ارائه یک مدل جدید کنترل موجودی مقدار تولید اقتصادی *(EPQ)* چند کالایی با تقاضای فازی تصادفی

ابوالفضل کاظمی*[۱]، محمدرضا ملکیان[۲] و کیوان صرافها[۳]

[۱] استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین- دانشکده صنایع و مکانیک

[۲] کارشناس ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین- دانشکده صنایع و مکانیک

[۳] کارشناس ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین- باشگاه پژوهشگران جوان

(تاریخ دریافت ۹۰/۲/۳، تاریخ دریافت روایت اصلاح‌شده ۹۰/۹/۱۹، تاریخ تصویب ۹۱/۱/۲۰)

چکیده

مدل کنترل موجودی تولید اقتصادی (EPQ) در محیط فازی، تا کنون از سوی محققان بسیاری مورد مطالعه قرار گرفته است. یکی از فرضیه‌های اصلی در همه پژوهش‌های انجام‌شده، مجاز نبودن کمبود موجودی بوده است. در این مقاله یک مدل جدید کنترل موجودی تولید اقتصادی چندکالایی با تقاضای فازی تصادفی در شرایط مجاز بودن کمبود موجودی و محدودیت فضای انبار مورد مطالعه قرار گرفته است. در مدل مقدار تقاضا به صورت یک عدد فازی ذوزنقه‌ای تصادفی و کمبود موجودی از نوع سفارش معوقه در نظر گرفته شده است. برای حل مدل از روش آزادسازی لاگرانژ و برای فازی‌زدایی جواب‌ها از روش مرکز ثقل استفاده شده و در نهایت برای اعتبارسنجی آن یک مثال عددی بزرگ (۱۰۰ محصولی) ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: مدل تولید اقتصادی (EPQ)، تقاضای فازی تصادفی، سفارش معوقه

مقدمه

از ابتدای پیدایش مطالعات کلاسیک در زمینه مدیریت علمی که به دهه‌های اول و دوم قرن اخیر بر می‌گردد، مبحث کنترل موجودی‌ها و چگونگی تصمیم‌گیری در مورد آن‌ها از مشغله‌های فکری مدیران بوده است و تا کنون تلاش‌های گسترده‌ای در این زمینه انجام گرفته و مدل‌های مختلفی برای کنترل موجودی‌ها ارائه شده است. اکثر مدل‌هایی که در ابتدا مطرح شدند مدل‌های نسبتا ساده‌ای بودند که تا حد امکان سعی در ساده‌سازی واقعیات کرده و پارامترهای مدل را به طور قطعی در نظر می‌گرفتند، ولی دنیای واقعی پیچیده است و به دست آوردن داده‌ها و اطلاعات معین و قطعی از آن بسیار مشکل است. تئوری مجموعه‌های فازی[۱] که در سال ۱۹۶۵ مطرح شده و تا کنون توسعه فراوانی یافته و در اکثر زمینه‌های علمی وارد شده است، برای حل مسائلی است که در آنها تشریح فعالیت‌ها و رویدادها به طور قطعی امکان‌پذیر نبوده و ابهام داشته و قطعیت نداشته است. یکی از مسائلی که در زمینه مدیریت و تصمیم‌گیری مشمول این ابهام و نبود قطعیت است، موضوع کنترل موجودی است که اغلب پارامترهای آن در دنیای واقعی به شکل مبهم و غیرقطعی است. بنابراین در این مقاله، یک مدل کنترل موجودی تولید اقتصادی (EPQ) در شرایط مجاز بودن کمبود موجودی و محدودیت فضای انبار و همچنین تقاضای سالیانه فازی تصادفی ارائه شده است. سیستم کنترل موجودی مدل از نوع پیوسته و همچنین چند کالایی است، در ضمن مجاز بودن کمبود موجودی، از نوع سفارش معوقه در نظر گرفته شده است که تا به حال در مدل‌های EPQ فازی لحاظ نمی‌شد. همچنین هزینه کمبود در مدل از نوع هزینه‌های کمبود وابسته به زمان در نظر گرفته شده است. سایر پارامترهای مدل قطعی و منطبق بر الگو، مدل کلاسیک EPQ است.

مروری بر ادبیات موضوع

مدل کلاسیک موجودی (EOQ)[۲] در ابتدا توسط هریس[۳] در سال ۱۹۱۵ ابداع شد. در این مدل، سفارش به صورت آنی دریافت می‌شد و کمبود موجودی وجود نداشت و همه پارامترها نیز قطعی در نظر گرفته شده بودند [۱].

* نویسنده مسئول: تلفن و فاکس: ۰۲۸۱-۳۶۶۵۲۷۵ ، Email: abkaazemi@qiau.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

این مدل بعدها توسط محققان دیگری در محیط‌های قطعی، فازی و احتمالی بسط و پیشرفت داده شده تا به دنیای واقعی نزدیک‌تر شود.

هادلی[۴] و ویتن[۵] در سال ۱۹۶۳ چندین مدل قطعی را گسترش دادند و در آنها فرض مجاز بودن کمبود موجودی را مورد بررسی قرار داده و بدین ترتیب مدل اولیه هریس را بهبود بخشیدند [۲].

دارویچ[۶] در سال ۲۰۰۸ مدل‌های مختلف EPQ (کلاسیک و همچنین با در نظر گرفتن مجاز بودن کمبود موجودی) با هزینه‌های آماده‌سازی متغیر را ارائه کرد و سپس به کمک مشتق‌گیری از تابع هدف مقادیر بهینه را به دست آورد [۳].

لی[۷] و همکاران در همان سال (۲۰۰۸) یک مدل EPQ بر پایه استراتژی تأخیر در زمان تحویل را گسترش دادند که در آن کمبود موجودی از نوع پس‌افت در نظر گرفته شده بود [۴].

در مورد بحث مورد نظر یعنی "مدل EPQ در شاخه فازی" نیز تا به حال مطالعاتی انجام شده است:

لی و همکاران در سال ۱۹۹۸ یک مدل EPQ در محیط فازی ارائه کردند که پارامترهای تقاضای سالیانه و تولید در آن یک عدد فازی مثلثی بود و کمبود موجودی در مدل مجاز نبود [۵].

داس[۸] و همکاران در سال ۲۰۰۴ یک مدل موجودی چندمحصولی با پارامترهای فازی و احتمالی را توسعه دادند. در این مدل کمبود موجودی مجاز نبوده و برای فازی‌زدایی از روش GMIV[۹] استفاده شده بود [۶].

چانگ[۱۰] و همکاران در سال ۲۰۰۶ یک مدل موجودی ترکیبی جدید فازی که شامل زمان‌های lead Time فازی تصادفی و همچنین تقاضای کل فازی بود را گسترش دادند [۷].

اسلام و روی[۱۱] در سال ۲۰۰۶ یک مدل EPQ با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان و انعطاف‌پذیری با محدودیت فضای انبار ارائه کردند که در این تحقیق از یک روش برنامه‌ریزی هندسی فازی (FGP)[۱۲] استفاده شده بود، همچنین در این مدل، افق زمانی نامحدود در نظر گرفته شده بود و کمبود موجودی کالا نیز مجاز نبود [۸].

دوتا و همکاران در سال ۲۰۰۷ یک مدل بازدید دوره‌ای ترکیبی فازی و احتمالی را ارائه کردند که پارامتر تقاضای سالیانه در آن یک عدد فازی مثلثی بود [۹].

دی و چاکرابورتی[۱۳] در سال ۲۰۰۸ یک مسئله موجودی تک بازه‌ای با قابلیت فروش مجدد در محیط احتمالی فازی را بررسی کردند [۱۰].

روی[۱۴] و همکاران در سال ۲۰۰۹ یک مدل موجودی تولید با رویکرد تولید مجدد برای کالاهای معیوب در محیط فازی ارائه کردند که برای حل مدل از الگوریتم ژنتیک استفاده شده بود. در این مدل متغیرهای تصمیم مدل عبارت بودند از تعداد سیکل‌ها در افق زمانی، مدت زمان جمع‌آوری کالاهای معیوب و طول سیکل و همچنین از زمان تحویل در مدل چشم‌پوشی شده بود [۱۱].

باگ[۱۵] و همکاران در سال ۲۰۰۹ یک مدل EPQ با تقاضای فازی تصادفی و با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان و انعطاف‌پذیری سیستم را مورد ارزیابی قرار دادند. در این مدل موجودی ذخیره، پس‌افت و فروش از دست رفته وجود ندارد (کمبود موجودی مجاز نیست) و از زمان‌های آماده‌سازی چشم‌پوشی شده است و از روش GMIV برای فازی‌زدایی مقادیر بهینه فازی استفاده شده است و محدودیت وجود ندارد [۱۲].

کاظمی[۱۶] و همکاران در سال ۲۰۱۰ مدل اقتصادی سفارش را با در نظر گرفتن کمبود سفارش معوقه و هزینه‌های موجودی فازی بسط دادند و از دو عدد فازی مثلثی و ذوزنقه‌ای در مدل‌های خود استفاده کرده و مدل‌های مذکور را با مدل مشابه قطعی مقایسه کردند. برای فازی‌زدایی نیز از روش GMIV استفاده کردند [۱۳]. اتایاکومار و ولیاتال[۱۷] در سال ۲۰۱۱ یک مدل تولید اقتصادی با اقلام فاسد وایبول با یک افق زمانی نامحدود با محیط فازی ارائه دادند. آنها هزینه‌های مدل شامل هزینه‌های راه‌اندازی، تولید، نگهداری، کمبود و فرصت مرتبط با فروش از دست رفته در اندازه مشخص را با اعداد فازی مثلثی در نظر گرفتند. سیاست بهینه مدل توصیف‌شده با در نظر گرفتن هزینه‌ها در محیط فازی مطرح شد [۱۴]. هو[۱۸] و همکاران در سال ۲۰۱۱ یک مدل تولید اقتصادی با اقلام فاسد را با مفاهیم فازی مورد بررسی قرار دادند. آنها دو مدل را با اعداد L-R فازی مطرح کردند. در یک مدل ضریب مورد نظر را کمتر از

Archive of SID

www.SID.ir

ضریب تولید و در دیگری این ضریب را بیشتر از ضریب تولید در نظر گرفتند [۱۵]. بورک[۱۹] در سال ۲۰۱۱ به مطالعه یک شرکت در تصمیم‌گیری اندازه بسیاری از دسته‌های تولیدی با نبود قطعیت در دوره‌های زمانی پرداختند. نبود قطعیت را با اعداد فازی مثلثی تعریف کرده و با یک جواب تحلیلی به بهینه‌سازی مسئله پرداختند [۱۶]. همچنین در مقاله دیگری بورک و همکاران در سال ۲۰۱۲ یک مدل EPQ فازی مؤثر با چندین قلم کالا و با نرخ تولید کراندار را مورد بررسی قرار دادند. در این مدل، سیکل‌های زمانی سفارش و تقاضا به صورت اعداد فازی مثلثی تعریف شده‌اند. برای حل، از روش ضریب افزاینده لاگرانژ استفاده شده است [۱۷].

