

# مدلسازی غیرخطی کاهش زمان تأمین با لحاظ هزینه فشرده سازی در حالت منبع‌یابی چندگانه

مسعود ربیعه<sup>۱\*</sup>، مهران رضوانی<sup>۲</sup>، اصغر حق شناس<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری مدیریت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲. دانشجوی دکتری مدیریت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳. استادیار گروه مدیریت، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

دریافت: ۸۸/۲/۱۰

پذیرش: ۸۸/۱۲/۱

## چکیده

از عوامل مهم بقا در محیط پرقابیت امروزی، کاهش هزینه‌های تولید محصول درکنار افزایش کیفیت محصول و عملکرد مطلوب بنگاه در تحویل می‌باشد. انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب به شکل قابل ملاحظه‌ای بر سه عامل مذکور و به دنبال قابلیت رقابت‌پذیری سازمان اثرگذار خواهد بود. در بحث انتخاب تأمین‌کننده سه معیار هزینه، کیفیت و زمان تأمین از مهم‌ترین معیارها می‌باشد. با این حال در بیش‌تر مدل‌های انتخاب تأمین‌کننده فقط دو معیار اول مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این مطالعه معیار زمان تأمین و فشرده‌سازی آن در انتخاب تأمین‌کننده به‌طور ویژه مدنظر قرار گرفته است. به این منظور نخست یک مدل ریاضی مینا در حوزه فشرده‌سازی زمان تأمین لحاظ و با تغییراتی به یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی تبدیل می‌گردد. سپس مدل تغییر یافته به همراه یک مدل مینا در منبع‌یابی چندگانه مدنظر قرار گرفته و مدل ریاضی جدیدی از نوع برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط ارائه و با یک مثال عددی مورد آزمون و تأیید قرار می‌گیرد. به منظور ارزیابی عملکرد بیش‌تر، مدل بار دیگر بدون اعمال هزینه فشرده‌سازی (و به دنبال آن عدم کاهش زمان تأمین) حل و جواب به‌دست آمده با جواب قبلی مقایسه شده که نتایج بیانگر عملکرد مطلوب مدل می‌باشد. علاوه بر مثال عددی، مدل یک بار دیگر با داده‌های واقعی نیز مورد آزمون قرار گرفته که نتایج این مورد هم نشان از عملکرد مطلوب مدل دارد.

**کلیدواژه‌ها:** زمان تأمین، هزینه فشرده‌سازی، انتخاب تأمین‌کننده، منبع‌یابی چندگانه، مدل غیرخطی.

## ۱- مقدمه

در بیشتر صنایع، هزینه مواد خام و اجزای تشکیل دهنده محصول، قسمت عمده‌ای از بهای تمام شده محصول را در بر می‌گیرد [۱، صص ۱۹۹-۲۱۲]. در چنین شرایطی، بخش تدارکات می‌تواند نقشی کلیدی در کارایی و اثربخشی سازمان ایفا نماید و تأثیر مستقیمی بر کاهش هزینه‌ها، سودآوری و انعطاف‌پذیری داشته باشد [۲، صص ۱۵-۲۷]. در حقیقت انتخاب مجموعه مناسبی از تأمین‌کنندگان امری بسیار مهم و حیاتی در جهت موفقیت یک شرکت می‌باشد. به طوری که در طی سالیان طولانی بر انتخاب تأمین‌کننده تأکید شده است [۳، صص ۱-۱۹]. اساساً مسائل انتخاب تأمین‌کننده از دو نوع می‌باشند:

۱- انتخاب تأمین‌کننده زمانی که هیچ محدودیتی نداریم؛ به عبارتی هر کدام از تأمین‌کنندگان به تنهایی قادر هستند که نیازهای خریدار مانند میزان تقاضا، کیفیت، زمان تحویل و... را برآورده سازند (منبع‌یابی منفرد).

۲- انتخاب تأمین‌کننده در حالتی که محدودیت‌هایی در ظرفیت عرضه‌کننده، کیفیت محصول و ... وجود دارد؛ به عبارتی یک تأمین‌کننده به تنهایی قادر به برآورد احتیاجات خریدار نمی‌باشد (منبع‌یابی چندگانه) [۲، صص ۱۵-۲۷]. درخصوص منبع‌یابی چندگانه، تاکنون تحقیقات اندکی انجام شده و مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی محدودی برای تحلیل چنین تصمیماتی ارائه شده است. از مهم‌ترین تحقیقات در این خصوص، مدل ارائه شده به وسیله قدسی‌پور و ابرایان (۲۰۰۱) می‌باشد که دارای ویژگی‌های بارزی است [۳، صص ۱-۱۹]. این مدل، مدلی مبنا و قابل بسط است. با این وجود مفروضاتی دارد که آن را برای کاربرد در موقعیت‌های دنیای واقعی با محدودیت‌هایی مواجه ساخته است؛ از جمله تقاضا را معین فرض می‌کند و بحث زمان تأمین و نقطه سفارش مجدد را در نظر نمی‌گیرد. از طرفی با بررسی پیشینه تحقیقات مرتبط با انتخاب تأمین‌کننده قابل استنباط است که تحقیقات بسیار اندکی درخصوص مباحث آمار و احتمالات در انتخاب تأمین‌کننده انجام شده است [۴، صص ۷۵-۸۶]. در واقع زمانی که تقاضای زمان تأمین و به طور کلی تقاضا احتمالی باشد، برای جلوگیری از کمبود احتمالی لازم است مقداری ذخیره احتیاطی<sup>۱</sup> در انبار نگهداری شود که این مقدار تابعی از زمان تأمین و واریانس (نوسان) تقاضا است. این مقدار ذخیره احتیاطی در طول زمان موجب تحمیل هزینه‌های نگهداری می‌شود. یکی از مزایای مهم کاهش زمان

تأمین، کاهش هزینه نگهداری مربوط به ذخیره احتیاطی است. علاوه بر این، کاهش زمان تأمین منافع و مزایای قابل توجهی به دنبال دارد که در برخی موارد این مزایا به دلیل شهودی بودن به راحتی قابل محاسبه نمی‌باشد. به منظور کاهش زمان تأمین اعمال هزینه‌ای با عنوان هزینه فشرده‌سازی زمان تأمین الزامی است. بررسی ادبیات موضوعی انتخاب تأمین‌کننده نشان‌دهنده آن است که تاکنون بحثی از کاهش زمان تأمین و هزینه فشرده‌سازی آن مطرح نشده است و در ادبیات موضوعی پیشین مدیریت موجودی در این خصوص تحقیقاتی محدود صورت پذیرفته است. در این تحقیق برای اولین بار به ارائه این بحث در مسائل انتخاب تأمین‌کننده پرداخته شده و تلاش شده است تا نارسایی‌های مبانی نظری مرتفع شود.

## ۲- پیشینه تحقیق

اولین تحقیق در زمینه انتخاب تأمین‌کنندگان توسط دیکسون در سال ۱۹۶۶ انجام شد و منجر به شناسایی و رتبه‌بندی ۲۳ معیار شد [۵، صص ۵-۱۷]. در سال ۱۹۹۱ وبر و همکارانش در مروری جامع ۷۴ مقاله را بررسی و آن‌ها را برحسب معیارهای دیکسون دسته‌بندی کردند [۶، صص ۲-۱۸]. سایر محققانی که در زمینه انتخاب تأمین‌کننده بررسی‌هایی را انجام داده‌اند عبارتند از بنتون (۱۹۹۱) [۷، صص ۱۹۵۳-۱۹۶۱]، هانگ و هایا (۱۹۹۲) [۸، صص ۱۷۵-۱۸۱]، قدسی‌پور و ابرایان (۱۹۹۷) [۹]، ورما و پولمن (۱۹۹۸) [۱۰، صص ۷۳۹-۷۵۰]، قدسی‌پور و ابرایان (۲۰۰۱) [۳، صص ۱-۱۹]، کومار و دیگران (۲۰۰۵) [۱۱، صص ۵۸-۶۹]، زعیم، همکاران (۲۰۰۵) [۱۲]، هانگ هونگ و همکاران (۲۰۰۵) [۱۳، صص ۱-۱۱]، چن و همکاران (۲۰۰۵) [۱۴]، باسنت و لونگ (۲۰۰۵) [۱۵، صص ۱-۱۴]، عمید و همکاران (۲۰۰۶) [۱۶، صص ۳۹۴-۴۰۷]، لین و چانگ (۲۰۰۷) [۱۷]، سوخکیان و همکاران (۱۳۸۶) [۱۸]، ربیعه و همکاران (۱۳۸۶) [۱۹]، ربیعه و همکاران (۱۳۸۶) [۲۰]، اسماعیلیان و همکاران (۱۳۸۸) [۲۱]. با توجه به وسعت ادبیات موضوع مورد بررسی در حوزه انتخاب تأمین‌کننده به اسامی محققان اکتفا شد. پیشینه مرتبط با کاهش زمان تأمین به اختصار به شرح ذیل می‌باشد:

