

## COMMONALITY COST ANALYSIS IN SUPPLY CHAIN BASED ON COMMON PLATFORM

**M.A. Shafia**

Department of Industrial Engineering, Iran  
University of Science and Technology,  
Shafia@iust.ac.ir

**M.S. Jabalameli**

Department of Industrial Engineering, Iran  
University of Science and Technology.  
Jabal@iust.ac.ir

**M. Fathollah**

Department of Industrial Engineering,  
Iran University of Science and  
Technology. Fath@iust.ac.ir

**Abstract:** This paper illustrates how common platform (CP) strategy can contribute to the effectiveness of the supply chain through commonality. Through reviewing the related literature and the practical data, which are collected through observations in manufacturing, a mathematical model is set up. This model was developed for reducing cost of part commonality in SCM and solved it by simulated annealing approach. Through applying this concept, chain members can reduce manufacturing variability, i.e. the variety of parts, materials, components, etc, and thereby enable companies to increase value by producing a variety of products. One can say that the logics of applying CP and commonality in manufacturing area is, to simplify the offering and processing of products in order to reduce the parts variety. This will be accomplished through standardizing components and resource sharing strategies, and will result in the costs and time reduction, and other non value added factors. This work is one of the first to present SCM based on CP concept for supporting decision makers. The main research questions include: 1) Why CP in SCM to be applied? 2) Which combination of commonality is suitable for reduce part and component variety, 3) how much cost saving obtain, and how can we contribute to its application.

## بررسی اثر هزینه مشترک‌سازی در زنجیره‌های تأمین مبتنی بر سکو

**محمدعلی شفیعی، محمدسعید جبل عاملی و مهدی فتح‌الله**

**چکیده:** از جمله عوامل مهم ایجاد کننده مزیت رقابتی در کسب و کار و تولید، استفاده از منابع مشترک است. این امر باعث شده در محیط رقابتی و پویای امروز، بهره‌گیری از رویکرد اشتراک منابع در کانون توجه مدیران قرار گیرد. در این رویکرد با اشتراک منابع، و از طریق راهبرد سکوی مشترک امکان تولید طیف وسیعی از محصولات، توام با حداقل تنوع در عوامل تولید فراهم می‌گردد. این در حالی است که اکثر کارخانجات و صنایع تولیدی در یک نظام مبتنی بر شبکه، تلاش می‌کنند زمینه ایجاد جریان ارزش را از مرحله تأمین منابع تا تحویل محصول به مشتری به نحو موثرتری برنامه‌ریزی و مدیریت نمایند. از جمله مصادیق این راهبرد در طول زنجیره تأمین، مشترک‌سازی مولفه‌های محصول و سکوی مشترک است. بر این اساس در این مقاله، با هدف ارایه یک مدل ریاضی، سعی شده ضمن تصمیم‌سازی درخصوص انتخاب بهترین ترکیب مولفه‌های مشترک، اثر هزینه ای راهبرد مشترک‌سازی و میزان صرف‌جویی‌های ناشی از آن به عنوان یکی از معیارهای کلیدی عملکردی در زنجیره تأمین مبتنی بر سکوی مشترک مورد ارزیابی و تحلیل قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** سکوی مشترک، زنجیره تأمین، توسعه محصول، مدیریت هزینه و مشترک‌سازی

تاریخ وصول: ۸۷/۱/۱۳

تاریخ تصویب: ۸۷/۸/۱۵

دکتر محمدعلی شفیعی، استادیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، Shafia@iust.ac.ir

دکتر محمدسعید جبل عاملی، دانشیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، Jabal@iust.ac.ir

مهدی فتح‌الله، دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، Fath@iust.ac.ir

۱۹۹۴ به عنوان یک راهبرد کلیدی در صنایع مختلف بکارگرفته شد. به عنوان تعریف می‌توان گفت سکوی مشترک، اجزایی از محصول است، که صرفوظ از تفاوت‌های ظاهری محصولات، قابل اشتراک هستند<sup>[۵]</sup> [۶].

زمانیکه سکو بکار برد می‌شود، چهار نوع ویژگی محصول به اشتراک گذاشته می‌شود، از جمله می‌توان به (۱) مولفه‌ها<sup>۱</sup> که در دنیای سکو بیشترین اشتراک را بین محصولات دارند، (۲) فرآیندها، (۳) افراد و روابط بین آنها و در بطور مثال فرایند تولید و توزیع، (۴) انتهای دارد. از جمله می‌توان به انعطاف‌پذیری در نوآوری، طراحی و توسعه محصولات جدید، کاهش زمان و هزینه‌ها، کاهش پیچیدگی‌های سیستم، تسهیل در برنامه ریزی تولید و تامین و امثال‌هم اشاره کرد [۷]. از جانب دیگر، در دهه ۹۰ میلادی، مدیران بسیاری از صنایع دریافتند که برای ادامه حضور در بازارهای رقابتی، تنها بهبود فرآیندهای داخلی و انعطاف‌پذیری در توانایی‌های شرکت کافی نیست، بلکه تامین کنندگان قطعات و مواد نیز باید اجزاء و موادی با بهترین کیفیت و کمترین هزینه تولید کنند و توزیع کنندگان محصولات نیز باید ارتباط نزدیکی با سیاست‌های توسعه بازار تولید کنند، داشته باشند<sup>[۸]</sup>.