مفاهیم پایه

قبل از تشریح مدل، مباحثی پایه از علم فازی را مرور می کنیم:

اعداد فازی

تعریف – عدد فازی، یک مجموعه فازی، ($\tilde{A}$) روی اعداد حقیقی است که حداقل سه شرط زیر را داشته باشد:

- $\tilde{A}$ باید یک مجموعه فازی نرمال باشد.

- A α باید یک بازه بسته روی هر مقدار ($\alpha \in (0,1]$) باشد.

- مجموعه پشتیبان $\tilde{A}$ باید محدود باشد [۱۸].

عدد *فازی تصادفی ذوزنقه‌ای*[۲۰]

$$\breve{D}_i = \left(d_{i1}^j, d_{i2}^j, d_{i3}^j, d_{i4}^j\right);\ \Pr_i^j \quad j=1,2,\ldots,m \quad \& \sum_{j=1}^{m} \Pr_i^j = 1 \qquad (۱)$$

$\breve{D}_i$ فازی ذوزنقه‌ای تصادفی است اگر، نخست اینکه فازی ذوزنقه‌ای باشد، دوم مطابق رابطه بالا از ضابطه‌های احتمالی تشکیل شده باشد [۱۹].

چهار عمل اصلی روی اعداد فازی ذوزنقه‌ای تصادفی فرض کنیم؛ دو عدد $\breve{D}_1$ و $\breve{D}_2$ دو عدد فازی ذوزنقه‌ای تصادفی بوده و هر یک شامل ۲ ضابطه احتمال باشند.یعنی:

$$\breve{D}_1 = \begin{cases} (d_{11}^1, d_{12}^1, d_{13}^1, d_{14}^1);\ \Pr_1^1 \\ (d_{11}^2, d_{12}^2, d_{13}^2, d_{14}^2);\ \Pr_1^2 \end{cases} \qquad (۲)$$

$$\breve{D}_2 = \begin{cases} (d_{21}^1, d_{22}^1, d_{23}^1, d_{24}^1);\ \Pr_2^1 \\ (d_{21}^2, d_{22}^2, d_{23}^2, d_{24}^2);\ \Pr_2^2 \end{cases} \qquad (۳)$$

آنگاه چهار عمل اصلی روی $\breve{D}_1$ و $\breve{D}_2$ و همچنین امید ریاضی آنها به شکل زیر خواهد بود:

[۱۹].

$$\breve{D}_1 + \breve{D}_2 = \begin{cases} (d_{11}^1 + d_{21}^1, d_{12}^1 + d_{22}^1, d_{13}^1 + d_{23}^1, d_{14}^1 + d_{24}^1);\ \Pr_1^1\Pr_2^1 \\ (d_{11}^1 + d_{21}^2, d_{12}^1 + d_{22}^2, d_{13}^1 + d_{23}^2, d_{14}^1 + d_{24}^2);\ \Pr_1^1\Pr_2^2 \\ (d_{11}^2 + d_{21}^1, d_{12}^2 + d_{22}^1, d_{13}^2 + d_{23}^1, d_{14}^2 + d_{24}^1);\ \Pr_1^2\Pr_2^1 \\ (d_{11}^2 + d_{21}^2, d_{12}^2 + d_{22}^2, d_{13}^2 + d_{23}^2, d_{14}^2 + d_{24}^2);\ \Pr_1^2\Pr_2^2 \end{cases} \qquad (۴)$$

$$\mathrm{E}(\breve{D}_1 + \breve{D}_2) = (d_{11}^1 + d_{21}^1, d_{12}^1 + d_{22}^1, d_{13}^1 + d_{23}^1, d_{14}^1 + d_{24}^1) * \Pr_1^1\Pr_2^1 + (d_{11}^1 + d_{21}^2, d_{12}^1 + d_{22}^2, d_{13}^1 + d_{23}^2, d_{14}^1 + d_{24}^2) * \Pr_1^1\Pr_2^2 + (d_{11}^2 + d_{21}^1, d_{12}^2 + d_{22}^1, d_{13}^2 + d_{23}^1, d_{14}^2 + d_{24}^1) * \Pr_1^2\Pr_2^1 + (d_{11}^2 + d_{21}^2, d_{12}^2 + d_{22}^2, d_{13}^2 + d_{23}^2, d_{14}^2 + d_{24}^2) * \Pr_1^2\Pr_2^2 \qquad (۵)$$

عملیات ضرب کاملا مشابه جمع است.

$$\breve{D}_1 - \breve{D}_2 = \begin{cases} (d_{11}^1 - d_{24}^1, d_{12}^1 - d_{23}^1, d_{13}^1 - d_{22}^1, d_{14}^1 - d_{21}^1);\ \Pr_1^1\Pr_2^1 \\ (d_{11}^1 - d_{24}^2, d_{12}^1 - d_{23}^2, d_{13}^1 - d_{22}^2, d_{14}^1 - d_{21}^2);\ \Pr_1^1\Pr_2^2 \\ (d_{11}^2 - d_{24}^1, d_{12}^2 - d_{23}^1, d_{13}^2 - d_{22}^1, d_{14}^2 - d_{21}^1);\ \Pr_1^2\Pr_2^1 \\ (d_{11}^2 - d_{24}^2, d_{12}^2 - d_{23}^2, d_{13}^2 - d_{22}^2, d_{14}^2 - d_{21}^2);\ \Pr_1^2\Pr_2^2 \end{cases} \qquad (۶)$$

$$\mathrm{E}(\breve{D}_1 - \breve{D}_2) = (d_{11}^1 - d_{24}^1, d_{12}^1 - d_{23}^1, d_{13}^1 - d_{22}^1, d_{14}^1 - d_{21}^1) * \Pr_1^1\Pr_2^1 + (d_{11}^1 - d_{24}^2, d_{12}^1 - d_{23}^2, d_{13}^1 - d_{22}^2, d_{14}^1 - d_{21}^2) * \Pr_1^1\Pr_2^2 + (d_{11}^2 - d_{24}^1, d_{12}^2 - d_{23}^1, d_{13}^2 - d_{22}^1, d_{14}^2 - d_{21}^1) * \Pr_1^2\Pr_2^1 + (d_{11}^2 - d_{24}^2, d_{12}^2 - d_{23}^2, d_{13}^2 - d_{22}^2, d_{14}^2 - d_{21}^2) * \Pr_1^2\Pr_2^2 \qquad (۷)$$

عملیات تقسیم کاملا مشابه تفریق است.

تشریح مدل

معرفی نمادهای مدل

نمادهای مدل عبارتند از:

C_i: هزینه سفارش‌دهی محصول iام

$\breve{D}_i$: تقاضای سالیانه محصول iام که عددی فازی ذوزنقه‌ای و در عین حال تصادفی است.

h_i: هزینه نگهداری محصول iام

P_i: تولید سالیانه محصول iام

S_i:هزینه کمبود هر واحد محصول در واحد زمان مربوط به محصول iام

TIC: کل هزینه موجودی سالیانه

T: مدت زمان سیکل برنامه‌ریزی

b_i: حداکثر مقدار کمبود محصول iام

Q_i: مقدار تولید در هر دوره محصول iام

f_i: مقدار فضای موردنیاز محصول iام

F: ظرفیت انبار

T: مدت زمان سیکل برنامه‌ریزی

b_i: حداکثر مقدار کمبود محصول iام

Q_i: مقدار تولید در هر دوره محصول iام

Archive of SID

فرضیه‌های مدل

فرضیه‌های مدل به صورت زیر خواهد بود:

۱- میزان تقاضای سالیانه هر محصول عددی فازی ذوزنقه‌ای و از نوع تصادفی است.
۲- مدل در حالت چندکالایی بررسی می‌شود.
۳- کمبود موجودی به صورت سفارش معوقه در نظر گرفته شده است.
۴- محدودیت در فضای انبار وجود دارد.
۵- تولید و مصرف محصولات به صورت پیوسته خواهد بود.
۶- سایر هزینه‌ها قطعی و منطبق بر الگوی کلاسیک است

ارائه مدل

می‌دانیم تقاضا عددی فازی تصادفی است؛ با توجه به تعریف اعداد فازی تصادفی، عدد تقاضای سالیانه به این ترتیب تعریف می‌شود:

$$\breve{D}_i = \begin{cases} (d_{i1}^1, d_{i2}^1, d_{i3}^1, d_{i4}^1);\ \Pr_i^1 \\ (d_{i1}^2, d_{i2}^2, d_{i3}^2, d_{i4}^2);\ \Pr_i^2 \\ \vdots \\ (d_{i1}^m, d_{i2}^m, d_{i3}^m, d_{i4}^m);\ \Pr_i^m \end{cases} \quad (۸)$$

$$\Rightarrow \breve{D}_i = (d_{i1}^j, d_{i2}^j, d_{i3}^j, d_{i4}^j);\ \Pr_i^j \quad j=1,2,\ldots,m \ \&\ \sum_{j=1}^m \Pr_i^j = 1 \quad (۴۵-۴)$$

i: شماره محصول

j : شماره ضابطه احتمال

m: تعداد ضابطه‌های احتمال که برای مقادیر تقاضای محصولات تعریف می شود.