سیلور و پیترسون (۱۹۸۵) زمان تأمین را به پنج قسمت (جزء) تقسیم کردند [۲۲]. لیا و شیو (۱۹۹۱) ضمن ارائه روشی برای تعیین زمان تأمین یک مدل موجودی احتمالی که مقدار سفارش را از پیش تعیین‌شده فرض کرده و زمان تأمین به‌عنوان تنها متغیر مدل لحاظ می‌گردد را ارائه نموده‌اند [۲۳، صص ۷۲-۷۸]. سایر محققان در این حوزه عبارتند از بن دایا

و راثوف (۱۹۹۴) [۲۴، صص ۵۷۹-۵۸۲]. اویانگ و همکاران (۱۹۹۶) [۲۵، صص ۸۷۵-۸۸۲]، مون و چوی (۱۹۹۸) [۲۶، صص ۱۰۰۷-۱۰۱۲]، هاریگا و بن دایا (۱۹۹۹) [۲۷، صص ۴۲-۵۱]، وو و اویانگ (۲۰۰۱) [۲۸، صص ۱۷۳-۱۸۵]، پن و همکاران (۲۰۰۲) [۲۹]. چانگ (۲۰۰۵) [۳۰، صص ۲۶۳-۲۷۲]. بررسی مبانی نظری و مطالعات صورت گرفته در حوزه کاهش زمان تأمین نشان می‌دهد که همه مدل‌های موجودی ارائه شده بدون لحاظ انتخاب تأمین‌کننده بوده و خلأ شدیدی در این خصوص احساس می‌گردد.

### ۳- مبانی نظری فشرده‌سازی زمان تأمین

اصول نهفته در تولید به‌موقع<sup>۱</sup> بیانگر این است که موجودی نشان‌دهنده عدم کارایی می‌باشد. تجربیات صنعتی موفق که از فلسفه‌های کنترل موجودی مانند تولید به‌موقع استفاده می‌کنند، نشان می‌دهند که مزایا و منافع به‌دست آمده از این فلسفه مرتبط با تلاش‌هایی است که درخصوص کنترل زمان تأمین صورت گرفته است. در حقیقت، زمان تأمین نقش مهمی را ایفا می‌کند و موضوعی است که مورد علاقه بسیاری از نویسندگان در مدیریت موجودی می‌باشد. با این حال در بیش‌تر مسائل موجودی چه در مدل‌های قطعی و چه احتمالی، زمان تأمین به‌عنوان یک مقدار ثابت یا متغیری آماری غیرقابل کنترل لحاظ شده است. معمولاً زمان تأمین شامل اجزای زیر است: ارائه سفارش<sup>۲</sup> (تهیه سفارش)، نقل و انتقال سفارش<sup>۳</sup>، زمان تأمین عرضه‌کننده<sup>۴</sup>، زمان تحویل<sup>۵</sup> و زمان آماده‌سازی برای ساخت<sup>۶</sup> (زمان راه‌اندازی). اما در بسیاری از موقعیت‌های عملی، زمان تأمین قابل کنترل بوده و به‌عنوان یک متغیر تصمیم در مدل‌ها لحاظ می‌شود؛ به‌عبارتی زمان تأمین با اضافه‌شدن هزینه فشرده‌سازی قابل کاهش بوده و به‌دنبال سرمایه‌گذاری در ذخایر احتیاطی به‌منظور پاسخ‌گویی به تقاضای پیش‌بینی نشده در طول زمان تأمین کاهش پیدا می‌کند. درواقع با کاهش زمان تأمین علاوه بر کاهش ذخیره احتیاطی و فضای کم‌تر مورد نیاز ذخیره‌سازی، زیان‌های ناشی از کمبود موجودی به دلیل فروش‌های از دست رفته و به تعویق افتاده، فرسودگی و کهنگی ناشی از نگهداری موجودی در انبار و زمان پاسخ‌گویی به مشتریان را کاهش و سطح خدمت به مشتریان و در نتیجه توانایی رقابتی در کسب و کار افزایش پیدا می‌کند.

#### ۴- مدل مبنا در فشردگی‌سازی زمان تأمین (مدل بن دایا و رائوف) و مدل تغییر یافته

در رابطه با کاهش زمان تأمین به کمک هزینه فشردگی‌سازی، یک مدل عمومی توسط بن دایا و رائوف (۱۹۹۴) ارائه شد که مبنای مدل‌های بعدی در این زمینه می‌باشد. مدل مذکور دارای مفروضات و نمادهایی است که عبارتند از ۱- زمان تأمین دارای  $m$  جزء است که جزء  $j$ ام دارای یک مدت زمان حداقل  $a_j$  و یک مدت زمان نرمال  $b_j$  و هزینه فشردگی‌سازی  $c_j$  به ازای هر واحد زمان می‌باشد. برای سهولت  $c_j$  از ابتدا به این شکل مرتب می‌شود:  $c_1 \leq c_2 \leq \dots \leq c_j$ ، بنابراین شروع فشردگی‌سازی اجزای زمان تأمین از جزئی که دارای حداقل هزینه فشردگی‌سازی است، شروع می‌شود.

$$2- \text{طول زمان تأمین } = L = \sum_{j=1}^m a_j \leq L \leq \sum_{j=1}^m b_j = L_{max} \text{، همچنین تقاضا از یک}$$

توزیع نرمال با میانگین  $d$  و انحراف معیار  $\delta$  پیروی می‌کند.

۳- نقطه سفارش مجدد ( $r$ ):

نخیره احتیاطی (SS) + تقاضای مورد انتظار در طول زمان تأمین =  $r$

(انحراف معیار تقاضای زمان تأمین)  $\times k = SS$

که  $k$  به عنوان ضریب احتیاطی شناخته شده است. بنابراین:

$$ROP = r = dL + k\delta\sqrt{L} \quad (1)$$

۴-  $L_j$  = طول زمان تأمین اجزای ۱ و ۲ و ... تا  $m$  که فشردگی می‌شود؛ یعنی:

$$L_j = L_{MAX} - \sum_{k=1}^j (b_k - a_k) \quad (2)$$

$$R(L) = \sum_{k=1}^{j-1} c_k (b_j - a_j) + c_j (L_{j-1} - L) \quad (3)$$

$R(L)$  = هزینه فشردگی‌سازی زمان تأمین،  $A$  = هزینه سفارش‌دهی برای هر دوره،  $h$  =

هزینه نگهداری موجودی در سال در قالب واحد پولی و  $k(Q,L)$  = هزینه مرتبط کل به طوری که  $Q$  عبارت است از اندازه سفارش

هزینه سفارش دهی + هزینه نگهداری موجودی + هزینه فشردگی‌سازی زمان تأمین =  $K(Q,L)$

بنابراین خواهیم داشت که:

$$K(Q, L) = A \frac{D}{Q} + h \left( \frac{Q}{\gamma} + K \delta \sqrt{L} \right) + \frac{D}{Q} R(L) \quad (4)$$

و داریم:

$$L_j \leq L \leq L_{j-1} \quad (5)$$

به منظور حل مدل مذکور الگوریتمی ارائه شده است. در رابطه با مفروضات مذکور انتقادات زیر قابل ارائه می باشد که با رفع آنها می توان به یک مدل برنامه ریزی غیرخطی تغییر یافته متناسب با شرایط واقعی دست پیدا کرد:

۱- فرض اول، یعنی  $C_1 \leq C_2 \leq \dots \leq C_j$  همیشه نمی تواند چنین باشد، به خصوص در موارد عملی و واقعی. برای نمونه در عمل ممکن است  $C_1$  از  $C_2$  کم تر باشد که این نارسایی در مدل تغییر یافته بر طرف شده است.