با چنین نگرشی، رویکردهای زنجیره تامین و مدیریت آن، پا به عرصه وجود نهاد. با این توضیح می‌توان گفت، زنجیره تامین تمام فعالیت‌های مرتبط با جریان مواد و تبدیل کالاها از مرحله ماده خام یا استخراج تا تحويل به مصرف کننده نهایی و نیز جریان‌های اطلاعاتی و مالی مرتبط با آنها را توان با مدیریت هماهنگ و یکپارچه شامل می‌شود. لازم بذکر است از جمله شاخص‌های کلیدی مورد نظر محققین که به جهت مدیریت موثر زنجیره مورد توجه فراوان قرار گرفته است، عامل هزینه می‌باشد که در نوشته جاری تمرکز ویژه‌ای بدان شده است<sup>[۹]</sup>.

### ۳. سوالات تحقیق

این مقاله به جهت ارایه یک چارچوب کاری برای تصمیم‌سازی در خصوص اثر بکارگیری سکوها در زنجیره تامین، با تأکید بر مدلسازی هزینه عوامل مشترک تنظیم شده است. در این خصوص موضوعات متعددی در سطوح راهبردی و عملیاتی مطرح می‌باشد که پاسخگویی به هر یک مستلزم تحقیق و بررسی جدگانه است. علیهذا آنچه که در این مقاله بدان پرداخته شده، پاسخ به این سوال است که در حالت استفاده از رویکرد سکو، بهترین ترکیب مولفه‌های مشترک در طول زنجیره چیست و برمنای سیاست مشترک سازی به چه میزان صرفه‌جویی هزینه‌ای حاصل می‌شود؟ شایان ذکر است

<sup>۵</sup> Components

### ۱. مقدمه

توسعه رقابت در سطح بین‌المللی، ایجاد و توسعه مزیت‌های رقابتی را برای دوام و بقاء کسب و کار اجتناب‌ناپذیر ساخته است. سرعت بالای نوآوری، تنوع محصولات، انتظارات مشتریان و بسیاری مؤلفه‌های دیگر به عنوان دغدغه‌های کلیدی مدیران بنگاه‌های اقتصادی عنوان شده است<sup>[۱]</sup>. در این میان بسیاری از شرکت‌ها و سازمانهای تولیدی با چالش تولید محصولات متنوع، و در عین حال با حداقل تنوع در اجزاء و قطعات مشترکه محصول مواجه هستند. گونزالس (۲۰۰۱) یکی از مشکلات کلیدی پیش روی طراحان و مهندسان را متعادل سازی نیازهای مریبوط به تنوع و پیچیدگی محصولات توان با کاهش منابع مورد نیاز برای توسعه محصولات جدید می‌داند<sup>[۲]</sup>. بر این اساس تئوری سکوی مشترک<sup>۲</sup> از این ایده نشأت گرفته که، اگر عوامل مشترکی<sup>۳</sup> بتوان یافت که بر مبنای آن امکان تولید طیف وسیعی از محصولات از طریق تعداد محدودی از اجزاء و قطعات و عوامل تولید وجود داشته باشد، آنگاه می‌توان به مزیت رقابتی مهمی دست یافت. لذا نکته اساسی یافتن مکانیزمی است تا بر اساس آن، با مشترک سازی<sup>۴</sup> عوامل تولید، حداکثر تنوع در محصولات فراهم شده، و استفاده وسیع از منابع محدود در مقیاس گسترده را به نحو مطلوبی فراهم نماید. در این راستا هرچند محققین مختلفی طی سالهای اخیر سعی در بررسی تعامل بین تنوع در محصولات و عدم تنوع در عوامل تولید داشتند، ولیکن ابعاد این موضوع در فضای مدیریت زنجیره تامین<sup>۵</sup> کمتر مورد بررسی قرار گرفته است<sup>[۶]</sup>.

برهمین اساس در این مقاله، سعی گردیده ضمن تلفیق و یکپارچه سازی مفاهیم مدیریت زنجیره تامین و سکوی مشترک، نسبت به بررسی و مدلسازی اثر هزینه مشترک سازی مولفه‌ها و اندازه‌گیری میزان صرفه‌جویی حاصله در طول زنجیره‌های تامین پرداخته شود. در مستند جاری ابتدا مروری اجمالی از ادبیات و مفاهیم سکوی مشترک و مدیریت زنجیره تامین مطرح شده و سپس به طرح سوالات مورد نظر در این تحقیق پرداخته شده است. در ادامه بدنال بررسی ادبیات موضوع، زنجیره تامین مبتنی بر سکو معرفی شده و سپس به موضوع معماری محصول و مشترک سازی اشاره گردیده است. در نهایت با توجه به اهداف تحقیق نسبت به مدلسازی ریاضی، ارایه الگوریتم حل و آنالیز حساسیت سیستم اقدام شده است.

