

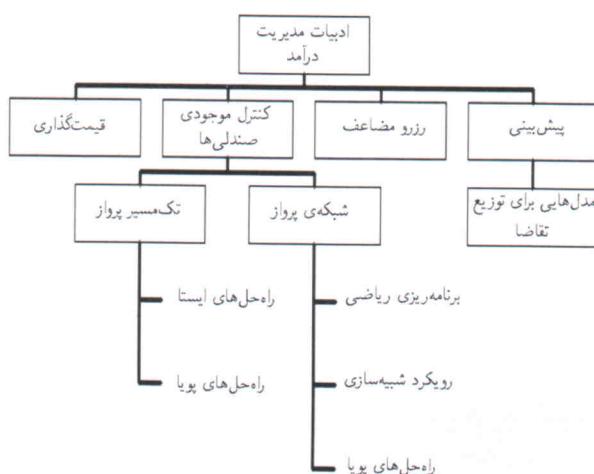
توسعه و بهکارگیری تکنیک «مدیریت درآمد» در سیستم‌های تولید انبارشی

الهام مردانه (کارشناسی ارشد)
محمد رضا اکبری جوکار (دانشیار)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف

مدیریت درآمد عبارت است از فرایند پذیرش یا رد سفارش که با بهکارگیری تکنیک‌های مختلف قیمت‌گذاری و فروش ظرفیت، به کسب درآمد بیشتر می‌پردازد. اگر چه این فرایند در صنایع خدماتی پیشرفت چشم‌گیری داشته، زمینه‌های کاربرد آن در دیگر سیستم‌ها مانند سیستم تولید / مونتاژ سفارشی^۱ و سیستم تولید انبارشی نیز مورد توجه قرار گرفته است. تاکنون تکنیک‌های مدیریت درآمد با موفقیت در صنایع خدماتی – نظر خطوط هوایی، راه آهن، دریایی و هتل‌داری – بهکار رفته است ولی در این نوشتار کاربرد مدیریت درآمد به صنایع تولیدی تعیین داده شده و از آن در فروش یک محصول با دو سطح قیمتی متفاوت استفاده شده است. موضوع قابل توجه در این تحقیق بررسی هم‌زمان قیمت و ظرفیت است. در واقع مدل‌سازی مسئله‌ی تخصیص ظرفیت به دو سطح قیمتی (فروش نقدی - پیش فروش) و قیمت‌گذاری هر دو سطح در یک شرکت تولیدی خاص مورد بحث این نوشتار است که با رویکرد مدیریت درآمد به آن پرداخته‌ایم. پس از مدل‌سازی، با استفاده از شیوه‌سازی چند سناریوی محتمل در اجرا مورد بررسی قرار گرفته و نتایج تصمیم‌گیری مشخص شده است.

مقدمه

خطوط هوایی، تصمیم‌گیری درمورد قیمت‌گذاری و تخصیص ظرفیت توضیحات لازم در مورد منشأ مدیریت درآمد و تاریخچه آن در منابع متعدد آمده است.^[۱-۶] ادبیات مدیریت درآمد، در چهار زمینه‌ی مختلف پیش‌بینی، رزرو مضاعف (رزرو بیش از ظرفیت به‌دلیل عدم حضور مشتریان در هنگام ارائه خدمت)، کنترل موجودی صندلی‌ها و قیمت‌گذاری مورد بررسی قرار گرفته، که خلاصه‌ی آن در شکل ۱ ترسیم شده است:



شکل ۱. ساختار کلی مسائل مدیریت درآمد.

خطوط هوایی، تصمیم‌گیری درمورد قیمت‌گذاری و تخصیص ظرفیت را با استفاده از فرایند قبول سفارشات از قبل، برای صندلی‌های با تخفیف و یا رد آن به امید فروش با قیمت بالاتر در آینده انجام می‌دهند. در واقع این نوع تصمیم‌گیری در مورد قیمت و ظرفیت تحت عنوان مدیریت درآمد^۲ شناخته شده است که فعالیت‌های بازاریابی، مالی و عملیاتی را یکپارچه می‌کند تا درآمد حاصل از ظرفیت موجود بیشینه شود. مدیریت درآمد راهکارهای گوناگون قیمت‌گذاری را چنان با برنامه‌ریزی ظرفیت ترکیب می‌کند که ضمن مدیریت تقاضا، قابلیت اطمینان تحويل را افزایش داده و نحوه کسب درآمد بیشتر از تغییر سفارشات را تشخیص می‌دهد. تاکنون تکنیک‌های مدیریت درآمد با موفقیت در صنایع خدماتی نظر خطوط هوایی، راه‌آهن و دریایی، هتل‌داری، بیمارستان‌ها، بنگاه‌های اجاره خودرو، شرکت‌های تبلیغاتی، چاپ و انتشار، رستوران‌ها و رسانه‌های تلویزیونی کاربرد داشته است ولی در این نوشتار کاربرد مدیریت درآمد به صنایع تولیدی تعیین داده شده و از آن در فروش یک محصول با دو سطح قیمتی متفاوت استفاده شده است. در واقع مدل‌سازی مسئله‌ی تخصیص ظرفیت به دو سطح قیمتی (فروش نقدی و پیش فروش) و قیمت‌گذاری هر دو سطح در یک شرکت تولیدی خاص مورد بحث این نوشتار است که با رویکرد مدیریت درآمد به آن پرداخته‌ایم.

این مشخصه‌ها را می‌توان به‌نحوی در صنعت تولید نیز مرتبط کرد، تا زمینه‌ی بهکارگیری تکنیک مدیریت درآمد در آنها هم مهیا شود.

۱. فناپذیری: همان‌طور که اگر هواپیما با صندلی خالی پرواز کند، درآمدی را از دست داده است، در تولید نیز به همین ترتیب ظرفیت تولید از بین می‌رود. ولی از آنجاکه ما ظرفیت تولید را با تعداد محصول تولیدی می‌سنجیم، می‌توان محصولات فروش نرفته را برای فروش در فرصت‌های بعدی نگهداری کرد. لذا مقداری هزینه‌ی نگهداری به آن تعلق می‌گیرد.

۲. ظرفیت ثابت: در صنایع خدماتی مثل هواپیما یا هتل‌داری، میزان ظرفیت (صندلی هواپیما، اتاق هتل) ثابت است. در صنایع تولیدی نیز هدف از بهکارگیری مدیریت درآمد، فروش ظرفیت ثابتی از محصول طی یک افق زمانی مشخص است. اگر چه می‌توان با اضافه‌کاری یا عقد قرارداد با پیمانکاران خارج از شرکت، ظرفیت را تا حدی افزایش داد، محدودیت‌های اجرایی این روش‌ها باعث می‌شود که در بهکارگیری مدیریت درآمد از آنها صرف‌نظر کنیم.

۳. هزینه بسیار بالای تغییر ظرفیت: اگر امکان افزایش ظرفیت وجود داشته باشد، یعنی هزینه‌ی افزایش آن پایین باشد، شرکت می‌تواند از این طریق به نوسانات تقاضا پاسخ دهد. در صنایع خدماتی نظر هتل‌داری و هواپیما این هزینه بسیار بالاست. در صنایع تولیدی، به‌ویژه صنعت مورد مطالعه نیز با چنین حالتی مواجهیم.

۴. تقسیم‌بندی بازار / تقاضا: تقسیم بازار به انواع مشتریانی که نسبت به قیمت حساس‌اند، در صنایع خدماتی همواره وجود داشته است. مثلاً اگر محصول / خدمت با سرویس بیشتر و بالطبع قیمت بالاتری ارائه شود یا با خدمات معمولی و در قیمت پایین‌تری باشد، تقاضا برای هر نوع وجود داشته و معلوم است. در صنایع تولیدی نیز می‌توان از یک محصول یکسان درآمدهای متفاوتی کسب کرد. در نتیجه مشتریان حاضرند قیمت‌های مختلف برای همان نوع محصول بپردازند و این همان تقسیم‌بندی بازار است.

۵. پیش‌فروش: در صنایع تولیدی نیز می‌توان محصول را از قبل پیش‌فروش کرد، یا به یک تقاضای پیش‌فروش پاسخ مثبت یا منفی داد.