۲- در مدل مذکور عبارت (۳) چنان مدلسازی شده که اگر بخواهیم جز  $k$  ام را فشرده سازی کنیم باید آن را به طور کامل و تا حد ممکن، یعنی  $(b_k - a_k)$  فشرده کنیم که در این صورت ممکن است از بهینه بودن دور شده چرا که ممکن است با مقدار فشرده سازی کم تر از  $(b_k - a_k)$  نیز به این مطلوب دست پیدا کرد. این مشکل در قالب یک مدل غیرخطی اصلاح شده به طوری که (مدل بن دایا و رائوف تغییر یافته)

$$\text{Min} K(Q, L) = A \frac{D}{Q} + h \left( \frac{Q}{\gamma} + K \delta \sqrt{L} \right) + \frac{D}{Q} R(L)$$

s.t:

$$\sum_{j=1}^m a_j \leq L \leq \sum_{j=1}^m b_j$$

$$L = \sum_{j=1}^m a_j \leq L \leq \sum_{j=1}^m b_j$$

$$a_j \leq L_j \leq b_j, j = 1, 2, \dots, m, \dots, j$$

$$R(L) = \sum_{j=1}^m (b_j - L_j) c_j$$

$$L'_j = b_j - L_j$$

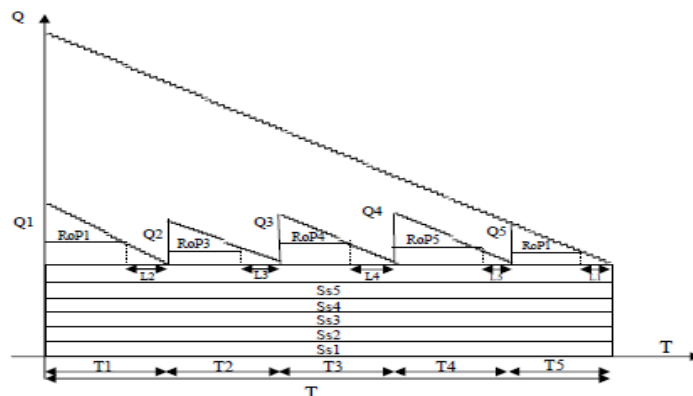
$$Q \leq D$$

عدد صحیح و  $Q, L, L'_j \geq 0$ , و  $L_j \geq 0$

تمام متغیرها و پارامترهای مدل تغییر یافته بجز متغیر  $L'_j$  که بیانگر میزان فشرده‌سازی زمان تأمین برای جزء  $j$ ام است، همگی در مدل بن دایا و راثوف وجود دارد و متغیر  $L'_j$  نیز متغیری است که در مدل نقش چندانی نداشته و در جهت سهولت اطلاعاتی ارائه شده و محدودیت مربوط به آن، یعنی  $L'_j = b_j - L_j$  قابل حذف می‌باشد. با الهام از مدل مذکور، مدلسازی را در فضای انتخاب تأمین‌کننده و کنترل موجودی انجام می‌دهیم.

### ۵- مدل بسط یافته در منبع‌یابی چندگانه

شکل زیر بیانگر شمای ترسیمی مدل بسط یافته در منبع‌یابی چندگانه است.



شکل ۱ شمای ترسیمی مدل بسط یافته

در مدل مبنای منبع‌یابی چندگانه تقاضا در طی زمان تغییرناپذیر بوده و احتمالی نیست. در بسیاری از موارد دنیای واقعی تقاضای فرایند یکنواختی را طی نکرده و دچار تغییرپذیری در واحد زمان می‌باشد. از این رو باید ذخیره احتیاطی را که تابع زمان تأمین است، لحاظ کرده تا با کمبود موجودی مواجه نشویم. در مدل بسط یافته، تقاضا در هر واحد زمان نامعین و احتمالی بوده و فرایند یکنواختی را طی نمی‌کند. با لحاظ متفاوت بودن ذخیره احتیاطی ( $SS_i$ ) هر تأمین‌کننده (با توجه به زمان تأمین و  $k_i$ ، یعنی عامل احتیاطی متفاوت) و به دنبال آن هزینه فشرده‌سازی متفاوت برای هر تأمین‌کننده، زمان تأمین و کاهش آن می‌تواند به عنوان عامل و معیاری جدید در بحث انتخاب تأمین‌کننده لحاظ شود.



## ۶- مفروضات مدل

عدم محدودیت فضای انبار، ثبات قیمت و هزینه‌ها در طول سال، دریافت آنی، مصرف تدریجی، تقاضای احتمالی و تقاضا در طول زمان تأمین دارای توزیع نرمال، کمبود، غیرمجاز است، هر تأمین‌کننده یک زمان تأمین ( $L_{ij}$ ) دارد که در طول هر دوره سفارش ثابت می‌باشد، زمان تأمین هر تأمین‌کننده با دیگری ممکن است به دلایلی چون فاصله مکانی، نوع سیستم تولیدی، سطوح اتوماسیون اداری هر تأمین‌کننده سیستم‌های حمل‌ونقل موجود برای ارتباط با تأمین‌کننده متفاوت باشد.

## ۷- پارامترها و متغیرهای مدل

مجموع مقادیر سفارش صادره برای همه عرضه‌کنندگان	= Q	تقاضای سالیانه	= D
مقدار سفارش تخصیص داده شده برای عرضه‌کننده $i$ ام	= $Q_i$	طول هر دوره سفارش	= T
مدت زمان مربوط به عرضه‌کننده $i$ ام در هر دوره سفارش	= $T_i$	تعداد عرضه‌کنندگان	= n
درصدی از Q که به عرضه‌کننده $i$ ام تخصیص پیدا می‌کند.	= $X_i$	هزینه نگهداری موجودی	= r
ظرفیت سالیانه عرضه‌کننده $i$ ام	= $C'_i$	قیمت تأمین‌کننده $i$ ام	= $P_i$
هزینه سفارش‌دهی عرضه‌کننده $i$ ام	= $A_i$	مقدار ذخیره اطمینان	= SS
مدت زمان نرمال جزء $i$ ام زمان تأمین‌کننده $i$ ام	= $b_{ij}$	مقدار ذخیره اطمینان تأمین‌کننده $i$ ام	= $SS_i$
مدت زمان حداقل جزء $i$ ام زمان تأمین‌کننده $i$ ام	= $a_{ij}$	هزینه فشرده‌سازی هر واحد زمانی جزء $i$ ام	= $C_{ij}$
		طول جزء $i$ ام زمان تأمین‌کننده $i$ ام که تا حد ممکن فشرده می‌شود.	= $L_{ij}$



## ۸- مدل‌سازی

### ۸-۱- تابع هدف مدل

تابع هدف مدل از نوع حداقل‌کردن هزینه و شامل چندین نوع هزینه می‌باشد: هزینه خرید (قیمت)، هزینه حمل‌ونقل، هزینه سفارش‌دهی، هزینه نگهداری و هزینه فشرده‌سازی زمان تأمین. در این صورت هزینه کل خرید سالیانه<sup>۹</sup> عبارت است از: هزینه قیمت خرید سالیانه + هزینه نگهداری سالیانه + هزینه سفارش سالیانه + هزینه فشرده‌سازی زمان تأمین. با لحاظ این‌که در مدل ارائه‌شده، تقاضا در طی زمان ثابت نیست. با این فرض که تقاضا در طول زمان تأمین از توزیع نرمال پیروی می‌کند، بنابراین تقاضای روزانه (تقاضا در طول زمان تأمین)، بر مبنای واحد زمانی (روز) دارای میانگین  $d$  و انحراف معیار  $\delta$  می‌باشد.