### ۲. مروری بر سکوی مشترک و مدیریت زنجیره تامین

راهبرد سکو در نتیجه‌ی تلاش برای ساده‌سازی طراحی و توسعه‌ی محصول در دهه‌ی ۹۰ مطرح شد و تنها پس از اندکی در سالهای

<sup>1</sup> Common platform

<sup>2</sup> Common components

<sup>3</sup> Commonality

<sup>4</sup> Supply chain management

ادامه جدول ۱. مروری بر تحقیقات مرتبط	
سال / محقق	شرح
۲۰۰۸ Gonzales, Otto	رویکرد ایشان متعادل‌سازی معماری سکوی مشترک در مقابل تغییرات محصول می‌باشد. این روش الزامات اجرایی برای محصولاتی که از یک سکو مشتق می‌شوند را در بر گرفته و ابعاد هزینه‌ای آن را مورد بررسی قرار می‌دهد.
۲۰۰۹ Krishnan, Gupta	سکوی مشترک را از دیدگاه توسعه محصول جدید و تأثیر آن بر تولید از بعد هزینه موردنی بررسی قرار داده و مشخصه‌های تأثیرگذار بر امکانپذیری سکوی مشترک را معرفی نمودند.
۲۰۱۰ Bradley, Ulrich	ایشان مدلی برای تجزیه و تحلیل تاثیر تنوع محصول بر عملکرد زنجیره تأمین ارائه کرده و نشان دادند که تنوع محصول، زمان پیشبرد و هزینه را بصورت خطی افزایش می‌دهد. و در نهایت تنوع بهینه محصول را پیشنهاد می‌کنند.
۲۰۱۱ Kim	او یک مدل ریاضی برای کمک به تولید کنندگان برای آرایش زنجیره تأمین ارائه می‌دهد که تولید کنندگان در چندین محصول مختلف، مواد اولیه یا بخش‌های مشترکی استفاده می‌کنند.
۲۰۱۲ S. Ghosh	تعامل بین توسعه سکوی محصول و ترکیب زنجیره تأمین را در یک محیط کلی بررسی کرده و یک مدل تضمیم گیری برای تعیین راهبرد محصول و آرایش زنجیره تأمین توسعه می‌دهد.
۲۰۱۴ Huang, Zhang	مفهومی از پیکره بندی بهینه را بصورت یکپارچه در ارتباط با سکوی محصول، فرایندهای تولیدی و مدیریت زنجیره تأمین، با توسعه مدلی ایسیاهه مواد <sup>۱</sup> برای اجزای مشترک محصولات ارایه کرده‌اند.
۲۰۱۵ Fixson	او چارچویی چند بعدی را در ارتباط با معماري محولات <sup>۲</sup> با در نظر گرفتن اجزای مشترک، سکوی محصول و پودمانی بودن در نظام زنجیره تأمین، مطرح ساخت.
۲۰۱۶ M.J. Meekell	تأثیر هزینه راه اندازی، مشترک سازی مولفه‌ها و میزان ظرفیت را بر زمانبندی زنجیره تأمین بررسی نموده و بیان می‌کنند که مشترک سازی مولفه‌ها بر زمانبندی در زنجیره تأمین تأثیر گذار می‌باشد.
۲۰۱۷ Kraenbuburg, Houtum	یک مدل موجودی که هدف آن کمینه ساختن هزینه‌های مرتبط با بخش‌های مشترک می‌باشد، ارائه داده و نشان دادند که استفاده از مولفه‌های مشترک در تولید محصولات منجر به کاهش هزینه‌های سیستم می‌شود.

## ۵. زنجیره‌های تأمین مبتنی بر سکو

موضوع بررسی ارتباط و تعامل بین معماري محصول، طراحی سکو و زنجیره تأمین توسط سال‌وادور در سال ۲۰۰۰ مورد توجه قرار گرفته<sup>[۱۰]</sup>. تحقیقات بعمل آمده حاکی از آن است که توسعه سکو اگر چه تغییرات زیادی در شبکه تأمین ایجاد نمی‌کند، ولیکن منجر به کاهش هزینه و زمان به مقدار قابل توجهی خواهد شد<sup>[۱۱]</sup>. چرا که اولاً توسعه سکو، به مفهوم تولید محصولات متنوع که دارای

به منظور ارزیابی و تحلیل موضوعات مورد نظر در این مقاله، ابتدا تلاش گسترده‌ای جهت مطالعه و بررسی تحقیقات انتشار یافته در این حوزه از علم صورت گرفته و سپس با رویکرد تحقیق میدانی و مورد کاوی نسبت به بررسی اثر بکارگیری سکو در طول زنجیره برخی از صنایع خودرو سازی ایران پرداخته شده است. در ادامه سعی شده نسبت به توسعه مدل ریاضی و سپس حل آن اقدام گردد.

## ۴. کاستی‌های موجود در ادبیات

محققین بسیاری ضرورت توسعه و بکارگیری سکوی مشترک را در دنیای کسب و کار کنونی مورد نقد و بررسی قرار داده‌اند. اگر چه در این میان نظرات و دیدگاه‌های مختلفی به دلیل جدید بودن موضوع مطرح شده و هر یک از زاویه‌ای به بحث پرداخته‌اند، ولیکن می‌توان چند نمونه از تحقیقات محققین را به شرح جدول یک موردن نمود. بررسی‌های بعمل آمده در ادبیات موضوع که ارزیابی خلاصه ای از آن در جدول شماره ۲ موردن اشاره قرار گرفته، حاکی از آن است که عامل هزینه همواره به عنوان یک عامل مهم مورد توجه محققین بوده و هریک از منظر خاصی به آن پرداخته‌اند.