با الگوبرداری از مدل قطعی EPQ در شرایط مجاز بودن کمبود و محدودیت فضای انبار، تابع هدف و محدودیت‌ها بدین شکل خواهند بود:

$$MIN\ (TIC_{TOTAL}) = \sum_{i=1}^n \left[\left[\left(\frac{1}{2}\right) h_i * \frac{Q_i}{P_i} * (P_i - \breve{D}_i)\left(\frac{s_i}{h_i + s_i}\right)^2\right]\right] + \left[C_i * \frac{\breve{D}_i}{Q_i}\right] + \left[\left(\frac{1}{2}\right) s_i (\frac{h_i}{h_i + s_i})^2\right]$$

$$\sum_{i=1}^n (f_i * Q_i) \le F \quad (۹)$$

حل مدل به کمک روش لاگرانژ

در آزادسازی لاگرانژ، منطق اصلی آن است که محدودیت‌های سخت به جای حذف شدن با یک جریمه به تابع هدف منتقل می‌شوند؛ به عبارت دیگر منطق اصلی حاکم این است که محدودیت‌های سخت را آزاد کن تا زیر مسئله آسان باقیمانده را بتوانیم به راحتی حل کنیم [۲۰].

LP:
Min $z=c^Tx$
s.t.
$Ax \le b$
$x \ge 0$

Lagrangian Relaxation :
$L_{LP}(\lambda)=\text{Min}\{c^Tx+\lambda^T(Ax-b)\}$
s.t.
$x \ge 0$
$\lambda \ge 0$

حال با روش لاگرانژ مدل را حل می‌کنیم. بدین منظور محدودیت فضای انبار را به کمک یک ضریب وارد تابع هدف کرده و محدودیت را حذف می‌کنیم:

$$MIN\ (TIC_{TOTAL}) = \sum_{i=1}^n \left[\left[\left(\frac{1}{2}\right) h_i * \frac{Q_i}{P_i} * (P_i - \breve{D}_i)\left(\frac{s_i}{h_i + s_i}\right)^2\right]\right] + \left[C_i * \frac{\breve{D}_i}{Q_i}\right] + \left[\left(\frac{1}{2}\right) s_i \left(\frac{h_i}{h_i+s_i}\right)^2\right] + \theta(\sum_{i=1}^n (f_i * Q_i) - F) \quad (۱۰)$$

با مشتق‌گیری از عبارت به دست آمده نسبت به Q و θ خواهیم داشت:

$$\frac{d(TIC_{TOTAL})}{d(Q_i)} = 0$$

$$\Rightarrow\ Q_i^* = \sqrt{\frac{2C_i\breve{D}_i}{h_i\left(1-\frac{\breve{D}_i}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta f_i}} \quad (۱۱)$$

$$\frac{d(TIC_{TOTAL})}{d(\theta)} = 0$$

$$\Rightarrow\ \sum_{i=1}^n (f_i * Q_i) - F = 0 \quad \Rightarrow$$

$$\sum_{i=1}^n \left(f_i * \sqrt{\frac{2C_i\breve{D}_i}{h_i\left(1-\frac{\breve{D}_i}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta f_i}}\right) - F = 0 \quad (۱۲)$$

به طور قطع جواب‌های بهینه، اعدادی فازی خواهند بود. پس داریم:

$$Q_i^* = (Q_{i1}^*, Q_{i2}^*, Q_{i3}^*, Q_{i4}^*)$$

برای محاسبه مولفه‌های Q_i^* یعنی، Q_{i1}^*، Q_{i2}^*، Q_{i3}^* و Q_{i4}^* و با علم به اینکه در صورت و مخرج کسر، اعداد فازی احتمالی وجود دارد، با کمک گرفتن از روابط مربوط به چهار عمل اصلی روی اعداد فازی تصادفی، مقادیر ذکرشده بدین صورت خواهند بود:

$$Q_{i1}^* = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^m \left[\sqrt{\frac{2C_i d_{i1}^k}{h_i\left(1-\frac{d_{i1}^j}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta_4 f_i}} * Pr_i^k Pr_i^j\right]$$

$$j,k = 1,2,\ldots,m \quad (۱۳)$$

به روش‌های مشابه روابط Q_{i2}^* ، Q_{i3}^* و Q_{i4}^* نیز قابل محاسبه هستند.

$$Q_{i2}^* = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^m \left[\sqrt{\frac{2C_i d_{i2}^k}{h_i\left(1-\frac{d_{i2}^j}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta_3 f_i}} * Pr_i^k Pr_i^j\right]$$

$$j,k = 1,2,\ldots,m \quad (۱۴)$$

$$Q_{i3}^* = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^m \left[\sqrt{\frac{2C_i d_{i3}^k}{h_i\left(1-\frac{d_{i3}^j}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta_2 f_i}} * Pr_i^k Pr_i^j\right]$$

$$j,k = 1,2,\ldots,m \quad (۱۵)$$

$$Q_{i4}^* = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^m \left[\sqrt{\frac{2C_i d_{i4}^k}{h_i\left(1-\frac{d_{i4}^j}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta_1 f_i}} * Pr_i^k Pr_i^j\right]$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$j,k=1,2,\dots,m \qquad (۱۶)$$

برای رسیدن به مقادیر بهینه Q باید در ابتدا $\boldsymbol{\theta}$ بهینه را به کمک روش‌های محاسبات عددی تعیین کنیم، بدین منظور از روش نیوتن استفاده می‌کنیم [۲۱]:

$$\boldsymbol{\theta^{n+1}}=\boldsymbol{\theta^n}-\frac{\text{کل عبارت به ازاء } \boldsymbol{\theta^n}}{\text{مشتق عبارت به ازاء } \boldsymbol{\theta^n}}$$

$$\Rightarrow \boldsymbol{\theta^{n+1}}=\boldsymbol{\theta^n}-\frac{\sum_{i=1}^{n}(f_{i^*}\sqrt{\frac{2C_i\breve{D}_i}{h_i\left(1-\frac{\breve{D}_i}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta^n f_i}})-F}{\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{f_i}{2}*\sqrt{\frac{h_i\left(1-\frac{\breve{D}_i}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta^n f_i}{2C_i\breve{D}_i}}*\left[\frac{-4C_if_i\breve{D}_i}{\left(h_i\left(1-\frac{\breve{D}_i}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta^n f_i\right)^2}\right]\right]} \qquad (۱۷)$$

و چون در محیط فازی محاسبات را انجام می‌دهیم، پس در هر مرحله از محاسبات $\boldsymbol{\theta^n}$، مقادیر $\boldsymbol{\theta_1^n}$، $\boldsymbol{\theta_2^n}$ ، $\boldsymbol{\theta_3^n}$ و $\boldsymbol{\theta_4^n}$ باید محاسبه شود:

$$\boldsymbol{\theta_1^{n+1}}=\boldsymbol{\theta_1^n}-\frac{\sum_{i=1}^{n}(f_{i^*}\sum_{k=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\left[\frac{2C_id_{i4}^k}{h_i\left(1-\frac{d_{i4}^j}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta_1^n f_i}*P_{Tj}^kP_{Tj}^j\right])-F}{\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{f_i}{2}*\sum_{k=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\sqrt{\frac{h_i\left(1-\frac{d_{i4}^k}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta_1^n f_i}{2C_id_{i4}^j}}*\sum_{k=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\left[\frac{-4C_if_id_{i4}^k}{\left(h_i\left(1-\frac{d_{i1}^j}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta_4^n f_i\right)^2}\right]\right]} \qquad (۱۸)$$

$$\boldsymbol{\theta_2^{n+1}}=\boldsymbol{\theta_2^n}-\frac{\sum_{i=1}^{n}(f_{i^*}\sum_{k=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\sqrt{\frac{2C_id_{i3}^k}{h_i\left(1-\frac{d_{i3}^j}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta_2^n f_i}})-F}{\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{f_i}{2}*\sum_{k=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\sqrt{\frac{h_i\left(1-\frac{d_{i3}^k}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta_2^n f_i}{2C_id_{i3}^j}}*\sum_{k=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\left[\frac{-4C_if_id_{i3}^k}{\left(h_i\left(1-\frac{d_{i2}^j}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta_3^n f_i\right)^2}\right]\right]} \qquad (۱۹)$$

$$\boldsymbol{\theta_3^{n+1}}=\boldsymbol{\theta_3^n}-\frac{\sum_{i=1}^{n}(f_{i^*}\sum_{k=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\sqrt{\frac{2C_id_{i2}^k}{h_i\left(1-\frac{d_{i2}^j}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta_3^n f_i}})-F}{\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{f_i}{2}*\sum_{k=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\sqrt{\frac{h_i\left(1-\frac{d_{i2}^k}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta_3^n f_i}{2C_id_{i2}^j}}*\sum_{k=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\left[\frac{-4C_if_id_{i2}^k}{\left(h_i\left(1-\frac{d_{i3}^j}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta_2^n f_i\right)^2}\right]\right]} \qquad (۲۰)$$

$$\boldsymbol{\theta_4^{n+1}}=\boldsymbol{\theta_4^n}-\frac{\sum_{i=1}^{n}(f_{i^*}\sum_{k=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\sqrt{\frac{2C_id_{i1}^k}{h_i\left(1-\frac{d_{i1}^j}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta_4^n f_i}})-F}{\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{f_i}{2}*\sum_{k=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\sqrt{\frac{h_i\left(1-\frac{d_{i1}^k}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta_4^n f_i}{2C_id_{i1}^j}}*\sum_{k=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\left[\frac{-4C_if_id_{i1}^k}{\left(h_i\left(1-\frac{d_{i4}^j}{p_i}\right)\left(\frac{s_i}{s_i+h_i}\right)+2\theta_1^n f_i\right)^2}\right]\right]} \qquad (۲۱)$$

با در دست داشتن مقادیر بهینه $\boldsymbol{\theta_1}$، $\boldsymbol{\theta_2}$، $\boldsymbol{\theta_3}$ و $\boldsymbol{\theta_4}$ و استفاده از آنها به ترتیب در روابط (۱۷)، (۱۶)، (۱۵) و (۱۴) مقادیر Q_{i1}^*، $\boldsymbol{Q_{i2}^*}$، $\boldsymbol{Q_{i3}^*}$ و $\boldsymbol{Q_{i4}^*}$ محاسبه شده که جواب‌های نهایی مدل به صورت یک عدد فازی ذوزنقه‌ای هستند. حال در گام نهایی کافی است به کمک یکی از روش‌های فازی‌زدایی، مقادیر $\boldsymbol{Q_i^*}$ را فازی‌زدایی کنیم تا مقدار تولید بهینه برای هر محصول تعیین شود.

