محصول خروجی (آگلومره) دست یافت. در مدلی که ارائه خواهد شد ویژگی های تأمین کنندگان این دو ماده مورد قیاس قرار می گیرد. به عبارتی میزان تقاضای سالیانه به این دو ماده در قالب یک عدد بیان شده و مدل مذکور با توجه به محدودیت کیفیت، تابع هدف، ویژگی های هر سنگ آهن و کنسانتره چنان ترکیب این مواد برای تولید را مشخص می کند تا بتوان به درصد کیفی قابل قبول از خروجی فرایند تولید رسیده و از طرفی کل هزینه های مرتبط با موجودی را نیز بهینه یا نزدیک به بهینه کنیم.

۳. فرموله کردن مدل

برای تأمین سنگ های آهن دار و کنسانتره مورد نیاز واحد آگلومراسیون باید از تأمین کنندگان (عرضه کنندگان) مختلفی خرید کنیم. در خرید از این تأمین کنندگان باید

ویژگی‌های مهم آن‌ها در مدل‌سازی لحاظ شود. همچنین محدودیت‌های شرکت در خرید از هر کدام از اینها نیز لحاظ شود برای نمونه محصول هر یک از تأمین‌کنندگان دارای ویژگی‌های مثبت و منفی کیفی است که سعی می‌شود ویژگی‌های مهم اینها در مدل لحاظ شود. تابع هدف مدل فوق از نوع حداقل کردن می‌باشد. از ویژگی‌های مهم مدل مذکور اعمال استراتژی‌های مدیریت شرکت و تعیین ترکیب مناسبی از سنگ‌های آهن‌دار و کنسانتره است. ضمناً تأمین‌کنندگان اول تا سوم، تأمین‌کنندگان سنگ آهن و تأمین‌کنندگان چهارم و پنجم، تأمین‌کنندگان کنسانتره می‌باشند.

۳-۱. تعریف متغیرها و پارامترهای مدل

قبل از تشریح مدل، پارامترها و متغیرهای زیر تعریف می‌شوند:

D = تقاضای سالیانه سنگ آهن و کنسانتره بر حسب تن

Q = مجموع مقادیر سفارش صادره برای همه عرضه‌کنندگان

Q_i = مقدار سفارش تخصیص داده شده برای عرضه‌کننده i ام

T = طول هر دوره سفارش

T_i = مدت زمان مربوط به عرضه‌کننده i ام در هر دوره سفارش

X_i = درصدی از Q که به عرضه‌کننده i ام تخصیص می‌یابد.

n = تعداد عرضه‌کنندگان

m = تعداد عرضه‌کنندگانی که در کل سیکل سفارش موجودی از آن‌ها لازم است.

C_i = ظرفیت سالیانه عرضه‌کننده i ام

C_{ti} = هزینه حمل و نقل هر واحد محصول تأمین‌کننده i ام

r = هزینه نگهداری موجودی

A_i = هزینه سفارش‌دهی عرضه‌کننده i ام

P_i = قیمت سنگ آهن یا کنسانتره مربوط به عرضه‌کننده i ام

h_i = درصد رطوبت موجود در محصول تأمین‌کننده i ام

D' = سرعت مصرف مواد (سرعت خروج مواد از انبار)

$P' =$ سرعت ورود مواد به انبار

$SS =$ مقدار ذخیره اطمینان

$SS_i =$ مقدار ذخیره اطمینان تأمین کننده i ام

سایر پارامترها و متغیرها در طی مدلسازی تشریح می شود.

۲-۳- مفروضات مدل

- تقاضای سالیانه (D) تقریباً مقداری ثابت است

- عدم محدودیت فضای انبار

- ثبات قیمت در طول یکسال

- دریافت و مصرف به صورت تدریجی

- ثابت بودن ذخیره احتیاطی در طول زمان

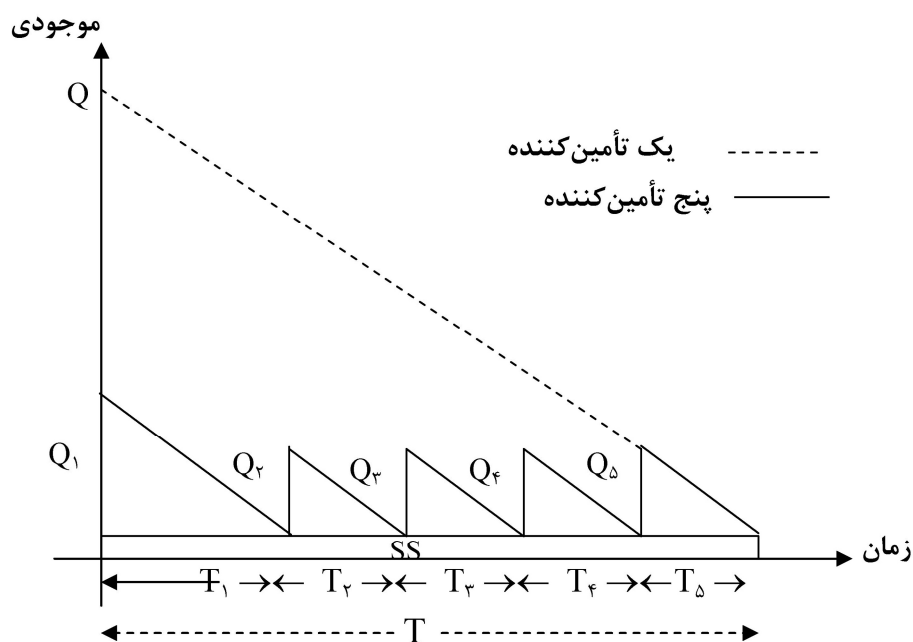
- کمبود مجاز نیست.