#### ۸-۱-۱- هزینه قیمت خرید سالیانه<sup>۹</sup>

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

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i, \quad Q_i = X_i Q, \quad T_i = X_i T, \quad 0 \leq X_i \leq 1, \quad \sum_{i=1}^n X_i = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6, 7, 8, 9, 10)$$

با لحاظ این‌که مقدار سالیانه خرید از تأمین‌کننده  $i$ ام،  $X_i D$  و قیمت محصول تأمین‌کننده  $P_i$  است، هزینه خرید سالیانه عبارت است از:

$$APC = \sum_{i=1}^n X_i P_i D \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

#### ۸-۱-۲- هزینه سفارش‌دهی سالیانه<sup>۱۰</sup>

هزینه سفارش سالیانه عبارت است از:

$$\text{تعداد دفعات سفارش در سال} \times (\text{هزینه سفارش هر دوره سفارش}) = \text{هزینه سفارش سالیانه}$$

$$AOC = (OCP) \times \frac{1}{T} \Rightarrow AOC = \left( \sum_{i=1}^n A_i Y_i \right) \frac{1}{T} = \left( \sum_{i=1}^n A_i Y_i \right) \frac{D}{Q} \quad \text{و} \quad (12), (13)$$

#### ۸-۱-۳- هزینه نگهداری سالیانه<sup>۱۱</sup>

با توجه به توضیحات در خصوص مدل‌ها و با ملاحظه شکل ترسیمی هزینه نگهداری در این



مدل شامل دو بخش می‌باشد که عبارت است از:

$$\text{هزینه نگهداری مربوط به SS} + \text{هزینه نگهداری مربوط به مقدار سفارش } \left(\frac{Q}{\gamma}\right) =$$

هزینه کل نگهداری

$$1-3-1-8 \quad \frac{Q}{\gamma} \text{ هزینه نگهداری سالیانه مربوط به } \frac{Q}{\gamma}$$

(با لحاظ این‌که  $h_i = rp_i$ ) هزینه نگهداری مربوط به  $\frac{Q}{\gamma}$  هر تأمین‌کننده در هر دوره سفارش

عبارت است از:

تأمین‌کنندگان	زمان	میانگین موجودی	$T_i$ هزینه نگهداری موجودی در زمان
i	$T_i$	$X_i \frac{Q}{\gamma}$	$(X_i \frac{Q}{\gamma}) rp_i$

بنابراین هزینه کل نگهداری در هر دوره سفارش عبارت است از:

$$THCP \frac{Q}{\gamma} = \sum_{i=1}^n X_i \frac{Q}{\gamma} rp_i T_i$$

$$T_i = \frac{Q_i}{D} = \frac{X_i Q}{D} \quad (14)$$

و خواهیم داشت:

$$THCP \frac{Q}{\gamma} = \frac{rQ}{\gamma D} \sum_{i=1}^n X_i^2 P_i \quad (15)$$

و داریم:

$$= (\text{تعداد دفعات سفارش در سال}) \times (\text{هزینه نگهداری هر دوره سفارش}) =$$

هزینه کل نگهداری سالیانه

و بنابراین:

$$AHC \frac{Q}{\gamma} = (THCP \frac{Q}{\gamma}) \frac{1}{T} = (THCP \frac{Q}{\gamma}) \frac{1}{\frac{Q}{\gamma D}} \Rightarrow AHC \frac{Q}{\gamma} = \frac{rQ}{\gamma} \sum_{i=1}^n X_i^2 P_i \quad (16)$$

$$1-3-2-8 \quad \text{هزینه نگهداری سالیانه مربوط به ذخیره احتیاطی (SS)}$$

با لحاظ متفاوت بودن کیفیت کالای مربوط به هر تأمین‌کننده باید ذخیره احتیاطی از جنس

کالای همان تأمین‌کننده نگهداری شود و خواهیم داشت:

$$SS_i = K_i \delta \sqrt{L_i} \quad (۱۷)$$

قابل ذکر است که اگر  $k$  را برای همه تأمین‌کنندگان یکسان در نظر بگیریم، اشکالی در مدلسازی وارد نخواهد کرد. از طرفی با توجه به مدل بن دایا و راثوف تغییر یافته، داریم که:

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} \leq L_i \leq \sum_{j=1}^m b_{ij} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (۱۸)$$

$$L_i = \sum_{j=1}^j L_{ij} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (۱۹)$$

$$a_{ij} \leq L_{ij} \leq b_{ij}, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n, \quad \forall j = 1, 2, \dots, m \quad (۲۰)$$

با لحاظ موارد مذکور هزینه نگهداری  $SS_i$  در هر دوره سفارش براساس جدول زیر می‌باشد.

تأمین‌کنندگان	زمان	میانگین موجودی	$T_i$ هزینه نگهداری موجودی در زمان
$i$	$T_i$	$X_i \frac{Q}{r}$	$(X_i \frac{Q}{r}) r p_i$

با توجه به این‌که  $SS_i$  در طی دوره سفارش تقریباً مقداری ثابت است، بنابراین زمان مربوط به تمام تأمین‌کنندگان برابر  $T$  و میانگین موجودی آن‌ها  $k_i \delta \sqrt{L_i}$  می‌باشد. بنابراین هزینه کل نگهداری ذخیره احتیاطی در هر دوره سفارش عبارت است از:

$$THCP_{SS} = \frac{rQ\delta}{D} \sum_{i=1}^n (K_i \sqrt{L_i}) p_i \quad (۲۱)$$

$$T = \frac{Q}{D} \quad \text{و} \quad THCP_{SS} = \sum_{i=1}^n (K_i \delta \sqrt{L_i}) r p_i \quad (۲۲)$$

نکته: با توجه به این‌که اگر تأمین‌کننده‌ای انتخاب نشود و به عبارتی هیچ‌گونه خریدی از آن صورت نگیرد، بنابراین هیچ ذخیره احتیاطی هم نخواهد داشت و هزینه نگهداری ذخیره احتیاطی هم نباید برای آن تأمین‌کننده محاسبه نگردد و برای رفع این مشکل از متغیر  $Y_i$  از نوع صفر و یک - که در بخش محاسبه هزینه سفارش‌دهی لحاظ گردید - کمک گرفته و داریم:

$$THCP_{SS} = \frac{rQ\delta}{D} \sum_{i=1}^n Y_i K_i p_i \sqrt{L_i} \quad (23)$$

و هزینه نگهداری سالیانه ذخیره احتیاطی عبارت است از:

$$AHC_{SS} = (THCP_{SS}) \frac{1}{T} = (THCP_{SS}) \frac{1}{Q} = r\delta \sum_{i=1}^n Y_i K_i p_i \sqrt{L_i} \quad (24)$$

و هزینه نگهداری سالیانه کل عبارت است از:

$$AHC = AHC_{\frac{Q}{\gamma}} + AHC_{SS} = r \left( \frac{Q}{\gamma} \sum_{i=1}^n X_i \gamma p_i + \delta \sum_{i=1}^n Y_i K_i p_i \sqrt{L_i} \right) \quad (25)$$

#### ۸-۱-۴- هزینه سالیانه فشرده سازی زمان تأمین

با لحاظ مدل بن دایا و راثوف تغییر یافته (با توجه به بحث چندین تأمین کننده در این تحقیق) در این صورت به ازای زمان تأمین هر تأمین کننده هزینه فشرده سازی در هر دوره سفارش عبارت است از:

$$R(L_i) = \sum_{j=1}^m (b_{ij} - L_{ij}) c_{ij} \quad (26)$$

با توجه به این که در هر دوره سفارش  $n$  تأمین کننده داریم، هزینه کل فشرده سازی زمان تأمین برای تمام تأمین کنندگان به این شکل خواهد بود:

$$\sum_{i=1}^n R(L_i) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (b_{ij} - L_{ij}) c_{ij} Y_i \quad (27)$$

و هزینه کل سالیانه فشرده سازی زمان تأمین<sup>۱۲</sup> عبارت است از:

(تعداد دفعات سفارش در سال) × (هزینه کل فشرده سازی در هر دوره سفارش) =

هزینه کل سالیانه فشرده سازی

$$TACC = \left( \sum_{i=1}^n R(L_i) \right) \frac{D}{Q} = \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (b_{ij} - L_{ij}) c_{ij} Y_i \right) \frac{D}{Q} \quad (28)$$

بنابراین تابع هدف مدل یا هزینه کل سالیانه عبارت است از:

$$TAC = \sum_{i=1}^n X_i p_i D + \frac{D}{Q} \left( \sum_{i=1}^n A_i Y_i \right) + r \left( \frac{Q}{\gamma} \sum_{i=1}^n X_i \gamma p_i + \delta \sum_{i=1}^n Y_i K_i p_i \sqrt{L_i} \right) + \frac{D}{Q} \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (b_{ij} - L_{ij}) c_{ij} Y_i \right) \quad (29)$$

### ۲-۸- محدودیت‌های مدل

محدودیت‌های مهم این مدل عبارت است از محدودیت‌های تقاضای سالیانه و کیفیت، ظرفیت سالیانه تأمین‌کننده تخصیص یافته به شرکت خریدار و محدودیت‌های مرتبط با کاهش زمان تأمین که در فرایند مدلسازی تابع هدف ذکر شد.