فازی‌زدایی $\boldsymbol{Q_i^*}$ها

بدین منظور از روش فازی‌زدایی "مرکز ثقل" استفاده شده است [۱۸]، پس خواهیم داشت:

$$\boldsymbol{Q_i^*}=\frac{\int_{Q_{i1}^*}^{Q_{i4}^*}x*\mu_{Q_i^*}(x)\,dx}{\int_{Q_{i1}^*}^{Q_{i4}^*}\mu_{Q_i^*}(x)\,dx} \qquad (۲۲)$$

مقادیر به دست آمده از معادله مقادیر بهینه تولید اقتصادی در حالت تقاضای فازی تصادفی و در واقع بخشی از خروجی مدل خواهد بود، ولی به هر حال هدف اصلی از طرح مدل، حداقل‌سازی هزینه‌های کل سالیانه خواهد بود.

محاسبه هزینه سالیانه کل

با در دست داشتن مقادیر بهینه به دست آمده، TIC سالیانه (کل هزینه موجودی سالیانه) به کمک فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$\boldsymbol{TIC}_{TOTAL}=\sum_{i=1}^{n}\left[\left[\left(\frac{1}{2}\right)h_i*\frac{\tilde{Q}_i}{P_i}*(P_i-\breve{D}_i)(\frac{s_i}{h_i+s_i})^2\right]+\left[C_i*\frac{\breve{D}_i}{\tilde{Q}_i}\right]+ 12si(/ħi/ħi+si)2 \qquad (۲۳)$$

برای به دست آوردن مقدار هزینه، در ابتدا مقادیر تقاضای فازی تصادفی را با میانگین‌گیری از هر یک از $\breve{D}_i$، فازی کرده و سپس با در دست داشتن مقادیر Q_{i1}^*، Q_{i2}^*، Q_{i3}^* و Q_{i4}^* TIC_{TOTAL} قابل محاسبه است.

فازی‌زدایی از هزینه سالیانه کل مدل فازی تصادفی

به طور قطع مقادیر هزینه به دست آمده فازی هستند، پس به کمک روش مرکز ثقل فازی‌زدایی می‌شوند:

$$TIC_i^*=\frac{\int_{TIC_{i1}^*}^{TIC_{i4}^*}x*\mu_{TIC_i^*}(x)\,dx}{\int_{TIC_{i1}^*}^{TIC_{i4}^*}\mu_{TIC_i^*}(x)\,dx} \qquad (۲۴)$$

عدد به دست آمده، هزینه سالیانه کل سیستم کنترل موجودی خواهد بود.

مثال عددی

مثال در نظر گرفته شده در جدول (۱) شامل یک سیستم کنترل موجودی ۱۰۰ کالایی است و همه فرضیه‌های تشریح شده در مورد آن صادق است.

پس از حل مثال *Qiها مطابق جدول (۲) خواهند بود و سایر نتایج به دست آمده به این شرح است:

$\Rightarrow TIC_{TOTAL}=$ ۳۴۲۳۰۰۷

θ_0^1=۱ ,θ_1^1=۱,۰۳۷ ,θ_2^1=۰,۱۲۳ , θ_3^1=۰,۱۲۳ , θ_4^1=۰,۱۲۳

$\Rightarrow \theta^{1*}$= ۰,۱۲۳

θ_0^2=۱ ,θ_1^2=۰,۹۲۷ ,θ_2^2=۰,۹۲۱ , θ_3^2=۰,۹۲۱ , θ_4^2=۰,۹۲۱

$\Rightarrow \theta^{2*}$= ۰,۹۲۱

θ_0^3=۱ ,θ_1^3=۲,۶۹۹ ,θ_2^3=۲,۹۸۹ , θ_3^3=۲,۹۸۸ , θ_4^3=۲,۹۸۸

$\Rightarrow \theta^{3*}$= ۲,۹۸۸

θ_0^4=۱ ,θ_1^4=۳,۵۱۱ ,θ_2^4=۳,۷۰۱ , θ_3^4=۳,۷۰۱ , θ_4^4=۳,۷۰۱

$\Rightarrow \theta^{4*}$= ۳,۷۰۱

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱: مقادیر ورودی داده‌ها

	۱					۲									
i	d۱	d۲	d۳	d۴	Pr	d۱	d۲	d۳	d۴	Pr	C	H	P	S	f
۱	۸۹۵	۹۵۰	۱۰۵۰	۱۰۶۰	۰.۳	۹۹۸	۱۰۵۳	۱۱۵۳	۱۱۶۳	۰.۷	۶۰۰۰	۶۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰	۵
۲	۷۵۶	۸۱۷	۸۹۹	۹۶۴	۰.۱	۸۶۱	۹۲۸	۱۰۰۷	۱۰۷۴	۰.۹	۶۰۳۴	۵۳۰	۲۴۵۹	۱۷۵	۸
۳	۵۵۱	۵۹۴	۶۸۷	۷۱۴	۰.۸	۶۵۸	۷۰۶	۸۰۰	۸۲۳	۰.۲	۵۲۲۶	۵۲۷	۲۲۵۱	۱۸۷	۴
۴	۱۱۳۱	۱۱۹۹	۱۳۳۹	۱۳۹۵	۰.۸	۱۲۴۳	۱۳۰۸	۱۴۵۲	۱۵۰۶	۰.۲	۵۲۲۴	۶۷۳	۲۰۶۷	۳۲۹	۲
۵	۱۱۴۴	۱۲۰۴	۱۲۸۸	۱۳۶۳	۰.۷	۱۲۵۱	۱۳۱۲	۱۳۹۳	۱۴۶۷	۰.۳	۶۲۹۱	۵۰۸	۲۲۰۱	۱۹۳	۶
۶	۱۰۸۲	۱۱۲۴	۱۲۴۲	۱۲۷۸	۰.۷	۱۱۹۰	۱۲۲۹	۱۳۵۱	۱۳۸۸	۰.۳	۶۴۷۱	۵۲۶	۱۸۵۶	۲۴۲	۵
۷	۱۱۵۱	۱۲۲۵	۱۳۲۰	۱۳۵۴	۰.۷	۱۲۵۹	۱۳۳۶	۱۴۳۱	۱۴۶۳	۰.۳	۶۲۶۸	۵۳۲	۲۴۶۵	۳۱۱	۵
۸	۸۶۳	۹۱۱	۱۰۲۲	۱۰۸۰	۰.۸	۹۷۳	۱۰۲۴	۱۱۲۹	۱۱۸۹	۰.۲	۶۷۸۲	۶۶۸	۱۸۳۹	۴۱۵	۲
۹	۵۷۸	۶۱۶	۷۴۴	۷۷۳	۰.۸	۶۸۳	۷۲۳	۸۵۶	۸۸۴	۰.۲	۶۹۶۰	۶۰۰	۲۴۸۰	۴۴۵	۶
۱۰	۵۷۲	۶۳۷	۷۳۷	۷۷۵	۰.۳	۶۸۵	۷۴۴	۸۴۹	۸۸۸	۰.۷	۶۴۶۳	۵۷۹	۱۹۳۰	۳۳۶	۸
۱۱	۹۶۲	۱۰۱۳	۱۱۴۵	۱۱۷۸	۰.۴	۱۰۷۱	۱۱۲۴	۱۲۵۰	۱۲۸۴	۰.۶	۵۹۹۶	۶۶۰	۲۱۴۸	۲۱۸	۸
۱۲	۹۴۷	۹۸۷	۱۱۰۰	۱۱۶۹	۰.۳	۱۰۵۵	۱۰۹۹	۱۲۰۵	۱۲۷۵	۰.۷	۵۸۷۲	۵۷۳	۲۲۲۶	۲۳۶	۸
۱۳	۸۶۸	۹۱۲	۱۰۴۰	۱۱۲۰	۰.۸	۹۷۸	۱۰۱۹	۱۱۵۱	۱۲۳۲	۰.۲	۶۲۲۸	۵۴۰	۲۲۰۹	۴۲۶	۷
۱۴	۶۰۳	۶۷۱	۷۶۲	۸۳۸	۰.۷	۷۱۲	۷۸۰	۸۶۶	۹۴۶	۰.۳	۵۹۰۴	۵۵۰	۲۲۹۱	۱۶۱	۲
۱۵	۷۳۳	۷۷۹	۸۸۲	۹۲۶	۰.۳	۸۴۶	۸۹۲	۹۹۴	۱۰۳۸	۰.۷	۶۰۱۹	۶۳۴	۲۴۵۷	۴۴۵	۵
۱۶	۶۹۹	۷۷۰	۸۸۴	۹۵۳	۰.۹	۸۰۹	۸۷۷	۹۹۱	۱۰۶۲	۰.۱	۶۸۶۰	۶۶۵	۲۳۳۷	۴۷۶	۴
۱۷	۶۹۴	۷۴۲	۸۶۶	۹۲۸	۰.۱	۷۹۸	۸۴۷	۹۷۷	۱۰۳۲	۰.۹	۵۸۸۱	۵۵۸	۲۰۹۲	۲۶۲	۷
۱۸	۷۰۲	۷۳۹	۸۴۳	۹۲۱	۰.۷	۸۱۵	۸۴۴	۹۵۴	۱۰۲۷	۰.۳	۶۰۱۳	۵۶۸	۱۸۱۵	۱۹۷	۸
۱۹	۱۱۲۷	۱۱۸۷	۱۲۸۴	۱۳۴۳	۰.۳	۱۲۳۹	۱۲۹۸	۱۳۹۵	۱۴۵۲	۰.۷	۵۲۹۱	۶۷۷	۲۳۳۰	۳۹۵	۳
۲۰	۹۳۴	۹۸۱	۱۰۸۱	۱۱۴۲	۰.۸	۱۰۴۲	۱۰۸۵	۱۱۹۲	۱۲۵۰	۰.۲	۵۹۴۶	۶۰۳	۱۹۳۴	۳۳۶	۸
۲۱	۷۳۹	۷۸۵	۹۲۵	۹۶۲	۰.۹	۸۴۶	۸۹۵	۱۰۳۲	۱۰۶۸	۰.۱	۵۷۶۱	۵۷۱	۱۹۴۵	۱۲۵	۶
۲۲	۷۲۶	۷۵۶	۸۸۴	۹۲۶	۰.۶	۸۳۳	۸۶۴	۹۹۶	۱۰۳۴	۰.۴	۶۲۷۵	۶۰۴	۲۴۷۱	۳۸۶	۲
۲۳	۱۱۷۶	۱۲۱۶	۱۳۰۴	۱۳۶۰	۰.۸	۱۲۸۰	۱۳۲۱	۱۴۱۷	۱۴۶۵	۰.۲	۶۱۳۳	۶۶۲	۱۹۲۰	۴۰۵	۲
۲۴	۸۱۶	۸۷۸	۱۰۱۰	۱۰۶۵	۰.۳	۹۲۹	۹۸۸	۱۱۱۸	۱۱۷۶	۰.۷	۶۶۶۱	۵۷۴	۲۳۸۷	۱۶۲	۲
۲۵	۷۵۵	۷۸۶	۸۸۳	۹۴۲	۰.۸	۸۶۵	۸۹۸	۹۸۸	۱۰۴۷	۰.۲	۶۹۰۵	۵۳۳	۱۸۷۳	۴۳۷	۶
۲۶	۸۸۸	۹۲۲	۱۰۱۹	۱۰۷۷	۰.۹	۹۹۴	۱۰۲۸	۱۱۲۶	۱۱۸۲	۰.۱	۶۲۲۶	۵۸۶	۲۲۷۹	۲۹۱	۷
۲۷	۱۱۳۶	۱۱۶۷	۱۲۶۲	۱۳۳۴	۰.۶	۱۲۴۹	۱۲۷۲	۱۳۶۸	۱۴۴۰	۰.۴	۶۵۸۱	۶۰۴	۲۲۷۸	۲۸۳	۷
۲۸	۱۱۷۵	۱۲۰۷	۱۲۹۴	۱۳۶۵	۰.۳	۱۲۸۲	۱۳۱۷	۱۴۰۶	۱۴۷۵	۰.۷	۵۶۳۲	۵۶۹	۲۲۷۷	۴۵۷	۶
۲۹	۱۰۵۵	۱۱۰۵	۱۲۳۰	۱۲۵۸	۰.۲	۱۱۶۰	۱۲۱۸	۱۳۳۸	۱۳۶۳	۰.۸	۶۳۹۵	۶۴۳	۲۵۰۰	۴۶۱	۵
۳۰	۱۰۲۵	۱۰۵۶	۱۱۴۷	۱۱۷۱	۰.۶	۱۱۳۷	۱۱۶۹	۱۲۵۸	۱۲۷۵	۰.۴	۵۱۵۶	۶۹۲	۲۴۳۴	۴۶۸	۵
۳۱	۱۱۲۸	۱۱۸۹	۱۳۱۹	۱۳۶۲	۰.۶	۱۲۳۹	۱۲۹۶	۱۴۳۰	۱۴۷۴	۰.۴	۵۹۹۵	۵۷۶	۱۸۶۵	۱۰۴	۴
۳۲	۸۵۷	۹۲۱	۱۰۱۷	۱۰۳۷	۰.۴	۹۶۵	۱۰۲۸	۱۱۲۷	۱۱۴۵	۰.۶	۵۸۹۳	۶۳۹	۲۱۸۸	۲۱۶	۸
۳۳	۱۰۲۸	۱۰۷۸	۱۱۵۸	۱۱۸۹	۰.۹	۱۱۴۰	۱۱۹۱	۱۲۶۴	۱۲۹۷	۰.۱	۵۳۲۷	۵۵۲	۱۹۱۱	۴۵۹	۵
۳۴	۱۱۸۶	۱۲۳۷	۱۳۵۰	۱۴۱۵	۰.۹	۱۲۹۸	۱۳۴۳	۱۴۵۹	۱۵۲۶	۰.۱	۵۰۸۳	۶۵۷	۲۲۵۸	۱۰۳	۷
۳۵	۶۸۸	۷۵۱	۸۳۵	۸۷۱	۰.۴	۷۹۵	۸۶۴	۹۴۱	۹۷۷	۰.۶	۶۳۵۷	۶۹۸	۲۳۳۳	۴۰۲	۵
۳۶	۹۰۸	۹۶۷	۱۰۷۳	۱۱۲۳	۰.۲	۱۰۱۹	۱۰۷۸	۱۱۸۴	۱۲۳۴	۰.۸	۵۴۸۴	۵۳۸	۱۹۹۹	۲۱۰	۲
۳۷	۶۸۱	۷۵۳	۸۹۱	۹۵۰	۰.۹	۷۸۸	۸۶۴	۹۹۹	۱۰۶۳	۰.۱	۶۰۸۹	۶۱۷	۱۹۳۲	۴۹۱	۸
۳۸	۹۲۱	۹۷۰	۱۰۵۵	۱۰۸۲	۰.۲	۱۰۲۸	۱۰۷۷	۱۱۵۹	۱۱۹۰	۰.۸	۵۵۸۳	۵۴۹	۱۸۶۵	۴۴۷	۶
۳۹	۷۶۴	۸۱۰	۹۴۵	۹۸۹	۰.۱	۸۷۱	۹۱۸	۱۰۵۸	۱۱۰۲	۰.۹	۶۱۳۹	۵۲۳	۲۲۲۲	۲۸۳	۸
۴۰	۸۳۵	۸۶۹	۹۸۴	۱۰۵۵	۰.۶	۹۴۸	۹۷۵	۱۰۹۲	۱۱۶۱	۰.۴	۶۱۳۵	۵۵۰	۲۲۹۷	۱۲۳	۸
۴۱	۵۰۱	۵۶۵	۶۸۹	۷۴۰	۰.۴	۶۱۴	۶۷۰	۷۹۸	۸۴۸	۰.۶	۶۶۳۵	۶۶۰	۲۴۶۳	۲۸۰	۲
۴۲	۷۸۲	۸۵۱	۹۳۶	۱۰۰۶	۰.۲	۸۹۲	۹۶۲	۱۰۴۲	۱۱۱۱	۰.۸	۶۳۰۸	۶۲۵	۱۹۷۷	۲۲۹	۷
۴۳	۱۱۱۸	۱۱۶۱	۱۲۹۱	۱۳۶۶	۰.۸	۱۲۳۱	۱۲۶۶	۱۳۹۸	۱۴۷۲	۰.۲	۶۸۷۲	۶۱۴	۲۴۷۱	۴۲۰	۷
۴۴	۶۴۵	۶۸۳	۸۱۷	۸۴۵	۰.۹	۷۴۹	۷۹۳	۹۲۹	۹۴۹	۰.۱	۵۷۸۲	۶۰۸	۱۸۸۲	۳۵۵	۴
۴۵	۸۲۶	۸۷۲	۹۷۱	۱۰۴۴	۰.۳	۹۳۹	۹۸۰	۱۰۸۳	۱۱۴۸	۰.۷	۵۶۸۴	۵۸۲	۱۸۸۳	۱۵۳	۲
۴۶	۹۷۱	۱۰۳۶	۱۱۷۳	۱۲۰۱	۰.۹	۱۰۸۴	۱۱۴۴	۱۲۸۴	۱۳۰۹	۰.۱	۶۱۲۸	۶۹۹	۱۹۳۳	۴۰۰	۵
۴۷	۵۹۲	۶۲۰	۷۲۱	۷۶۶	۰.۷	۷۰۰	۷۲۶	۸۲۵	۸۷۲	۰.۳	۵۱۳۷	۶۷۴	۲۲۲۱	۲۲۲	۴
۴۸	۹۷۳	۱۰۳۸	۱۱۷۸	۱۲۲۲	۰.۹	۱۰۸۱	۱۱۴۷	۱۲۸۹	۱۳۳۴	۰.۱	۶۰۱۹	۶۵۷	۲۱۵۲	۴۳۸	۳
۴۹	۹۵۸	۹۹۸	۱۱۱۴	۱۱۸۳	۰.۱	۱۰۶۲	۱۱۰۴	۱۲۲۴	۱۲۹۵	۰.۹	۶۰۴۲	۶۲۶	۲۳۳۱	۳۲۵	۲
۵۰	۱۰۰۴	۱۰۶۲	۱۱۷۲	۱۱۹۹	۰.۳	۱۱۱۴	۱۱۷۲	۱۲۸۴	۱۳۰۵	۰.۷	۶۶۹۰	۶۱۳	۱۸۴۱	۱۰۳	۵