۶. تقاضای تصادفی: تقاضای بازار ذاتاً تصادفی است، چه در صنایع خدماتی و چه تولیدی، و اساساً همین موضوع است که در تعیین قیمت محصول و میزان آن در گروه‌های مختلف بازار نقش بسزایی دارد.

۷. وجود سوابق اطلاعاتی فروش و قابلیت پیش‌بینی: در هر صنعتی سوابق اطلاعاتی فروش وجود دارد و ربطی به نوع صنعت ندارد. از این اطلاعات در پیش‌بینی تقاضا و نیز تقسیم‌بندی بازار به انواع مشتریان حساس به قیمت استفاده می‌شود.

برای مطالعه‌ی بیشتر مدیریت درآمد منابع معتبری در دسترس است.^[۹-۷] در حوزه‌ی مدیریت درآمد، تاکنون مقالات بسیار کمی در زمینه‌ی تخصیص ظرفیت و قیمت‌گذاری به‌طور هم‌زمان صورت گرفته است. بوتیمر (۱۹۹۴) در رساله‌ی دکتری خود از مدلی برای تقاضای نامحدود برای صندلی‌های خطوط هوایی استفاده کرد تا بتواند با توجه به هزینه‌ی محدودسازی برای مسافران، تابع تقاضا را برای محصولات کرایه‌بی محدود استخراج کند.^[۱۰] همچنین، به‌منظور در نظر گرفتن امکان جابه‌جایی مسافران، او تغییراتی در مدل خود ایجاد کرد.

لای (۱۹۹۴) ثابت کرد که در شرایطی که محدودیت‌هایی به‌منظور ایجاد سطح‌های قیمتی مختلف اعمال می‌شوند، از ترتیب خاصی پیروی کنند، ایجاد تعداد اندکی سطح قیمتی بهینه خواهد بود (در شرایطی ۳ سطح و در شرایط دیگری ۴ سطح).^[۱۱] در فورد (۱۹۹۴) به‌منظور قیمت‌گذاری و تخصیص هم‌زمان مدلی ارائه داد که در آن فرض کرده بود تقاضا توزیع نرمال دارد.^[۱۲] وی همچنین تقاضا را به صورت تابعی خطی از قیمت در نظر گرفته بود. کارهایی از این قبیل که در آن، درآمد کل تابعی از دو متغیر قیمت و نحوه‌ی تخصیص هم‌زمان فرض می‌شوند بسیار پیچیده‌اند و تاکنون هیچ نتیجه‌ی ساختاری و اساسی از آن‌ها به دست نیامده است.

نتایج محاسبات انجام شده بر روی تعداد زیادی از مسائل آزمایشی نشان می‌دهد که هرگاه قیمت نیز به عنوان یک متغیر در نظر گرفته شود توان محاسباتی بسیار بیشتر مورد نیاز است.^[۱۳]

هریس و پایندر^[۱۴] از مدیریت درآمد در تخصیص ظرفیت و قیمت‌گذاری سیستم‌های مونتاژ سفارشی استفاده کردند، ولی در این مدل نحوه‌ی ارتباط قیمت با تقاضا به‌روشنی بیان نشده است، لذا استفاده از آن برای مطالعات موردی پیشنهاد نمی‌شود.

تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی سیستم‌های اینبارشی به این موضوع می‌پردازد که یا محصول با قیمت بالا به‌طور نقد فروش رود و یا با مشتریانی که این‌وه خرید می‌کنند قرارداد بلندمدت منعقد شود.^[۱۵]

چنان که قبل‌گفتیم در این نوشتار کاربرد مدیریت درآمد در صنایع تولیدی مورد بحث واقع شده است. شرکت مورد مطالعه به تولید محصول بر مبنای سیستم اینبارشی می‌پردازد، ولی با مشتریان قرارداد بلندمدت منعقد نمی‌کند.

مفاهیم مدیریت درآمد و تعمیم آن به صنایع تولیدی
محققین ویژگی‌های صنایع خدماتی را که باعث فراهم آمدن زمینه‌ی بهکارگیری مدیریت درآمد در آنها شده‌اند، چنین تعیین کرده‌اند:^[۱۶-۷]

۱. فناپذیری؛ ۲. ظرفیت ثابت؛ ۳. هزینه‌ی بسیار بالای تغییر ظرفیت؛
۴. تقسیم‌بندی بازار / تقاضا؛ ۵. پیش‌فروش؛ ۶. تقاضای تصادفی؛
۷. وجود سوابق اطلاعاتی فروش و قابلیت پیش‌بینی.

سطح قیمتی و قیمت فروش بهینه، مورد نظر این نوشتار است. واضح است که در این صورت ما با محدودیت ظرفیت هم مواجه خواهیم شد.

ابتدا پارامترهای مسئله را تعریف می‌کنیم:

C: کل ظرفیت تولید محصول در روز

P₁: قیمت فروش یک واحد محصول به صورت نقدی/فوری

P₂: قیمت فروش یک واحد محصول به صورت پیش‌فروش که $P_1 < P_2$

q₁: ظرفیت تخصیص داده شده به فروش نقدی/فوری

q₂: ظرفیت تخصیص داده شده به پیش‌فروش که $q_1 + q_2 = C$

S₁: ظرفیتی که اضافه بر تقاضای مورد انتظار فروش فوری در نظر گرفته می‌شود (مثل موجودی ذخیره).

S₂: ظرفیتی که اضافه بر تقاضای مورد انتظار پیش‌فروش در نظر گرفته می‌شود.

P₁(Q₁): تقاضای مورد انتظار فروش فوری در صورتی که قیمت باشد، که این مقدار تابعی نزولی از قیمت P₁ است. توجه شود که

$$q_1 = Q_1(P_1) + S_1$$

P₂(Q₂): تقاضای مورد انتظار فروش فوری در صورتی که قیمت باشد، که این مقدار تابعی نزولی از قیمت P₂ است. توجه شود که

$$q_2 = Q_2(P_2) + S_2 = C - q_1 = C - Q_1(P_1) - S_1$$

ϵ_1 : جزء تصادفی تقاضای فروش فوری که در محدوده (a₁, b₁) قرار دارد.

ϵ_2 : جزء تصادفی تقاضای پیش‌فروش که در محدوده (a₂, b₂) قرار دارد.

F₁(ϵ_1):تابع توزیع تجمعی

F₂(ϵ_2):تابع توزیع تجمعی

D₁(P₁, ϵ_1): تقاضای تصادفی فروش فوری که

$$Q_1(P_1) + \epsilon_1$$

D₂(P₂, ϵ_2): تقاضای تصادفی پیش‌فروش که

$$Q_2(P_2) + \epsilon_2$$

g₁₁: هزینه‌ی کمبود هر واحد محصول برای تقاضای فروش فوری در صورتی که تقاضا کمتر از کل ظرفیت یعنی C باشد.

g₁₂: هزینه‌ی کمبود هر واحد محصول برای تقاضای فروش فوری در صورتی که تقاضا بیشتر از کل ظرفیت یعنی C باشد.

g₂₁: هزینه‌ی کمبود هر واحد محصول برای تقاضای پیش‌فروش در صورتی که تقاضا کمتر از کل ظرفیت یعنی C باشد.

g₂₂: هزینه‌ی کمبود هر واحد محصول برای تقاضای پیش‌فروش در صورتی که تقاضا بیشتر از کل ظرفیت یعنی C باشد.

h: هزینه‌ی نگهداری هر واحد محصول در روز

TC: هزینه‌ی مربوط به قیمت تمام شده C واحد محصول

تعریف مسئله و مدل‌سازی آن در شرکت مورد مطالعه هم‌اکنون، مشکل فروش در شرکت مورد مطالعه این است که بدون هیچ سیاست مدونی و تنها بر مبنای نظر کارشناسان فروش اقدام به فروش یا پیش‌فروش محصول خود می‌نمایند. این در حالی است که می‌توان با استفاده از شیوه‌ی مدیریت درآمد، به این تصمیم‌گیری جنبه‌ی علمی بخشید و از آن طریق به حل مسئله پرداخت.

