مدیریت صنعتی
Journal of Industrial Management
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۸، شمارهٔ ۳
پاییز ۱۳۹۵
صص. ۳۵۸- ۳۳۳

# طراحی مدل ریاضی مدیریت سفارش‌های زنجیرهٔ تأمین با تکیه بر رویکرد بهینه‌سازی استوار و ساختار هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت

احمد جعفرنژاد[۱]، عادل آذر[۲]، سید عباس ابراهیمی[۳]

**چکیده:** یکی از کارکردهای مهمی که شرکت‌های تولیدی در زنجیرهٔ تأمین با آن مواجه‌اند و تصمیماتِ مربوط بدان، تأثیر بسزایی بر رقابت‌پذیری آنها دارد، «مدیریت سفارش‌های زنجیرهٔ تأمین» است. در این مسیر، مسائلی پیش روی مدیران قرار دارد که عبارت‌اند از: الف) ترکیب بهینهٔ سفارش‌های زنجیرهٔ تأمین کدام است؟ ب) سناریوهای گوناگون تصمیم در وضعیت عدم قطعیت هزینه‌ها کدام‌اند؟ در واقع موارد بالا، پرسش‌هایی است که در تحقیق حاضر به آنها پاسخ داده خواهد شد. هدف از این تحقیق، طراحی مدل ریاضی مدیریت سفارش‌های دو قطعهٔ به‌کاررفته در زنجیرهٔ تأمین یکی از شرکت‌های خودروسازی است. بدین منظور از دو رویکرد بهینه‌سازی استوار و هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت استفاده می‌شود. با توجه به ساختار هزینه‌ای مدل، پیچیدگی اجزای هزینه‌ای و عدم اطمینان برخی پارامترها، مدل تحقیق به مدلی استوار تبدیل شد تا پاسخ‌های آن قابل اتکا باشد. در پایان نیز، برای ارزیابی صحت عملکرد مدل و بررسی کیفیت جواب‌ها، از تکنیک شبیه‌سازی استفاده شد. نتایج ضمن تأیید اعتبار مدل، نشان داد تخمین سبد سفارش‌ها و تدوین سناریوهای گوناگون و کاربردی امکان‌پذیر است.

***واژه‌های کلیدی: سبد سفارش‌ها، شبیه‌سازی، عدم اطمینان، مدل ریاضی استوار، هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت.***

۱. استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲. استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۳. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران

**تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۴/۰۴**
**تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۱۰**
**نویسندهٔ مسئول مقاله: سید عباس ابراهیمی**
**E-mail: ebrahimi908@yahoo.com**

Archive of SID
www.SID.ir

## مقدمه

یکی از مهم‌ترین کارکردهایی که شرکت‌های تولیدی همیشه با آن سروکار دارند و تصمیم دربارهٔ آن، تأثیر بسزایی بر رقابت‌پذیری آنها می‌گذارد، «مدیریت سفارش‌های زنجیرهٔ تأمین»[1] است. مدیریت بهینهٔ سفارش‌ها، به‌طبع برای خود مؤلفه‌ها و شاخصه‌هایی دارد که عمل به آنها می‌تواند موجب بهبود رقابت‌پذیری شرکت‌ها شود. به بیانی، زمانی می‌توان گفت شرکتی قادر است مدیریت خوبی روی سفارش‌های رسیده داشته باشد که بتواند بر مبنای این مؤلفه‌ها و شاخصه‌ها عمل کند. از جمله شاخصه‌های مهمی که می‌توان در مدیریت سفارش‌های زنجیرهٔ تأمین به آنها اشاره کرد، عبارت‌اند از (کریچ و ریواستاوا، ۲۰۰۷؛ عسکرانی، یزدی‌فر و عسکری، ۲۰۱۰):

- سودآور بودن سفارش‌ها: شرکت بتواند با استفاده از ظرفیت تولیدی محدود، سود زیادی از دریافت و تکمیل سفارش[2] به‌دست آورد.
- درآمدزابودن سفارش‌ها در بلندمدت: شرکت سفارش‌هایی را بپذیرد که در یک دورهٔ زمانی بلندمدت، برای شرکت درآمدزایی داشته باشد.
- افزایش وفاداری مشتریان و همکاری بلندمدت با شرکت: برای جلب رضایت مشتری، نخست باید محصولاتی تولید شود که خصیصه‌های مدنظر مشتری را پوشش دهد و دوم برای مشتری ارزش‌آفرین باشد.

هدفِ این پژوهش این است که با استفاده از تکنیک‌های متناسب تحقیق در عملیات، مدلی ارائه شود که در وضعیت عدم‌قطعیت داده‌ها، در وهلهٔ اول سبد بهینهٔ سفارش‌ها را در اختیار شرکت قرار دهد، سپس بتواند سناریوهای مختلف تصمیم را با تکیه بر نوعی رویکرد هزینه‌یابی نوین تعیین کند. بنابراین پرسش‌های زیر در این تحقیق مطرح شده است:

۱. از میان سفارش‌های رسیده به شرکت، کدام‌یک را باید پذیرفت و کدام‌یک را رد کرد؟ به بیانی، ترکیب بهینه‌ای از سفارش‌ها برای تکمیل انتخاب شود که در وهلهٔ نخست سودآوری زیادی داشته باشد، دوم درآمدزایی بلندمدتی را نصیب شرکت کند و سوم عامل وفاداری و حفظ مشتری را به‌خوبی در این انتخاب لحاظ کند؟
۲. با توجه به غیرقطعی بودن پارامترهای هزینه‌ای، سناریوهای مختلف تصمیم پیش‌روی واحد سفارش‌گذاری شرکت کدام است؟

امروزه رویکردهای کمّی متنوعی، به‌منظور پاسخگویی به مسائل پیش روی مدیران در حوزهٔ مدیریت سفارش‌های زنجیرهٔ تأمین ارائه شده است. یکی از رویکردهای جدید و قابل‌اتکا در

1. Supply Chain Orders Management (SCOM)
2. Order fulfillment

Archive of SID

www.SID.ir

بهینه‌سازی مسائل تصمیم‌گیری کمّی، برنامه‌ریزی یا بهینه‌سازی استوار[1] است. بنابراین، سعی بر آن است تا با استفاده از تکنیک بهینه‌سازی استوار، نوعی مدل ریاضی به‌منظور بهینه‌سازی مسئلهٔ مدیریت سفارش‌ها در زنجیرهٔ تأمین ارائه شود. علاوه‌بر این، به‌منظور تعیین دقیق‌تر پارامترهای هزینه در تصمیم‌گیری، تلاش شد ساختار هزینه‌های سفارش، بر مبنای رویکرد مدیریت/ هزینه‌یابی و بر پایهٔ فعالیت یا همان ABC/M[2] تدوین شود.

خودروسازی، یکی از اجزای مهم و جدانشدنی تجارت و صنعت در دنیاست. زنجیرهٔ تأمین این صنعت، از پویاترین زنجیره‌هاست. با توجه به این مهم، زنجیرهٔ تأمین یکی از شرکت‌های خودروسازی، برای مورد مطالعه و آزمون مدل، انتخاب شد. در این زنجیره، هر خودرو شامل هزاران قطعه است. چون سفارش‌هایی که به شرکت می‌رسند، تنوع و حجم زیادی دارند، فرایند سفارش‌گذاری و تولید دو قطعهٔ خاص انتخاب شد و مطالعات بر مبنای داده‌ها و تجزیه و تحلیل اطلاعات این دو قطعه صورت گرفت. بدین صورت که داده‌های مربوط به سفارش‌گذاری و تولید دو قطعه، مد نظر قرار گرفت، سپس با استفاده از رویکرد هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت، داده‌های هزینه مجدداً ساختاردهی شد و در مدل به‌کار رفت. به‌طور خلاصه، بحث مقالهٔ حاضر، مدل‌سازی استوار مدیریت سفارش‌های زنجیرهٔ تأمین، با تکیه بر رویکرد هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت است.

## پیشینهٔ نظری پژوهش

### زنجیرهٔ تأمین و نقش تحلیل هزینه در کارآمدی آن

از دههٔ ۱۹۹۰ میلادی، هزینه‌های غیرمستقیم تولید نسبت به هزینه‌های مستقیم آن، رشد چشمگیری داشته است. عواملی همچون افزایش تنوع محصولات یا اتوماسیون خطوط تولید که به کاهش کارگر و افزایش فعالیت‌های پشتیبانی تولید منجر شده است را می‌توان دلایل این افزایش برشمرد. این افزایش هزینه بود که موجب شد شرکت‌ها به دنبال سیستم‌های حسابداری نوینی باشند که بتواند هزینه‌های غیرمستقیم تولید را به خوبی و با دقت زیاد استخراج کرده و تجزیه و تحلیل کند (مک‌آرتور، ۱۹۹۳؛ کاپلان و آتکینسون، ۱۹۹۸؛ گوناسه‌کاران و سرهدی، ۱۹۹۸؛ شئو، چن و کوار، ۲۰۰۳). رویکرد مدیریت/ هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت، نوعی سیستم حسابداری بهای تمام‌شده (هزینه‌یابی) و رویکرد مدیریتی کمابیش جدید است که سعی دارد با تجزیه و تحلیل‌های دقیق‌تر نسبت به رویکردهای هزینه‌یابی سنتی، هزینه‌های سربار تولید[3] را به

1. Robust Optimization
2. Activity-Based Costing/Management (ABC)
3. Manufacturing Overhead Cost (MOH)

Archive of SID

www.SID.ir

درستی و بر مبنای میزان مصرف فعالیت توسط هر یک از فرایندها، به موضوعات هزینه‌ای مربوط به آن تخصیص دهد. در واقع هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت با تعریف دقیق و درست فعالیت‌های تمام فرایندهای تولید و تخمین هزینهٔ جداگانه و درست برای هر یک از این فعالیت‌ها، تلاش دارد بهای تمام‌شدهٔ یک محصول را دقیق‌تر و بهتر محاسبه کند (بایکاسقلو و کاپلانقلو، ۲۰۰۸).