www.SID.ir

جدول ۱: ادامه- مقادیر ورودی داده‌ها

			۱					۲							
i	d۱	d۲	d۳	d۴	Pr	d۱	d۲	d۳	d۴	Pr	C	H	P	S	f
۵۱	۶۵۱	۶۹۰	۸۰۸	۸۸۸	۰.۴	۷۶۴	۸۰۰	۹۱۲	۹۹۳	۰.۶	۵۶۹۸	۵۸۶	۲۳۵۹	۲۹۱	۳
۵۲	۷۹۳	۸۳۷	۹۷۵	۱۰۰۳	۰.۵	۹۰۶	۹۵۰	۱۰۸۴	۱۱۱۰	۰.۵	۶۰۸۰	۵۴۲	۲۴۴۹	۳۶۸	۲
۵۳	۷۲۷	۷۷۱	۸۷۷	۹۴۶	۰.۴	۸۳۲	۸۷۸	۹۸۲	۱۰۵۲	۰.۶	۶۸۶۷	۶۸۰	۲۳۲۲	۴۹۰	۷
۵۴	۵۲۰	۵۷۳	۶۶۳	۷۰۶	۰.۸	۶۳۰	۶۸۲	۷۷۱	۸۱۷	۰.۲	۶۴۷۰	۶۲۵	۲۴۸۵	۱۶۸	۴
۵۵	۱۰۹۲	۱۱۵۵	۱۲۸۵	۱۳۱۸	۰.۵	۱۲۰۴	۱۲۶۵	۱۳۹۱	۱۴۲۹	۰.۵	۵۹۸۰	۵۱۰	۲۲۶۷	۲۷۵	۶
۵۶	۶۶۲	۶۹۵	۷۸۶	۸۱۹	۰.۶	۷۷۰	۸۰۳	۸۹۹	۹۲۹	۰.۴	۶۰۱۶	۵۵۱	۲۳۹۴	۲۹۵	۶
۵۷	۱۱۵۵	۱۲۱۱	۱۳۰۳	۱۳۵۰	۰.۵	۱۲۶۷	۱۳۲۳	۱۴۱۰	۱۴۵۶	۰.۵	۶۰۰۹	۵۴۵	۲۴۵۷	۱۰۶	۸
۵۸	۱۰۵۰	۱۱۰۶	۱۲۰۵	۱۲۶۹	۰.۶	۱۱۵۸	۱۲۱۵	۱۳۱۰	۱۳۷۸	۰.۴	۶۱۱۰	۵۳۱	۲۱۸۷	۴۲۷	۶
۵۹	۱۱۲۴	۱۱۷۹	۱۲۸۹	۱۳۶۸	۰.۷	۱۲۳۰	۱۲۹۰	۱۳۹۷	۱۴۷۵	۰.۳	۶۷۹۸	۵۲۹	۲۱۲۴	۳۲۲	۷
۶۰	۷۵۵	۸۱۶	۹۰۷	۹۳۴	۰.۲	۸۶۰	۹۲۸	۱۰۱۳	۱۰۴۵	۰.۸	۵۰۹۰	۵۵۶	۱۹۲۱	۳۱۷	۲
۶۱	۶۷۸	۷۴۲	۸۶۳	۹۴۰	۰.۴	۷۸۲	۸۵۰	۹۷۶	۱۰۴۸	۰.۶	۵۰۲۲	۵۸۰	۱۸۸۲	۲۵۷	۲
۶۲	۷۸۷	۸۵۹	۹۶۵	۱۰۴۲	۰.۹	۹۰۰	۹۶۵	۱۰۷۴	۱۱۴۷	۰.۱	۶۶۵۲	۶۳۴	۱۸۱۰	۲۲۹	۵
۶۳	۷۹۶	۸۶۹	۹۵۰	۱۰۲۵	۰.۹	۹۰۷	۹۷۳	۱۰۵۴	۱۱۳۲	۰.۱	۵۶۸۸	۵۱۱	۱۹۸۹	۳۵۶	۷
۶۴	۵۰۷	۵۴۰	۶۳۳	۶۶۵	۰.۸	۶۱۸	۶۴۶	۷۴۲	۷۷۷	۰.۲	۵۸۸۵	۶۴۳	۱۹۴۵	۱۶۷	۳
۶۵	۱۱۰۶	۱۱۷۷	۱۳۱۰	۱۳۶۰	۰.۴	۱۲۱۶	۱۲۹۰	۱۴۲۰	۱۴۶۶	۰.۶	۵۷۹۷	۵۹۸	۱۹۲۲	۱۹۸	۴
۶۶	۱۱۷۸	۱۲۳۶	۱۳۱۸	۱۳۴۲	۰.۹	۱۲۸۵	۱۳۴۰	۱۴۲۹	۱۴۵۵	۰.۱	۶۴۱۰	۵۵۱	۲۳۱۸	۲۵۸	۲
۶۷	۱۱۵۰	۱۲۲۵	۱۳۶۲	۱۴۳۵	۰.۵	۱۲۵۶	۱۳۳۱	۱۴۷۲	۱۵۳۹	۰.۵	۶۵۳۹	۶۴۱	۲۰۶۷	۳۷۲	۵
۶۸	۸۵۸	۹۰۳	۱۰۱۸	۱۰۵۱	۰.۳	۹۶۴	۱۰۱۳	۱۱۲۹	۱۱۶۰	۰.۷	۶۳۲۴	۵۷۸	۱۹۶۴	۳۵۲	۳
۶۹	۱۱۷۵	۱۲۴۴	۱۳۵۳	۱۴۱۸	۰.۵	۱۲۸۴	۱۳۵۱	۱۴۵۸	۱۵۲۳	۰.۵	۵۸۵۴	۵۷۸	۲۳۷۶	۲۵۳	۵
۷۰	۷۶۲	۸۱۸	۹۳۲	۹۶۱	۰.۹	۸۷۵	۹۲۵	۱۰۳۶	۱۰۷۴	۰.۱	۵۳۹۸	۵۲۶	۲۴۰۷	۱۰۱	۷
۷۱	۶۹۳	۷۴۸	۸۸۸	۹۴۷	۰.۸	۷۹۹	۸۵۴	۹۹۵	۱۰۵۶	۰.۲	۵۵۴۴	۶۸۰	۲۴۲۴	۱۷۰	۶
۷۲	۹۰۱	۹۳۹	۱۰۷۸	۱۱۳۳	۰.۵	۱۰۰۶	۱۰۵۰	۱۱۸۷	۱۲۴۶	۰.۵	۶۵۸۲	۶۶۸	۲۲۹۶	۴۸۸	۷
۷۳	۶۱۹	۶۸۲	۸۰۹	۸۵۰	۰.۷	۷۲۷	۷۸۹	۹۱۹	۹۵۸	۰.۳	۶۳۸۱	۶۴۱	۲۱۶۹	۱۸۳	۲
۷۴	۶۶۲	۷۰۶	۸۱۱	۸۵۰	۰.۸	۷۷۱	۸۱۴	۹۱۶	۹۶۲	۰.۲	۶۰۵۹	۶۲۷	۲۳۵۷	۲۴۷	۴
۷۵	۱۰۱۶	۱۰۶۱	۱۱۷۹	۱۲۳۴	۰.۶	۱۱۲۹	۱۱۶۶	۱۲۸۶	۱۳۴۴	۰.۴	۶۸۱۵	۶۹۹	۲۱۴۶	۱۷۵	۴
۷۶	۶۰۹	۶۳۵	۷۵۸	۸۳۸	۰.۹	۷۱۸	۷۴۶	۸۶۴	۹۴۴	۰.۱	۶۱۰۱	۵۱۰	۲۴۶۵	۱۸۳	۵
۷۷	۷۲۸	۷۸۶	۸۹۳	۹۲۷	۰.۸	۸۴۱	۸۹۳	۱۰۰۰	۱۰۳۸	۰.۲	۵۵۹۶	۶۰۲	۲۲۳۷	۳۴۹	۳
۷۸	۷۷۲	۸۱۹	۹۲۲	۹۷۳	۰.۱	۸۸۱	۹۳۱	۱۰۳۴	۱۰۸۰	۰.۹	۶۶۰۲	۵۶۱	۲۲۳۶	۴۴۵	۵
۷۹	۷۵۲	۸۱۰	۹۳۰	۹۷۶	۰.۹	۸۶۲	۹۲۰	۱۰۴۲	۱۰۸۲	۰.۱	۶۳۴۳	۵۸۰	۲۰۸۹	۱۵۱	۷
۸۰	۹۸۵	۱۰۱۰	۱۱۴۴	۱۱۸۷	۰.۶	۱۰۹۶	۱۱۱۹	۱۲۴۹	۱۲۹۸	۰.۴	۵۱۳۰	۵۶۰	۲۱۴۳	۳۳۶	۶
۸۱	۸۵۶	۹۲۴	۱۰۱۶	۱۰۷۱	۰.۸	۹۶۱	۱۰۳۲	۱۱۲۹	۱۱۸۲	۰.۲	۶۶۴۶	۶۸۰	۲۱۸۵	۱۲۵	۷
۸۲	۱۱۸۴	۱۲۳۴	۱۳۴۰	۱۳۷۴	۰.۵	۱۲۹۰	۱۳۴۰	۱۴۵۳	۱۴۸۶	۰.۵	۵۲۶۶	۶۲۴	۱۹۳۳	۲۸۳	۴
۸۳	۹۹۰	۱۰۱۵	۱۱۴۹	۱۱۷۲	۰.۱	۱۱۰۰	۱۱۱۹	۱۲۶۲	۱۲۸۵	۰.۹	۵۶۵۷	۵۷۶	۲۲۶۸	۴۸۰	۶
۸۴	۷۹۶	۸۴۸	۹۵۰	۹۸۳	۰.۴	۹۰۰	۹۵۴	۱۰۵۷	۱۰۹۰	۰.۶	۵۳۶۰	۶۷۲	۲۰۳۸	۴۵۲	۴
۸۵	۵۵۹	۶۰۱	۷۱۶	۷۴۶	۰.۴	۶۶۳	۷۱۰	۸۲۲	۸۵۲	۰.۶	۶۲۶۹	۶۶۲	۲۳۴۵	۴۲۴	۷
۸۶	۵۶۳	۵۹۲	۶۷۴	۷۴۱	۰.۷	۶۷۶	۷۰۱	۷۸۵	۸۵۰	۰.۳	۶۸۶۱	۶۸۰	۲۳۶۴	۱۰۹	۷
۸۷	۸۷۸	۹۱۶	۱۰۳۷	۱۱۰۰	۰.۱	۹۸۵	۱۰۲۱	۱۱۴۴	۱۲۰۴	۰.۹	۶۲۶۴	۶۴۷	۱۸۸۳	۱۵۱	۸
۸۸	۹۹۹	۱۰۵۸	۱۱۶۰	۱۱۸۹	۰.۹	۱۱۱۱	۱۱۶۶	۱۲۷۲	۱۲۹۶	۰.۱	۵۸۷۴	۵۳۱	۱۸۹۰	۳۲۶	۲
۸۹	۵۹۹	۶۲۶	۷۲۰	۷۸۹	۰.۳	۷۰۷	۷۳۳	۸۲۶	۸۹۹	۰.۷	۵۵۸۹	۶۸۸	۲۳۴۷	۲۵۰	۳
۹۰	۷۸۹	۸۶۱	۹۸۴	۱۰۲۲	۰.۵	۸۹۶	۹۶۶	۱۰۹۳	۱۱۳۱	۰.۵	۵۵۶۸	۵۳۳	۲۴۳۴	۴۱۴	۶
۹۱	۸۸۴	۹۲۷	۱۰۵۱	۱۱۲۹	۰.۱	۹۹۵	۱۰۳۷	۱۱۵۹	۱۲۳۵	۰.۹	۶۶۰۰	۵۷۹	۲۰۶۹	۲۲۳	۲
۹۲	۵۲۹	۵۹۹	۷۰۹	۷۸۴	۰.۲	۶۴۱	۷۰۷	۸۱۳	۸۹۲	۰.۸	۶۳۷۷	۶۲۲	۲۰۷۸	۳۰۲	۷
۹۳	۵۳۹	۵۸۷	۷۱۹	۷۸۵	۰.۳	۶۴۹	۶۹۳	۸۲۹	۸۸۹	۰.۷	۵۴۹۴	۶۶۲	۲۱۲۹	۱۵۹	۸
۹۴	۹۴۸	۱۰۱۹	۱۱۳۰	۱۱۹۱	۰.۱	۱۰۵۳	۱۱۳۱	۱۲۳۹	۱۳۰۳	۰.۹	۶۱۳۰	۶۴۷	۱۸۱۰	۱۹۵	۲
۹۵	۶۹۴	۷۲۳	۸۱۹	۸۷۷	۰.۲	۸۰۷	۸۳۵	۹۲۸	۹۸۴	۰.۸	۵۸۱۷	۶۳۱	۲۳۶۴	۱۰۹	۳
۹۶	۶۹۹	۷۴۱	۸۶۹	۹۴۷	۰.۹	۸۰۴	۸۴۹	۹۷۳	۱۰۶۰	۰.۱	۵۱۱۶	۵۱۹	۲۲۴۹	۱۴۰	۴
۹۷	۵۱۷	۵۴۴	۶۶۶	۷۴۱	۰.۲	۶۲۵	۶۵۷	۷۷۰	۸۵۰	۰.۸	۶۸۳۲	۵۹۶	۲۳۱۵	۲۶۷	۸
۹۸	۸۰۳	۸۵۰	۹۳۷	۱۰۰۹	۰.۳	۹۰۹	۹۶۰	۱۰۴۳	۱۱۱۹	۰.۷	۶۵۲۴	۶۴۰	۲۱۲۵	۲۵۸	۷
۹۹	۱۰۱۳	۱۰۷۲	۱۱۶۱	۱۱۸۵	۰.۳	۱۱۱۹	۱۱۸۴	۱۲۶۸	۱۲۹۵	۰.۷	۵۰۱۲	۵۱۲	۱۸۷۲	۲۳۲	۲
۱۰۰	۶۷۱	۷۱۶	۸۰۹	۸۸۷	۰.۳	۷۷۶	۸۲۳	۹۱۳	۹۹۲	۰.۷	۶۶۰۵	۵۷۷	۲۱۰۵	۱۳۰	۶