در این نوشتار می‌خواهیم با روش مدیریت درآمد تعیین کنیم که از ظرفیت روزانه‌ی تولید محصول چه مقدار آن را به‌طور نقدی یا فوری بفروشیم و چه مقدار را پیش‌فروش کنیم؟ در ضمن قیمت پیشنهادی برای هر دو سطح چه مقدار است؟ (لازم به ذکر است که قیمت‌ها به صورت ارزش فعلی محصول NPV در نظر گرفته می‌شوند). به عبارت دیگر قسمتی از ظرفیت تولید روزانه، با قیمت ارزان‌تر در اختیار مشتریانی قرار می‌گیرد که زودتر برای دادن سفارش مراجعه می‌کنند و بقیه‌ی ظرفیت با قیمت بالاتر در اختیار مشتریانی است که دیرتر مراجعه می‌کنند. واضح است که هر یک از این قیمت‌ها مشتریان خاص خود را دارد. حال سؤال اساسی این است که با توجه به تقاضای احتمالی هر یک از این دو گروه چه مقدار از ظرفیت به هر گروه تخصیص داده شود، تا سود شرکت بهینه شود.

نکته‌ی حائز اهمیت در این تحقیق، بررسی همزمان قیمت و تخصیص ظرفیت است که در ادبیات مطالعه‌ی مدیریت درآمد چنین مسئله‌یی به ندرت مطرح شده و همواره با پیچیدگی همراه بوده است. اهم فرضیاتی که برای حل مسئله درنظر می‌گیریم عبارت‌اند از:

۱. احتمال اینکه مشتری سفارش خود را پس بگیرد یا قرارداد لغو شود وجود ندارد؛

۲. تقاضای تصادفی برای هر دو سطح مستقل از یکدیگرند؛

۳. قیمت فروش تابعی از مقدار فروش نیست؛

۴. روزانه به تعداد مشخص C محصول تولید می‌شود؛ یعنی ظرفیت ثابت است.

در این مسئله چون فقط خط تولید یک محصول به‌نهایی مورد بررسی قرار گرفته است، می‌توان آن را از نوع مسئله‌ی کنترل موجودی صندلی با تک‌مسیر پرواز در نظر گرفت که به صورت استاتیک حل شده است. تقاضوت این مسئله با مسئله‌ی مدیریت درآمد در این است که محصول شرکت مورد مطالعه فناپذیر نیست و در صورت فروش نرفتن آن در هر سطح قیمتی، مقداری هزینه‌ی نگهداری باید در نظر گرفته شود. در ضمن در صورت از دست دادن مشتری، هزینه‌ی کمبود نیز محاسبه می‌شود.

در این مطالعه‌ی موردی، فرض بر این است که روزانه تعداد C محصول تولید می‌شود. حال روش تخصیص تعداد C محصول به دو

$$-\int_{q_1}^c \int_{q_2}^c [g_{11}.(D_1 - q_1) + g_{12}.(D_2 - q_2)].f_1(D_1).f_2(D_2)d_{D_1}d_{D_2}, \quad (12)$$

$$-\int_{q_1}^c \int_c^\infty [g_{11}.(D_1 - q_1) + g_{12}.(c - q_2) + g_{22}.(D_2 - c)].f_1(D_1).f_2(D_2)d_{D_1}d_{D_2}, \quad (13)$$

$$-\int_c^\infty \int_{q_2}^c [g_{11}.(c - q_1) + g_{12}.(D_1 - c) + g_{21}.(D_2 - q_2)].f_1(D_1).f_2(D_2)d_{D_1}d_{D_2}, \quad (14)$$

$$-\int_c^\infty \int_c^\infty [g_{11}.(c - q_1) + g_{12}.(D_1 - c) + g_{21}.(c - q_2) + g_{22}.(D_2 - c)].f_1(D_1).f_2(D_2)d_{D_1}d_{D_2}, \quad (15)$$

در ادامه هر یک از انتگرال‌های فوق را توضیح می‌دهیم:
انتگرال اول: مقدار درآمد حاصل از فروش D_1 واحد محصول به صورت فوری و D_2 واحد محصول به صورت پیش‌فروش، در صورتی که تقاضای فروش فوری از مقدار ظرفیت تخصیص داده شده به آن کمتر و نیز تقاضای پیش‌فروش از مقدار ظرفیت پیش‌فروش کمتر باشد (یعنی $D_1 \leq q_1$, $D_2 \leq q_2$).

انتگرال دوم: مجموع هزینه‌ی نگهداری در صورتی که تقاضای فروش فوری از مقدار ظرفیت تخصیص داده شده به آن کمتر و نیز تقاضای پیش‌فروش از مقدار ظرفیت پیش‌فروش کمتر باشد (یعنی $D_2 \leq q_2$ و $D_1 \leq q_1$).

انتگرال سوم: مقدار درآمد حاصل از فروش $(q_1 + q_2 - D_1)$ واحد محصول به صورت فوری و D_2 واحد محصول به صورت پیش‌فروش؛ در صورتی که تقاضای فروش فوری از مقدار ظرفیت تخصیص داده شده به آن بیشتر ولی تقاضای پیش‌فروش از مقدار ظرفیت پیش‌فروش کمتر باشد، (یعنی $D_1 > q_1$ و $D_2 \leq q_2$).

انتگرال چهارم: مجموع هزینه‌ی نگهداری در صورتی که تقاضای فروش فوری از مقدار ظرفیت تخصیص داده شده به آن بیشتر ولی از $c - D_2$ کمتر و تقاضای پیش‌فروش از مقدار ظرفیت پیش‌فروش کمتر باشد، (یعنی $D_1 \leq c - D_2$, $D_2 \leq q_2$ و $q_1 \leq D_1 \leq c - D_2$).

انتگرال پنجم: مجموع هزینه‌ی کمود در صورتی که تقاضای فروش فوری از مقدار $c - D_2$ بیشتر ولی از c کمتر و تقاضای پیش‌فروش از مقدار ظرفیت پیش‌فروش کمتر باشد (یعنی $D_1 \leq c - D_2 \leq D_1 \leq c$, $D_2 \leq q_2 \leq q_1 \leq D_1$).

انتگرال ششم: مجموع هزینه‌ی کمود در صورتی که تقاضای فروش فوری از مقدار c بیشتر و تقاضای پیش‌فروش از مقدار ظرفیت پیش‌فروش کمتر باشد (یعنی $D_1 \leq D_2 \leq q_2 \leq q_1 \leq c$)؛ در این حالت قسمتی از

TP: تابع هدف که عبارت است از مجموع درآمدهای حاصل از فروش و هزینه‌های ناشی از موجودی اضافی و یا کمبود موجودی. بدینهی است مقدار TP با مقایسه می‌شود و در نهایت برای اقتصادی بودن مسئله باید $TP > TC$ باشد. حال تابع هدف (TP) را با توجه به پارامترهای مطرح شده می‌نویسیم (برای ساده نمایش دادن فرمول، D_i را با اختصار با $D_i(p_i, \epsilon_i)$ نشان می‌دهیم):

$$TP = \int_0^{q_1} \int_0^{q_2} (p_1.D_1 + p_2.D_2).f_1(D_1).f_2(D_2)d_{D_1}d_{D_2}, \quad (1)$$

$$+ \int_{q_1}^\infty \int_0^{q_2} (p_1.(q_1 + q_2 - D_1) + p_2.D_2).f_1(D_1).f_2(D_2)d_{D_1}d_{D_2}, \quad (2)$$

$$- \int_{q_1}^{q_1+q_2-D_1} \int_0^{q_2} h.(q_1 - D_1 + q_2 - D_2).f_1(D_1).f_2(D_2)d_{D_1}d_{D_2}, \quad (3)$$

$$- \int_{q_1+q_2-D_1}^c \int_0^{q_2} g_{11}.(-q_1 + D_1 - q_2 + D_2).f_1(D_1).f_2(D_2)d_{D_1}d_{D_2}, \quad (4)$$

$$- \int_c^\infty \int_0^{q_2} [g_{11}.D_1 + g_{12}.(D_1 - c)].f_1(D_1).f_2(D_2)d_{D_1}d_{D_2}, \quad (5)$$

$$+ \int_0^{q_1} \int_{q_2}^\infty (p_1.D_1 + p_2.(q_1 + q_2 - D_1)).f_1(D_1).f_2(D_2)d_{D_1}d_{D_2}, \quad (6)$$