### ۱-۲-۸- محدودیت تقاضا

$$\sum_{i=1}^n X_i D = D \quad i=1,2,\dots,5 \quad \sum_{i=1}^n X_i = 1 \quad i=1,2,\dots,5 \quad (30)$$

### ۲-۲-۸- محدودیت کیفیت

اگر  $q_a$  حداقل نرخ قابل قبول کیفی خریدار باشد، مجموع کالاهای خریداری شده از عرضه‌کنندگان با درجه کیفی خاص هر کدام باید از  $q_a$  بیشتر باشد. با فرض این‌که  $q_i$  نرخ کیفی کالای عرضه‌کننده نام باشد و میزان خرید سالیانه  $X_i D$  باشد، محدودیت کیفیت به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\sum_{i=1}^n Y_i X_i D q_i \geq q_a D \quad (31, 32)$$

$$\sum_{i=1}^n Y_i X_i q_i \geq q_a$$

### ۳-۲-۸- محدودیت ظرفیت هر تأمین‌کننده

$$X_i D \leq C'_i \quad (33)$$

### ۴-۲-۸- محدودیت حداقل سفارش تخصیصی به عرضه‌کنندگان

با توجه به هزینه‌های حمل‌ونقل برای اغلب شرکت‌ها به لحاظ اقتصادی دریافت مواد کم‌تر از یک حد تعیین شده با توجه به هزینه‌های حمل و نقل مقرون به صرفه نیست. از این رو چنانچه مدل مقداری کم‌تر از  $\beta$  به یک عرضه‌کننده تخصیص دهد، باید از آن عرضه‌کننده چیزی خریداری نشود. بنابراین داریم:

$$(Q_i - \beta_i) Y_i + (\beta_i - Q_i) (1 - Y_i) \geq 0 \quad (34)$$



### ۸-۲-۵- 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 باشد:

$$X_i \geq \varepsilon Y_i \quad (35)$$

$$X_i \leq Y_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (36)$$

که  $\varepsilon$  اندکی از صفر بزرگتر است .

### ۸-۲-۶- محدودیت‌های مرتبط با زمان تأمین

با توجه به مباحث مطرح شده در مدل بهبودیافته و مباحث مرتبط با هزینه نگهداری مربوط به ذخیره احتیاطی، محدودیت‌هایی در خصوص اعمال متغیر  $L_i$ ، یعنی زمان تأمین در تابع هدف مدل باید در نظر گرفته شود :

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} \leq L_i \leq \sum_{j=1}^m b_{ij} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (37)$$

$$L'_{ij} = b_j - L_j \quad (38)$$

$$L_i = \sum_{j=1}^m L_{ij}, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (39)$$

$$a_{ij} \leq L_{ij} \leq b_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (40)$$

$$L'_{ij} = b_{ij} - L_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (41)$$

$$L'_{ij} = b_{ij} - L_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (42)$$

و محدودیت اضافی زیر در راستای دسترسی به اطلاعات اضافی درخصوص میزان فشرده‌سازی جزء  $Z$  زمان تأمین‌کننده  $Z$  ام ارائه می‌شود:

$$L'_{ij} = b_j - L_j \quad (43)$$

نکته: چنانچه در دنیای واقعی مسئله به شکلی باشد که بخواهیم زمان تأمین جزء  $Z$  کاهش داده شود، باید به‌طور کامل آن را کاهش داد یا اصلاً آن را کاهش نداد، به این ترتیب محدودیت زیر اضافه می‌شود:

$$L'_{ij} = Z a_{ij} + (1 - Z) b_{ij} \quad (44)$$

## ۹- مدل ابداعی

$$\begin{aligned}
 \text{MinTAC} &= \sum_{i=1}^n X_i P_i D + \frac{D}{Q} \left( \sum_{i=1}^n A_i Y_i \right) + r \left( \frac{Q}{\gamma} \sum_{i=1}^n X_i \gamma p_i + \delta \sum_{i=1}^n Y_i K_i p_i \sqrt{L_i} \right) + \frac{D}{Q} \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (b_{ij} - L_{ij}) c_{ij} Y_i \right) \\
 \sum_{i=1}^n X_i q_i &\geq q_a \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 X_i D &\leq C' \\
 (Q_i - B) Y_i + (B - Q_i)(1 - Y_i) &\geq 0, i = 1, 2, \dots, n \\
 \sum_{j=1}^m a_{ij} \leq L_i \leq \sum_{j=1}^m b_{ij} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \\
 L_i &= \sum_{j=1}^m L_{ij}, \forall i = 1, 2, \dots, n \\
 a_{ij} \leq L_{ij} \leq b_{ij}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m \\
 L'_{ij} &= b_{ij} - L_{ij}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m \\
 \sum_{i=1}^n X_i &= 1 \\
 Q_i &= X_i Q, i = 1, 2, \dots, n \\
 X_i &\leq Y_i \\
 X_i &\geq \varepsilon Y_i \\
 Q &= \sum_{i=1}^n Q_i \\
 L_{ij} \geq 0, X_i, Q, L_i, &\geq 0, Y_i = 0, 1, \dots, \text{ عدد صحیح}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m
 \end{aligned}$$

## ۱۰- مثال عددی (مطالعه موردی)

اطلاعات زیر در مورد یک شرکت تولیدی فرضی در دسترس می‌باشد. مدیریت شرکت تصمیم گرفته است که با لحاظ استراتژی کاهش زمان تأمین به سوی فلسفه‌های تولیدی به‌موقع و چابک گام بردارد و بتواند علاوه بر پاسخگوبودن به مشتریان و حداقل کردن هزینه‌های کل خرید، یکی از مواد اولیه استراتژیک را نیز دنبال کند. در این مطالعه موردی فرض بر این است که زمان تأمین شامل سه جزء تهیه و ارسال سفارش، زمان تأمین کالا در

سازمان وابسته به تأمین کننده و حمل و نقل و بارگیری تا مقصد باشد. روزهای کاری این شرکت تولیدی با محاسبه تعطیلات سالیانه ۳۰۰ روز کاری در نظر گرفته و خواهیم داشت:

$$D=12000 \quad r=0/16 \quad q=0/95 \quad n=5 \quad \delta=12 \quad \text{واحد در روز}$$

در این شرکت تقاضای روزانه برای ماده استراتژیک به دلیل تغییرات در تقاضای محصول نهایی در بازار (حالت سفارشی بودن محصول) و واردی چون نگهداری و تعمیرات دارای تغییرپذیری بوده و از توزیع نرمال پیروی می کند.

جدول ۳ اطلاعات تأمین کنندگان

تأمین کنندگان	قیمت تمام شده ( $p_i$ )	هزینه هر بار سفارش	نرخ کیفیت	ظرفیت	ضریب ایمنی ( $K_i$ )	$\beta_i$
۱	۳۰۰	۳۲۰۰	۰/۹۲	۳۹۰۰	۲	۱۰۰
۲	۳۱۰	۳۳۰۰	۰/۹۳	۴۰۰۰	۲/۳	۱۵۰
۳	۳۸۰	۳۰۰۰	۰/۹۶	۴۶۰۰	۲/۲	۲۰۰
۴	۳۶۰	۳۱۰۰	۰/۹۴	۴۶۰۰	۲/۵	۱۸۰
۵	۴۰۰	۲۸۰۰	۰/۹۸	۴۸۰۰	۲/۱	۲۵۰

جدول ۴ اطلاعات اجزای زمان تأمین هر تأمین کننده

i	جزء (j) زمان				i	جزء (j) زمان				i	جزء (j) زمان				i	جزء (j) زمان								
	bij	aij	cij	ij		bij	aij	cij	ij		bij	aij	cij	ij		bij	aij	cij	ij					
۱	۱	۱۰	۲	۱۰	۲	۱	۱۵	۳	۱۲	۳	۱	۱۲	۵	۱۴	۴	۱	۱۴	۴	۲۵	۵	۱	۱۷	۴	۲۰
	۲	۱۵	۵	۱۵		۲	۲۰	۷	۱۶		۲	۲۵	۱۰	۱۸		۲	۲۲	۸	۲۲		۲	۱۹	۵	۱۸
	۳	۱۵	۳	۱۴		۳	۱۵	۹	۱۴		۳	۱۵	۵	۲۰		۳	۱۰	۸	۲۰		۳	۱۸	۱۰	۳۰

### ۱۱- مطالعه موردی (شرکت تولیدکننده باتری)

یک شرکت تولیدکننده باتری در ایران به منظور تأمین یک قطعه کلیدی محصول نهایی (جعبه باتری) به دنبال یافتن بهترین تأمین کنندگان و تخصیص سفارش بهینه به آنها با توجه به شاخصهای مورد نظر مدیریت می باشد، به نحوی که هزینه کل خرید با لحاظ محدودیت های موجود در حداقل ممکن قرار گیرد. علاوه بر این شرکت به دنبال آن است تا زمان تأمین قطعه



خود را به حداقل رسانده تا از یک طرف به سمت و سوی فلسفه تولید به موقع گام برداشته و از طرفی هزینه موجودی (ذخیره احتیاطی) را به حداقل برساند.