www.SID.ir

جدول ۲: مقادیر تولید بهینه

i	Q۱	Q۲	Q۳	Q۴	Q*	i	Q۱	Q۲	Q۳	Q۴	Q*
۱	۳۵۷	۳۶۱	۳۶۵	۳۶۹	۳۶۴	۵۱	۲۵۸	۲۶۰	۲۶۴	۲۶۶	۲۶۱
۲	۳۰۴	۳۰۷	۳۰۸	۳۱۱	۳۰۹	۵۲	۲۸۱	۲۸۲	۲۹۱	۲۹۷	۲۸۷
۳	۲۳۷	۲۳۷	۲۴۸	۲۴۹	۲۴۲	۵۳	۲۳۸	۲۴۰	۲۴۷	۲۴۹	۲۴۲
۴	۳۷۵	۳۷۷	۳۸۵	۳۸۸	۳۸۰	۵۴	۲۶۰	۲۶۲	۲۷۱	۲۶۹	۲۶۵
۵	۴۱۳	۴۱۷	۴۲۵	۴۲۹	۴۲۲	۵۵	۳۶۷	۳۷۲	۳۷۹	۳۸۵	۳۷۱
۶	۴۲۶	۴۲۶	۴۳۶	۴۳۸	۴۳۰	۵۶	۲۴۵	۲۴۷	۲۵۰	۲۵۲	۲۴۳
۷	۳۶۶	۳۶۸	۳۷۴	۳۷۴	۳۷۰	۵۷	۴۲۷	۴۲۸	۴۳۷	۴۴۰	۴۳۱
۸	۳۱۷	۳۲۱	۳۳۲	۳۳۷	۳۲۵	۵۸	۳۲۸	۳۳۰	۳۳۴	۳۳۷	۳۳۰
۹	۲۱۵	۲۱۵	۲۱۷	۲۲۱	۲۱۶	۵۹	۳۸۱	۳۸۴	۳۹۰	۳۹۴	۳۸۴
۱۰	۲۳۶	۲۳۸	۲۴۴	۲۴۸	۲۴۴	۶۰	۲۹۵	۲۹۸	۲۹۹	۳۰۴	۲۹۶
۱۱	۳۳۴	۳۳۶	۳۴۰	۳۴۲	۳۴۰	۶۱	۲۹۲	۲۹۴	۲۹۶	۲۹۷	۲۹۰
۱۲	۳۲۲	۳۲۳	۳۲۶	۳۳۱	۳۲۶	۶۲	۳۳۶	۳۳۷	۳۴۵	۳۴۸	۳۳۸
۱۳	۲۷۱	۲۷۵	۲۷۹	۲۸۰	۲۷۵	۶۳	۲۶۷	۲۶۸	۲۷۷	۲۸۰	۲۶۶
۱۴	۳۰۶	۳۰۸	۳۱۴	۳۱۵	۳۰۸	۶۴	۲۵۸	۲۶۳	۲۶۸	۲۷۵	۲۶۱
۱۵	۲۳۷	۲۴۰	۲۴۷	۲۴۵	۲۴۲	۶۵	۴۶۴	۴۶۸	۴۷۸	۴۷۹	۴۶۷
۱۶	۲۴۰	۲۴۱	۲۴۵	۲۵۰	۲۴۳	۶۶	۴۲۸	۴۳۴	۴۴۱	۴۴۳	۴۳۲
۱۷	۲۷۸	۲۷۸	۲۷۷	۲۸۰	۲۷۸	۶۷	۴۰۵	۴۰۹	۴۰۸	۴۱۵	۴۰۶
۱۸	۲۸۴	۲۸۴	۲۹۱	۲۹۴	۲۸۷	۶۸	۳۳۴	۳۳۸	۳۴۰	۳۴۴	۳۳۴
۱۹	۳۳۱	۳۳۳	۳۴۱	۳۴۵	۳۳۶	۶۹	۳۹۴	۳۹۶	۴۰۲	۴۰۳	۳۹۶
۲۰	۲۹۶	۲۹۸	۳۰۳	۳۰۶	۳۰۲	۷۰	۳۲۲	۳۲۵	۳۳۰	۳۳۲	۳۲۴
۲۱	۳۳۰	۳۲۹	۳۳۷	۳۳۹	۳۳۴	۷۱	۲۸۱	۲۸۳	۲۸۹	۲۹۰	۲۸۱
۲۲	۲۵۶	۲۶۱	۲۶۳	۲۶۶	۲۶۳	۷۲	۲۷۴	۲۷۶	۲۸۲	۲۸۵	۲۷۴
۲۳	۴۰۱	۴۰۴	۴۲۰	۴۲۸	۴۱۲	۷۳	۳۱۳	۳۱۶	۳۲۳	۳۲۳	۳۱۲
۲۴	۳۹۹	۳۹۹	۴۱۵	۴۱۷	۴۰۷	۷۴	۲۶۳	۲۶۸	۲۶۷	۲۶۹	۲۶۴
۲۵	۲۶۹	۲۷۵	۲۷۴	۲۷۹	۲۷۵	۷۵	۴۳۲	۴۳۶	۴۴۱	۴۴۴	۴۳۱
۲۶	۲۸۵	۲۸۵	۲۹۳	۲۹۹	۲۹۰	۷۶	۲۷۵	۲۷۸	۲۷۵	۲۷۸	۲۷۳
۲۷	۳۶۳	۳۶۴	۳۷۲	۳۷۵	۳۷۰	۷۷	۲۵۵	۲۵۳	۲۶۳	۲۶۸	۲۵۴
۲۸	۳۲۹	۳۳۲	۳۳۷	۳۳۹	۳۳۴	۷۸	۲۸۳	۲۸۵	۲۸۹	۲۸۸	۲۷۹
۲۹	۳۱۵	۳۱۵	۳۲۲	۳۲۲	۳۱۸	۷۹	۳۲۳	۳۲۷	۳۲۷	۳۳۲	۳۲۲
۳۰	۲۶۰	۲۶۲	۲۶۳	۲۶۹	۲۶۲	۸۰	۲۹۶	۲۹۹	۳۰۹	۳۱۲	۳۰۱
۳۱	۵۵۲	۵۵۶	۵۶۲	۵۷۰	۵۶۴	۸۱	۳۷۰	۳۷۵	۳۷۸	۳۸۲	۳۷۲
۳۲	۳۰۴	۳۰۸	۳۰۹	۳۱۰	۳۰۹	۸۲	۴۱۰	۴۱۵	۴۲۷	۴۳۵	۴۱۶
۳۳	۳۰۰	۳۰۶	۳۰۸	۳۱۳	۳۰۸	۸۳	۲۹۵	۲۹۷	۳۰۴	۳۰۳	۲۹۲
۳۴	۴۱۱	۴۱۵	۴۲۱	۴۲۶	۴۱۷	۸۴	۲۵۲	۲۵۵	۲۶۱	۲۶۲	۲۵۳
۳۵	۲۴۲	۲۴۰	۲۴۶	۲۴۸	۲۴۵	۸۵	۲۱۱	۲۱۲	۲۱۶	۲۱۷	۲۰۹
۳۶	۳۹۳	۳۹۴	۳۹۸	۴۰۴	۳۹۸	۸۶	۲۹۷	۲۹۶	۳۰۷	۳۱۱	۲۹۷
۳۷	۲۲۰	۲۲۳	۲۳۳	۲۳۳	۲۲۸	۸۷	۳۷۳	۳۷۸	۳۸۴	۳۸۹	۳۷۸
۳۸	۲۹۸	۳۰۰	۳۰۶	۳۰۹	۳۰۴	۸۸	۳۷۱	۳۷۴	۳۸۹	۳۹۳	۳۷۸
۳۹	۲۸۶	۲۹۰	۲۹۰	۲۹۲	۲۹۱	۸۹	۲۵۰	۲۵۱	۲۵۷	۲۶۱	۲۴۹
۴۰	۳۴۴	۳۴۳	۳۴۸	۳۵۰	۳۴۸	۹۰	۲۵۶	۲۵۶	۲۵۸	۲۵۸	۲۵۵
۴۱	۲۴۲	۲۴۴	۲۵۳	۲۵۶	۲۴۷	۹۱	۴۰۷	۴۱۰	۴۲۲	۴۲۸	۴۱۳
۴۲	۲۹۸	۳۰۲	۳۰۹	۳۰۹	۳۰۷	۹۲	۲۴۲	۲۴۶	۲۴۷	۲۴۹	۲۳۹
۴۳	۳۲۸	۳۳۱	۳۳۴	۳۳۳	۳۳۳	۹۳	۲۵۱	۲۵۳	۲۶۰	۲۶۵	۲۵۲
۴۴	۲۳۶	۲۳۷	۲۴۵	۲۴۵	۲۴۰	۹۴	۴۷۲	۴۸۰	۴۸۵	۴۸۸	۴۷۸
۴۵	۴۰۶	۴۰۹	۴۱۸	۴۲۵	۴۱۷	۹۵	۳۶۷	۳۷۳	۳۷۷	۳۸۰	۳۷۰
۴۶	۳۱۳	۳۱۳	۳۲۴	۳۲۴	۳۲۰	۹۶	۳۰۶	۳۰۵	۳۱۶	۳۱۹	۳۰۵
۴۷	۲۳۴	۲۳۳	۲۳۸	۲۳۹	۲۳۴	۹۷	۲۴۱	۲۴۲	۲۴۷	۲۵۲	۲۴۲
۴۸	۳۰۴	۳۰۵	۳۱۱	۳۱۴	۳۰۸	۹۸	۳۱۰	۳۱۰	۳۱۳	۳۱۵	۳۰۷
۴۹	۳۰۹	۳۱۴	۳۳۹	۳۵۱	۳۴۷	۹۹	۴۱۰	۴۱۴	۴۲۸	۴۳۳	۴۱۴
۵۰	۵۷۶	۵۶۳	۵۲۱	۴۹۴	۵۱۸	۱۰۰	۳۴۱	۳۴۴	۳۵۵	۳۵۵	۳۴۴