در این رویکرد، عموماً هزینه‌ها به چهار گروه یا سطح دسته‌بندی می‌شوند (کوپر و کاپلان، ۱۹۹۱: ۱۷۴):

۱. هزینهٔ فعالیت‌های واحد محصول[1]: این هزینه‌ها متناسب با شمار تولیدات محصول تغییر می‌کنند. مثل هزینه‌های زمان ماشین‌کاری، هزینه‌های مواد و دستمزد مستقیم.
۲. هزینهٔ فعالیت‌های مربوط به دسته‌های تولید[2]: مانند هزینه‌های مدیریت و نگهداری موجودی، راه‌اندازی دستگاه‌ها و غیره.
۳. هزینهٔ فعالیت‌های مربوط به محصول خاص[3]: مانند هزینهٔ طراحی، مهندسی فرایند و غیره.
۴. هزینهٔ فعالیت‌های نگهداری و مدیریت تسهیلات و تجهیزات[4]: مانند هزینهٔ اجاره، بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری.

نمونه‌های زیادی وجود دارد که نشان‌دهندهٔ ناکارآمدی سیستم‌های سنتی هزینه‌یابی است. این ناکارآمدی، به‌ویژه زمانی خود را نشان می‌دهد که هزینه‌های سربار، سهم زیادی از هزینه‌های تمام‌شدهٔ محصولات را به خود اختصاص می‌دهد. همهٔ این عوامل دست به دست هم می‌دهد تا پژوهشگر در تحقیق حاضر، ساختار مدل ریاضی را بر مبنای رویکرد هزینه‌یابی بر پایهٔ فعالیت، پایه‌ریزی کند تا ارزیابی و تحلیل بهتری از هزینه‌های تولید و مدیریت سفارش‌ها و در نهایت بهای تمام‌شدهٔ محصولات داشته باشد. بنابراین در این پژوهش، پس از جمع‌آوری داده‌های هزینه‌ای لازم، دسته‌بندی مجددی بر مبنای هزینه‌یابی بر پایهٔ فعالیت صورت می‌گیرد و بر اساس این دسته‌بندی، مسئلهٔ مدیریت سفارش‌های زنجیرهٔ تأمین در فضای عدم قطعیت داده‌ها، حل می‌شود. البته دسته‌بندی هزینه‌ها در مدلِ تحقیق حاضر تا حدی با دسته‌بندیِ فوق تفاوت دارد که در ادامه بیان خواهد شد.

---

1. Unit-level activities costs
2. Batch-level activities costs
3. Product-level activities costs
4. Facilities sustaining activities costs

Archive of SID

www.SID.ir

## مبانی نظری استواری و بهینه‌سازی استوار

مسائل مربوط به تصمیم، اغلب به‌دلیل بی‌دقتی، تغییرپذیری مستمر و ناتوانی در پیش‌بینی وقایع آینده، با عدم اطمینان‌هایی مواجه‌اند. معمولاً تکنیک‌های گوناگونی برای مدل‌سازی مسائلی که با پارامترهای عدم قطعیت مواجه‌اند، وجود دارد که از جمله آن می‌توان به برنامه‌ریزی احتمالی[1] و بهینه‌سازی استوار[2] اشاره کرد. برنامه‌ریزی احتمالی به‌منظور بهینه‌سازی عملکرد (مانند هزینه)، در مجموعه‌ای از سناریوهای امکان‌پذیر برای پارامترهای تصادفی طراحی می‌شود. در این مدل‌ها، سیستم تنها در حد میانه و معتدلی بهینه عمل می‌کند؛ اما پرسش این‌جاست که اگر سیستم در یک سناریوی خاص در بدترین یا بهترین حالت قرار بگیرد، چه می‌شود؟ در این حالت‌ها، مدل‌های احتمالی معمولاً ضعیف عمل می‌کنند. یعنی یا غیربهینه یا غیرموجه خواهند شد. در این حالت است که رویکردهای بهینه‌سازی استوار ظهور می‌کنند (زنجانی، آیت‌ـــ کادی و نورلفات، ۲۰۱۰). استواری به این معناست که خروجی مدل نباید حساسیت زیادی نسبت به مقادیر دقیق پارامترها و ورودی‌های مدل داشته باشد (کلیجنن، ۲۰۰۱). بهینه‌سازی استوار، به مدل‌سازی مسائل مربوط به بهینه‌سازی در وضعیتی اطلاق می‌شود که عدم‌اطمینان[3] داده‌ها مطرح باشد و به جوابی برسیم که برای همه یا بیشتر پارامترهای نامطمئن، خوب باشد. بهینه‌سازی استوار می‌تواند به‌عنوان گزینهٔ مکمل برای تحلیل حساسیت و برنامه‌ریزی احتمالی مطرح باشد (ولاجیک، وورست و هایجما، ۲۰۱۲).

نخستین گام در حوزهٔ بهینه‌سازی استوار را سویستر[4] برداشت. وی راه‌حلی پیشنهاد داد که در قالب یک مدل برنامه‌ریزی خطی، جوابی تولید می‌کرد که برای همهٔ داده‌های متعلق به یک مجموعهٔ محدب، موجه بود. مدل یادشده، جواب‌هایی می‌دهد که در قبال بهینگی مسئلهٔ اسمی به‌منظور اطمینان از استواری، به‌شدت محافظه‌کارانه است (بنتون، ۱۹۶۱؛ برتسیمس و سیم، ۲۰۰۴). در واقع، این مسئله یکی از نخستین مسائل بهینه‌سازی استوار است. پس از این، گام‌های مهم دیگری به‌طور مستقل برای توسعهٔ تئوری بهینه‌سازی استوار برداشته شد که از جمله می‌توان به بن تال و نمیروسکی (۲۰۰۰)، ال‌قاووی و لبرنت (۱۹۹۶) و برتسمیس و سیم (۲۰۰۴) اشاره کرد. در بهینه‌سازی استوار، به ازای هر مسئلهٔ اسمی (مسئلهٔ دارای پارامترهای نامطمئن) یک مدل استوار ارائه می‌شود که همتای استوار نام دارد (ربیعه، آذر و مدرس یزدی و فطانت فرد حقیقی، ۱۳۹۰). در این تحقیق از رویکرد برتسیمس و سیم (۲۰۰۴) برای استوارسازی استفاده

1. Stochastic programming
2. Robust Optimization (RO)
3. Uncertainty
4. Soyster

Archive of SID

www.SID.ir

می‌شود؛ زیرا از یک سو مدل این تحقیق از نوع عدد صحیح مختلط است که با این رویکرد هم‌خوانی دارد و از سوی دیگر، استوارسازی با استفاده از این رویکرد به خطی‌شدن مدل استوار نهایی منجر می‌شود و مانند برخی از رویکردها غیرخطی نخواهد بود. از این رو، در ادامه به توضیحی در این خصوص پرداخته می‌شود. مسئلهٔ برنامه‌ریزی از نوع عدد صحیح مختلط اسمیِ زیر را با مجموعهٔ n متغیر که k تای اول آن، متغیرهای عدد صحیح هستند، در نظر بگیرید:

رابطهٔ ۱) $Minimize \quad c'x$

رابطهٔ ۲) $subject\ to:\ Ax \le b$

رابطهٔ ۳) $l \le x \le u$

رابطهٔ ۴) $x_i \epsilon Z, i = 1, \dots, k$

بدون از دست‌دادن کلیّت مسئله، فرض می‌شود ماتریس A و c شامل داده‌های غیرقطعی و بردار b شامل اعداد قطعی باشد. با فرض این که هر یک از ضرایب $a_{ij}, j\epsilon N$ به‌صورت یک متغیر تصادفی مستقل، با توزیع متقارن و کراندار $\tilde{a}_{ij}, j\epsilon N$ مدل می‌شود که در بازه $[a_{ij} - \hat{a}_{ij}, a_{ij} + \hat{a}_{ij}]$ مقدار می‌گیرد، هر یک از $c_j, j\epsilon N$ در بازهٔ $[c_j, c_j + d_j]$ مقدار می‌گیرد، به‌طوری که $d_j$ بیان‌کنندهٔ انحراف از ضریب هزینه اسمی $c_j$ است. همچنین تنها فرض برای توزیع ضرایب $a_{ij}$ متقارن بودن آن است. در راستای تحقق هدف استواری جواب، اعداد $i = ۰, ۱, ۲, \dots m$ و $\Gamma_i$ تعریف می‌شوند که در بازهٔ $[۰, |J_i|]$ مقدار می‌گیرند، به‌طوری که $|J_i|$ برابر با تعداد داده‌های غیرقطعی در محدودیت $i$ام است. نقش پارامتر $\Gamma_i$ در محدودیت‌ها، تنظیم میزان استواری در مقابل سطح محافظه‌کاری جواب است. پارامتر $\Gamma.$ سطح استوار بودن را برای تابع هدف کنترل می‌کند. اگر $\Gamma_i = ۰$ باشد، اثر تغییرات در ضرایب هزینه به‌طور کامل لحاظ می‌شود و اگر $\Gamma. = |J.|$ باشد، همهٔ تغییرات ممکن کنترل می‌شود که محافظه‌کارانه‌ترین حالت است. همتای استوار برتسیمس و سیم برای مدل قبل به شکل زیر است (برتسیمس و سیم، ۲۰۰۴):

رابطهٔ ۵) $$Minz = c'x + z_0 + \Gamma_{0+} \sum_{j\epsilon J_i} p_{0j}$$

رابطهٔ ۶) $$st: \sum_j a_{ij} x_j + z_i \Gamma_i + \sum_{j\epsilon J_i} p_{ij} \le b_i \quad \forall i$$

Archive of SID

www.SID.ir

رابطهٔ ۷) $z_0 + p_{oj} \geq d_j y_j \qquad \forall j \epsilon J_o$

رابطهٔ ۸) $z_i + p_{ij} \geq \hat{a}_{ij} y_j \qquad \forall i \neq 0, j \epsilon J_i$

رابطهٔ ۹) $p_{ij} \geq 0 \qquad \forall i, j \epsilon J_i$

رابطهٔ ۱۰) $y_{ij} \geq 0 \qquad \forall j$

رابطهٔ ۱۱) $z_i \geq 0 \qquad \forall i$

رابطهٔ ۱۲) $-y_i \leq x_j \leq y_j \qquad \forall j$

رابطهٔ ۱۳) $l_j \leq x_j \leq u_j \qquad \forall j$

رابطهٔ ۱۴) $x_i \epsilon z \qquad \forall i = 1, \dots, k$

در بهینه‌سازی استوار، به ازای هر مسئلهٔ اسمی (مسئلهٔ دارای پارامترهای نامطمئن) یک مدل استوار ارائه می‌شود که همتای استوار نام دارد.