در این مطالعه موردی چهار تأمین‌کننده برای این قطعه وجود دارد، اما مدیریت معتقد است که به دلیل حفظ اطمینان در روابط بلندمدت تنها تمایل دارد که از دو تأمین‌کننده خرید کند. صاحب‌نظران شرکت معتقدند که تنها یکی از اجزای زمان تأمین که مربوط به وسیله نقلیه است، قابل کاهش می‌باشد؛ به عبارتی با تغییر وسیله نقلیه و اعمال هزینه بیشتر زمان تأمین قابل کاهش می‌باشد. در ضمن فشرده‌سازی در این حالت به نحوی قابل اعمال است که اگر قرار به فشرده‌سازی باشد باید به‌طور کامل انجام یا اصلاً فشرده‌سازی صورت نگیرد. از این رو باید محدودیت شماره ۴۴ به مدل اضافه شود. روزهای کاری این شرکت تولیدی را با محاسبه تمام تعطیلات سالیانه ۲۴۰ روز کاری در نظر گرفته سایر اطلاعات در زیر آورده شده است: واحد در روز  $\delta = 90$  و  $n = 4$  و  $q = 0/94$  و  $r = 0/18$  و  $D = 1200000$ . در این شرکت تقاضای روزانه برای قطعه به دلیل تغییرات در تقاضای محصول نهایی در بازار و مواردی چون نگهداری و تعمیرات و تغییر در نیروی انسانی در دسترس دچار نوسان بوده و از توزیع نرمال پیروی می‌کند.

جدول ۵ اطلاعات تأمین‌کنندگان

ضریب ایمنی ( $K_i$ )	ظرفیت	نرخ کیفیت	هزینه هر بار سفارش	قیمت تمام شده ( $p_i$ )	تأمین‌کنندگان
۲/۴	۵۰۰۰۰۰	۰/۹۷	۳۲۰۰۰۰۰	۸۷۰۰۰	۱
۲/۳	۶۵۰۰۰۰	۰/۹۵	۳۲۰۰۰۰۰	۸۶۵۰۰	۲
۲/۷	۱۴۰۰۰۰۰	۰/۸۸	۳۲۰۰۰۰۰	۸۶۰۰۰	۳
۲/۵	۹۰۰۰۰۰	۰/۹۲	۳۲۰۰۰۰۰	۸۴۰۰۰	۴

جدول ۶ اطلاعات اجزای زمان تأمین هر تأمین‌کننده

تأمین‌کنندگان	اجزای زمان تأمین ( $j$ )	مدت زمان نرمال (روز) $b_{ij}$	مدت زمان حداقل (روز) $a_{ij}$	هزینه‌های حمل و نقل با وسیله حمل و نقل فعلی به ازای هر ۱۰۰۰ قطعه	هزینه‌های حمل و نقل با وسیله حمل و نقل جدید و با سرعت حمل تندتر به ازای هر ۱۰۰۰ قطعه	هزینه فشرده‌سازی زمان تأمین به ازای هر روز ( $c_{ij}$ ) و هر جعبه
۱	۱	۴/۵	۳	۸۰۰۰۰۰۰	۹۶۰۰۰۰۰۰	۱۰۶۶/۷
۲	۱	۵	۳	۸۸۰۰۰۰۰	۱۱۰۰۰۰۰۰	۱۱۰۰
۳	۱	۳	۱	۶۹۰۰۰۰۰	۸۱۴۲۰۰۰	۶۲۱
۴	۱	۲	۱	۵۴۰۰۰۰۰	۶۲۱۰۰۰۰	۸۱۰

## ۱۲- حل مدل مثال عددی

پس از حل مدل مذکور به کمک نرم افزار lingo از نوع نسخه ۸ نتایج در جدول ۷ آورده شده است. نکته قابل توجه این که مدل مذکور یکبار به همین شکل ارائه شده و حل گردیده است (حل اول) و یکبار هم بدون اعمال فشرده سازی زمان تأمین حل گردیده (حل ۲) تا جوابها با یکدیگر قیاس شود. بنابراین مشخص می شود که میزان کاهش زمان تأمین تا چه میزان توانسته است در کاهش هزینه نگهداری و سفارش اثرگذار باشد. به منظور انجام حل ۲، هزینه فشرده سازی زمان تأمین، از تابع هدف مدل حذف و مقادیر زمان تأمین هر تأمین کننده برابر با حداکثر مقدار خود (زمان نرمال) قرار داده شده و سپس مدل حل گردد.

جدول ۷ نتایج حل مدل

متغیرها	حل ۱	حل ۲	متغیرها	حل ۱	حل ۲	متغیرها	حل ۱	حل ۲	متغیرها	حل ۱	حل ۲
$Q_1$	۸۸۵/۰۷۲۲	۸۱۱/۲۶۱۲	$L_{11}$	۸	۱۰	$X_1$	۰/۲	۰/۲	$L_{11}$	۲	۱۰
$Q_2$	۱۴۵۷/۱۲	۱۳۵۲/۱۰۲	$L_{21}$	۴	۱۷	$X_2$	-۰/۳۳۳۳۳	-۰/۲	$L_{12}$	۵	۱۵
$Q_3$	۲۹۵/۰۲۴۱	۲۷۰/۴۲۰۴	$L_{31}$	۵	۱۹	$X_3$	-۰/۰۶۶۶۷	-۰/۳۳۳۳۳	$L_{13}$	۳	۱۵
$Q_4$	۰	۰	$L_{41}$	۱۵	۱۸	$X_4$	۰	-۰/۰۶۶۶۷	$L_{21}$	۳	۱۵
$Q_5$	۱۷۷۰/۱۴۴	۱۶۲۲/۵۲۲	زمان فشرده شده $i=1$	۳۰	۰	$X_5$	۰/۴	۰	$L_{22}$	۷	۲۰
تابع هدف	۴۲۸۳۹۷۱	۴۲۹۰۴۳۶	زمان فشرده شده $i=2$	۳۱	۰	$Y_1$	۱	۱	$L_{23}$	۹	۱۵
هزینه سفارش	۳۳۳۵۳/۲۱	۳۶۳۸۷/۷۹	زمان فشرده شده $i=3$	۳۲	۰	$Y_2$	۱	۱	$L_{31}$	۵	۱۲
هزینه نگهداری	۶۰۲۷۳/۰۲	۷۰۰۴۷/۹۳	زمان فشرده شده $i=4$	۲۶	۰	$Y_3$	۱	۱	$L_{32}$	۱۰	۲۵
هزینه فشرده سازی	۶۲۴۵/۴۲۵	۰	زمان فشرده شده $i=5$	۳۰	۰	$Y_4$	۰	۱	$L_{33}$	۵	۱۵
هزینه خرید	۴۱۸۴۰۰۰	۴۱۸۴۰۰۰				$Y_5$	۱	۰	$L_{41}$	۴	۱۴
						$Q$	۴۴۲۵/۳۶	۴۰۵۶/۳۰۶	$L_{42}$	۸	۲۲