$$- \int_0^{q_1} \int_{q_2}^{q_1+q_2-D_1} h.(q_1 - D_1 + D_2 - q_2).f_1(D_1).f_2(D_2)d_{D_1}d_{D_2}, \quad (7)$$

$$- \int_0^{q_1} \int_{q_1+q_2-D_1}^c g_{21}.(-q_1 + D_1 - c).f_1(D_1).f_2(D_2)d_{D_1}d_{D_2}, \quad (8)$$

$$- \int_0^{q_1} \int_c^\infty [g_{21}.D_1 + g_{22}.(D_2 - c)].f_1(D_1).f_2(D_2)d_{D_1}d_{D_2}, \quad (9)$$

$$+ \int_0^{q_1} \int_{q_2}^\infty (p_1.q_1 + p_2.q_2).f_1(D_1).f_2(D_2)d_{D_1}d_{D_2}, \quad (10)$$

$$(11)$$

حال در رابطه‌ی سود (TP)، روابط زیر را جایگزین می‌کنیم:

$$\begin{cases} q_1 = Q_1(P_1) + S_1 \\ q_2 = c - q_1 = c - Q_1(p_1 - S_1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} D_1(P_1, \epsilon_1) = Q_1(P_1) + \epsilon_1 \\ D_2(P_2, \epsilon_2) = Q_2(P_2) + \epsilon_2 \end{cases}$$

به منظور ساده نمایش دادن فرمول، Q_i را به اختصار با Q_i نشان می‌دهیم.

$$\begin{aligned} TP = & \int_{a_1}^{s_1} \int_{a_1}^{c-Q_1-Q_2-s_1} (p_1.(Q_1 \\ & + \epsilon_1) + p_2.(Q_2 + \epsilon_2)).f_1(\epsilon_1).f_2(\epsilon_2)d_{\epsilon_1}d_{\epsilon_2} \\ & - \int_{a_1}^{s_1} \int_{a_1}^{c-Q_1-Q_2-s_1} h.(c - \epsilon_1 - \\ & Q_1 - Q_2 - \epsilon_2).f_1(\epsilon_1).f_2(\epsilon_2)d_{\epsilon_1}d_{\epsilon_2} \\ & + \int_{s_1}^{b_1} \int_{a_1}^{c-Q_1-Q_2-s_1} (p_1.(c - Q_2 - \epsilon_2) + \\ & + p_2.(Q_2 + \epsilon_2)).f_1(\epsilon_1).f_2(\epsilon_2)d_{\epsilon_1}d_{\epsilon_2} \\ & - \int_{s_1}^{c-Q_1-Q_2-\epsilon_2} \int_{a_1}^{c-Q_1-Q_2-s_1} (h.(c - Q_1 - \\ & \epsilon_1 - Q_2 - \epsilon_2) + p_2.(Q_2 + \epsilon_2)).f_1(\epsilon_1).f_2(\epsilon_2)d_{\epsilon_1}d_{\epsilon_2} \\ & - \int_{c-Q_1-Q_2-\epsilon_2}^{c-Q_1} \int_{a_1}^{c-Q_1-Q_2-s_1} g_{11}.(-c + \epsilon_1 + \\ & Q_1 + Q_2 + \epsilon_2).f_1(\epsilon_1).f_2(\epsilon_2)d_{\epsilon_1}d_{\epsilon_2} \\ & - \int_{c-Q_1}^{b_1} \int_{a_1}^{c-Q_1-Q_2-s_1} [g_{11}.(Q_2 + \\ & \epsilon_2) + g_{12}.(Q_1 + \epsilon_1 - c)].f_1(\epsilon_1).f_2(\epsilon_2)d_{\epsilon_1}d_{\epsilon_2} \\ & + \int_{a_1}^{s_1} \int_{c-Q_1-Q_2-s_1}^{b_1} (p_1.(\epsilon_1 \\ & + Q_1) + p_2.(c - \epsilon_1 - Q_1)).f_1(\epsilon_1).f_2(\epsilon_2)d_{\epsilon_1}d_{\epsilon_2} \\ & - \int_{a_1}^{s_1} \int_{c-Q_1-Q_2-\epsilon_1}^{c-Q_1} h.(c - \\ & \epsilon_1 - Q_1 - Q_2 - \epsilon_2).f_1(\epsilon_1).f_2(\epsilon_2)d_{\epsilon_1}d_{\epsilon_2} \\ & - \int_{a_1}^{s_1} \int_{c-Q_1-Q_2-\epsilon_1}^{c-Q_1} g_{21}.(-c + \\ & \epsilon_1 + Q_1 + Q_2 + \epsilon_2).f_1(\epsilon_1).f_2(\epsilon_2)d_{\epsilon_1}d_{\epsilon_2} \end{aligned}$$

تقاضای فروش فوری که کمتر از c است با هزینه کمبود نوع اول یعنی g_{11} محاسبه می‌شود و مابقی که از c بزرگ‌تر است با هزینه کمبود نوع دوم یعنی g_{12} .

انتگرال هفتم: مقدار درآمد حاصل از فروش $(q_1 + q_2 - D_2)$ واحد محصول به صورت پیش فروش و D_1 واحد محصول به صورت فوری، در صورتی که تقاضای فروش فوری از مقدار ظرفیت تخصیص داده شده به آن کمتر ولی تقاضای پیش فروش از مقدار ظرفیت پیش فروش بیشتر باشد، $(D_2 > q_2, D_1 \leq q_1)$.

انتگرال هشتم: مجموع هزینه‌ی نگهداری در صورتی که تقاضای پیش فروش از مقدار ظرفیت تخصیص داده شده به آن بیشتر ولی از $c - D_1$ کمتر و تقاضای فروش فوری از مقدار ظرفیت فروش فوری کمتر باشد (یعنی $q_2 \leq D_2 \leq c - D_1, D_1 \leq q_1$).

انتگرال نهم: مجموع هزینه کمبود در صورتی که تقاضای پیش فروش از مقدار $c - D_1$ بیشتر ولی از c کمتر و تقاضای فروش فوری از مقدار $c - D_1$ بیشتر ولی از c کمتر باشد (یعنی $D_1 \leq q_2 \leq c, D_1 \leq q_1$).

انتگرال دهم: مجموع هزینه کمبود در صورتی که تقاضای پیش فروش از مقدار c بیشتر و تقاضای فروش فوری از مقدار ظرفیت فروش فوری کمتر باشد (یعنی $c \leq D_2, D_1 \leq q_1 \leq q_2$)؛ در این حالت قسمتی از تقاضای پیش فروش که کمتر از c است با هزینه کمبود نوع اول یعنی g_{21} محاسبه می‌شود و مابقی که از c بزرگ‌تر است با هزینه کمبود نوع دوم یعنی g_{22} .

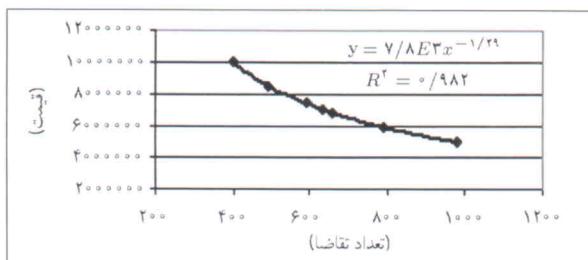
انتگرال یازدهم: مقدار درآمد حاصل از فروش q_2 واحد محصول به صورت پیش فروش و q_1 واحد محصول به صورت فوری، در صورتی که تقاضای فروش فوری از مقدار ظرفیت تخصیص داده شده به آن بیشتر و تقاضای پیش فروش از مقدار ظرفیت پیش فروش بیشتر باشد (یعنی $D_2 > q_2, D_1 > q_1$).

انتگرال دوازدهم: مجموع هزینه‌ی کمبود در صورتی که تقاضای پیش فروش از مقدار q_2 بیشتر ولی از c کمتر و تقاضای فروش فوری از مقدار ظرفیت فروش فوری بیشتر و از c کمتر باشد (یعنی $q_2 \leq D_2 \leq c, q_1 \leq D_1 \leq c$).