## پیشینهٔ تجربی

نخستین‌بار، کریچ، ریواستاوا و خوماوالا (۲۰۰۲) در حوزهٔ مدیریت سفارش‌های زنجیرهٔ تأمین، یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط را به‌منظور تصمیم دربارهٔ رد یا پذیرش سفارش‌ها با استفاده از رویکرد هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت و ساختار مخازن هزینهٔ معرفی‌شدهٔ کوپر و کاپلان (۱۹۹۱: ۱۷۴) ارائه کردند. هدف از ارائهٔ مدل این بود که نشان دهد در حالی که شرکت منابع کافی‌ای برای تکمیل تقاضای تمام مشتریان در اختیار ندارد، چگونه تصمیمات مهم در حوزهٔ مدیریت سفارش‌ها می‌تواند سود شرکت را بیشتر کند. مدتی بعد، محققان (کریچ و ریواستاوا، ۲۰۰۷) مدل فوق را توسعه دادند و به آن یک تابع هدف دیگر برای حداقل‌سازی ظرفیت بی‌استفادهٔ تولید اضافه کردند. در واقع، مدل پژوهش حاضر توسعهٔ کار کریچ و همکارانش در فضای عدم‌قطعیت پارامترها محسوب می‌شود. البته در این راستا مدل‌های متعدد دیگری عرضه شد که با استفاده از رویکرد هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت، به توسعهٔ مفاهیم و مسائل حوزهٔ زنجیرهٔ تأمین کمک کرد که در این‌جا مجال شرح تمام کارهای صورت گرفته وجود ندارد، از این رو در

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱ به طبقه‌بندی پژوهش‌های صورت‌گرفته در زنجیرهٔ تأمین با استفاده از هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت پرداخته شده است.

**جدول ۱. طبقه‌بندی مدل‌های زنجیرهٔ تأمین با استفاده از ABC/M**

| سطوح تصمیم | فعالیت‌های SCM | کاربرد مستقیم ABC/M | کاربرد غیرمستقیم ABC/M | مدل مفهومی |
|---|---|---|---|---|
| استراتژیک | طرح ریزی استراتژیک و کنترل هزینه | شاپیرو (۱۹۹۹) | سینگر و دونوسو (۲۰۰۸)<br>لیو، سویی، منگ و پان (۲۰۰۸) | |
| | تصمیمات سرمایه‌گذاری | کیم (۱۹۹۷)<br>بونخون، چاندرا و انسکور (۲۰۰۵) | رامداس و ساونی (۲۰۰۱) | ایونو و سولیوان (۱۹۹۹) |
| فنی | مدیریت لجستیک و موجودی | یانگ و لیو (۲۰۰۸)<br>تسای، هونگ (۲۰۰۷) | یانگ (۲۰۰۸) | |
| | انتخاب تأمین‌کننده و فروشنده | دگراو و رودهوفت (۱۹۹۸، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰) | | رودهوفت و کونینگس (۱۹۹۶) |
| | مدیریت سفارش‌ها و سودآوری مشتری | کریچ و همکاران (۲۰۰۲، ۲۰۰۵)<br>کریچ، ریواستاوا (۲۰۰۵، ۲۰۰۷) | | |
| عملیاتی | کنترل هزینه‌های کیفیت | | | لیو و همکاران (۲۰۰۸) |
| | ترکیب محصول و تصمیمات مشترک دربارهٔ تولید | تسای (۱۹۹۶)، کیی و اشمیت (۲۰۰۰)، لیی و فردندال (۲۰۰۲)، تسای، لای، سنگ و چو (۲۰۰۸)، کاراکاس، کویونسو، ارول و کوکانگول (۲۰۱۰) | | |
| | اندازهٔ دسته و زمان‌بندی تولید | | | فوجی و کایهارا (۲۰۰۳) |

همچنین پژوهش‌های داخلی متعددی در حوزهٔ مدیریت زنجیرهٔ تأمین صورت گرفته است که از ابعاد معدودی همچون استفاده از رویکرد استوارسازی مدل و تحلیل هزینه‌های زنجیرهٔ تأمین می‌تواند با پژوهش حاضر مرتبط باشد (ربیعه و همکاران، ۱۳۹۰؛ حجی، معارف‌دوست و ابراهیمی، ۱۳۸۸؛ جعفرنژاد، مهرگان، الفت و فلاح لاجیمی، ۱۳۹۳؛ صادقی مقدم، مؤمنی و نالچیگر، ۱۳۸۸). در این میان از جمله کارهایی که می‌توان در زمینهٔ کاربرد بهینه‌سازی استوار در تعیین سبد بهینهٔ محصولات زنجیرهٔ تأمین در ایران بدان اشاره کرد، پژوهشی است که محقر، مهرگان و نازآبادی

Archive of SID

www.SID.ir

(۱۳۸۸) انجام دادند. این پژوهش به تعیین تعداد و نوع محصول تولیدی با در نظر گرفتن تمام محدودیت‌ها در وضعیت عدم‌قطعیت با هدف رسیدن به بالاترین سود اجرا شده است.

به‌منظور مقایسهٔ پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین و تصریح وجه تمایز این پژوهش با آنها، بیان نکات زیر ضروری است:

۱. تحلیل هزینه‌های زنجیرهٔ تأمین بر مبنای رویکرد هزینه‌یابی بر پایهٔ فعالیت، نکته‌ای است که در پژوهش‌های داخلی نمونه‌ای از آن وجود ندارد. با توجه به پیشینهٔ تحقیقات، پژوهشی که به تحلیل هزینهٔ سفارش‌های زنجیرهٔ تأمین در داخل پرداخته باشد، دیده نشد. پژوهش حاضر می‌تواند شکاف موجود را پر کند.

۲. از میان کلیهٔ پژوهش‌های پیشین، همان‌گونه که اشاره شد به بهینه‌سازی سبد سفارش‌ها در فضای عدم قطعیتِ هزینه‌های مبتنی بر روش هزینه‌یابی بر پایهٔ فعالیت، پرداخته نشده است. به بیانی، ترکیب استفاده از رویکرد هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت با بهینه‌سازی استوار در پژوهش‌های پیشین مشاهده نمی‌شود و این موضوع می‌تواند نوآوری این پژوهش را نشان دهد.

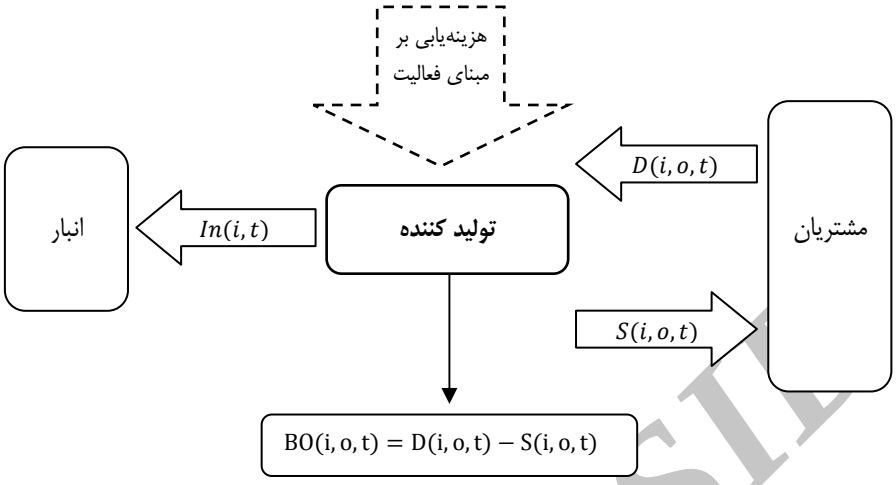
۳. دسته‌بندی بر مبنای هزینه‌یابی بر پایهٔ فعالیت در این پژوهش با پژوهش‌های پیشین متفاوت است. چنان‌که در ادامه تشریح خواهد شد، به‌دلیل دسته‌بندی جزئی‌تر و مفصل‌تر هزینه‌ها، مدل ارائه‌شده در این پژوهش نسبت به پژوهش‌های پیشین، قدرت بیشتر و بهتری در تخمین هزینه، تعیین دقیق‌تر نرخ مخازن هزینه و در نهایت، تعیین دقیق‌تر سبد بهینهٔ سفارش‌ها دارد. دسته‌بندی مفصل‌تر هزینه‌ها مطابق آنچه در جدول ۳ آمده است، می‌تواند به کارآمدی بیشتر مدل این پژوهش نسبت به سایر مدل‌ها کمک کند.