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

در این مقاله یک مدل جدید کنترل موجودی تولید اقتصادی با تقاضای فازی تصادفی و محدودیت فضای انبار با هدف نزدیک‌تر کردن مدل‌های کنترل موجودی تولید شده به دنیای واقعی توسعه داده شد و با توجه به اینکه در مدل‌های فازی EPQ که تا به حال مورد مطالعه قرار گرفته بود، فرض مجاز بودن کمبود موجودی در نظر گرفته نمی‌شد؛ در این مدل این فرض آزاد شده و مجاز بودن کمبود از نوع سفارش معوقه در مدل لحاظ شد. همچنین با توجه به اینکه در حل مدل از روشی (روش لاگرانژ) استفاده شد که جواب دقیق ارائه می‌کرد و نیز مثال‌های بزرگ (۱۰۰ محصولی) را در کمترین زمان ممکن به نتیجه می‌رساند، در عمل، تحقیق و بررسی در مورد به کارگیری روش‌های ابتکاری و فراابتکاری برای حل، توجیه‌پذیر نبود.

در پایان پیشنهادهایی برای بررسی در تحقیقات بعدی به این شرح ارائه شده است:

- اضافه کردن محدودیت بودجه یا تعداد سفارش‌دهی به مدل ارائه شده در تحقیق و مقایسه با مدل قبل.
- در نظر گرفتن پارامترهای مدل از جمله هزینه نگهداری، هزینه سفارش‌دهی، هزینه کمبود به صورت " فازی" و مقایسه ان با مدل به دست آمده در تحقیق.

مراجع

1- Harris, F. (1915). *Operations and cost (factory management series).* Chicago: A.W.Shaw Co.

2- Hadley, G. and Whiten, T. M. (1963). *Analysis of inventory systems.* Clifs, NJ: Prentice- Hall.

3- Darwish, M. A. (2008). "EPQ models with varying setup cost." *Int J Prod Econ.*, Vol. 113, No. 1, PP. 297–306.

4- Li, J., Wang, S. and Cheng, E. (2008). "Analysis of postponement strategy by EPQ-based models with planned backorders." *Int J Manage Sci.*, Vol. 36, No. 5, PP. 777 – 788.

5- Lee, H., Lee, M. and Yao, J. S. (1998). "Economic production quantity for fuzzy demand quantity and fuzzy production quantity." *Eur J Oper Res.*, Vol. 109, No. 1, PP. 203-211.

6- Das, K., Roy, T. K. and Maiti, M. (2004). "Multi-item stochastic and fuzzy stochastic inventory models under two restrictions." *Comput OperRes.*, Vol. 31, No. 11, PP. 1793–1806.

7- Chang, H. C., Yao, J. S. and Ouyang, L. Y. (2006). "Fuzzy mixture inventory model involving fuzzy random variable demand and fuzzy total demand." *Eur J Oper Res.*, Vol. 169, No. 1, PP. 65–80.

8- Islam, S. and Roy, T. K. (2006). "A fuzzy EPQ model with flexibility and reliability consideration and demand dependent unit production cost under a space constraint: A fuzzy geometric programming approach."*Appl Math Comput.*, Vol. 176, No. 2, PP. 531–544.

9- Dutta, P., Chakraborty, D. and Roy, A. R. (2007a). "Continuous review inventory model in mixed fuzzy and stochastic environment." *Appl Math Comput.*, Vol. 188, No. 1, PP. 970–980.

10- Dey, O. and Chakraborty, D. (2008). "A single period inventory problem with resalable returns: A fuzzy stochastic approach." *Int J Eng Appl Sci*, PP.225-232.

11- Roy, A., Maity, K., kar, S. and Maiti, M. (2009). "A production–inventory model with remanufacturing for defective and usable items in fuzzy-environment." *Comput Ind Eng.*, Vol. 56, No. 1, PP. 87–96.

12- Bag, S., Chakraborty, D. and Roy, A. R. (2009). "A production inventory model with fuzzy random demand and with flexibility and reliability considerations." *Comput Ind Eng.*, Vol. 56, No. 1, PP. 411–416.

13- Kazemi, N., Ehsani, E. and Jaber, M. Y. (2010). "An inventory model with backorders with fuzzy parameters and decision variables." *Int J Approx Reasoning.*, Vol. 51, No. 8, PP. 964-972.

14- Uthayakumar, R. and Valliathal, M. (2011). "Fuzzy Economic Production Quantity Model for Weibull Deteriorating Items with Ramp Type of Demand." *Int j strateg decision sci.*, Vol. 2, No. 3, PP. 55-90.

Archive of SID
www.SID.ir

15- Hu, J., Xu, R. and Guo, C. (2011). "Fuzzy Economic Production Quantity Models for Itemswith Imperfect Quality." *Int J Inf Manage Sci*., Vol. 22, PP. 43-58.

16- Bjork, K. M. (2012). "A multi-item fuzzy economic production quantity problem with a finite production rate." *Int j prod econ*., Vol. 135, No. 2, PP. 702-707.

17- Bjork, K.M. Mezei, J. and Nyman, H., (2012). "Multi-item Fuzzy Economic Production Quantity Problem with limited storage space", *45th Hawaii International Conference on System Sciences*. PP. 1238-1246.

18- Shavandi, H. (2006). *Fuzzy sets theory and its application in industrial engineering and management*. Gostaresh e olume paye,

19- Shapiro, A. F. (2009). "Fuzzy random variables". *Math Econ*., Vol. 44, No. 2, PP. 307-314.

20- Nemhauser, G. L, Wolsey, L, A. (1999). *Integer and combinatorial optimization*. Wiley New York.

21- Hamming, R.W. (1962). *Numerical Methods for Scientists and Engineers*. Mc Graw-Hall, New York.

واژه‌های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

1- Fuzzy Sets Theory
2- Economic Order Quantity
3- Harris
4- Hadley
5- Whiten
6- Darwish
7- Li
8- Das
9- Graded Mean Integration Value
10- Chang
11- Islam
12- Fuzzy Geometric Programming
13- Dey and Chakraborty
14- Roy
15- Bag
16- Kazemi
17- Uthayakumar and Valliathal
18- Hu
19- Bjork
20- Trapezoidal Fuzzy Random Number

Archive of SID

www.SID.ir