اما آنچه که کمتر بدان پرداخته شده بررسی نحوه تاثیر و تأثیر راهبرد سکوی مشترک و رویکرد مشترک سازی در ارتباط با نظام مدیریت زنجیره تأمین آنهم به نحوی جامع و کمی می‌باشد. به عبارت دیگر در تحقیقات انجام شده، تحلیلی در خصوص نحوه تاثیر و تأثیر دو موضوع زنجیره تأمین و سکوی مشترک مطرح نشده و میزان صرف‌جویی‌های هزینه‌ای ناشی از مشترک سازی در زنجیره تأمین نیز مورد توجه قرار نگرفته است. از منظری دیگر از جمله چالشهای پیش روی صنایع در بکارگیری رویکرد مشترک سازی، تشخیص تعداد و ترکیب مولفه‌های مشترک در محصول است به نحوی که بهترین شرایط را بر مبنای معیارهای عملکردی مختلف در معرض فرآیند آورده، که این امر نیز مورد توجه قرار نگرفته است.

لذا در این مقاله بدنبال این کاستی‌ها، سعی شده است با توسعه یک مدل ریاضی ضمن تعیین بهترین ترکیب اقلام مشترک، نسبت به تعیین میزان صرف‌جویی هزینه‌ای ناشی از رویکرد مشترک سازی در طول زنجیره تأمین اقدام گردد.

## جدول ۱. مروری بر تحقیقات مرتبط

سال / محقق	شرح
Ishii, Martin	سکوی مشترک را با تمرکز بر ساختار پودمانی و استانداردهای موردنیارادهای از محصولات موردن تحقیق و بررسی قرار داده و برای توصیف تنوع محصولات و تأثیرات هزینه‌ای آنها شخص‌ها و معیارهای کمی را معرفی نموده‌اند.

<sup>۱</sup> Bill of material (BOM)  
<sup>۲</sup> Product architecture

ادامه جدول ۲. بررسی مقایسه‌ای تحقیقات مرتبط

مدل سازی	معیار کلیدی	محدوده تحقیق	تمرکز بر راهبرد	جهتی
کمی مدل سیاهه مواد	--	زنجیره تأمین	مشترک سازی	Kim
کیفی خبر	هزینه	--	مشترک سازی	Nobelius
کمی مدل تصمیم‌گیری	--	زنجیره تأمین	توسعه سکوی محصول	Ghosh
توسعه روش مدل سیاهه مواد	--	زنجیره تأمین	مشترک سازی	Huang
کمی مدل زمانبندی	هزینه و زمان	زنجیره تأمین	مشترک سازی	Meixell
کمی مدل موجودی	هزینه	--	مشترک سازی	Kramen-burga

- ظهور ابر تأمین کنندگان به واسطه رخداد اشتراک منابع و اقتصاد مقیاس در فرآیند تأمین و لجستیک
- تحول نقش تأمین کنندگان از حالت مجری قراردادهای ساخت تولیدکننده، به شریک طراحی تولید و مونتاژ مجموعه‌ها و فوق مجموعه‌ها
- ساده‌سازی فرآیندهای تأمین و تولید اقلام و پودمانهای مستقل و تسهیل درامر واگذاری مسئولیت به تأمین کنندگان
- کاهش تنواع اقلام و سهولت فرایندهای برنامه‌ریزی تولید، تأمین و تدارکات
- امکان ساماندهی ساختار شبکه، ترکیب و ردهبندی تأمین کنندگان و عوامل توزیع، متناسب با سیاست‌های مشترک‌سازی و متمایزسازی محصولات و عوامل تولید
- امکان بهره‌گیری از تسهیلات لجستیکی مشترک و نیز اشتراک منابع اعم از سخت و نرم فی‌ماین اعضای زنجیره
- افزایش چالاکی، قابلیت واکنش سریع و انعطاف‌پذیری در طول زنجیره
- امکان توسعه و تقویت مزیت‌های رقابتی در سطح جهانی با بهره‌گیری از اقتصاد شبکه، اقتصاد مقیاس و اقتصاد تنوع
- گسترش شبکه‌های تأمین، تولید و توزیع در سطح جهانی با عنایت به طراح معماری سکوی مشترک و نیز معماری محصول در نقاط مختلف جهان

بخشها/مولفه‌های مشترک و یکسانی هستند، منجر به اقتصاد مقیاس<sup>۱</sup> شده و در نتیجه هزینه‌ها کاهش خواهد یافت. لازم بذکر است که کاهش تعداد اقلام و عناصر متشکله محصول منجر به کاهش تعداد تامین کنندگان نیز می‌شود. ثانیاً با توجه به اینکه نقش تأمین کنندگان از حالت متفعلانه ساخت مطابق نقشه، به حالت فعالانه، طراحی، تولید و مونتاژ مجموعه‌ها، در ارتباط با تولیدکننده متحول شده است، این امر نیز به نوبه خود منجر به افزایش استانداردسازی و بهبودهای زمانی و هزینه‌ای می‌گردد [۶]. از جانب دیگر همواره تاکید بر آن بوده است که در زمان معماری و طراحی یک خانواده از محصولات، طراحان و تولیدکنندگان، طرح خانواده محصول و زنجیره تأمین را به طور هم زمان مد نظر قرار دهند [۱۲].