## مفروضات مدل

شکل ۱ شمای کلی مدل طراحی‌شده در پژوهش حاضر را به تصویر کشیده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در این مدل تقاضا از مشتریان دریافت می‌شود و با توجه به محدودیت ظرفیت تولید، هزینه‌ها و سودآوری هر یک از محصولات، تولیدکننده تولید اضافهٔ خود را به انبار می‌فرستد یا این که با کمبود مواجه خواهد شد. همان‌گونه که در بخش‌های دیگر مقاله نیز اشاره شد، دسته‌بندی هزینه‌ها بر مبنای رویکرد هزینه‌یابی بر پایهٔ فعالیت است. علاوه‌بر این، مدل طراحی‌شده در فضای عدم قطعیتِ دو عامل هزینه‌ای طراحی خواهد شد.

Archive of SID

www.SID.ir




**شکل ۱. مفروضات زنجیرهٔ تأمین مورد مطالعه**

## روش‌شناسی پژوهش

به‌منظور تبیین و شفافیت بهتر مراحل اجرای پژوهش، این مراحل در قالب جدول ۲ نمـایش داده شده است.

**جدول ۲. خلاصهٔ مراحل اجرای پژوهش**

| **مرحلهٔ مقدماتی و آشنایی** |
|---|
| ۱. مطالعهٔ پیشینه و ادبیات تحقیق |
| ۲. تعیین شاخص‌های مهم در فرایند انتخاب سفارش‌ها و نیز تحلیل تکنیک ABC در تعیین بهای تمام‌شدهٔ محصولات |
| ⇩ ⇩ |
| **مرحلهٔ مدل‌سازی، حل و شبیه‌سازی** |
| ۱. تعیین مفروضات مدل |
| ۲. مدل‌سازی ریاضی (تعریف متغیرها، پارامترها، تعیین اهداف و محدودیت‌ها) |
| ۳. متمایز ساختن پارامترهای قطعی و غیرقطعی |
| ۴. مدل‌سازی استوار، یعنی تبدیل مدل ریاضی به مدل همتای استوار |
| ۵. گردآوری داده‌های لازم برای آزمون مدل، تعیین مقادیر پارامترها، حل مدل استوار، شبیه‌سازی و بررسی کیفیت جواب‌ها |

Archive of SID

www.SID.ir

## گردآوری داده‌ها

به‌منظور گردآوری داده‌های لازم برای آزمون مدل، جلسات متعددی با کارشناسان واحد حسابداری و تولید شرکت برگزار شد. با استفاده از داده‌های موجود در فایل‌های حسابداری شرکت و دسته‌بندی آنها، داده‌های خام اولیهٔ مربوط به هزینه‌های دو محصول مدنظر گردآوری شد. پس از آن با همکاری یکی از کارشناسان واحد حسابداری، بر مبنای رویکرد هزینه‌یابی بر پایهٔ فعالیت، دسته‌بندی جدیدی بر مبنای رویکرد هزینه‌یابی بر پایهٔ فعالیت روی داده‌ها صورت گرفت و داده‌ها آمادهٔ ورود به مدل شدند. همچنین برای تعیین ضرایب آرمان‌ها، از رویکرد کیفی و مصاحبه‌محور استفاده شد که شرح آن در ادامه آمده است.

## فرموله‌کردن مدل

پس از مطالعهٔ زنجیرهٔ تأمینِ شرکت، چارچوب کلی مدل تعیین شد. شایان ذکر است از آنجا که در این تحقیق، تلاش می‌شود ساختار هزینه‌ای مدل بر اساس رویکرد هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت تدوین شود، هزینه‌های مدل بر مبنای ساختار مخازن هزینهٔ معرفی‌شده توسط کوپر و کاپلان (۱۹۹۱: ۱۷۴) تجزیه شده است. در جدول ۳، ساختار مخازن هزینه و محرک‌های هزینه‌ای مربوط به آن آورده شده است. همچنین مفروضات، اندیس‌ها، متغیرها و پارامترهای مدل در جدول ۴ مشاهده می‌شود.

**جدول ۳. ساختار مخازن هزینه و محرک‌های هزینه‌ای مربوط به آن**

| | | مخازن هزینه | سطوح فعالیت | محرک هزینه |
|---|---|---|---|---|
| هزینهٔ کل | هزینهٔ غیرمستقیم | مدیریت مواد | دستهٔ ۱ | دفعات جابه‌جایی |
| | | راه‌اندازی تجهیزات | دستهٔ ۲ | دفعات راه‌اندازی |
| | | خرید مواد<br>تراکنش مالی<br>دریافت مواد | سفارش ۱ | دفعات سفارش |
| | | پشتیبانی مهندسی<br>نگهداری تجهیزات | سفارش ۲ | ساعات پشتیبانی |
| | | فضاسازی<br>استهلاک | تسهیلات | ساعات کار ماشین |
| | هزینهٔ مستقیم | مواد + دستمزد + سربار مستقیم | | |

مدل آرمانی مدیریت سفارش‌ها به قرار زیر است:

www.SID.ir

$$Minz = w_1 d_1^- + \sum_j w_j d_j^+ \qquad j = 2, \dots, 8$$ رابطهٔ ۱۵)

$ST$:

$$\sum_t \sum_o \sum_i p_i s_{iot} + d_1^- - d_1^+ = G_1$$ رابطهٔ ۱۶)

$$\sum_t \sum_i \widetilde{pr_i} p_{it} + d_2^- - d_2^+ = G_2$$ رابطهٔ ۱۷)

$$\sum_t \sum_i \sum_n \sum_k a_k \; u_{ik} B_{it} + d_3^- - d_3^+ = G_3$$ رابطهٔ ۱۸)

$$\sum_t \sum_o \sum_i \sum_l y_l \; f_{il} Y_{iot} + d_4^- - d_4^+ = G_4$$ رابطهٔ ۱۹)

$$\sum_t \sum_o \sum_i \sum_n \sum_r c_r \, q_{ir} s_{iot} + d_5^- - d_5^+ = G_5$$ رابطهٔ ۲۰)

$$\sum_i \sum_t h_i \, I_{it} + d_6^- - d_6^+ = G_6$$ رابطهٔ ۲۱)

$$\sum_t \sum_o \sum_i \widetilde{CBO}_{iot} \, BO_{iot} + d_7^- - d_7^+ = G_7$$ رابطهٔ ۲۲)

$$\sum_t \sum_i MO_i \, DEP_i p_{it} + d_8^- - d_8^+ = G_8$$ رابطهٔ ۲۳)

$$\sum_i q_{ir} \, p_{it} \leq Q_{rt} \qquad \forall r, t$$ رابطهٔ ۲۴)

$$\sum_i \sum_n u_{ink} \; B_{int} \leq U_{ki} \qquad \forall k, t$$ رابطهٔ ۲۵)

$$p_{it} = b_i B_{it} \qquad \forall i, t$$ رابطهٔ ۲۶)

$$s_{iot} = D_{iot} Y_{iot} \qquad \forall i, o, t$$ رابطهٔ ۲۷)

$$\sum_t \sum_o \sum_i f_{il} \, Y_{iot} \leq F_l \qquad \forall l$$ رابطهٔ ۲۸)

$$D_{iot} \geq Y_{iot} \qquad \forall i, o, t$$ رابطهٔ ۲۹)

$$D_{iot} \, (1 - Y_{iot}) = BO_{iot} \qquad \forall i, o, t$$ رابطهٔ ۳۰)

$$I_{i0} = 0 \qquad \forall i$$ رابطهٔ ۳۱)

$$I_{i(t-1)} + p_{it} - I_{it} = \sum_o s_{iot} \qquad \forall i, t > 1$$ رابطهٔ ۳۲)

$$B_{it}, p_{it} \geq 0, integer \qquad \forall i, t$$ رابطهٔ ۳۳)

$$B_{iot}, s_{iot} \geq 0, \; integer \qquad \forall i, o, t$$ رابطهٔ ۳۴)

$$0 \leq Y_{iot} \leq 1 \qquad \forall i, o, t$$ رابطهٔ ۳۵)