### ۱۳- حل مدل مورد مطالعه واقعی

جدول ۸ نتایج حل مدل

متغیرها	حل ۱	حل ۲	متغیرها	حل ۱	حل ۲
$X_1$	۰	۰/۲	$L_{11}$	۴/۵	۴/۵
$X_2$	۱/۶۶۶۶۶	۰/۲	$L_{21}$	۳	۵
$X_3$	۰	۰/۳۳۳۳۳	$L_{31}$	۳	۳
$X_4$	۱/۳۳۳۳۳	۰/۰۶۶۶۷	$L_{41}$	۱	۲
$Y_1$	۰	۰	Q	۴۲۲۷۱/۵۷	۴۲۲۷۱/۵۷
$Y_2$	۱	۱	$Q_1$	۰	۰
$Y_3$	۰	۰	$Q_2$	۲۸۱۸۱/۰۵	۲۸۱۷۴/۰۵
$Y_4$	۱	۱	$Q_3$	۰	۰
مقدار تابع هدف (هزینه کل)	۱۰۳۱۷۴۰۰۰۰۰۰	۱۰۳۱۷۵۰۰۰۰۰	$Q_4$	۱۴۰۹۰/۵۲	۱۴۰۸۷/۲۱
هزینه فشرده سازی	۸۵۴۴۷/۵	۰	هزینه نگهداری ذخیره احتیاطی	۱۰۴۸۱۷۸۰	۱۴۰۲۰۹۸۰
میزان زمان فشرده شده برای تامین کننده اول	۰	۰	میزان زمان فشرده شده برای تامین کننده دوم	۲	۰
میزان زمان فشرده شده برای تامین کننده سوم	۰	۰	میزان زمان فشرده شده برای تامین کننده چهارم	۱	۰

از جدول ۸ مشاهده می‌شود که صرفه‌جویی ناشی از فشرده‌سازی زمان تأمین (که در ستون حل ۱ جدول فوق آمده است) به میزان ۳۴۵۰۰۰۰ می‌باشد که ۲۴/۶ درصد مقدار هزینه نگهداری ذخیره احتیاطی، یعنی (۱۴۰۲۰۹۸۰) است. این صرفه‌جویی به لحاظ درصد بسیار قابل توجه می‌باشد. اگر این صرفه‌جویی در همه یا حداقل قطعات مهم به‌کار آید، بسیار قابل ملاحظه‌تر خواهد بود.

### ۱۴- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حل مدل ابداعی (حل ۱ و ۲) در جدول ۷ و با توجه به جدول ۴ به نتایج زیر می‌توان دست پیدا کرد: (تفسیر مثال عددی)

- ۱- مقدار تابع هدف مدل اصلی نسبت به حل ۲ با اعمال فشرده‌سازی زمان تأمین بهبودی (کاهش در هزینه) به میزان ۶۴۶۵ (۴۲۸۳۹۷۰-۴۲۹۰۴۳۶) واحد پولی را نشان می‌دهد.
- ۲- با لحاظ این‌که هزینه خرید (حل ۱ و ۲) یکسان است، از این رو کاهش هزینه کل مربوط



به سایر هزینه‌ها است.

۳- با اعمال هزینه فشرده‌سازی در مدل ابداعی، کاهش در هزینه نگهداری مشهود است. درحقیقت مجموع هزینه نگهداری و سفارش در حل ۱ نسبت به حل ۲ به میزان ۱۲۸۰۹/۵ واحد پولی کاهش در هزینه را نشان می‌دهد که معادل تقریباً ۱۲ درصد کل هزینه نگهداری و سفارش در حل ۲ می‌باشد. از این میزان کاهش در هزینه، ۶۳۴۵/۵ صرف هزینه فشرده‌سازی زمان تأمین شده و خالص کاهش هزینه در حل ۱ نسبت به حل ۲ به میزان ۶۴۶۴ واحد پولی بوده که معادل تقریباً ۶ درصد کل هزینه نگهداری و سفارش حل ۲ می‌باشد. به‌طور خلاصه با صرف ۶۳۴۵/۵ واحد پولی مبلغ ۱۲۸۰۹/۵ عایدی کسب شده است.

۴- مقادیر  $Y_i$  و  $Q_i$  های به‌دست آمده از حل ۱ و ۲ با یکدیگر متفاوت بوده و این نشان می‌دهد که اعمال هزینه فشرده‌سازی و کاهش زمان تأمین بر انتخاب تأمین‌کنندگان و میزان تخصیص سفارش ( $Q_i$ ) به آن‌ها اثرگذار بوده است.

۵- میزان فشرده‌سازی زمان تأمین برای تمام تأمین‌کنندگان به غیر از تأمین‌کننده پنجم به‌طور کامل انجام شده است که این تأییدی بر قابلیت مدل در عدم فشرده‌سازی کامل است.

۶- صرف نظر از این مثال عددی در مثال‌های دیگر و در موارد عملی از جمله هزینه‌های مهم شرکت‌ها، هزینه نگهداری است و مبلغ قابل ملاحظه‌ای را به خود اختصاص می‌دهد. از این رو می‌توان با اعمال هزینه فشرده‌سازی زمان تأمین کاهش قابل توجهی را در هزینه‌های نگهداری عاید شرکت‌ها نمود. صرف نظر از این‌که در تابع هدف، این مدل تنها رابطه کاهش زمان تأمین با هزینه نگهداری مرتبط با ذخیره احتیاطی بررسی شد اما بسیاری فواید نامشهود حاصل از زمان تأمین می‌تواند عاید شرکت شود که نتایج مهم آن افزایش در قابلیت پاسخ‌گویی شرکت و افزایش رقابت‌پذیری آن است. البته محاسبه این فواید نامشهود به راحتی با عدد و رقم قابل بیان نبوده و با تخمین و به کمک مفاهیم فازی می‌توان این فواید را به نوعی به عدد و رقم تبدیل کرد. به‌طور کلی کاهش زمان تأمین با صرف مقداری هزینه راهکاری عملی است که می‌تواند ما را در تحقق فلسفه‌های تولیدی به‌موقع و چابک کمک کرده و فواید غیرقابل محاسبه‌ای را نصیب شرکت سازد.

۷- در این‌جا بدبینانه‌ترین حالت در نگهداری میزان ذخیره احتیاطی لحاظ شد؛ به عبارتی برای هر تأمین‌کننده یک ذخیره احتیاطی در نظر گرفته شد که با تغییر اندکی در مدلسازی می‌توان ذخیره احتیاطی را فقط برای یک تأمین‌کننده دارای بالاترین خطرپذیری به لحاظ  $L_i$  و  $K_i$  است، در نظر گرفت. البته قابل توجه است که برای اعمال این نظر باید به کیفیت کالای

تأمین‌کننده هم توجه کرد؛ به عبارتی برای این مطالعه موردی (مثال عددی) تأمین‌کنندگان ۳ و ۵، کاندیداهای خوبی برای تحقق این هدف هستند، چرا که درصد کیفیت کالای آن‌ها از حداقل قابل قبول (۰/۹۵) بیشتر است، بنابراین می‌توانند به‌جای کالای بقیه تأمین‌کنندگان در ذخیره احتیاطی استفاده شوند.

۸- بحث زمان تأمین هر تأمین‌کننده و به‌خصوص هزینه فشرده‌سازی آن می‌تواند به‌عنوان معیاری مهم و کاملاً جدید در ادبیات موضوع انتخاب تأمین‌کنندگان مطرح شود.

۹- در این مدل معیار قابلیت اعتماد به هر تأمین‌کننده در قالب ضریب  $K_i$  اعمال شد. به‌طور کلی قابلیت انعطاف‌پذیری مدل بسیار بالا بوده و یک مدل انتخاب تأمین‌کننده-کنترل موجودی است که می‌تواند ما را در تحقق فلسفه‌های مهم تولیدی، یعنی به موقع و چابک موفق نماید. همچنین مدل ابداعی نسبت به مدل مبنا (مدل قدسی‌پور و ابرایان) به دنیای واقعی نزدیک‌تر و قابلیت‌های فراوانی را در بردارد.

۱۰- واضح است که هرچه مقدار  $r$  یا  $\delta$  یا هر دو هم‌زمان افزایش پیدا کند، میزان صرفه‌جویی ناشی از اعمال فشرده‌سازی زمان تأمین بیشتر خواهد شد. به‌طور کلی مدل ابداعی علاوه بر داشتن ویژگی‌های دو مدل مبنا (مدل بن و رائوف و مدل مبنا در منبع‌یابی چندگانه) دارای ویژگی‌های بارزی است که قابلیت کاربرد آن در دنیای واقعی را بیشتر نمایان می‌سازد. شایان ذکر است که تمام تحلیل‌های صورت گرفته بر مبنای مثال عددی برای مورد مطالعه واقعی هم به‌طریق مشابه قابل تحلیل است.