انتگرال سیزدهم: مجموع هزینه‌ی کمبود در صورتی که تقاضای فروش فوری از مقدار q_1 بیشتر ولی از c کمتر و تقاضای پیش فروش از مقدار c بیشتر باشد (یعنی $c \leq D_2, q_1 \leq D_1 \leq c$).

انتگرال چهاردهم: مجموع هزینه‌ی کمبود در صورتی که تقاضای پیش فروش از مقدار q_2 بیشتر ولی از c کمتر و تقاضای فروش فوری از مقدار c بیشتر باشد (یعنی $c \leq D_1, q_2 \leq D_2 \leq c$).

انتگرال پانزدهم: مجموع هزینه‌ی کمبود در صورتی که هم تقاضای پیش فروش و هم تقاضای فروش فوری از مقدار c بیشتر باشد (یعنی $c \leq D_1, c \leq D_2$).



شکل ۲. نمودار تغییرات تقاضا با قیمت‌های مختلف.

تقاضای مورد انتظار در صورتی که قیمت p باشد که این مقدار تابعی نزولی از قیمت است (شکل ۲). برای تعیین این پارامتر از جدول «تغییرات تقاضا با قیمت» (جدول ۱) استفاده شده است.

$$4,500,000 * C:TC$$

$$p_1 - p_2 : g_{11}$$

$$p_1 - 4,500,000 : g_{12}$$

$$p_2 - p_1 : g_{21}$$

$$p_2 - 4,500,000 : g_{22}$$

$$(0, 27/365) * p_1 : h$$

ϵ_1 : جزء تصادفی تقاضای فروش فوری که در محدوده (a_1, b_1) قرار دارد.

ϵ_2 : جزء تصادفی تقاضای پیش‌فروش که در محدوده (a_2, b_2) قرار دارد.

$$F_1(\epsilon_1) : \text{تابع توزیع تجمعی } \epsilon_1$$

$$F_2(\epsilon_2) : \text{تابع توزیع تجمعی } \epsilon_2$$

$D_1(P_1, \epsilon_1) = D_1(P_1, \epsilon_1) + Q_1(P_1) + \epsilon_1$

$D_2(P_2, \epsilon_2) = D_2(P_2, \epsilon_2) + Q_2(P_2) + \epsilon_2$

همان‌طور که پیش‌تر گفتیم ϵ_1 و ϵ_2 جزء تصادفی تقاضای فروش فوری و پیش‌فروش با امید ریاضی صفر است که چون براساس رابطه $D_i - \mu_i$ محاسبه می‌شود ابتدا باید تابع توزیع تقاضای دو سطح را

جدول ۱. تغییرات تقاضا با قیمت‌های مختلف.

قیمت	تقاضا
5000000	978
790	5900000
657	6800000
623	7000000
589	7400000
493	8500000
400	10000000

$$\begin{aligned}
 & - \int_{a_1}^{s_1} \int_{c-Q_1}^{b_1} [g_{11}(\epsilon_1 + Q_1) + g_{21}(\epsilon_1 + \\
 & Q_2 - c)].f_1(\epsilon_1).f_2(\epsilon_2)d_{\epsilon_1}d_{\epsilon_2} \\
 & + \int_{a_1}^{s_1} \int_{c-Q_1-Q_2-s_1}^{b_1} (p_1.(s_1 + Q_1) + \\
 & p_2.(c - s_1 - Q_1)).f_1(\epsilon_1).f_2(\epsilon_2)d_{\epsilon_1}d_{\epsilon_2} \\
 & - \int_{a_1}^{s_1} \int_{c-Q_1-Q_2-s_1}^{b_1} [g_{11}(\epsilon_1 - s_1) + g_{21}(Q_2 \\
 & + \epsilon_2 - c - Q_1 - s_1)]f_1(\epsilon_1).f_2(\epsilon_2)d_{\epsilon_1}d_{\epsilon_2} \\
 & \int_{s_1}^{c-Q_1} \int_{c-Q_1-Q_2-s_1}^{b_1} [g_{11}(\epsilon_1 - s_1) + g_{21}(Q_1 + s_1) + \\
 & g_{22}(\epsilon_2 + Q_2 - c)].f_1(\epsilon_1).f_2(\epsilon_2)d_{\epsilon_1}d_{\epsilon_2} \\
 & \int_{c-Q_1}^{b_1} \int_{c-Q_1-Q_2-s_1}^{b_1} [g_{11}(c - s_1 - Q_1) + g_{12}(Q_1 + \\
 & \epsilon_1 - c) + g_{21}(Q_1 + s_1) + g_{22}(\epsilon_2 + Q_2 - \\
 & c)].f_1(\epsilon_1).f_2(\epsilon_2)d_{\epsilon_1}d_{\epsilon_2}
 \end{aligned}$$

همان‌طور که پیش‌تر گفتیم، مجھول‌های مسئله عبارت‌اند از ظرفیت‌ها و قیمت‌های هر دو سطح یعنی p_1 و p_2 و q_1 و q_2 ، ولی در تابع هدفی که نهایتاً به آن رسیدیم ابتدا p_1 و p_2 و s_1 بهینه را پیدا می‌کنیم و سپس با توجه به معادلات مربوط به تقاضا و قیمت، ظرفیت اصلی را بدست می‌آوریم. به‌منظور پیدا کردن مقادیر بهینه p_1 و p_2 و s_1 باید تابع هدف که سود کلی فروش است، بیشینه شود.

حل مدل

در این بخش مقادیر پارامترهای مذکور در مدل را با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده از شرکت مورد مطالعه ارائه می‌کنیم:
C: کل ظرفیت تولید محصول در روز ۱۰۰۰ واحد در نظر گرفته شده است.

P₁: قیمت فروش فوری یک واحد محصول توسط کمیته‌یی که زیر نظر دولت فعالیت می‌کند تعیین می‌شود و در نتیجه نمی‌توان محدوده تغییرات وسیعی را برای آن در نظر گرفت (در اینجا مانند ۶,۸۰۰,۰۰۰ تا ۶,۸۰۰,۰۰۰ تومان را در نظر گرفته‌ایم).

P₂: قیمت فروش یک واحد محصول به صورت پیش‌فروش که در محدوده ۵,۶۰۰,۰۰۰ تا ۵,۶۰۰,۰۰۰ فرض شده است.

برنامه ابتدا با توجه بهتابع توزیع تجربی ϵ_1 و ϵ_2 ، دو مقدار تصادفی تولید می شود که نشان دهنده مقدار تقاضای تصادفی در هر سطح قیمتی است، سپس با تعریف انتگرال ها و مقدار پارامترهای درگیر تابع هدف محاسبه می شود که در این برنامه برای هر سناریو (مجموعه بی از پارامترها و متغیرهای از قبل تعریف شده) ۱۰۰۰ مرتبه عمل شبیه سازی صورت می گیرد.

در این تحقیق سعی شده است که کلیه سناریوهایی که مد نظر مدیریت و محتمل در اجراست در نظر گرفته شود که براساس سه عامل زیر تقسیم بندی می شوند:

- قیمت فروش فوری معادل ۶,۸۰۰,۰۰۰ تومان
- قیمت پیش فروش در محدوده تغییرات (۴,۲۰۰,۰۰۰ - ۵,۶۰۰,۰۰۰)
- میزان ظرفیت تخصیص یافته به فروش فوری و پیش فروش با دسته های ۱۰۰ تایی (۱۰۰ و ۲۰۰ و ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ و ۶۰۰ و ۷۰۰ و ۸۰۰ و ۹۰۰)

کلیه سناریوها در ۹ دسته م مختلف تقسیم بندی شده اند که در جدول ۲ آمده است.

در مجموع ۶۳ سناریوی متفاوت مورد بررسی قرار گرفته که از این تعداد ۳۴ سناریو به دلیل زیان دهی غیر اقتصادی تلقی می شوند. همچنین ۲۹ سناریوی اقتصادی به ترتیب نزولی مرتب شده اند که در جدول ۳ آمده است. همان طور که ملاحظه می شود بهترین حالت پیش فروش ۱۰۰ با قیمت ۶۲۰۰۰۰ است. در اینجا ۱۰ سناریوی برتر را در شکل ۴ شناسان می دهیم.