۴. تشریح مدل در قالب شکل ترسیمی

۴-۱. مدل دریافت آنی / دریافت غیرهمزمان از تأمین کنندگان / مصرف تدریجی

(مدل قدسی پور و ابرایان - مدل مبنا)

با فرض اینکه تمام موجودی بصورت یکجا (آنی) دریافت شود و محدودیتی در دریافت غیرهمزمان مواد اولیه تأمین کنندگان مختلف در یک دوره سفارش وجود نداشته و مصرف هم تدریجی باشد شکل مدل مذکور به صورت زیر خواهد بود. بطور خلاصه اگر موجودی مواد اولیه دریافتی مربوط به مواد مصرفی یک واحد تولیدی بوده و لزومی در خصوص ترکیب مواد اولیه در واحد زمان وجود نداشته باشد آنگاه شکل مدل را با فرض $n=5$ به صورت زیر می توان نشان داد:



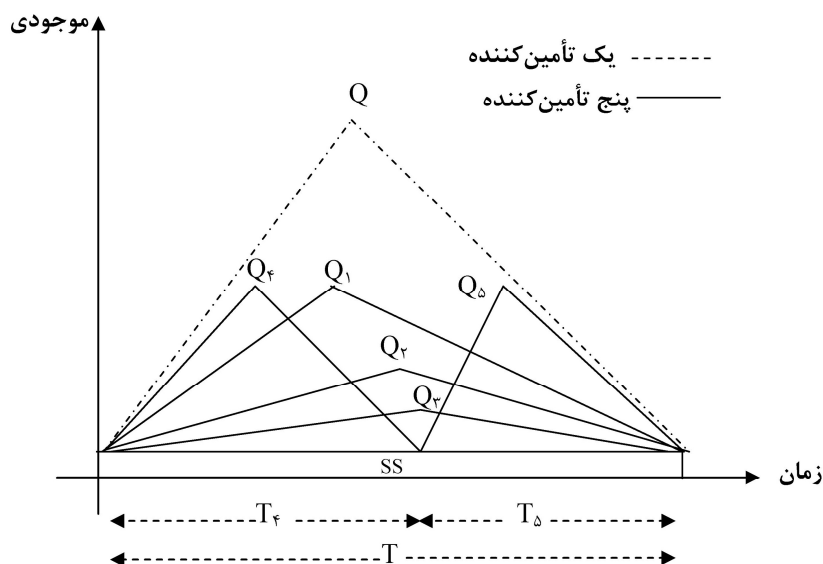
شکل ۱- شمای ترسیمی سطوح موجودی مدل مبنا

در شکل مذکور دوره سفارش کل (T) برابر مجموع دوره سفارش هر تأمین‌کننده است. همچنین فرض می‌شود هنگامی که موجودی مربوط به تأمین‌کننده i ام در حال اتمام است موجودی تأمین‌کننده $i+1$ ام می‌رسد. درواقع این مدل برای واحدهای تولیدی قابل کاربرد است که دریافت آنی داشته و لزومی ندارد که برای فرایند تولید در واحد زمان از همه تأمین‌کنندگان موجودی وجود داشته باشد.

۲-۴- مدل انطباق‌پذیر در حالت دریافت تدریجی / دریافت همزمان ناقص از تأمین‌کنندگان / مصرف تدریجی / رابطه رفتار غیریکسان با تأمین‌کنندگان (مدل ابداعی)

با فرض دریافت تدریجی موجودی، محدودیت در دریافت غیر همزمان موجودی از تمام تأمین‌کنندگان و مصرف تدریجی یا لحاظ رفتار و روابط متفاوت با تأمین‌کنندگان، شمای ترسیمی مدل فوق به شکل زیر خواهد بود. بطور خلاصه اگر موجودی مواد اولیه دریافتی از تأمین‌کنندگان مربوط به یک واحد تولیدی باشد و لزوماً برخی از این مواد

در هر واحد زمان (همزمان) باید موجود باشد آنگاه شکل مدل مذکور با فرض $n = 5$ که موجودی سه تا از این پنج تأمین کننده ($m=3$) باید در کل هر دوره سفارش با موجودی دو تأمین کننده دیگر در ترکیب تولید مصرف شود.

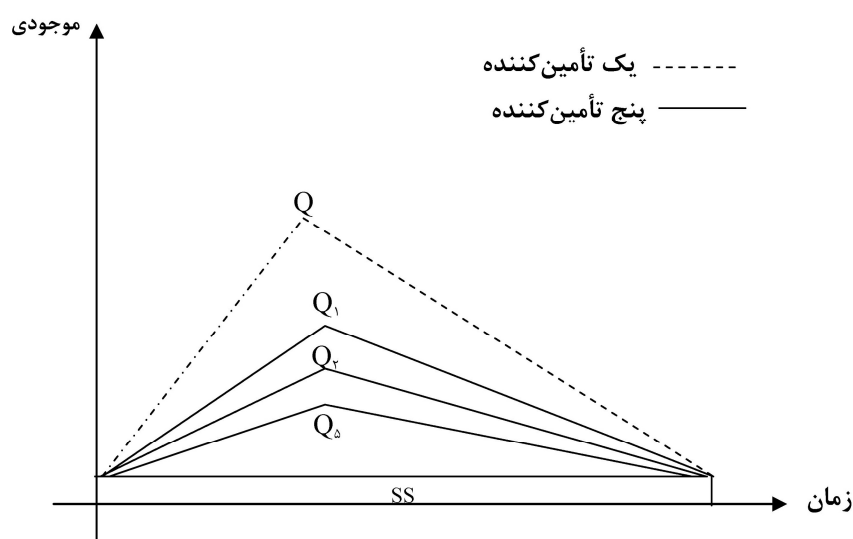


شکل ۲- شمای ترسیمی مدل ابداعی

از ویژگی‌های این مدل در مقایسه با مدل قبل (با این فرض که مدل قبل در حالت دریافت تدریجی باشد)، بالحاظ هزینه، افزایش در هزینه‌های نگهداری است. چرا که در این مدل موجودی مربوط به دو تأمین کننده باید در کل هر دوره سفارش موجود باشد. بنابراین میزان موجود بودن مواد در طی زمان افزایش یافته و نهایتاً هزینه نگهداری افزایش خواهد یافت. این مدل یک مدل انطباق‌پذیری و انعطاف‌پذیری و به نوعی هوشمندانه عمل می‌کند. همچنین این مدل قادر است ارتباطات متفاوتی را با تأمین کنندگان مختلف داشته باشد در حالی که مدل قبل ارتباطات را یکسان فرض می‌کند.