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ٤. ویژگی‌های مدل، تعریف اندیس‌ها، متغیرها و پارامترهای مدل**

| مفروضات | تصادفی‌بودن ماهیت داده‌های نامطمئن، تبعیت تغییرپذیری (نوسان) داده‌های نامطمئن از توزیع متقارن |
|---|---|
| اندیس‌ها | i: محصول، k: فعالیت در سطح دسته‌های تولیدی، l: فعالیت در سطح سفارش، r: فعالیت در سطح تسهیلات، o: شاخص سفارش، j: آرمان‌ها |
| متغیرها | $P_{it}$: میزان تولید محصول i در دورهٔ tام<br>$S_{iot}$: میزان فروش محصول i در دورهٔ زمانی tام مربوط به سفارش شمارهٔ o<br>$BO_{iot}$: میزان سفارش تأمین‌نشده مربوط به محصول i در دورهٔ زمانی tام مربوط به سفارش شماره o برای مشتری<br>$I_{it}$ : میزان موجودی انبارشده از محصول i در دورهٔ زمانی tام<br>$B_{it}$: تعداد دسته‌های محصول i تولید شده در دورهٔ t<br>$Y_{iot}$: نسبت سفارش پذیرفته‌شده مربوط به محصول i در دورهٔ زمانی tام مربوط به سفارش شماره o<br>$d_j^+$: متغیر انحراف از آرمان (انحراف مثبت)<br>$d_j^-$: متغیر انحراف از آرمان (انحراف منفی)<br>$G_j$: مقادیر مفروض برای آرمان‌ها<br>Z, ZZ, PP, PPP = متغیر های مربوط به مدل استوار |
| پارامترهای قطعی | $\rho_i$ : قیمت محصول i<br>$a_k$ : نرخ استفاده از مخازن هزینهٔ (نرخ هزینه) فعالیت سطح دسته<br>$y_l$: نرخ استفاده از مخازن هزینهٔ (نرخ هزینه) فعالیت در سطح سفارش<br>$c_r$: نرخ استفاده از مخازن هزینهٔ (نرخ هزینه) فعالیت در سطح تسهیلات<br>$h_i$ : هزینهٔ انبارداری محصول i<br>$q_{ir}$: نرخ مصرف فعالیت r (سطح تسهیلات) برای محصول i<br>$u_{ik}$: نرخ مصرف فعالیت k (سطح دسته) برای محصول i<br>$f_{il}$: نرخ مصرف فعالیت l (سطح سفارش) مربوط به محصول i<br>$b_i$: اندازهٔ دسته محصول i<br>$D_{iot}$: میزان تقاضای محصول i از سفارش o در دورهٔ t<br>$Q_{rt}$: کل زمان در دسترس برای انجام فعالیت r در دورهٔ t<br>$U_{kt}$: کل زمان دردسترس برای انجام فعالیت k در دورهٔ t<br>$F_l$: کل زمان موجود برای انجام فعالیت l<br>$\Gamma$: ضریب سطح حفاظت مدل استوار |
| پارامترهای غیرقطعی | $\tilde{p}r_i$ : مجموع هزینه‌های اولیهٔ محصول i<br>$\tilde{C}BO_i$: هزینه سفارشات تأمین نشده برای مشتری برای محصول i |

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵ به‌طور خلاصه اجزای مدل را شرح می‌دهد. ستون اول، شمارهٔ مربوط به عبارت‌های مدل و ستون دوم شرح آن عبارت‌هاست. فارغ از توضیحاتی که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، بیان یک نکته دربارهٔ مدل آرمانی بالا ضروری است. شاید این پرسش مطرح شود که چرا مدل فوق به‌صورت آرمانی درآمده است؛ به بیانی چرا ما یک تابع سود واحد تشکیل ندادیم و عبارت‌های ۲ تا ۹ که محدودیت‌های آرمانی هزینه هستند را یک‌جا به‌عنوان عبارت هزینه، از عبارت درآمد کسر نکردیم؟ در پاسخ به این پرسش باید گفت که امکان تبدیل تابع هدف به یک تابع تک خطی وجود دارد، اما به سه دلیل ما تابع هدف را به آرمانی تبدیل کردیم:

۱. اساساً تبدیل این تابع هدف به آرمانی از نظر ریاضی اشکالی ندارد؛ زیرا فرض اساسی برنامه‌ریزی آرمانی این است که آرمان‌های تعیین‌شده از یکدیگر مستقل باشند. چون هزینه‌های تعیین‌شده در هر یک از عبارت‌های ۲ تا ۹، بر مبنای محرک‌های هزینه‌ای جداگانه‌ای تعریف شده‌اند و در واقع آنچه به‌عنوان عامل ایجادکنندهٔ هزینه معرفی می‌شود (محرک هزینه)، در هر یک از این عبارت‌ها، از نظر ساختار هزینه‌ای تعریف‌شده در رویکرد هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت (جدول ۳)، از یکدیگر مستقل تعریف و تحریک می‌شوند.

۲. دلیل دوم نیز مجدداً به رویکرد هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت برمی‌گردد. از آنجا که نقطهٔ تفوق رویکرد هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت، تفکیک هزینه‌ها از یکدیگر است، با تفکیک این عبارت‌های هزینه‌ای و تعیین مقادیر آرمان مستقل برای هر یک از عبارت‌ها، می‌توان تحلیل حساسیت دقیق‌تری نسبت به تغییر نرخ مصرف مخازن هزینه و نرخ مصرف فعالیت به‌عنوان ضرایب فنی این عبارت‌ها داشت.

۳. دلیل سومِ این تفکیک نیز مربوط می‌شود به تبدیل این تابع به مدل همتای استوار. با توجه به رویکرد برتسیمس و سیم (۲۰۰۴) در استوارسازی مدل، محقق تشخیص می‌دهد که تبدیل مدل ریاضی به حالت همتای استوار راحت‌تر بوده و امکان تجزیه و تحلیل آن آسان‌تر است. در واقع از آنجا که مدل فوق از اجزای هزینه‌ای متعددی تشکیل شده است، تجمیع آنها تحت یک تابع هدف، فرایند تحلیل حساسیت تابع و هزینه‌ها را اندکی با پیچیدگی مواجه می‌کند.

جمع دلایل بالا موجب شد که مدل فوق را به مدل آرمانی تبدیل کنیم.

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۵. شرح اجزای مدل آرمانی مدیریت سفارش‌ها**

| رابطه | شرح |
|---|---|
| ۱ | تابع هدف از نوع آرمانیِ وزنی تشکیل‌شده از هشت آرمان |
| ۲ | محدودیت آرمانی مربوط به میزان درآمد کسب‌شده از فروش محصول |
| ۳ | محدودیت آرمانی غیرقطعی مربوط به هزینهٔ اولیهٔ کل |
| ۴ | محدودیت آرمانی مربوط به هزینهٔ کل فعالیت‌های سطح دسته‌های تولید |
| ۵ | محدودیت آرمانی مربوط به هزینهٔ کل فعالیت‌های سطح سفارش‌های تولید |
| ۶ | محدودیت آرمانی مربوط به هزینهٔ کل فعالیت‌های سطح تسهیلات تولید |
| ۷ | محدودیت آرمانی مربوط به هزینهٔ کل موجودی انبار |
| ۸ | محدودیت آرمانی غیرقطعی مربوط به هزینهٔ کل سفارش‌های انجام نشده |
| ۹ | محدودیت آرمانی مربوط به هزینهٔ کل استهلاک تسهیلات |
| ۱۰ | محدودیت مربوط ظرفیت ساعات تخصیص‌داده شده به فعالیت‌های سطح تسهیلات |
| ۱۱ | محدودیت مربوط ظرفیت ساعات تخصیصی به فعالیت‌های سطح دسته |
| ۱۲ | محدودیت بالانس تولید در مقابل دسته‌های تولیدی محصول |
| ۱۳ | محدودیت بالانس فروش با نسبت سفارش‌های پذیرفته‌شده از تقاضا |
| ۱۴ | محدودیت مربوط به ظرفیت ساعات تخصیص‌داده‌شده به فعالیت‌های سطح سفارش |
| ۱۵ | محدودیت تکمیلی سفارش‌های پذیرفته‌شده |
| ۱۶ | محدودیت تعیین‌کنندهٔ مقدار سفارش انجام نشده |
| ۱۷و ۱۸ | محدودیت مربوط به روابط موجودی با سطح فروش |
| ۱۹و۲۰و ۲۱ | محدودیت‌های تعیین‌کنندهٔ نوع متغیرهای عدد صحیح و متغیرهای کراندار |

## مدل همتای استوار

با توجه به دلایلی که پیش از این بیان شد، برای تبدیل مدل به همتای استوار، از مدل برتسیمس و سیم (۲۰۰۴) استفاده شد. از این رو داریم:

رابطهٔ ۳۶) $$Minz = w_1 d_1^- + \sum_j w_j\, d_j^+ \qquad j = 2, \dots, 8$$

$ST$:

رابطهٔ ۳۷) $$\sum_t \sum_o \sum_i \rho_i\, s_{iot} + d_1^- - d_1^+ = G_1$$

رابطهٔ ۳۸) $$\sum_t \sum_i \widehat{pr_i}\, p_{it} + z\Gamma_1 + \sum_t \sum_i pp_{it} - d_2^+ = G_2$$

رابطهٔ ۳۹) $$z + pp_{it} \geq \widehat{pr_i}\, p_{it} \qquad \forall i, t$$

Archive of SID

www.SID.ir

رابطهٔ ۴۰) $\sum_t \sum_i \sum_n \sum_k a_k \; u_{ik} B_{it} + d_3^- - d_3^+ = G_3$

رابطهٔ ۴۱) $\sum_t \sum_o \sum_i \sum_l y_l \; f_{il} Y_{iot} + d_4^- - d_4^+ = G_4$

رابطهٔ ۴۲) $\sum_t \sum_o \sum_i \sum_n \sum_r c_r \, q_{ir} s_{iot} + d_5^- - d_5^+ = G_5$

رابطهٔ ۴۳) $\sum_i \sum_t h_i \, I_{it} + d_6^- - d_6^+ = G_6$

رابطهٔ ۴۴) $\sum_t \sum_o \sum_i \widehat{CBO}_{iot} \, BO_{iot} + zz \, \Gamma_2 + \sum_t \sum_o \sum_i ppp_{iot} - d_7^+ = G_7$

رابطهٔ ۴۵) $zz + ppp_{iot} \geq \widehat{CBO_{iot}} \, BO_{iot} \qquad \forall \, i, o, t$