در شکل ۴ مشخص است که پیش فرض تعداد ۱۰۰ محصول با قیمت ۵,۹۰۰,۰۰۰ بeter از قیمت بالاتر ۶,۱۰۰,۰۰۰ و ۶,۱۰۰,۰۰۰ است. همچنین پیش فرض تعداد ۲۰۰ محصول با قیمت ۶,۲۰۰,۰۰۰ سود بیشتری از قیمت ۶,۲۰۰,۰۰۰ نتیجه خواهد داد.

جدول ۲. تقسیم بندی سناریوها.

ظرفیت فروش فوری	قیمت پیش فروش	دسته سناریوها
۹۰۰	۵۶۰۰۰۰۰ تا ۶۲۰۰۰۰۰	اول
۸۰۰	۵۶۰۰۰۰۰ تا ۶۲۰۰۰۰۰	دوم
۷۰۰	۵۶۰۰۰۰۰ تا ۶۲۰۰۰۰۰	سوم
۶۰۰	۵۶۰۰۰۰۰ تا ۶۲۰۰۰۰۰	چهارم
۵۰۰	۵۶۰۰۰۰۰ تا ۶۲۰۰۰۰۰	پنجم
۴۰۰	۵۶۰۰۰۰۰ تا ۶۲۰۰۰۰۰	ششم
۳۰۰	۵۶۰۰۰۰۰ تا ۶۲۰۰۰۰۰	هفتم
۲۰۰	۵۶۰۰۰۰۰ تا ۶۲۰۰۰۰۰	هشتم
۱۰۰	۵۶۰۰۰۰۰ تا ۶۲۰۰۰۰۰	نهم

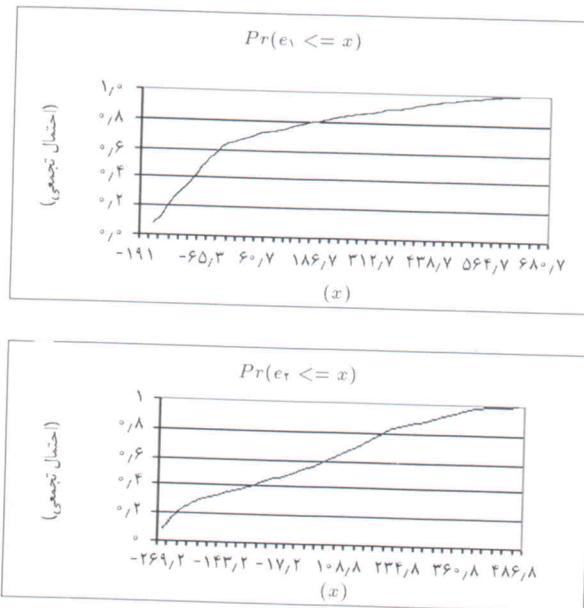
تعیین کنیم لازم به ذکر است که محدوده تغییرات ϵ_2 و ϵ_1 را می توان با تغییرات مقادیر D_2 و D_1 به دست آورد:

$$(a_1, b_1) = (D_{1\min} - \mu_1, D_{1\max} - \mu_1) = (1 - 211/3, 889 - 211/3) = (-210/3, 677/7)$$

$$(a_2, b_2) = (D_{2\min} - \mu_2, D_{2\max} - \mu_2) = (1 - 289/2, 775 - 289/2) = (-288/2, 485/8)$$

با استفاده از جداول فراوانی تقاضا مقادیر متغیرهای تصادفی ϵ_1, ϵ_2 در یک نمونه تقریباً ۵۰ تایی به دست آمده و سپس از نرم افزار SPSS برای تعیین تابع توزیع تقاضا استفاده شد. با استفاده از نرم افزار SPSS بررسی های لازم انجام گرفت و نتیجه های خاصی در مورد توابع به دست نیامد؛ یعنی متغیر تصادفی از تابع توزیع کلاسیک مثل پواسون، نرمال و غیره تبعیت نمی کند. لذا از روش تابع توزیع تجربی استفاده شد که آن در شکل ۳ رسم شده است. چون تابع هدف سود انتگرال های دوگانه با حدود مجھول دارد و این موضوع حل آن را بسیار پیچیده کرده است، با استفاده از شیوه های شیوه سازی اگر ... آنگاه (If-What) سعی در پیدا کردن جواب مناسب برای مسئله شد. لازم به ذکر است که تعداد سناریوهای منطقی کاملاً محدود بوده و استفاده از رویکرد اگر ... آنگاه برای یافتن جواب مناسب توجیه پذیر است.

از آنجا که ϵ_2 و ϵ_1 از متغیرهای تصادفی کلاسیک نیستند و برای شناخت نوع توزیع آنها از تابع توزیع تجربی استفاده کرده ایم، شیوه سازی توسط برنامه نویسی رایانه بی به زبان پاسکال انجام گرفته است. در این



شکل ۳. نمودارهای توابع توزیع تجمعی متغیرها ϵ_1 و ϵ_2 .

علت غیر اقتصادی بودن بعضی سناریوها این است که مقدار تابع هدف در آنها از قیمت تمام شده تولید C واحد محصول $(45000000*C)$ کمتر است. به منظور اختصار به دسته سوم اشاره خواهد شد.

دسته سوم سناریوها: ظرفیت فروش فوری 700 ، قیمت آن $6,800,000$ و ظرفیت پیش فروش 300 است.

نتایج شبیه سازی حالت های مختلف این دسته از سناریوها در جدول ۴ و شکل ۵ آمده است.

چنان که ملاحظه می کنید سناریوهای این دسته همگی اقتصادی اند. بهترین حالت، پیش فروش محصولات با قیمت 6100000 و بدترین حالت با قیمت 5600000 است. برخلاف انتظار به این دلیل که در تابع هدف هم هزینه های کمبود و هم هزینه های نگهداری در نظر گرفته شده است وقتی قیمت پیشنهادی بیشتر از 6100000 باشد به دلیل نزولی بودن تابع تقاضا نسبت به قیمت، میزان تقاضا کم شده و هزینه های نگهداری افزایش می یابد. از سوی دیگر، اگر قیمت کم باشد تقاضا افزایش می یابد و هزینه های کمبود زیاد می شود. در واقع در این شبیه سازی بین این دو موضوع تعادل^۴ برقرار شده است.

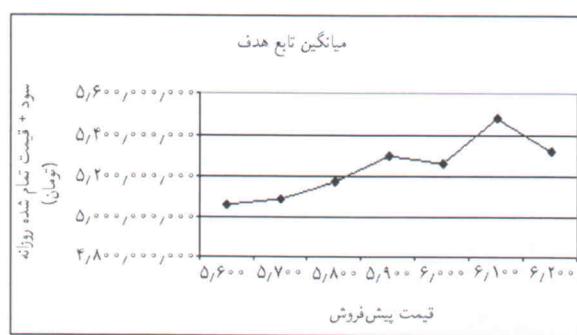
در اینجا لازم است بین درآمد روش موجود در یک دوره زمانی معین و درآمد روش پیشنهادی مقایسه بی صورت گیرد تا به مفید بودن حل مسئله با مدل مدیریت درآمد پی برده شود. همانطور که قبل اهم

جدول ۳. ترتیب نزولی سناریوهای اقتصادی.