بر این اساس، زنجیره تأمین مبتنی بر سکو، یک چارچوب تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری ارائه می‌کند تا بر مبنای آن، طرح توسعه شبکه تأمین و معماری محصول سازگار با یکدیگر صورت گرفته و منجر به توسعه و تقویت مزیت‌های رقابتی گردد. لذا می‌توان گفت، تصمیمات راهبردی و عملیاتی در طول زنجیره هر کدام می‌توانند به نوبه خود متأثر از راهبرد سکو قرار گیرند. به عنوان مثال، با فرض بهره‌گیری از سکو، تعداد و ترکیب محصولات و سکوها، ساختار شبکه تأمین و لجستیک، تعداد و ترکیب تأمین کنندگان، رویکرد معماری محصول، توسعه محصولات جدید و متنوعسازی آنها، مدیریت زمان و هزینه در طول زنجیره، مدیریت منابع و دیگر موارد مشابه حائز اهمیت فراوان می‌باشد. لذا ضروری است زنجیره تأمین به گونه‌ای طراحی و توسعه یابد که قادر به پشتیبانی از سیاست‌های سکوی مشترک نیز باشد [۱۳]. برخی از مزیت‌های زنجیره‌های تأمین مبتنی بر سکو را به شرح ذیل می‌توان مورد اشاره قرار داد :

جدول ۲. بررسی مقایسه‌ای تحقیقات مرتبط

مدل سازی	معیار کلیدی	محدوده تحقیق	تمرکز بر راهبرد	جهتی
کیفی خبر	هزینه	خانواده محصول	پودمانی و استاندارد سازی	Ishii
کمی	هزینه	خانواده محصول	متنوع سازی محصول	Gonzales
کیفی	هزینه	خانواده محصول	توسعه محصول جدید	Gupta
کمی تنوع بهینه محصول	زمان و هزینه	زنجیره تأمین	متنوع سازی محصول	Ulrich

<sup>۱</sup> Economy Of Scope

هزینه‌های موجودی، سفارش‌دهی و انبار، هزینه‌های راکد شدن قطعات، هزینه‌های توقف خطوط تولید، هزینه‌های تغییرات مهندسی، هزینه‌های راه اندازی، هزینه‌های مهندسی محصول، هزینه‌های کیفیت، هزینه‌های برنامه‌ریزی، مدیریت و پشتیبانی سیستم، هزینه‌های سیستمی، هزینه‌های سرمایه‌گذاری و توسعه، هزینه‌های تأمین‌کنندگان و توزیع‌کنندگان، هزینه‌های خدمات پس از فروش و هزینه‌های نارضایتی مشتریان اشاره کرد. لازم بذکر است در تحقیقات انجام شده تعریف و تفکیک ساختارهای هزینه‌ای به طرق مختلفی از جمله هزینه‌های مستقیم و غیر مستقیم، ثابت و متغیر و امثال‌هم ارایه شده است [۱۸].

بطور نمونه: فوجیتو در سال ۲۰۰۲ مولفه‌های هزینه‌ای پیشنهادی خود را به جهت بهینه سازی تنوع محصولات در قالب (۱) هزینه‌های مرتبط با حجم تولید از جمله هزینه‌های مواد، تولید و مونتاژ و (۲) هزینه‌های مرتبط با تنوع محصولات، از جمله هزینه‌های طراحی، مشترک سازی، و (۳) دیگر هزینه‌های ثابت و پنهان طبقه بندی کرده است [۱۹]. بطور مشابه باتاگلیا (۲۰۰۴) کل جریان هزینه را در قالب هزینه‌های طراحی و توسعه تولید و بازاریابی و فروش طبقه بندی کرده است [۲۰]. با این حال در این مقاله تلاش شده بدبان مطالعات میدانی و مورد کاوی های صورت گرفته در شرکت‌های خودرو ساز ایرانی، معیار هزینه به عنوان یکی از عوامل کلیدی در جهت افزایش کارآبی و اثربخشی زنجیره‌های تأمین مبتنی بر سکو مدنظر قرار گرفته و مدلسازی ریاضی بر مبنای مولفه‌های هزینه‌ای مورد توجه این صنعت صورت گیرد.

## ۱-۶. مدلسازی ریاضی

در این بخش به تشریح جزئیات مدل پرداخته می‌شود. هدف از مدلسازی دستیابی به بهترین ترکیب اقلام مشترک و میزان هزینه‌ی صرفه جویی شده ناشی از بکارگیری راهبرد مشترک سازی در زنجیره تأمین می‌باشد. برای این منظور با در نظر گرفتن یک شبکه سه سطحی از زنجیره، شامل تأمین‌کننده، انبار و تولید کننده نسبت به مدلسازی اقدام خواهد شد. برای دستیابی به این هدف طی دو مرحله، مدلسازی صورت گرفته است. در مرحله اول، مدل مشترک سازی توسعه می‌یابد، بدین ترتیب که ابتدا مدل بهینه سازی تابع هزینه در زنجیره تأمین مبتنی بر سکو بر مبنای مشترک سازی طراحی می‌شود به نحوی که موارد ذیل را در بر گیرد: (۱) در فرآیند معماری محصول و توسعه گونه جدید چه ترکیبی از اجزا و مولفه‌های مشابه موجود را به عنوان عناصر مشترک و قابل جایگزین با عناصر محصول جدید می‌توان بکارگرفت و (۲) در بین مجموعه‌ای از محصولات مشابه و هم خانواده موجود، چه عناصری را به عنوان مولفه‌های مشترک می‌توان انتخاب و با دیگر اقلام جایگزین نمود به نحوی که منجر به