بطور خلاصه اگر مدل پیشنهاد عدم خرید از تأمین کننده پنجم را ارائه دهد مدل‌سازی ریاضی آن به شکلی انجام گردیده که $T = T_4$ شود و به عبارتی در این حالت در کل دوره سفارش از این تأمین کننده دریافت محصول خواهیم داشت. بنابر این مدل یک مدل انطباق‌پذیر (انعطاف‌پذیر) و به نوعی هوشمندانه عمل می‌کند، چرا که برای نمونه اگر

مطابق شکل مذکور مدل خرید از یکی از تأمین‌کنندگان کنسانتره را پیشنهاد کند، یعنی فرضاً عدم خرید از تأمین‌کننده چهارم را پیشنهاد دهد، لذا استفاده از کنسانتره در کل دوره سفارش لازم و شکل مدل بصورت زیر و این مطلب بیانگر انعطاف‌پذیری مدلسازی ریاضی آن می‌باشد. به عبارتی مدل دارای خاصیت انعطاف‌پذیری و انطباق‌پذیری بوده و به نوعی هوشمندانه عمل می‌کند.



شکل ۳- اثبات انطباق‌پذیری مدل

۵. تشکیل تابع هدف مدل

تابع هدف مدل از نوع حداقل کردن (مینیمم‌سازی) است چرا که تابع هدف متشکل از چندین نوع هزینه مرتبط با موجودی است. این هزینه‌ها عبارتند از هزینه قیمت خرید، هزینه حمل و نقل، هزینه نگهداری، هزینه سفارش‌دهی و سایر هزینه‌ها. سایر هزینه‌های مرتبط با سنگ آهن و آگلومراسیون، هزینه آب موجود در این مواد است. بطور واضح زمانی که سنگ آهن و کنسانتره از تأمین‌کنندگان خریداری می‌شود، همراه با آن مقداری رطوبت یا آب وجود دارد و زمانی که این مواد در فرایند تولید آگلومراسیون بکار گرفته می‌شوند بصورت بخار در می‌آیند و به عبارتی به میزان آب موجود در این سنگ‌ها، باید هزینه کاهش وزن محصول را متحمل شد و این درصد آب موجود در محصول هر تأمین‌کننده

متفاوت است و از داده‌های گذشته موجود در آزمایشگاه شرکت قابل محاسبه است.

لذا هزینه کل خرید سالیانه یا هزینه کل سالیانه مرتبط با موجودی عبارتست از:

هزینه قیمت خرید سالیانه + هزینه حمل و نقل سالیانه + هزینه نگهداری سالیانه + هزینه سفارش سالیانه + هزینه افت وزن سالیانه

۵-۱. هزینه قیمت خرید سالیانه^۱

با توجه به اینکه Q یا میزان سفارش باید بین $n = 5$ تأمین کننده تسهیم شود مفروضات زیر را خواهیم داشت:

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i \quad Q_i = X_i Q \quad T_i = X_i T \quad 0 \leq X_i \leq 1 \quad \sum_{i=1}^n X_i = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

با توجه به اینکه مقدار سالیانه خرید از تأمین کننده i ام، $X_i D$ است و قیمت محصول تأمین کننده i ام برابر P_i است هزینه خرید سالیانه عبارتست از:

$$APC = \sum_{i=1}^n X_i P_i D \quad i = 1, 2, \dots, n$$

۵-۲. هزینه حمل و نقل سالیانه^۲

با توجه به اینکه مقدار سالیانه خرید از تأمین کننده i ام $X_i D$ است و هزینه حمل و نقل هر واحد محصول تأمین کننده i ام C_{ti} است، هزینه حمل و نقل سالیانه عبارتست از:

$$ATC = \sum_{i=1}^n X_i C_{ti} D$$

۵-۴. هزینه کاهش وزن (رطوبت) سالیانه^۳ (AWRC)

با لحاظ ضریب h_i به عنوان درصد رطوبت موجود در محصول تأمین کننده i ام برای

1. Annual Purchasing Cost.

2. Annual Transportation Cost.

3. Annual Weight Reduction Cost (AWRC).

محاسبه این هزینه باید این ضریب در قیمت تمام شده ماده خریداری شده از تأمین‌کننده i ام ضرب شود که قیمت تمام شده حاصل جمع قیمت خرید و هزینه حمل و نقل است. بنابراین داریم:

= هزینه کاهش وزن

$\times$ (درصد رطوبت موجود در محصول تأمین‌کننده i ام) $\times$ (میزان خرید سالیانه از تأمین‌کننده i ام)
(هزینه حمل و نقل هر واحد محصول تأمین‌کننده i ام + قیمت خرید محصول تأمین‌کننده i ام)

$$AWRC = \sum_{i=1}^n X_i D(h_i)(P_i + C_{ti}) = \sum_{i=1}^n X_i Dh_i (P_i + C_{ti})$$

جهت پیشگیری از تکرار بیهوده می‌توان $(P_i + C_{ti})$ را برابر β_i دانست. پس داریم:

$$AWRC = \sum_{i=1}^n X_i Dh_i \beta_i \quad i = 1, 2, \dots, 5$$

و داریم:

$$APC + ATIC + AWRC = \sum_{i=1}^n X_i D(1 + h_i)(P_i + C_{ti}) = \sum_{i=1}^n X_i D(1 + h_i) \beta_i$$

و بنابراین می‌توان استنباط کرد که قیمت تمام شده کالای خریداری شده برابر است با $(1 + h_i) \beta_i$ که برای محاسبه هزینه نگهداری هم از این قیمت تمام شده استفاده می‌شود.

۴-۶. هزینه نگهداری سالیانه^۱

با ملاحظه شکل ترسیمی مدل که بیانگر متوسط سطح موجودی برای هر تأمین‌کننده است، واضح است که هزینه نگهداری مرتبط با زمان می‌باشد. همچنین با ملاحظه شکل مدل و با لحاظ اینکه کنسانتره به عنوان مکمل عمل می‌کند و از تأمین‌کنندگان چهارم و پنجم تأمین می‌شود (یعنی در قسمتی از دوره سفارش از تأمین‌کننده چهارم و در قسمت باقیمانده دوره سفارش از تأمین‌کننده پنجم جهت ترکیب تولید، موجودی وجود دارد) در ادامه به محاسبه هزینه نگهداری پرداخته می‌شود البته قابل توجه است که محدودیت‌های کیفی برای هر مدل متفاوت است.