رابطهٔ ۴۶) $\sum_t \sum_i MO_i \, DEP_i p_{it} + d_8^- - d_8^+ = G_8$

رابطهٔ ۴۷) $\sum_i q_{ir} \, p_{it} \leq Q_{rt} \qquad \forall \, r, t$

رابطهٔ ۴۸) $\sum_i \sum_n u_{ink} \; B_{int} \leq U_{ki} \qquad \forall \, k, t$

رابطهٔ ۴۹) $p_{it} = b_i B_{it} \qquad \forall \, i, t$

رابطهٔ ۵۰) $s_{iot} = D_{iot} Y_{iot} \qquad \forall \, i, o \, , t$

رابطهٔ ۵۱) $\sum_t \sum_o \sum_i f_{il} \, Y_{iot} \leq F_l \qquad \forall \, l$

رابطهٔ ۵۲) $D_{iot} \geq Y_{iot} \qquad \forall \, i, o, t$

رابطهٔ ۵۳) $D_{iot} \, (1 - Y_{iot}) = BO_{iot} \qquad \forall \, i, o, t$

رابطهٔ ۵۴) $I_{i0} = 0 \qquad \forall \, i$

رابطهٔ ۵۵) $I_{i(t-1)} + p_{it} - I_{it} = \sum_o s_{iot} \qquad \forall \, i, t > 1$

رابطهٔ ۵۶) $B_{it}, p_{it} \geq 0, integer \qquad \forall \, i, t$

رابطهٔ ۵۷) $B_{iot}, s_{iot} \geq 0, \;\; integer \qquad \forall \, i, o, t$

رابطهٔ ۵۸) $0 \leq Y_{iot} \leq 1 \qquad \forall i, o, t$

## تعیین ضرایب آرمان

اساساً به لحاظ تحلیلی، تعیین ضرایب آرمان در برنامه‌ریزی آرمانی می‌تواند به دو طریق کمّی و کیفی صورت گیرد. با توجه به تعدد آرمان‌ها و این که در روش کمّی، بیان نظرهای کارشناسان

Archive of SID

www.SID.ir

به‌طور کامل و جامع امکان‌پذیر نیست، ترجیح داده شد ضریب آرمان‌ها از طریق مصاحبهٔ حضوری با کارشناسان و دریافت نظرهای برآوردشدهٔ آنان از میزان اهمیت آرمان‌ها تعیین شود. به همین دلیل برای تعیین وزن آرمان‌ها به جای استفاده از روش‌های MADM، از رویکرد مصاحبه و روش کیفی (به جای روش کمّی) استفاده شد. با توجه به مصاحبه‌های حضوری صورت‌گرفته با کارشناسان، دو آرمان درآمد کل و هزینهٔ سفارش‌های معوقه نسبت به سایر آرمان‌ها درجه اهمیت بیشتری (دوبرابری) دارند، بنابراین وزن‌های هر یک از این دو آرمان در مدل ۰/۲ و وزن شش آرمان دیگر ۰/۱ لحاظ شده است. به بیان دیگر، از میان آرمان‌های هشت‌گانه، میزان اهمیت آرمان‌های درآمد کل و هزینهٔ سفارش‌های معوقه ۲۰ درصد و میزان اهمیت شش آرمان باقی‌مانده به‌طور یکسان ۱۰ درصد لحاظ شده است.

## پارامترهای مدل

در حالت کلی، پارامترهای مدل را می‌توان به چند گروه دسته‌بندی کرد:

الف) پارامترهای عمومی و قطعی: مثل نرخ هزینه، سطوح مختلف فعالیت، قیمت و غیره.

ب) پارامترهای مربوط به مقادیر آرمان‌ها و ضریب اهمیت آنها.

ج) پارامترهای غیرقطعی: اعداد اسمیِ (اعداد وسط بازهٔ) پارامترهایی چون هزینهٔ اولیهٔ محصول و هزینهٔ سفارش‌های انجام‌شده، اعداد مربوط به دامنهٔ نوسان بازه (طول بازه) پارامترهایی چون هزینهٔ اولیهٔ محصول و هزینهٔ سفارش‌های انجام شده و پارامترهای سطوح حفاظت.

با توجه به این که بحث اصلی این تحقیق، تعیین سبد بهینهٔ سفارش‌های واصل‌شده به شرکت در وضعیت غیرقطعی‌بودن برخی از پارامترهاست، باید حدود نوسان پارامترهای غیرقطعی تعیین شود. با توجه به بررسی‌های به‌عمل آمده، از بین دو پارامتر غیرقطعی نام‌برده، پارامتر هزینهٔ اولیه به دلیل این که از مجموع چند هزینهٔ مختلف مثل هزینهٔ مواد، هزینهٔ دستمزد و هزینهٔ فعالیت‌های سطوح واحد محصول، تشکیل شده است، نوسان بیشتری را از خود نشان می‌دهد. با توجه به بررسی‌ها، نوسان این پارامتر حدود ۰/۳ برآورد شد. علاوه‌بر این، میزان نوسان پارامتر هزینهٔ سفارش‌های انجام نشده نیز حدود ۰/۲ تخمین زده شد. شایان ذکر است این تخمین‌ها بر مبنای مطالعهٔ داده‌های هزینه‌ای و برآورد حدودی نوسان‌ها صورت گرفته است؛ بدین ترتیب که با استفاده از داده‌های مربوط به چند دورهٔ پیش تولید، نوسان حدودی مشاهده‌شده در این پارامترها تخمین زده شد. اگرچه مقادیر نوسان به‌طور دقیق ۰/۳ و ۰/۲ نیست، به‌منظور تسهیل در حل مدل، مقادیر نوسان به ارقام مذکور گرد شد و با توجه به این مقادیر، به حل مدل و شبیه‌سازی نتایج به‌دست‌آمده، اقدام شد.

Archive of SID

www.SID.ir

## یافته‌های پژوهش

به‌دلیل پیچیدگی زیاد مدل از نظر تعداد متغیرها (۱۹۱۷ متغیر)، محدودیت‌ها (۲۳۰۷ محدودیت) و داده‌ها، مدل در فضای مجموعه‌ها در نرم‌افزار لینگو (لینک‌شده با اکسل) برنامه‌نویسی شد تا داده‌های خروجی مدل وارد اکسل شود و بدین ترتیب، کارایی محاسباتی مدل افزایش یابد. در حین برنامه‌نویسی، همواره سعی شد از تکنیک‌های ابتکاری برنامه‌نویسی استفاده شود تا از حجیم‌شدن بیهودهٔ مدل خودداری شود. پس از اتمام برنامه‌نویسی، مدل استوار ۱۳ بار به ازای ۱۳ حالتِ سطح حفاظت حل شد. پس از هر بار حل، مقادیر متغیرهای به‌دست آمده، ثابت در نظر گرفته شدند و پارامترهای نامطمئن در بازهٔ در نظر گرفته شده، به‌طور تصادفی، در قالب تابع توزیع متقارن برای ۱۰۰۰۰ بار تولید و شبیه‌سازی شدند. در هر بار شبیه‌سازی مشخص شد چه تعداد از محدودیت‌ها نقض شده‌اند. به بیان دیگر، با مشخص‌شدن نسبت تعداد کل محدودیت‌های نقض‌شده به تعداد کل محدودیت‌های دارای پارامترهای نامطمئن، ریسک هر سطح حفاظت به‌دست آمد. خلاصهٔ نتایج در جدول ۶ آمده است.

**جدول ٦. مقادیر تابع هدف در حالت قطعی و به ازای هر یک از سطوح حفاظت**

| حالت | $\Gamma_1$ | $\Gamma_2$ | تابع هدف | سود اکتسابی | سطح تولید |
|---|---|---|---|---|---|
| قطعی | – | – | ۱۹۸۴۲/۵ | ۴۹۷۱۸۸۰ | ۳۳۲۵۰ |
| ۱ | ۰ | ۰ | ۱۹۸۴۲/۵ | ۴۹۷۱۷۸۵ | ۳۳۲۵۰ |
| ۲ | ۲ | ۴۰ | ۷۱۶۷۶/۸ | ۴۷۱۱۱۵۹ | ۲۸۶۵۰ |
| ۳ | ۵ | ۸۰ | ۸۳۳۱۶/۳ | ۴۳۹۰۷۷۰ | ۲۸۲۹۰ |
| ۴ | ۸ | ۱۲۰ | ۹۱۱۷۴/۴ | ۴۱۳۱۷۶۱ | ۲۵۱۶۰ |
| ۵ | ۱۰ | ۱۶۰ | ۹۵۹۷۹/۲ | ۴۰۰۲۷۰۵ | ۲۴۳۳۰ |
| ۶ | ۱۲ | ۲۰۰ | ۱۰۰۷۸۴ | ۳۸۷۳۹۴۴ | ۲۳۵۰۰ |
| ۷ | ۱۵ | ۲۴۰ | ۱۱۰۵۷۶ | ۳۸۷۳۹۲۶ | ۲۳۵۰۰ |
| ۸ | ۱۷ | ۲۸۰ | ۱۱۵۳۷۶ | ۳۸۷۶۲۶۰ | ۲۳۵۰۰ |
| ۹ | ۲۰ | ۳۲۰ | ۱۲۲۵۷۶ | ۳۸۷۳۹۵۰ | ۲۳۵۰۰ |
| ۱۰ | ۲۱ | ۳۶۰ | ۱۲۴۹۷۶ | ۳۸۷۴۱۷۷ | ۲۳۵۰۰ |
| ۱۱ | ۲۲ | ۳۸۴ | ۱۲۷۳۷۶/۱ | ۳۸۷۳۹۸۱ | ۲۳۵۰۰ |
| ۱۲ | ۲۳ | ۳۸۴ | ۱۲۹۷۷۶ | ۳۸۷۴۱۲۴ | ۲۳۵۰۰ |
| ۱۳ | ۲۴ | ۳۸۴ | ۱۳۲۱۷۶ | ۳۸۷۳۸۵۱ | ۲۳۵۰۰ |