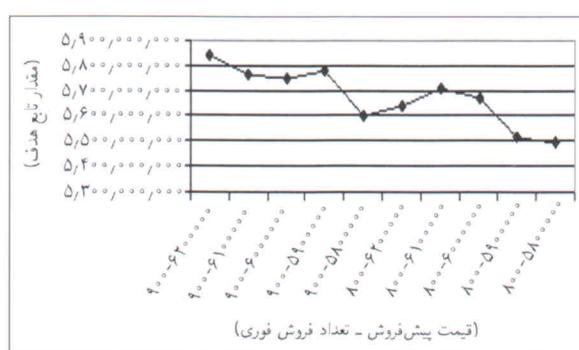
قیمت پیش فروش	تعداد فروش فوری	تعداد پیش فروش
۶,۲۰۰,۰۰۰	۱۰۰	۶,۲۰۰,۰۰۰
۵,۹۰۰,۰۰۰	۱۰۰	۵,۹۰۰,۰۰۰
۶,۱۰۰,۰۰۰	۱۰۰	۶,۱۰۰,۰۰۰
۶,۰۰۰,۰۰۰	۱۰۰	۶,۰۰۰,۰۰۰
۶,۱۰۰,۰۰۰	۲۰۰	۶,۱۰۰,۰۰۰
۶,۰۰۰,۰۰۰	۲۰۰	۶,۰۰۰,۰۰۰
۶,۲۰۰,۰۰۰	۲۰۰	۶,۲۰۰,۰۰۰
۵,۸۰۰,۰۰۰	۱۰۰	۵,۸۰۰,۰۰۰
۵,۹۰۰,۰۰۰	۲۰۰	۵,۹۰۰,۰۰۰
۵,۸۰۰,۰۰۰	۲۰۰	۵,۸۰۰,۰۰۰
۶,۱۰۰,۰۰۰	۳۰۰	۶,۱۰۰,۰۰۰
۵,۷۰۰,۰۰۰	۱۰۰	۵,۷۰۰,۰۰۰
۵,۶۰۰,۰۰۰	۱۰۰	۵,۶۰۰,۰۰۰
۵,۷۰۰,۰۰۰	۲۰۰	۵,۷۰۰,۰۰۰
۵,۶۰۰,۰۰۰	۲۰۰	۵,۶۰۰,۰۰۰
۶,۲۰۰,۰۰۰	۳۰۰	۶,۲۰۰,۰۰۰
۵,۹۰۰,۰۰۰	۳۰۰	۵,۹۰۰,۰۰۰
۶,۰۰۰,۰۰۰	۳۰۰	۶,۰۰۰,۰۰۰
۵,۸۰۰,۰۰۰	۳۰۰	۵,۸۰۰,۰۰۰
۵,۷۰۰,۰۰۰	۳۰۰	۵,۷۰۰,۰۰۰
۵,۶۰۰,۰۰۰	۳۰۰	۵,۶۰۰,۰۰۰
۶,۰۰۰,۰۰۰	۴۰۰	۶,۰۰۰,۰۰۰
۶,۰۰۰,۰۰۰	۴۰۰	۶,۰۰۰,۰۰۰
۶,۰۰۰,۰۰۰	۴۰۰	۶,۰۰۰,۰۰۰
۵,۹۰۰,۰۰۰	۴۰۰	۵,۹۰۰,۰۰۰
۶,۰۰۰,۰۰۰	۴۰۰	۶,۰۰۰,۰۰۰
۶,۰۰۰,۰۰۰	۴۰۰	۶,۰۰۰,۰۰۰
۶,۰۰۰,۰۰۰	۴۰۰	۶,۰۰۰,۰۰۰

جدول ۴. نتایج شبیه سازی مقدار تابع هدف در دسته سوم سناریوها.

قیمت پیش فروش	میانگین مقدار تابع هدف در شبیه سازی
۵,۶۰۰,۰۰۰	۵,۰۶۵,۱۲۲,۴۶۶
۵۷۰۰۰۰۰	۵,۰۹۱,۵۴۹,۷۱۵
۵,۸۰۰,۰۰۰	۵,۱۸۱,۰۵۰,۸۱۹
۵,۹۰۰,۰۰۰	۵,۲۹۷,۶۵۳,۷۳۹
۶,۰۰۰,۰۰۰	۵,۲۶۲,۷۱۰,۱۹۸
۶,۱۰۰,۰۰۰	۵۴,۷۶۷,۹۵۱,۲۲۰
۶,۲۰۰,۰۰۰	۵,۳۱۸,۹۹۴,۹۸۲



شکل ۵. مقدار تابع هدف شبیه سازی شده برای دسته سوم سناریوها.



شکل ۶. مقایسه ۱۵ سناریوی برتر.

۵. اگر قراربر این است که تعداد ۵۰۰ واحد محصول پیش فروش شود تنها دو قیمت ۶,۲۰۰,۰۰۰ و ۶,۱۰۰,۰۰۰ منجر به سناریوی اقتصادی می‌شوند و بیش از ۵۰۰ واحد، پیش فروش همگی غیراقتصادی اند.

جدول ۵. نتایج شبیه‌سازی مقدار تابع هدف برای دوره یک ماهه در سیستم سنتی.

مقدار تابع هدف	قیمت پیش فروش	قیمت فروش فوری	تعداد پیش فروش	تعداد فروش فوری
۴,۵۴۹,۹۵۰,۷۱۸	۵۸۲۹۰۶۰	۶۷۲۹۲۲۸	۷۹۳	۲۰۷
۴,۵۹۸,۳۱۹,۸۸۶	۵۹۰۸۱۰۰	۶۷۱۲۶۳۴	۱۱۵	۸۸۵
۴,۵۳۵,۵۳۷,۹۳۸	۵۹۰۴۷۰۰	۶۹۷۳۵۳۹	۴۲۳	۵۷۷
۴,۵۵۵,۳۰,۱,۳۲۳	۵۹۳۲۶۹	۶۷۱۹۹۹۰	۴۴۴	۵۵۶
۴,۴۷۴,۶۰۹,۷۷۴	۵۷۸۷۸۲۰	۶۷۱۷۶۳۶	۴۲۴	۵۷۶
۴,۵۶۰,۹۴۹,۵۴۲	۶۰۷۶۹۱۷	۶۸۳۲۵۱۱	۰	۱۰۰۰
۴,۵۶۹,۶۰۴,۰۸۴	۵۹۰۸۲۰۰	۶۷۹۷۵۴۸	۷۶۲	۲۳۸
۴,۴۰۲,۱۸۴,۶۱۹	۵۷۵۱۷۳۸	۶۷۸۰۴۵۲	۳۱۴	۶۸۶
۴,۷۴۵,۶۱۲,۹۴۲	۶۱۷۷۰۹۴	۶۶۵۴۲۶۱	۲۱۴	۷۸۶
۴,۵۱۷,۴۷۳,۰۸۱	۵۸۷۶۸۴۴	۶۵۸۲۸۷۶	۴۶۴	۵۳۶
۴,۵۹۶,۵۹۵,۱۴۶	۶۲۶۱۲۵۰	۶۶۵۴۶۰۷	۲۳۵	۷۶۵
۴,۶۰۷,۱۲۵,۰۴	۶۳۳۴۸۱۳	۶۵۸۷۳۱۱	۱۹۱	۸۰۹
۴,۵۲۷,۲۸۷,۰۸۲	۵۹۲۷۵۰۰	۶۵۱۱۷۵۳	۲۱۱	۷۸۹
۴,۴۴۹,۳۷۴,۴۸۸	۵۹۲۶۸۶۰	۶۷۰۴۲۵۱	۲۰۹	۷۹۱
۴,۵۵۹,۰۷۶,۲۸۲	۶۰۴۹۶۰۰	۶۶۲۹۷۲۴	۸۶	۹۱۴
۴,۵۹۲,۷۹۰,۶۵۴	۶۳۴۵۰۰۰	۶۶۴۸۰۰۰	۶۸	۹۳۲
۴,۵۹۲,۱۲۳,۱۰۸	۶۰۷۶۵۰۰	۶۶۳۶۲۲۳	۶۱	۹۳۹
۴,۲۲۳,۸۷۶,۲۷۳	۵۴۲۳۱۲۵	۶۶۶۶۲۸۹	۳۱	۹۶۹
۴,۰۹۰,۸۲۸,۰۵۸	۶۱۷۳۱۳۹	۶۶۷۴۷۵۹	۳۰۸	۶۹۲
۴,۶۲۱,۰۵۹,۶۵۶	۶۲۶۳۷۵۰	۶۶۲۳۱۹۶	۳۷۹	۶۲۱
۴,۰۴۴,۵۴۵,۰۷۵	۵۹۶۲۴۰۰	۶۶۳۵۰۱۷	۵۰۸	۴۹۲
۴,۰۶۰,۳۴۸,۴۸۳	۶۰۴۷۶۶۷	۶۶۳۸۸۸۷	۴۵۹	۵۴۱
۴,۴۱۲,۱۷۶,۱۷۳	۵۷۴۴۲۲۲	۶۷۲۶۷۷۷	۹۷۸	۲۲
۴,۶۶۴,۶۲۲,۹۵۱	۶۱۳۲۵۲۷	۶۶۹۳۲۳۵	۷۷۶	۲۲۴
۴,۶۱۱,۳۷۴,۷۰۱	۶۲۲۷۵۰۰	۶۶۵۲۱۷۹	۵۱۲	۴۸۸
۴,۳۸۷,۰۴۷,۰۹۹	۵۷۱۵۰۰۰	۶۶۶۳۰۸۸	۷۶۱	۲۳۹
۴,۰۴۱,۰۹۴,۹۲۴	۵۹۰۲۹۲۰	۶۶۵۳۳۶۵	۸۵۷	۱۴۳
۴,۶۲۶,۰۷۸,۸۳۰	۶۰۳۱۰۰۰	۶۸۰۷۵۲۰	۹۴۰	۶۰
۴,۰۵۱,۰۱۰,۲۳۶۹	۶۰۱۲۹۰۰	۶۶۶۹۲۱۳	۸۹۴	۱۰۶
۴,۰۵۰,۸۹۰,۷۴۰	۵۹۹۴۸۰۰	۶۶۶۹۲۱۳	۹۹	۹۰۱
۴,۰۴۱,۷۳۲,۴۵۹		میانگین		