1. Annual Holding Cost (AHC).

۵-۴-۱. محاسبه هزینه نگهداری مدل

جدول ۱- محاسبه هزینه نگهداری مدل

تأمین کنندگان	زمان	میانگین موجودی	هزینه نگهداری موجودی زمان T_i
i	T_i	$X_i Q/2 (1 - \frac{D'_i}{P'_i}) + SS_i$	$(X_i Q/2 (1 - \frac{D'_i}{P'_i}) + SS_i) r p_i$

طبق روش دریافت تدریجی و مصرف تدریجی در مباحث کنترل موجودی، میانگین موجودی در حالت دریافت تدریجی از رابطه $Q/2 (1 - \frac{D'_i}{P'_i}) + SS_i$ بدست می‌آید که برای موجودی دریافتی از تأمین کننده نام از رابطه $Q/2 (1 - \frac{D'_i}{P'_i}) + SS_i$ حاصل می‌شود و جهت جلوگیری از تکرار بیهوده، عبارت $(1 - \frac{D'_i}{P'_i})$ را برابر پارامتری چون α_i در نظر گرفته و هر جا که $(1 - \frac{D'_i}{P'_i})$ داشته باشیم α_i معادل آن را قرار می‌دهیم. همچنین SS_i هم که عددی ثابت است در مشتق‌گیری برابر صفر است لذا قابل حذف می‌باشد. بنابراین هزینه کل نگهداری هر دوره سفارش ^۱ (THCP) عبارت است از:

$$THCP = X_1 Q/2 \alpha_1 r (1 + h_1) \beta_1 T_1 + X_2 Q/2 \alpha_2 r (1 + h_2) \beta_2 T_2 + \dots + X_n Q/2 \alpha_n r (1 + h_n) \beta_n T_n$$

از طرفی برای موجودی تأمین کنندگانی که در کل دوره سفارش از آن‌ها موجودی داریم، $i = 1, 2, \dots, m$ ، $T_i = T$ و برای تأمین کنندگانی که در قسمتی از دوره سفارش از آن‌ها موجودی داریم $i = m+1, \dots, n$ ، $T_i = \frac{X_i}{\sum_{i=m+1}^n X_i} T$ با توجه به اینکه $T = \frac{Q}{D}$ و در نظر گرفتن شکل مدل و $n = 5$ داریم:

$$T_1 = T_2 = T_3 = T = \frac{Q}{D}, \quad T_4 = \frac{X_4}{X_4 + X_5} \frac{Q}{D}, \quad T_5 = \frac{X_5}{X_4 + X_5} \frac{Q}{D}$$

1. Total Holding Cost per Period.

(انطباق‌پذیر بودن مدل با عبارت فوق مشخص‌تر می‌شود و زمانی که مدل خرید از تأمین‌کننده چهارم را پیشنهاد نمی‌دهد داریم: $X_4 = 0$ و نتیجتاً $T_4 = 0$ و $T_5 = T$) و بنابراین داریم:

$$THCP = X_1 \frac{Q}{2} \alpha_1 r(1+h_1) \beta_1 \frac{Q}{D} + X_2 \frac{Q}{2} \alpha_2 r(1+h_2) \beta_2 \frac{Q}{D} + X_3 \frac{Q}{2} \alpha_3 r(1+h_3) \beta_3 \frac{Q}{D} + X_4 \frac{Q}{2} \alpha_4 r(1+h_4) \beta_4 \frac{X_4}{X_4 + X_5} \frac{Q}{D} + X_5 \frac{Q}{2} \alpha_5 r(1+h_5) \beta_5 \frac{X_5}{X_4 + X_5} \frac{Q}{D}$$

و بطور خلاصه داریم:

$$THCP = \sum_{i=1}^3 X_i Q^2 \frac{\alpha_i r(1+h_i) \beta_i}{2D} + \frac{X_4^2}{X_4 + X_5} Q^2 \frac{\alpha_4 r(1+h_4) \beta_4}{2D} + \frac{X_5^2}{X_4 + X_5} Q^2 \frac{\alpha_5 r(1+h_5) \beta_5}{2D}$$

و با فاکتورگیری از $\frac{rQ^2}{2D}$ خواهیم داشت:

$$THCP = \frac{rQ^2}{2D} \left(\sum_{i=1}^3 X_i \alpha_i (1+h_i) \beta_i \right) + \frac{rQ^2}{2D} \frac{1}{\sum_{i=4}^5 X_i} \left(\sum_{i=4}^5 X_i^2 \alpha_i (1+h_i) \beta_i \right)$$

هزینه نگهداری سالیانه (AHC) به طریق زیر محاسبه می‌شود:

(تعداد دوره‌های سفارش در سال) $\times$ (هزینه نگهداری هر دوره سفارش) = هزینه نگهداری سالیانه و یا

$$AHC = (THCP) \times \frac{1}{T} = \frac{(THCP)D}{Q}$$

بنابراین:

$$AHC = \frac{rQ^2}{2D} \left(\sum_{i=1}^3 X_i \alpha_i (1+h_i) \beta_i \right) \frac{D}{Q} + \frac{rQ^2}{2D} \frac{1}{\sum_{i=4}^5 X_i} \left(\sum_{i=4}^5 X_i^2 \alpha_i (1+h_i) \beta_i \right) \frac{D}{Q}$$

و داریم:

$$AHC = \frac{rQ}{2} \left(\sum_{i=1}^3 X_i \alpha_i (1+h_i) \beta_i \right) + \frac{rQ}{2} \frac{1}{\sum_{i=4}^5 X_i} \left(\sum_{i=4}^5 X_i^2 \alpha_i (1+h_i) \beta_i \right)$$

۵-۵. هزینه سفارش دهی سالیانه^۱ (AOC)

از آنجا که مواد اولیه (موجودی‌ها) از n تأمین کننده خریداری می‌شود هزینه سفارش برای هر دوره سفارش^۲ (OCP) عبارت است از:

$$i = 1, 2, \dots, 5 \quad \left. \begin{array}{l} X_i = 0 \quad \text{اگر} \\ X_i > 0 \quad \text{اگر} \end{array} \right\} = Y_i \quad OCP = \sum_{i=1}^n A_i Y_i$$

بنابراین هزینه سفارش سالیانه عبارت است از:

(تعداد دفعات سفارش در سال) × (هزینه سفارش هر دوره سفارش) = هزینه سفارش سالیانه

و یا

$$AOC = (OCP) \times \frac{1}{T} \Rightarrow AOC = \left(\sum_{i=1}^n A_i Y_i \right) \frac{1}{T} = \left(\sum_{i=1}^n A_i Y_i \right) \frac{D}{Q}$$