## ۱-۵. معماری محصول و مشترک‌سازی در زنجیره تأمین مبتنی بر سکو

مفهوم معماری محصول نخستین بار توسط شخصی به نام آبراتی در سال ۱۹۷۵ مطرح شد. بر این اساس معماری محصول موضوعاتی از جمله: طراحی جهت تخصیص کارکرد به اجزاء فیزیکی محصول، یکپارچه‌سازی اجزاء و عناصر فیزیکی و طراحی ارتباطات و تعامل فیزیکی اجزاء محصول را دربرمی‌گیرد [۱۴].

این مفهوم در حوزه سکوی مشترک چگونگی فراهم شدن الزامات توسعه خانواده‌ای از محصولات را از طریق سکوی محصول فراهم می‌آورد. لذا شناسایی و تعیین محصولات هم خانواده از جنبه‌های مختلف و مشترک سازی اجزاء و عناصر فیزیکی محصول و چگونگی گروه‌بندی آنها در یک طبقه با ویژگیهای مشترک و سپس تصمیم‌گیری در خصوص ترکیب اجزاء و عناصر مشترک و اینکه چه سکویی برای توسعه و تولید محصولات هم خانواده می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، از جمله مواردی است که در حوزه معماری محصول بدان پرداخته می‌شود.

بر این اساس مشترک سازی به عنوان یکی از وجوده مورد بحث در معماری محصول مستلزم تصمیم سازی و تصمیم‌گیری اصولی است. مشترک سازی به مفهوم استفاده از مواد، ابزار، فرآیندها، نیروی انسانی و سایر موارد مشترک در خانواده‌ای از محصولات می‌باشد. پیش از این، مشترک سازی بین دلیل که سرمایه‌گذاری در موجودی‌ها را کاهش می‌داد، عنوان راهبردی برای کاهش هزینه محسوب می‌گردید. ولی اخیرا از آنجا که استفاده از مولفه‌های مشترک می‌تواند طراحی و توسعه محصولات جدید و فرآیندهای تولید را به میزان بسیار زیادی تسهیل بخشیده و مزیت رقابتی فراوانی ایجاد کند، در کانون توجه قرار گرفته است. از جمله مزیت های مشترک سازی می‌توان به کاهش پیچیدگی خط تولید، حفظ مقیاس اقتصادی در فرآیندهای تولیدی، کاهش زمان و هزینه، افزایش انعطاف‌پذیری، کاهش هزینه‌های ذخیره احتیاطی موجودی، کاهش سطح موجودی، کاهش زمان دسترسی به بازار، کاهش زمانهای راه اندازی و افزایش بهره وری اشاره کرد [۱۵ و ۱۶]. لازم ذکر است مشترک سازی در سطوح مختلف محصول مازول و قطعه میتواند بمورد اجرا گذاشته شود.

## ۶. توسعه مدل اندازه گیری میزان صرفه جویی هزینه

کاهش هزینه و افزایش سود از جمله اهدافی است که اکثر شرکتها و سازمانها در پی بهره‌گیری از راهبرد سکوی مشترک عنوان کرده‌اند.

بدیهی است کاهش هزینه چه به صورت مستقیم و چه غیر مستقیم در راهبرد سکوی مشترک از ابعاد مختلفی می‌تواند حاصل شود که از جمله می‌توان به هزینه‌های لجستیک درون و بیرون کارخانه،

- ساختار شبکه تامین و تصمیمات راهبردی و تاکتیکی آن در قبل و بعد از مشترک سازی ثابت فرض شده است.
- در مدل مشترک سازی فرض بر آن است که، برای هر قطعه یک تامین کننده وجود دارد و هزینه های او نیز برابر متوسط هزینه تامین کنندگان آن قطعه در نظر گرفته خواهد شد.
- برای یک قطعه ممکن است محدودیتهای تولیدی مختلفی در سراسر زنجیره از جمله محدودیت تامین قطعه، محدودیت حمل و نقل، محدودیت تولید و غیره وجود داشته باشد. لذا محدودیتی که در مدل اعمال می گردد، برابر کمینه محدودیت های فوق خواهد بود.
- در مدل پیشنهادی برای محاسبه هزینه های موجودی از سیاست سفارش دهی ( $Q, R$ ) و رابطه ویلسون استفاده خواهد شد. شایان ذکر است از آنجا که این عبارت هزینه ای که به تابع هدف مسئله اضافه می شود، یک عبارت غیر خطی و مقعر می باشد، لذا در بخش محاسبات عددی نتایج با بهترین جواب<sup>۲</sup> بدست آمده از نرم افزار مقایسه خواهد شد.
- در مدل ارایه شده برخی مولفه های مهم هزینه ای در فضای تامین و تولید به جهت مشترک سازی در نظر گرفته شده و حوزه توزیع و فروش در این مساله لحاظ نشده است.
- در این مدل پیشنهادی فرض بر آن است که از لحاظ فنی و کارکردی امکان مشترک سازی بین مولفه های مورد نظر در فرآیند معماري محصول در طول زنجیره وجود دارد.
- ساختار توابع هزینه ای مطابق تعاریف ارایه شده در مدل هزینه در نظر گرفته شده است.