Archive of SID

www.SID.ir

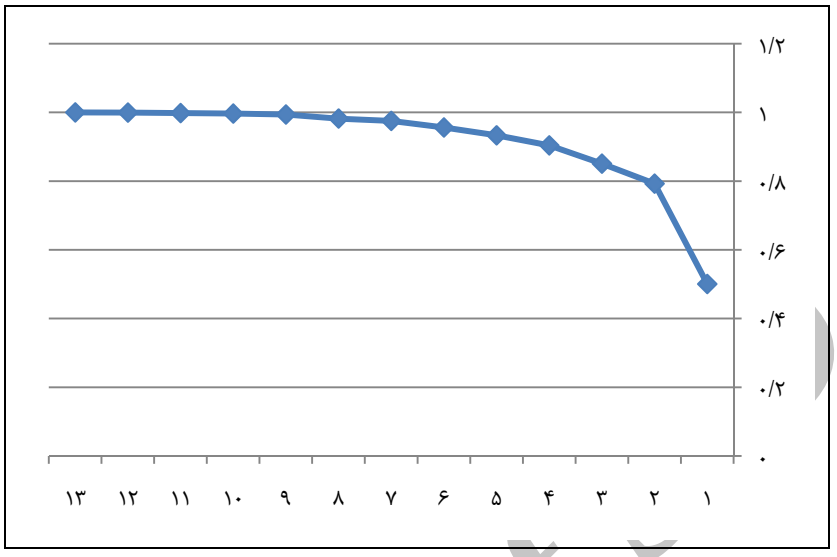
همان‌گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، با افزایش سطوح حفاظت که موجب محافظه‌کارانه‌تر شدن مدل نسبت به نوسان متغیرهای غیرقطعی می‌شود، مقدار تابع هدف هم بدتر می‌شود؛ یعنی در حالتی که تابع هدف کمینه است، تابع هدف گام به گام بیشتر می‌شود. اما آنچه باید در ازای بیشتر شدن سطوح حفاظت و بدتر شدن مقادیر تابع هدف به‌دست آید، کاهش ریسک نوسان متغیرهای غیرقطعی است. این نتیجه در جدول ۷ آورده شده است. منظور از ریسک، همان احتمال نقض محدودیت‌های مدل به‌واسطهٔ نوسان متغیرهای غیرقطعی است. همان‌گونه که در این جدول مشاهده می‌شود، با افزایش سطوح حفاظت مدل، احتمال نقض محدودیت‌ها کاهش می‌یابد. شاخص ریسک در این‌جا، نسبت تعداد محدودیت‌های نقض‌شده به کل تعداد محدودیت‌ها در ۱۰۰۰۰ بار شبیه‌سازی است. محدودیت غیرقطعی دوم نسبت به نوسان، واکنش شدیدتری از خود نشان می‌دهد. به‌طوری که محدودیت هفتم زودتر به سطح اطمینان ۱۰۰ درصد یا سطح ریسک صفر می‌رسد. ستون آخر جدول ۷ نیز نشان‌دهندهٔ درصد اطمینان به کل مدل است که از نسبت کل محدودیت‌های نقض نشده به کل حالت‌های ممکن به‌دست می‌آید. شکل ۲ نیز ارتباط میان تغییرات سطوح حفاظت نسبت به سطح اطمینان به مدل را نشان می‌دهد.

**جدول ۷. احتمال نقض (ریسک) محدودیت‌ها در حالت‌های مختلف**

| حالت | $\Gamma_1$ | $\Gamma_2$ | احتمال نقض محدودیت دوم | احتمال نقض محدودیت هفتم | درصد اطمینان |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۰ | ۰ | ۰/۴۹۵۱ | ۰/۵۰۳۹ | ۰/۵۰۰۵ |
| ۲ | ۲ | ۴۰ | ۰/۴۱۴۹ | ۰ | ۰/۷۹۲۵۵ |
| ۳ | ۵ | ۸۰ | ۰/۲۹۷۲ | ۰ | ۰/۸۵۰۹۵ |
| ۴ | ۸ | ۱۲۰ | ۰/۱۹۱۷ | ۰ | ۰/۹۰۴۱۵ |
| ۵ | ۱۰ | ۱۶۰ | ۰/۱۳۳۷ | ۰ | ۰/۹۳۳۱۵ |
| ۶ | ۱۲ | ۲۰۰ | ۰/۰۸۸ | ۰ | ۰/۹۵۶ |
| ۷ | ۱۵ | ۲۴۰ | ۰/۰۵۲۰ | ۰ | ۰/۹۷۵۳ |
| ۸ | ۱۷ | ۲۸۰ | ۰/۰۳۵۹ | ۰ | ۰/۹۸۲۰۵ |
| ۹ | ۲۰ | ۳۲۰ | ۰/۰۱۲۲ | ۰ | ۰/۹۹۳۹ |
| ۱۰ | ۲۱ | ۳۶۰ | ۰/۰۰۶۹ | ۰ | ۰/۹۹۶۵۵ |
| ۱۱ | ۲۲ | ۳۸۴ | ۰/۰۰۴۱ | ۰ | ۰/۹۹۷۹۵ |
| ۱۲ | ۲۳ | ۳۸۴ | ۰/۰۰۰۹ | ۰ | ۰/۹۹۹۵۵ |
| ۱۳ | ۲۴ | ۳۸۴ | ۰ | ۰ | ۱ |

Archive of SID

www.SID.ir




**شکل ۲. ارتباط غیرخطی و مستقیم میان تغییرات سطوح حفاظت و اطمینان به مدل**

## نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به حل مدل، شبیه‌سازی و نمودارها، نتایجی به شرح زیر استنباط می‌شود:

۱. از جدول ۶ و شکل ۲ می‌توان دریافت که با کاهش ریسک‌پذیری (افزایش سطوح حفاظت)، تابع هدف (از نوع کمینه‌سازی) بدتر شده است. در واقع، هرچه سطح حفاظت افزایش می‌یابد، مدل، مقدار متغیرها را به‌شکل سختگیرانه‌تری در بازهٔ مجاز انتخاب می‌کند؛ به نحوی که احتمال نقض محدودیت‌ها کمتر شده و در نهایت جواب تابع هدف، بدتر می‌شود. این خود می‌تواند دلیلی بر صحت مدل‌سازی استوار و صحت عملکرد مدل باشد.

۲. با توجه به جدول ۶، تغییر سطح ریسک یا سطح محافظه‌کاری، بر افزایش مقادیر تابع هدف تأثیر می‌گذارد؛ به بیانی، استوارسازی مدل در راستای کاهش ریسک تصمیم‌گیری، بسیار ضروری و اثرگذار است.

۳. اعداد جدول ۷، نتایج شبیه‌سازی است و نشان می‌دهد با افزایش سطح حفاظت، این اعداد کاهش می‌یابند. این روند، نشان‌دهندهٔ عملکرد درست مدل استوار و شبیه‌سازی انجام شده است.

۴. در جدول ۷، در حالت بدبینانه، اعداد سطح حفاظت بیشترین مقدار را دارند و صفر شدن عدد احتمال نقض محدودیت‌ها، در این حالت به این معناست که هیچ محدودیتی نقض نمی‌شود و در ازای آن، بدترین مقدار تابع هدف وجود دارد. چنانچه این حالت در عمل اتفاق نیفتد

Archive of SID

www.SID.ir

(نوسان‌ها کنترل شود)، انتخاب این گزینه می‌تواند زیان فرصت از دست رفته را برای تصمیم‌گیرنده جبران کند. در مقابل، در حالت خوش‌بینانه نیز خوش‌بینی بیش از حد می‌تواند به تحمیل هزینه و زیان منجر شود. بنابراین، بهترین حالت آن است که تصمیم‌گیرنده، اندکی ریسک را بپذیرد و بر اساس آن، مقدار متغیرهای انتخابی از سوی مدل را در عمل به‌کار گیرد. برای مثال، اگر تصمیم‌گیرنده پذیرای ریسک حدود ۳ درصد باشد، با توجه به جدول ۶، جواب‌های به‌دست‌آمده از حالت ۷ می‌تواند متضمن اطمینان حدوداً ۹۷ درصدی برای وی باشد و به بیانی بین ریسک و عایدی توازن ایجاد کند.

۵. علاوه بر این که با تغییر سطوح حفاظت، تابع هدف بدتر می‌شود و سود کاهش می‌یابد، باید توجه داشته باشیم که از سطح تولید نیز کاسته می‌شود. از سطح حفاظت ۱ تا ۱۳، سطح تولید ۹۷۵۰ واحد کاهش می‌یابد؛ یعنی تولیدکننده با افزایش سطح حفاظت، ضمن آن که کاهش سود را می‌پذیرد، در عین حال هم از ناموجه‌شدن مدل جلوگیری می‌کند (نقض محدودیت‌های تولید) و هم انرژی کمتری را (معادل ۹۷۵۰ واحد) صرف تولید می‌کند.

۶. با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده از جدول‌های ۶ و ۷ و شکل ۲، ارتباط میان تغییر سطوح حفاظت، از یک سو با تغییر مقادیر تابع هدف و از سوی دیگر با ریسک یک رابطهٔ غیرخطی است و به همین دلیل، برقراری رابطهٔ کاملاً شفاف بین این متغیرها را دشوار می‌کند.

۷. به‌طور کلی، با توجه به بحث استواری جواب‌ها، مدل‌سازی مصاحبه ـ محور و لحاظ‌کردن شاخص‌های مختلف و مهم مطابق با نظر تصمیم‌گیرنده، می‌توان ادعا کرد که مدل از قابلیت اتکای زیادی برخوردار است.

۸. یکی از مباحثی که در مدل‌سازی استوار از طریق روش برتسیمس و سیم مطرح است، تعیین بهترین سطوح حفاظت برای مسائل است. تدوین روش کارآمد برای تعیین این سطوح حفاظت، می‌تواند پیشنهادی برای تحقیقات آتی باشد.