بنابراین هزینه کل سالیانه^۳ مرتبط با موجودی برای مدل A چنین خواهد شد:

$$TAC = \sum_{i=1}^5 X_i P_i D + \sum_{i=1}^5 X_i C_{ti} D + \frac{rQ}{2} \left(\sum_{i=1}^3 X_i \alpha_i (1 + h_i) \beta_i \right) + \frac{1}{\sum_{i=4}^5 X_i} \times \frac{rQ}{2} \left(\sum_{i=4}^5 X_i^2 \alpha_i (1 + h_i) \beta_i \right) + \frac{D}{Q} \left(\sum_{i=1}^5 A_i Y_i \right) + \sum_{i=1}^n h_i \beta_i X_i D$$

و بطور خلاصه داریم:

$$TAC = \sum_{i=1}^5 X_i D (P_i C_{ti}) + \frac{rQ}{2} \left(\sum_{i=1}^3 X_i \alpha_i (1 + h_i) \beta_i \right) + \frac{1}{\sum_{i=4}^5 X_i} \times \frac{rQ}{2} \left(\sum_{i=4}^5 X_i^2 \alpha_i (1 + h_i) \beta_i \right) + \frac{D}{Q} \left(\sum_{i=1}^5 A_i Y_i \right) + h_i \beta_i \left(\sum_{i=1}^n X_i D \right)$$

و با توجه به اینکه $\beta_i = P_i + C_{ti}$ داریم:

-
1. Annual Ordering Cost (AOC).
 2. Ordering Cost each Period (OCP).
 3. Total Annual Cost.

$$TAC = \sum_{i=1}^5 X_i D(1 + h_i)\beta_i + \frac{rQ}{2} \left(\sum_{i=1}^3 X_i \alpha_i (1 + h_i)\beta_i \right) + \frac{1}{\sum_{i=4}^5 X_i} \\ \times \frac{rQ}{2} \left(\sum_{i=4}^5 X_i^2 \alpha_i (1 + h_i)\beta_i \right) + \frac{D}{Q} \left(\sum_{i=1}^5 A_i Y_i \right)$$

رابطه (الف)

۶. محدودیت‌های مدل

محدودیت‌های این مدل را می‌توان به محدودیت‌های مربوط به شرکت خریدار و تأمین‌کنندگان طبقه‌بندی کرد. از محدودیت‌های مهم خریدار که با توجه به تجزیه و تحلیل این واحد و همچنین مصاحبه‌های صورت گرفته با مدیریت تأمین مواد شامل محدودیت‌های تقاضای سالیانه و محدودیت کیفیت مواد اولیه برای شرکت خریدار است. همچنین محدودیت مهم تأمین‌کننده، ظرفیت تولید سالیانه یا ظرفیت تولید تخصیص به شرکت خریدار است. که تمام محدودیت‌های مذکور در قالب عبارات ریاضی به مدل وارد می‌شود.

۶-۱. محدودیت تقاضا

با فرض اینکه تقاضای سالیانه مجموع سنگ‌های آهن‌دار و کنسانتره برابر D باشد و با فرض اینکه تعداد n تأمین‌کننده می‌توانند تقاضای شرکت خریدار را برآورده سازند داریم:

$$\sum_{i=1}^n X_i D = D \quad i = 1, 2, \dots, 5$$

با حذف D از طرفین معادله خواهیم داشت:

$$\sum_{i=1}^n X_i = 1 \quad i = 1, 2, \dots, 5$$

۶-۲. محدودیت کیفی Fe

با توجه به توضیحات قبلی برحسب اینکه بخواهیم Fe خروجی چه درصدی باشد Fe

ورودی برحسب داده‌های گذشته محاسبه می‌شود و بدین ترتیب داریم:

$$\sum_{i=1}^5 X_i D q_{Fei} \geq q_{aFe} D$$

و بطور خلاصه با حذف D از طرفین داریم:

$$\sum_{i=1}^5 X_i q_{Fei} \geq q_{aFe}$$

q_{aFe} حداقل درصد Fe قابل قبول از ترکیب مواد اولیه در واحد زمان است و q_{Fei} متوسط درصد Fe موجود در ماده اولیه مربوط به هر تأمین کننده است که هر دو این پارامترها با استفاده از داده‌های گذشته و استفاده از روش میانگین وزنی قابل محاسبه است. محدودیت فوق برای مدل B به همین شکل قابل اعمال است اما برای مدل A با توجه به شکل به نحو دیگری قابل اعمال است. در شکل مذکور قابل ملاحظه است که در واقع از سه تأمین کننده سنگ آهن در کل دوره سفارش محصول داریم و بنابراین محدودیت کیفیت Fe برای مدل A به دو محدودیت تبدیل شده و داریم:

$$(X_1 D q_{fe1} + X_2 D q_{fe2} + X_3 D q_{fe3} + (1 - X_1 + X_2 + X_3)) D q_{fe4} \geq D q_{afe}$$

$$(X_1 D q_{fe1} + X_2 D q_{fe2} + X_3 D q_{fe3} + (1 - X_1 + X_2 + X_3)) D q_{fe4} \geq D q_{afe}$$

$$\sum_{i=1}^5 D X_i q_{fe1} + 10^{20} Y_4 D + 10^{20} Y_5 D \geq D q_{afe}$$

و با لحاظ اینکه:

$$X_4 \leq (1 - (X_1 + X_2 + X_3))$$

$$X_5 \leq (1 - (X_1 + X_2 + X_3))$$

که با حذف D از طرفین نامعادله خواهیم داشت:

$$(X_1 q_{fe1} + X_2 q_{fe2} + X_3 q_{fe3} + (1 - X_1 + X_2 + X_3)) q_{fe4} \geq q_{afe}$$

$$(X_1 q_{fe1} + X_2 q_{fe2} + X_3 q_{fe3} + (1 - X_1 + X_2 + X_3)) q_{fe4} \geq q_{afe}$$

$$\sum_{i=1}^5 X_i q_{fe1} + 10^{20} Y_4 + 10^{20} Y_5 \geq q_{afe}$$

$$X_4 \leq (1 - (X_1 + X_2 + X_3))$$

$$X_5 \leq (1 - (X_1 + X_2 + X_3))$$

۳-۶. محدودیت ظرفیت

این محدودیت به این شکل قابل اعمال است که عرضه‌کننده i ام تنها می‌تواند مقدار محدودی از تقاضای ما یعنی C_i را برآورده کند. بنابراین مقدار خریداری شده از عرضه‌کننده i ام در سال باید کوچکتر یا مساوی C_i در هر سال باشد در واقع ظرفیت سالیانه تولید یا حداکثر ظرفیت سالیانه‌ای که عرضه‌کننده i ام به خریدار تخصیص می‌دهد باید کمتر یا مساوی C_i در سال باشد از اینرو داریم:

(تعداد دوره‌های سفارش در سال) $\times$ (میزان خرید در هر دوره سفارش) = میزان خرید در سال

بنابراین واحدهای خریداری شده از عرضه‌کننده i ام در هر سال عبارتست از:

$$\text{میزان خرید از عرضه‌کننده } i \text{ ام در سال} = X_i Q \times \frac{1}{T} = X_i Q \times \frac{1}{\frac{Q}{D}} = X_i Q \times \frac{D}{Q} = X_i D$$

بنابراین:

$$X_i D \leq C_i$$

۴-۶. محدودیت اعمال شرایط عدد صحیح بودن متغیرها

بعد از اعمال همه محدودیت‌ها لازم است که از شرایط متغیرهای عدد صحیح اطمینان حاصل شود یعنی از شرایط Y_i که متغیر عدد صحیح از نوع صفر و یک است برای لحاظ چنین شرایط اگر Y_i صفر باشد X_i باید برابر صفر باشد ($X_i = 0$) و اگر Y_i یک باشد X_i باید بزرگتر از صفر ($X_i > 0$) باشد. البته با توجه به اینکه X_i همواره کوچکتر یا مساوی یک

$$X_i \leq Y_i \quad i = 1, 2, \dots, n$$

است:

$$X_i \geq \varepsilon Y_i$$

که ε اندکی از صفر بزرگتر است.

برای اعمال این محدودیت می‌توان بجای عبارت فوق هر جا که X_i در محدودیت‌ها

داریم Y_i در آن ضرب شود.

۷. مدل ابداعی

$$\text{MinTAC} = \sum_{i=1}^n X_i D(1 + h_i) \beta_i + \frac{rQ}{2} \left(\sum_{i=1}^m X_i \alpha_i (1 + h_i) \beta_i \right) + \frac{1}{\sum_{i=m+1}^n X_i}$$

$$\times \frac{rQ}{2} \left(\sum_{i=m+1}^n X_i^2 \alpha_i (1 + h_i) \beta_i \right) + \frac{D}{Q} \left(\sum_{i=1}^n A_i Y_i \right) .$$

$$\sum_{i=1}^n X_i = 1 \quad i = 1, 2, \dots, m, m+1, \dots, n$$

$$\left(\sum_{i=1}^m X_i q_{fei} + \left(1 - \left(\sum_{i=1}^m X_i \right) \right) q_{fe(m+1)} \right) \geq q_{afe} Y_{m+1}$$

$$\left(\sum_{i=1}^m X_i q_{fei} + \left(1 - \left(\sum_{i=1}^m X_i \right) \right) q_{fe(m+2)} \right) \geq q_{afe} Y_{m+2}$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$\left(\sum_{i=1}^m X_i q_{fei} + \left(1 - \left(\sum_{i=1}^m X_i \right) \right) q_{fe(n)} \right) \geq q_{afe} Y_n$$

$$\sum_{i=1}^n X_i q_{fei} + 10^{20} \sum_{i=m+1}^n Y_i \geq q_{afe}$$

$$0 \leq X_{m+1} \leq \left(1 - \left(\sum_{i=1}^m X_i \right) \right)$$

$$0 \leq X_{m+2} \leq \left(1 - \left(\sum_{i=1}^m X_i \right) \right)$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$0 \leq X_n \leq \left(1 - \left(\sum_{i=1}^m X_i \right) \right)$$

$$X_i D \leq C_i \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$Q_i = X_i Q$$

$$X_i \leq Y_i$$

$$X_i \geq \varepsilon Y_i$$

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i$$

$$X_i \geq 0, \quad Y_i = 0, 1, \quad i = 1, 2, \dots, m, \dots, n$$

۸. محاسبه پارامترهای مدل

با توجه به اینکه ارزیابی عملکرد مدل با استفاده از داده‌های سال‌های ۸۲ و ۸۳ آزمون می‌شود یک سری پارامترها بستگی به نوع سال نداشته و مشترک و برخی چون قیمت‌ها و هزینه‌ها که بستگی به سال دارد، غیرمشترک بوده لذا بطور مجزا نشان داده می‌شود.

۹-۱. پارامترهای مشترک

جدول ۲- خلاصه پارامترهای مشترک سال ۸۲ و ۸۳

r	α_i	q_{Fei}	h_i	C_i	پارامتر i
۰/۱۶	۰/۶۸۵	۶۰/۱۹	۰/۰۱۸۹	۲۰۰۲۱۰۰۰	۱
۰/۱۶	۰/۵۹۴	۶۱/۵۶	۰/۰۴۳۴	۱۴۲۰۰۰	۲
۰/۱۶	۰/۸۳۷	۶۰/۴۱	۰/۰۷۷۳	۸۴۰۰۰	۳
۰/۱۶	۰/۲۸۲	۶۷/۲۶	۰/۰۹۱۵	۳۰۰۰۰۰۰۰	۴
۰/۱۶	۰/۰۸۴	۶۸/۰۶	۰/۰۸۳۲	۴۰۰۰۰۰۰۰	۵

۸-۲. پارامترهای غیرمشترک

جدول ۳- خلاصه پارامترهای غیرمشترک سال ۸۲ و ۸۳

سال ۱۳۸۳		سال ۱۳۸۲		پارامتر i
A_i	β_i	A_i	β_i	
۱۰،۴۸۵،۴۲۲	۱۵۷،۶۸۲	۱۰،۰۸۳،۲۱۰	۱۲۲،۰۰۰	۱
۱۰،۴۸۵،۴۲۲	۱۷۰،۰۰۰	۱۰،۰۸۳،۲۱۰	۱۲۸،۰۰۰	۲
۱۰،۴۸۵،۴۲۲	۱۹۸،۰۰۰	۱۰،۰۸۳،۲۱۰	۱۶۷،۵۰۰	۳
۱۰،۴۸۵،۴۲۲	۲۵۴،۰۰۰	۱۰،۰۸۳،۲۱۰	۲۵۴،۰۰۰	۴
۱۰،۴۸۵،۴۲۲	۲۱۵،۰۰۰	۱۰،۰۸۳،۲۱۰	۲۱۵،۰۰۰	۵

$$D_{1383} = 1,861,518 \text{ و } D = 2,082,368 \text{ و } qa_{1383} = 60/138223 \text{ و } qa_{1382} = 61/17$$

قابل توجه اینکه qa در واقع میانگین کیفیت آگلومره خروجی از لحاظ درصد Fe برای یک سال است و D در واقع مصرف سالیانه محصولات پنج تأمین‌کننده است.