### ۳-۶. پارامترها و متغیرهای تصمیمی • مجموعه ها

- $P$ : اندیس مربوط به قطعات.  
 $M$ : اندیس مربوط به محصولات.  
 $S$ : مجموعه تامین کنندگان.  
 $W$ : مجموعه انبارهای میانی.

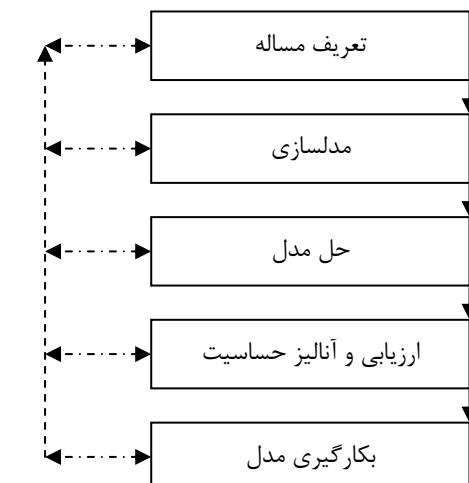
#### • پارامترها

- $F_{ip}^{IS}$ : هزینه ثابت سرمایه گذاری قطعه  $i$  از محصول  $p$  در تامین کننده فعلی.
- $F_{ip}^{SS}$ : هزینه ثابت راه اندازی قطعه  $i$  از محصول  $p$  در تامین کننده.
- $F_{ip}^D$ : هزینه های طراحی مهندسی قطعه  $i$  از محصول  $p$  در تامین کننده فعلی.
- $C_{ip}^{TS}$ : هزینه های حمل و نقل واحد کالا از تامین کننده به انبار برای قطعه  $i$  از محصول  $p$ .
- $D_{ip}$ : تقاضای قطعه  $i$  از محصول  $p$ .

کاهش تنوع در اقلام تشکیل دهنده آن دسته از محصولات گردد؟ در پایان مرحله اول می توان هزینه بهینه ناشی از مشترک سازی را یافته و با هزینه های قبل از فرآیند مشترک سازی مقایسه و تحلیل نمود.

در مرحله دوم، بدنبال نتایج حاصل از تعداد و ترکیب مولفه های مشترک، مدلی ارایه شده است که بر اساس آن میزان تامین مولفه های مشترک از هر تامین کننده را نیز تعیین می نماید. شایان ذکر است رویکرد مدلسازی در این مقاله بر مبنای تشکیل خانواده قطعات بوده و در این راستا از دیدگاه تشکیل سلول و سیستم های تولید سلولی<sup>۱</sup> ایده گرفته شده است [۲۶].

برای این منظور مطابق شکل ۱ بدنبال ارایه تعریفی از مساله مورد نظر نسبت به مدلسازی ریاضی و متعاقب آن حل مدل اقدام شده است. ارزیابی و تحلیل حساسیت مدل پیشنهادی و نهایتا زمینه سازی برای بکارگیری آن در دنیای واقعی از دیگر مراحلی است که می تواند در دستور کار قرار گیرد.



شکل ۱. فرآیند مدلسازی

### ۶-۲. فرضیات مدل

- تمامی پارامترها بصورت قطعی و معین می باشند.
- ظرفیت تولید برای هر یک از قطعات ثابت و مشخص است.
- مدلسازی در سطح قطعات هم خانواده می باشد که می توان با تغییر تعریف از پارامترها و متغیرها آنرا به سطح محصول و پودمان نیز تعمیم داد.
- مدلسازی طی دو مرحله (۱) مدل مشترک سازی و (۲) مدل تخصیص صورت می گیرد.
- فرض بر آن است که مشترک سازی می تواند هم در میان قطعات موجود و هم برای طراحی محصول جدید بکار رود.

<sup>2</sup> Best Objective

<sup>1</sup> I Cellular manufacturing system (CMS)

در عبارت چهارم هزینه‌های نگهداری موجودی ذخیره اطمینان بر مبنای رابطه  $WIP = \mu_{LT} \times h$  در نظر گرفته شده است. عبارت‌های پنجم و ششم مجموع هزینه‌های طراحی مهندسی را به عنوان یک هزینه ثابت برای تمامی گروههای تشکیل شده در نظر می‌گیرد. عبارت هفتم مجموع هزینه‌های حمل و نقل را از تأمین کننده به انبار برای تمامی گروهها محاسبه می‌کند. عبارت هشتم هزینه‌های نگهداری موجودی ذخیره اطمینان تولید کننده را محاسبه می‌کند.