۹. پیشنهاد دیگر برای پژوهش‌های آتی، استفاده از سازوکاری به‌منظور تعیین دقیق نرخ مخازن هزینه (یا همان ضرایب هزینه‌ای) در روش هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت است. این مقوله از چالش‌هایی است که در رویکرد هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت وجود دارد.

۱۰. پژوهشگر مشاهده کرد که با افزایش پیچیدگی مدل، یعنی افزایش تنوع تقاضاها، نوسان‌پذیریِ تعداد بیشتری از پارامترها و نیز افزایش دوره‌های تصمیم‌گیری، حل مدل توسط نرم‌افزار زمان‌بر خواهد بود و حتی گاهی جواب‌های به‌دست آمده محلی[1] است نه سراسری[2].

1. Local
2. Global

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده از رویکردهای حل فراابتکاری می‌تواند راهکاری برای پژوهشگران آتی به‌منظور افـزایش کارایی مدل باشد.

۱۱. استفاده از رویکردهای دیگر استوارسازی مدل، ماننـد روش مـالوی، وانـدربی و زنیـوس (۱۹۹۵) که به رویکردهای سناریومحور موسوم‌اند و مقایسهٔ آنهـا بـا رویکـرد برتسـیمس و سـیم (۲۰۰۴)، می‌تواند موضوع دیگری برای پژوهش‌های آتی باشد.

۱۲. استفاده از رویکردهای استوار زمانی که بازه‌های نوسان پارامترهای غیرقطعی، از خاصیت فازی برخوردار باشد می‌تواند به جذابیت موضوع پژوهش بیفزاید.

## *References*


Askarany, D., Yazdifar, H. & Askary, S. (2010). Supply chain management, activity-based costing and organi sational fac tors. *International Journal of Production Economics* 127, 238 –248.

Baykasoglu, A. & Kaplanoglu, V. (2008). Application of activity-based costing to a land transportation company: A case study. *International Journal of Production Economics*, 116(2), 308-324.

Benton, W.C. (1953-1961). Quantity discount decision under conditions oF multiple items, multiple suppliers and resource limitation. *International Journal oF Production Economics*,. 27(199), 302-317.

Bertsimas, J.B. & Sim, M. (2004). The Price of Robustness. *Operations Research*, 52(1), 35–53.

Boonkhun, C., Chandra M.J. & Enscore, E.E. (2005). Application of activity based costing in investment decision. *International Journal of Industrial Engineering*, 12(1), 68-78.

Cooper, R. & Kaplan, R.S. (1991). *The design of cost management systems: Text, cases and readings.* Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Degraeve, Z. & Roodhooft, R. (2000). A mathematical programming approach for procurement using activity based costing. *Journal of Business Finance & Accounting*, 127(1-2), 69-98.

Degraeve, Z. and Roodhooft, R. (1998). Determining sourcing strategies: a decision

Fujii, S. & Kaihara, T. (2003). A basic study on cost-based scheduling in job shop for agile manufacturing. *7th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics Proceedings,* 13, 255-260.


Archive of SID

www.SID.ir

Gordon, G. (1978). *System Simulation, 2nd ed.,* Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.

Gunasekaran, A. & Sarhadi, M. (1998). Implementation of activity-based costing in manufacturing. *International Journal of Production Economics*, 56-57(11), 231-242.

Haji, R., Marefdust, M., Ebrahimi, S.B. (2009). Finding the Cost of Inventory in Make to Order Supply Chain Under Vendor Managed Inventory Program, *Journal of Industrial Management,* 1(3), 21-36. (*in Persian*)

Improving the efficiency of the purchasing process using total cost of ownership information: The case of heating electrodes at Cockerill Sambre S.A. *European Journal of Operational Research,* 12 (1), 42-53.

Ioannou, G. & Sullivan, W.G. (1999). Use of activity-based costing and economic value analysis for the justification of capital investments in automated material handling systems. *International Journal of Production Research*, 37(9), 2109-2134.

Jafarnejad, A., Mehrgan, M., Olfat, L. & Fallah Lajimi, H. (2014). Configuring Integrated Supply Chain Network Stochastic Strategic. *Journal of Industrial Management*, 7 (1), 83-105.

Kaplan R. & Atkison A., (1998), Advanced Management Accounting: International Edition. 3rd edition, *New Jersey: Prentice Hall*, Upper Saddle River.

Karakas, E., Koyuncu, M., Erol, R. & Kokangul, A. (2010). Fuzzy programming for optimal product mix decisions based on expanded ABC approach. *International Journal of Production Research*, 48 (3), 729-744.

Kee, R. & Schmidt, C. (2000). A comparative analysis of utilizing activity-basedcosting and the theory of constraints for making product-mix decisions. *International Journal of Production Economics*, 63 (1), 1-17.

Kim, J. (1997). Activity-based framework for cost saving through the implementation of an ERP system. *International journal of production research*, 13(17), 3446-3457.

Kirche, E. & Srivastava, R. (2007). A resource-constrained profit-based dynamic order management model. *International Journal of Computer Applications in Technology*, 30(4), 273-280.

Kirche, E.T., Kadipasaoglu, S.N., and Khumawala, B.M. (2005). Maximizing supply chain profits with effective order management: Integration of

Archive of SID

www.SID.ir

Activity-Based Costing and Theory of Constraints with mixed-integer modeling. *International Journal of Production Research*, 43 (7), 1297 - 1311.

Kirche, E.T., Srivastava, R. & Khumawala, B., (2002). An ABC-based cost model with inventory and order level costs: A comparison with TOC. *Proceedings of 33rd Annual Meeting of the Decision Sciences Institute*, 23–26 November, San Diego, CA, 1733–1738.

Kleijnen J.P.C., (2001). Ethical issues in modeling: Some reflections. *European Journal of Operational Research* 130(1), 223–230.

Lea, B. & Fredendall, L.D. (2002). The impact of management accounting, product structure, product mix algorithm, and planning horizon on manufacturing performance. *International Journal of Production Economics*, 79(3), 279-299.

Liu, X., Cui, F., Meng, Q. & Pan, R. (2008). Research on the model of quality cost in CIMS environment. 2*008 International Seminar on Business and Information Management (ISBIM 2008)*, p 368-371.

MacArthur, J.B. (1993). Theory of constraints and activity-based costing: friends or foes? *Journal of Cost Management*, 7(2), 50-56.

model based on activity and cost driver information. *Journal of the Operational Research Society*, 49(8), 781-789.

Mohaghar, A., Mehrgan, M. & Nazabadi, M. (2009). Optimizing automotive product portfolio using robust optimization. *Journal of Industrial Management*, 1(2), 139-152. (*in Persian*)

Mulvey, J.M., Vanderbei, R.J. & Zenios, S.A., (1995), Robust optimization of large-scale systems, *Operations Research*, 43 (2), 264–281.

order level costs: A comparison with TOC. *International Journal of Production Research*, 43 (8), 1685 - 1710.

Rabie, M., Azar, A., Modares Yazdi, M. & Fetanat-fard Haghighi, M. (2011). Designing a robust multiobjective sourcing model: Approach in order to reduce supply chain risk (Case study: Iran Khodro Co. supply chain). *Journal of Industrial Management Perspective*, (1): 57-77. (*in Persian*)

Ramdas, K. & Sawhney, M. S. (2001). A cross-functional approach to evaluating, *Research Society*, 49(8), 781-789.

Archive of SID

www.SID.ir

Roodhooft, R. & Konings, J. (1996). Vendor selection and evaluation an activity based costing approach. *European Journal of Operational Research*, 96 (1), 97-102.

Sadeghi Moghadam, M., Momeni, M. & Nalchigar, S. (2009). Material Flow Modeling in Supply Chain Management with Genetic Algorithm Approach. *Journal of Industrial Management,* 1(2), 71-88. (*in Persian*)

Shapiro, J.F. (1999). On the connections among activity-based costing, mathematical programming models for analyzing strategic decisions, and the resource-based view of the firm. *European Journal of Operational Research*, 118 (2), 295-314.

Sheu, C., Chen, M. & Kovar, S. (2003). Integrating ABC and TOC for better manufacturing decision making. *Integrated Manufacturing Systems*, 14(5), 433-441.

Singer, M. & Donoso, P. (2008). Empirical validation of an activity-based optimization system. *International Journal of Production Economics*, 113(1), 335-345.

Tsai, W. (1996). Activity-based costing model for joint products. *Computers & Industrial Engineering*, 31(3-4), 725-729.

Tsai, W., Lai, C., Tseng, L. & Chou, W. (2008). Embedding management discretionary power into ABC model for a joint product mix decision. *International Journal of Production Economics*, 115(1), 210-220.

Tsai, W.H., Hung, S.J. (2007). A fuzzy goal programming approach for green supply chain optimisation under activity-based costing and performance evalution with a value-chain structure. *International Journal of Production Research*, 24(12), 47-54 .

Vlajic, J.V., Vorst, J.A. & Haijema, R., (2012), A framework for designing robust food supply chains. *International Journal Production Economics*, 137(1), 176–189.

Yang, T. & Liu, Z. (2008). An inventory model based on activity-based costing. *Proceedings of the 8th International Conference of Chinese Logistics and Transportation Professionals - Logistics: The Emerging Frontiers of Transportation and Development in China*, p1336-1342.

Yang, T. (2008). DEA model for logistics cost evaluation based on activity analysis. *International Seminar on Business and Information Management (ISBIM 2008)*, p149-152.

Archive of SID

www.SID.ir

Zanjani, M.K., Ait-Kadi, D., & Nourelfath, M., (2010), Robust production planning in a manufacturing environment with random yield: A case in sawmill production planning, *European Journal of Operational Research*, 201, 882–891.

Archive of SID

www.SID.ir