۹. نتایج حاصل از حل مدل‌ها

پس از حل مدل‌های مذکور با استفاده از نرم‌افزار Lingo از نوع نسخه شماره ۸ نتایج زیر حاصل شد:

جدول ۴- نتایج حاصل از حل مدل

سال	نتایج	۱۳۸۲	۱۳۸۳
مقدار تابع هدف		۲۸۶۸۸۴۵۳۰۰۰۰۰	۳۰۰۹۲۹۰۰۰۰۰۰
X _۱	۰/۸۱۹۱۵۵۶	۰/۹۹۴۹۱۷۴	
X _۲	۰/۰۶۸۱۹۱۶	۰	
X _۳	۰	۰	
X _۴	۰	۰	
X _۵	۰/۱۱۲۶۵۲۸	۰/۰۰۵۰۸۲۵۹۲	
Y _۱	۱	۱	
Y _۲	۱	۰	
Y _۳	۰	۰	
Y _۴	۰	۰	
Y _۵	۱	۱	
Q	۱۰۰۸۸۴/۴	۶۶۰۷۲۷/۳۲	
Q _۱	۸۲۰۶۴۰/۰۲	۶۶۰۳۸۸/۱۷	
Q _۲	۶۸۷۹/۴۶۹	۰	
Q _۳	۰	۰	
Q _۴	۰	۰	
Q _۵	۱۱۰۳۶۴/۹۱	۳۳۹/۱۴۷۷	
$\frac{D}{Q} = Z$	۲۰/۶۴۱۱۳	۲۷/۸۹۷۳۹	
نوع جواب	Local	Local	

۱۰. محاسبه هزینه واقعی کل (اعتبار سنجی)

با توجه به اینکه هزینه کل یا مقدار تابع هدف برابر مجموع سه هزینه خرید، هزینه نگهداری سالیانه و هزینه سفارش سالیانه است، داریم:

هزینه سفارش سالیانه + هزینه نگهداری سالیانه + هزینه کل خرید سالیانه = هزینه کل

بنابراین هزینه کل عبارتست از:

ریال ۳۱۲،۹۲۹،۰۹۸،۶۰۰ = هزینه کل سال ۱۳۸۲

ریال ۳۲۳،۲۹۰،۰۰۰،۰۰۰ = هزینه کل سال ۱۳۸۳

جمع‌بندی و ملاحظات

در جدول زیر مقدار تابع هدف (هزینه کل) در سال‌های ۸۲ و ۸۳ برای مدل با مقدار هزینه کل در حالت واقعی مورد قیاس قرار می‌گیرد.

جدول ۵- مقایسه مقدار هزینه کل مدل‌ها با حالت واقعی

سال	۱۳۸۲	۱۳۸۳
هزینه کل مدل پنجم	ریال ۲۸۶،۸۸۴،۳۰۰،۰۰۰	ریال ۳۰۰،۲۹۲،۰۰۰،۰۰۰
هزینه کل مدل ششم	ریال ۲۸۶،۸۸۴،۳۰۰،۰۰۰	ریال ۲۰۰،۲۹۲،۰۰۰،۰۰۰
هزینه کل واقعی	ریال ۳۲۱،۹۲۹،۰۹۸،۶۰۰	ریال ۳۲۳،۲۹۰،۰۰۰،۰۰۰
مقدار اختلاف هزینه مدل‌ها با هزینه واقعی	(۳۵،۰۴۴،۷۹۸،۶۰۰)	ریال (۲۲،۹۹۸،۰۰۰،۰۰۰)
نوع اختلاف	کاهش در هزینه	کاهش در هزینه
کاهش هزینه هزینه کل واقعی	تقریباً ۰/۱۰۹ یا ۱۰/۹ درصد	۰/۰۷۱ یا ۷/۱ درصد
کاهش هزینه سود سال ۸۲	تقریباً ۰/۲۰۶ یا ۲۰/۶ درصد	۰/۱۳۵ یا ۱۳/۵ درصد

با توجه به جداول (۴) و (۵) این نتایج قابل استنباط است:

- ۱- مدل در طی دو سال کاهش در هزینه را نشان می‌دهد. کاهش هزینه مدل‌ها برای سال ۸۲ و ۸۳ نسبت به هزینه واقعی به ترتیب ۳۵،۰۴۴،۷۹۸،۶۰۰ ریال و ۲۲،۹۹۸،۰۰۰،۰۰۰ ریال است که با توجه به کل هزینه و با توجه به سود شرکت برای سال ۸۲ که حدود هفده میلیارد تومان است رقم قابل توجهی است.

۲- نسبت کاهش هزینه به هزینه کل واقعی برای دو سال ۸۲ و ۸۳ به ترتیب ۱۰/۹ درصد و ۷/۱ درصد است.

۳- نسبت کاهش هزینه به سود شرکت در سال ۸۲ برای دو سال ۸۲ و ۸۳ به ترتیب ۲۰/۶ و ۱۳/۵ درصد است.

۴- برای سال ۸۲ با توجه به اینکه $Y_1 = Y_2 = Y_3 = 1$ است، مشخص می‌شود که مدل‌ها خرید از سه تأمین کننده ۱ و ۲ و ۳ به ترتیب با درصد خرید ۰/۸۲ و ۰/۰۶۸ و ۰/۱۱۲ را پیشنهاد می‌دهند و برای سال ۸۳ هم مدل‌ها خرید از دو تأمین کننده را پیشنهاد می‌دهند که به همین شکل قابل تفسیر می‌باشد.

۵- درصد ترکیب سنگ آهن و کنسانتره در سال ۸۲ به ترتیب ۰/۸۸۷۳۴۷۲ و ۰/۱۱۲۶۵۲۸ و برای سال ۸۳ هم به ترتیب ۰/۹۹۴۹۱۷۴ و ۰/۰۰۵۰۸۲۵۹۲ در واقع این ترکیبات را مدل با توجه به حداقل درصد کیفی Fe مورد نیاز خروجی فرایند (q_{aFe}) و دیگری محدودیت‌ها و تابع هدف تعیین می‌نماید.