ذکر شد در روش سنتی مدل خاصی برای تخصیص ظرفیت وجود ندارد، لذا برای یک دوره‌ی زمانی یکماهه اطلاعات تخصیص ظرفیت به دو سطح قیمتی، به همراه قیمت‌های آنها جمع‌آوری شده و مقدار تابع هدف تعریف شده در این مدل برای دوره‌ی مذکور شبیه‌سازی شده است که نتایج آن در جدول ۵ قابل مشاهده است.

همانطور که مشاهده می‌شود میانگین مقدار تابع هدف به روش سنتی در طی این دوره، از مقدار تابع هدف شبیه‌سازی شده در سناریوهای برتر کمتر است. در ضمن الگوی خاصی برای تخصیص ظرفیت و تعیین قیمت وجود ندارد.

نتیجه‌گیری

ابتدا سعی در ایجاد شناختی جامع از مدیریت درآمد داشتیم. ضمن ارائه‌ی تاریخچه مختصه از آن زمینه‌های کاربرد مدیریت درآمد در صنایع خدماتی را به سیستم‌های تولیدی نیز تعیین داده و به تعریف و مدل‌سازی مسئله‌ی «فروش یک محصول تولیدی به دو سطح قیمتی و تعیین قیمت بهینه دو سطح» پرداختیم. در قسمت حل مدل از رویکرد اگر ... آنگاه برای بررسی چندین سناریوی اجرایی که تعداد آنها محدود است، استفاده کرده‌ایم ولی برای تحلیل هر سناریو از یک برنامه‌ی شبیه‌سازی استفاده شده است. در نهایت از بین ۶۳ سناریوی مورد بررسی قرارگرفته، ۲۹ سناریو اقتصادی بودند که به ترتیب نزولی در متن مقاله عنوان شده‌اند. نتایج مهم حاصل از حل مدل به شرح زیر است:

۱. اگر قراربر این است که تعداد ۱۰۰ واحد محصول پیش فروش شود بهترین قیمت ۶,۲۰۰,۰۰۰ تومان و بدترین قیمت ۵,۶۰۰,۰۰۰ است. در ضمن اگر با قیمت ۵,۹۰۰,۰۰۰ پیش فروش شود بهتر از قیمت ۶,۱۰۰,۰۰۰ و ۶,۲۰۰,۰۰۰ سود دهی خواهد داشت.

۲. اگر قراربر این است که تعداد ۲۰۰ واحد محصول پیش فروش شود بهترین قیمت ۶,۱۰۰,۰۰۰ تومان و بدترین قیمت ۵,۶۰۰,۰۰۰ است. در ضمن اگر با قیمت ۶,۱۰۰,۰۰۰ و ۶,۲۰۰,۰۰۰ پیش فروش شود بهتر از قیمت ۵,۹۰۰,۰۰۰ سود دهی خواهد داشت.

۳. اگر قراربر این است که تعداد ۳۰۰ واحد محصول پیش فروش شود بهترین قیمت ۶,۱۰۰,۰۰۰ تومان و بدترین قیمت ۵,۶۰۰,۰۰۰ است. در ضمن اگر با قیمت ۵,۹۰۰,۰۰۰ پیش فروش شود بهتر از قیمت ۶,۰۰۰,۰۰۰ سود دهی خواهد داشت.

۴. اگر قراربر این است که تعداد ۴۰۰ واحد محصول پیش فروش شود بهترین قیمت ۶,۲۰۰,۰۰۰ تومان و بدترین قیمت ۵,۶۰۰,۰۰۰ است. در ضمن اگر با قیمت ۵,۸۰۰,۰۰۰ پیش فروش شود بهتر از قیمت ۵,۹۰۰,۰۰۰ سود دهی خواهد داشت.

گرفت که با افزایش قیمت لزوماً مقدار سود افزایش نمی‌یابد بلکه تعامل بین هزینه‌ی کمبود و هزینه‌ی نگهداری محصول و درآمد حاصل از فروش تعیین‌کننده‌ی سود است.

لازم به ذکر است که علاوه بر یافتن بهترین جواب‌ها، چنانچه تعداد پیش‌فروش محصول جزئی از محدودیت‌های مسئله باشد می‌توان برای آن تعداد پیش‌فروش قیمت بهینه را پیدا کرد. در مجموع می‌توان نتیجه

پانوشت

1. ATO(Assemble To Order)
2. Revenue management / Yield management
3. Harris & Pinder
4. Trade off

منابع

1. BELOBABA, P.P. "Airline yield management: an overview of seat inventory control", *Transp. Sci.* **21**, pp.63-73 (1987b).
2. SMITH, B.C. LEIMKUHLER, J.F. AND DARROW, R.M. "Yield management at American airlines", *Interfaces* 22, pp.8-31 (1992).
3. CROSS, R.G. "An introduction to revenue management", in *The Handbook of Airline Economics*, D. Jenkins (ed.), The Aviation Weekly Group of the McGraw-Hill Companies, New York, NY, pp. 443-468 (1995).
4. DUNLEAVY, H.N. "Airline passenger overbooking", in *The Handbook of Airline Economics*, D. Jenkins (ed.), The Aviation Weekly Group of the McGraw-Hill Companies, New York, NY, pp. 469-482 (1995).
5. VINOD, B. "Origin-and-destination yield management", in *The Handbook of Airline Economics*, D. Jenkins (ed.), The Aviation Weekly Group of the McGraw-Hill Companies, New York, NY, pp. 459-468 (1995).
6. McGill, J.I. and van Ryzin, G.J. Revenue Management: Research Overview and Prospects, *Transportation Science*, **33**, pp. 233-256 (1999).
7. Weatherford L.R. and Bodily, S.E A taxonomy and research overview of perishable-asset revenue management: yield management , overbooking and pricing. *Opsns Res* 40: pp. 831-844 (1992).
8. Petrucci, N.C. and Dada, M.Pricing and the Newsvendor problem :a review with extentionts. *Opsns Res* **47**, pp. 183-194 (1999).
9. McGill, J.I. and Van Ryzin, G.I. Revenue management :research overview and prospects. *Transport Sci* **33**, pp. 233-256 (1999).
10. BOTIMER, T.C. Airline Pricing and Fare Product Differentiation, Ph.D. thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA (1994).
11. LI, M.Z.F. Pricing Perishable Inventories by Using Marketing Restrictions with Applications to Airlines, Ph.D. thesis, Faculty of Commerce Business Administration, University of British Columbia, Vancouver, BC (1994).
12. WEATHERFORD, L.R. Optimization of Perishable-Asset Revenue Management Problems that Allow Prices as Decision Variables, Working Paper, University of Wyoming, Laramie, WY (1994).
13. GALLEGOS, G. A Demand Model for Yield Management, Technical Report, Columbia University, Dept. of Industrial Engineering and Operations Research, New York, NY (1996)
14. Kimes, S.E. The basics of yield management. *Cornell HRA* **30**, pp. 14-19 (1989).