#### ۱۴-۱- استنتاج‌های مدیریتی (قابلیت‌های کاربردی مدل در کمک به تصمیم‌گیری مدیران در حوزه تأمین)

- مدل قادر است که معیارهای چندگانه مثل هزینه، کیفیت، زمان تأمین و ... را در مسائل انتخاب تأمین‌کننده که مد نظر مدیریت است، لحاظ کند.

- مدیران را در راستای کاهش هزینه کل تدارکات (لجستیک) یاری رساند.

- قادر به محاسبه مقدار اقتصادی سفارش ( $Q^*$ ) در هر دو حالت منبع‌یابی چندگانه و منحصر به فرد حتی در حالات با محدودیت و بدون محدودیت است.

- مدل به مدیریت امکان می‌دهد تا استراتژی‌های شرکت در فعالیت تأمین مواد را اعمال کنند.

- مدل قادر است که یک برنامه زمان‌بندی ارائه دهند که به خریدار بگوید در چه موقع و



- چه مقدار باید از هر تأمین‌کننده خریداری کند.
- مدل برای مدیران کاربرپسند بوده و با استفاده از نرم‌افزارهایی چون لینگو، قابل حل و مدیریت تدارکات می‌تواند به آسانی از آن استفاده کنند.
- مدل قادر است دغدغه دیرینه مدیران در خصوص کاهش موجودی‌ها، اتخاذ راه کار عملی کاهش زمان تأمین و تحقق فلسفه‌های تولیدی به‌موقع و چابکی را کاهش دهد.
- مدل قادر است هم‌زمان دغدغه‌های دیرینه مدیران در کاهش زمان تأمین، کاهش موجودی‌ها، انتخاب تأمین‌کننده مناسب، تعیین مقدار اقتصادی سفارش و تحقق فلسفه‌های تولیدی به‌موقع و چابکی را مرتفع کند.

## ۱۵- پی‌نوشت‌ها

1. Safety stock: ss
2. Just in time: jit
3. Order preparation
4. Order transit
5. Supplier leadtime
6. Delivery time
7. Setup time
8. Total Annual Purchasing Cost: TAPC
9. Annual Purchasing Cost: APC
10. Annual Ordering Cost: AOC
11. Annual Molding cost: AHC
12. The Total Annual crashing cost: TACC

## ۱۶- منابع

- [1] Ghodsypour S. H., O'Brien C.; "A decision support system For supplier selection using on integrated analytic hierarchy process and linear programming"; *Internation Journal oF Production Economics*, 56-57, 1998.
- [2] Ghodsypour S. H., O'Brien C.; "The total cost of logistics in supplier selection, under conditions oF multiple souring, multiple criteria and capacity constraint"; *International Journal oF Production Economics*, Vol. 73, 2001.
- [3] Zhang Z., Lei J., Cao N., To K., Ng K.; "Evolution oF supplier selection criteria and methods", (www.google.com), 2004.

- [4] DeBoer L., Labro E., Morlacchi P.; "A review of methods supporting supplier selection"; *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7, 2001.
- [5] Dickson G.W.; "An analysis of vendor selection systems and management"; *Journal of Purchasing*, Vol. 2, No.1, 1966.
- [6] Weber C.A, Current J.R, Benton W.E.; "Vendor selection criteria and methods"; *European Journal of Operation Research*. Vol.50, 1991.
- [7] Benton W.C.; "Quantity discount decision under conditions of multiple items, multiple suppliers and resource limitation"; *International Journal of Production Economics*, Vol. 27, 1991.
- [8] Hong J.D , Hayya Jc.; Just- in time purchasing single or multiple sourcing?, *International Journal of Production Economics*, Vol. 27, 1992.
- [9] Chodsypour S. H., O'Brien C.; "A decision support system For reducing the number of suppliers and managing the supplier partnership in A JIT/ TQM environment"; *The proceeding of 3rd international symposium on logistics*, University of Padua, Italy, 1997.
- [10] Verma R.; A analysis of the supplier selection process; *Omega, International Journal Mgmt sci*, Vol. 6, 1998.
- [11] Kumar M., Vrat P., Shankar R.; A fuzzy goal programming approach For vendor selection problem in a supply chain; *Computers & industrial Engineering*, Vol. 46, 58-69, 2004.
- [12] Zaim S., Sevki M., Tarim M.; "Fuzzy analytic hierarchy based approach For supplier selection"; [www.Fatih-edu.tr/~msevki/Fahp.pdf](http://www.Fatih-edu.tr/~msevki/Fahp.pdf), 2005.
- [13] Hang Hong G., Chanpark S., Sikjang D., Min Rho H.; "An effective supplier selection method for constructing a competitive supply-relationship"; *Expert system with applications*, Article in Press, 2005.
- [14] Chen C-T., Lin C-T., Muang S-F.; "A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management"; *International Journal of Production Economics*, Article in Press, 2005.

- [15] Basnet Ch., leang J. M. Y.; Inventory lot- sizing with supplier selection; computers & operations research, Vol. 32, 2005.
- [16] Amid A., Ghodsypour S.H., O' Brein C.O.; "Fuzzy multiobjective linear model for supplier selection in a Supply chain"; *Int. Jour. of Production Economic*, N. 104, 2006.
- [17] Lin H.T., Chang W.L. , "Order selection and pricing methods using flexible quantity and fuzzy approach for buyer evaluation ", *European Journal of Operational Research*, Under Press, 2007
- [۱۸] سوخکیان م.ع.، ربیعه م. و افسر ا.: «طراحی مدل کنترل موجودی در حالت منبع‌یابی چندگانه و رویکرد الگوریتم ژنتیک»؛ - مجله علمی- پژوهشی علوم اجتماعی و انسانی دانشگاه، ۱۳۸۶.
- [۱۹] ربیعه م.، سوخکیان م.ع.، احمد جعفرنژاد ا.: «طراحی مدل انتخاب تأمین‌کننده انطباق‌پذیر غیرخطی در حالت منبع‌یابی چندگانه- مطالعه موردی شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان»، پژوهشی پژوهشنامه بازرگانی، ۱۳۸۶.
- [۲۰] ر. م.، جعفرنژاد ا.، اسماعیلیان م.؛ «طراحی دو مدل غیر خطی انتخاب تأمین‌کننده ترکیبی در کنترل موجودی با لحاظ سرعت غیر یکسان برای محموله ارسالی»؛ پنجمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع - ۱۳۸۶.
- [۲۱] اسماعیلیان م.، ربیعه م.، جعفرنژاد ا.: «ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره عرضه در حالت منبع‌یابی منفرد با رویکرد TOPSIS فازی»؛ فصلنامه علمی - پژوهشی مدرس علوم انسانی- پژوهش‌های مدیریت در ایران، ۱۳۸۸.
- [22] Silver E.A., Peterson R.; Decision systems for inventory management and production Planning; Wiley, New York, 1985.
- [23] Liao C. J., Shyu C.H.; "An analytical determination of lead time with normal demand"; *International Journal of Operations & Production Management*, 11 (9), 1991.
- [24] Ben-daya M., Raouf A.; "Inventory models involving lead time as a decision



- variable"; *Journal of the Operational Research Society* 45 (5), 1994.
- [25] Ouyang L.Y., Wu, K.S.;"Mixture inventory model involving variable lead time with a service level constraint";*Computers and Operations Research* 24, 1997.
- [26] Moon, I., Choi, S.;"A note on lead time and distributional assumptions in continuous review inventory models"; *Computers and Operations Research* 25, 1998.
- [27] Harrige M., Ben-daya M.;"Some stochastic inventory models with deterministic variable lead time"; *European Journal of Operational Research* 113, 1999.
- [28] Wu K.S., Ouyang L.Y.;"(Q,r,L) inventory model with defective items";*Computers & Industrial Engineering* 39, 2001.
- [29] Pan J.C.-H., Hsiao Y.-C., Lee C.-J.;" Inventory models with fixed and variable lead time crash costs considerations"; *Journal of the Operational Research Society* 53, 2002.
- [30] Chang C-T.; "A linearization approach for inventory models with variable lead time"; *International Journal of Production Economics*, Vol. 96, 2005.