با توجه به نتایج حاصله از حل مدل، موارد مورد بحث در بالا و با توجه به اینکه مدل مذکور تنها یک مدل موجودی ساده نیست و علاوه بر لحاظ ویژگی‌های تأمین کننده به بحث ترکیب بهینه مصرف مواد اولیه نیز پرداخته و بطور خلاصه مدل مذکور یک مدل انتخاب تأمین کننده / کنترل موجودی / ترکیب بهینه مصرف است، بنابراین می‌توان با اطمینان بالایی به مدل اتکا کرد. نکته قابل توجه دیگر اینکه مدل‌های غیرخطی با ماهیت دنیای واقعی بیشتر همخوانی دارد به عبارتی ماهیت روابط بین متغیرها در دنیای واقعی غیرخطی است و استفاده از مدل‌های خطی صرفاً بدلیل ساده‌سازی و رسیدن به جواب‌های بهینه است. بنابراین مدل مورد بحث در این تحقیق که از نوع غیرخطی است نسبت به مدل‌های خطی از این نوع با دنیای واقعی و روابط بین متغیرهای آن همخوانی بیشتری دارد و این ویژگی بارز مدل ابداعی است. با توجه به اینکه مدل مبنای این تحقیق مدل قدسی پور و ابراین (۲۰۰۱) است و بعد از آن هم از این نوع بسیار اندک دیده شده است تنها به قیاس مدل ارائه شده در این تحقیق با مدل قدسی پور و ابراین می‌پردازیم. ویژگی بارز مدل‌های ارائه شده در این تحقیق در مقایسه با مدل قدسی پور و ابراین این است که:

- ۱) این مدل کاربردی‌تر و به تأمین‌کنندگان فشار کمتری وارد می‌کند.
 - ۲) تنها به فرض دریافت آنی توجه نکرده و دریافت تدریجی را نیز در نظر می‌گیرد.
 - ۳) مدل براحتی باحذف α_i قابل تبدیل به مدل دریافت آنی می‌باشد.
 - ۴) این مدل قادر است روابط و رفتار غیر یکسانی را با تأمین‌کنندگان لحاظ کند.
- اما ویژگی‌های بارز مشترکی بین مدل ارائه شده در این تحقیق و مدل قدسی پور و ابراین (۲۰۰۱) وجود دارد که به شرح زیر است:
- ۱- این مدل‌ها قادر هستند که معیارهای چند گانه مثل هزینه، کیفیت و را در مسائل انتخاب تأمین‌کننده لحاظ کنند.
 - ۲- هزینه کل تدارکات (لجستیک) را لحاظ می‌کنند.
 - ۳- قادر به محاسبه مقدار اقتصادی سفارش (Q^*) در هر دو حالت منبع یابی چند گانه و منحصر به فرد حتی در حالات با محدودیت و بدون محدودیت است.
 - ۴- مدل‌ها به مدیریت امکان می‌دهند تا استراتژی‌های شرکت در فعالیت تأمین مواد را اعمال کنند.
 - ۵- مدل‌ها قادرند که یک برنامه زمان‌بندی ارائه دهند که به خریدار بگوید در چه موقع و چه مقدار باید از هر تأمین‌کننده خریداری کند.
 - ۶- مدل‌ها با استفاده از نرم افزارهایی چون Lingo از نوع نسخه ۸، قابل حل و مدیریت تدارکات می‌تواند به آسانی از آن‌ها استفاده کنند.
 - ۷- بطور کلی قابلیت انعطاف پذیری مدل‌ها بسیار بالا می‌باشد.
 - ۸- مدل‌ها براحتی قابل خطی شدن می‌باشند (در عمل ممکن است تعداد سفارش در سال یعنی $\frac{D}{Q}$ عدد معینی باشد در این صورت براحتی مدل قابل خطی شدن می‌باشد).

منابع

- Amid A., Ghodsypour S.H., O' Brein C.O., (2006); "Fuzzy Multi objective Linear Model for Supplier Selection in a Supply chain", *International Journal of Production Economics*, 104 (2), December, pp. 394-407.
- Basnet, Ch. and Leang, J. M. Y. (2005); "Inventory lot- sizing with supplier selection", *Computers & Operations Research*, 32, pp. 1-14.
- Chen, C-T., Lin, C-T., Muang, S-F., (2005); "A Fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management", *International Journal of Production Economics*, Article in press
- Chodsypour, S. H., O'Brien, C. (1997); "A decision support system for reducing the number of suppliers and managing the supplier partnership in A JIT/ TQM environmaent", *The proceeding oF 3rd international symposium on logistics*, University oF Padua, Italy.
- DeBoer, Lutzen., Labro, Eva., Morlacchi, Pierangela. (2001); "A review oF methods supporting supplier selection", *European Journal oF Purchasing & Supply M*, 7, pp. 75-86.
- Franklin, Liu, F-H, Hai, H-L, (2005); "The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier", *International Journal of Production Economics*, (Article in press)
- Ghodsypour , S. H. and O'Brien, C. (2001); "The total cost of logistics in supplier selection, under conditions oF multiple souring, multiple criteria and capacity constraint", *International Journal oF Production Economics*, 73, pp. 15-27.
- Ghodsypour, S. H. and O'Brien, C. (1998); "A decision support system for supplier selection using onintegrated analytic hierarchy process and linear programing", *Internation Journal oF Production Economics*, 56-57, pp. 199-212.
- Hang Hong, G., Chanpark, S., Sikjang, D., Min Rho, H., (2005); "An effective supplier selection method for constructing a competitive supply-relationship", *Expert system with applications*, Article in press, pp. 1-11.

- Hong, J.D and Hayya, Jc (1992); "Just- in time purchasing single or multiple sourcing?", *International Journal oF Production Economics*, 27, pp. 175-181.
- Kumar, M., Vrat, P., and Shankar, R. (2004); "A Fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain", *Computers & industrial Engineering*, 46, pp. 58-69.
- Lee, E. K., Ha, S. and Kim, S. K. (2001); "Supplier selection and management system considering relationships in supply chain management", *IEEE Transactions on Engineering M*, 48 (39), pp. 307-318.
- Nair, Ng. (2002); *Resource Management*, India: Vikas Publishing House PVT.
- Zaim, S., Sevkil, M., Tarim, M., (2005); "Fuzzy analytic hierarchy based approach for supplier selection", Available at: www.Fatih-edu.tr/~msevkli/Fahp.pdf
- Zhang, Zho., Lei, J., Cao, N., To, K. and Ng. K., (2004); "Evolution oF supplier selection criteria and methods", pp. 1-19. [des2004].