عبارت نهم، هزینه‌های ناشی از دست دادن کارکرد یک قطعه بدلیل مشترک شدن با قطعه دیگر را در نظر می‌گیرد. بدلیل اینکه ضریب  $S_{ipjk}$  یک عدد بین ۰ و ۱ است، پس از مشترک سازی برای یک قطعه می‌تواند به اندازه  $S_{ipjk} - 1$  درصد از کارکردش کاسته شود که به آن هزینه‌ای تعلق می‌گیرد.

عبارت دهم، مجموع هزینه‌های موجودی، شامل هزینه‌های نگهداری و سفارش دهی را در تولید کننده محاسبه می‌کند. عبارت یازدهم، مجموع هزینه‌های حمل و نقل از انبار به تولید کننده را برای تمامی گروهها محاسبه کرده و عبارتهای دوازدهم و سیزدهم نیز مجموع هزینه‌های سرمایه‌گذاری در تأمین کنندگان را به ازاء گروههای مختلف در نظر می‌گیرد. نهایتاً در عبارت چهاردهم، مجموع هزینه‌های تولید برای گروههای مختلف در تولید کننده لحاظ شده است.

محدودیت (۲) نشان می‌دهد که هر قطعه از هر محصول بایستی حتماً به یک گروه تخصیص یابد. این قطعه می‌تواند به خود تخصیص یابد که، بدان معناست که با قطعه دیگری مشترک نشده است. محدودیت (۳) تضمین می‌کند که هر قطعه به گروهی می‌تواند تخصیص یابد که آن گروه تشکیل شده باشد.

محدودیت (۴) تضمین می‌کند که تعداد قطعات هر گروه از میزان ظرفیت تأمین برای آن گروه تجاوز نمی‌کند و محدودیت (۵) نیز نوع متغیر تصمیم را نشان می‌دهد. شایان ذکر است در مدل پیشنهادی اطلاعات ورودی، مولفه‌های کلیدی هزینه‌ای در طول زنجیره تامین بوده و خروجی مدل تعیین ترکیب مولفه‌های مشترک توام با هزینه‌های مربوط به مشترک سازی حاصله از مدل بهینه سازی می‌باشد. در گام بعدی نسبت به محاسبه هزینه‌های سیستم مورد مطالعه بر مبنای تابع هزینه شماره ۶ اقدام می‌گردد. از این طریق می‌توان میزان صرفه جوییهای هزینه‌ای ناشی از مشترک سازی را با مقایسه دو تابع مورد نظر محاسبه نمود.

#### تابع هدف:

$$\text{Min } z = \quad (1)$$

$$\sum_p \sum_i (1 - K) F_{IP}^{IS} X_{ipip} + \\ \sum_p \sum_i \sum_k \sum_j K \times F_{jk}^{is} X_{ipjk} +$$

$LT_{ip}^w$ : زمان تدارک قطعه i از محصول p برای انبار.

$LT_{ip}^M$ : زمان تدارک قطعه i از محصول p برای تولید کننده.

$\mu_{ip}$ : میانگین مصرف در زمان تدارک قطعه i از محصول p.

$H_{ip}^W$ : هزینه نگهداری قطعه i از محصول p در انبار.

$H_{ip}^M$ : هزینه نگهداری قطعه i از محصول p در تولید کننده.

$F_{ip}^O$ : هزینه ثابت سفارش دهی قطعه i از محصول p در تولید کننده.

$C_{ip}^{TW}$ : هزینه‌های حمل و نقل واحد کالا از انبار به تولید کننده

برای قطعه i از محصول p.

$C_{ip}^P$ : هزینه‌های تولید واحد کالا برای قطعه i از محصول p در تولید کننده.

$F_{ip}^{IM}$ : هزینه ثابت سرمایه‌گذاری قطعه i از محصول p در تولید کننده.

$Cap_{ip}$ : حداکثر ظرفیت برای تامین، حمل و نقل و تولید در

زنگیره قطعه i از محصول p.

$K$ : ضریبی از هزینه‌های قطعات غیر مشترک که در محاسبه هزینه

کل خانواده قطعات منظور می‌شود.

$\varphi$ : ضریب هزینه مشترک سازی ویا هزینه کارکردی که به دلیل

مشترک سازی در یک قطعه از دست می‌دهیم.

$D_{ip}$ : میزان تقاضای خانواده قطعات با قطعه مشترک i از محصول

p.

$C_{ipr}^{TS}$ : هزینه حمل و نقل واحد کالا برای قطعه i از محصول p از تامین کننده S.

#### • متغیر تصمیم

$X_{ipjk}$ : یک، اگر قطعه i از محصول p به گروهی با سرگروه

قطعه j از محصول k تخصیص یابد. (قطعه i به عنوان عنصر

مشترک در نظر گرفته می‌شود)

$X_{ipjk}$ : صفر، در غیر اینصورت

#### ۴-۶. معرفی تابع هدف و محدودیتهای مدل

ubarتهای اول و دوم از تابع هدف، مجموع هزینه‌های سرمایه‌گذاری

در تامین کنندگان را به ازاء گروههای مختلف محاسبه می‌کنند.

ubarت سوم هزینه‌های راه اندازی را برای تمامی گروهها محاسبه

می‌کند که برای هر گروه هزینه‌های راه اندازی برابر هزینه‌های راه

اندازی قطعه سرگروه می‌باشد.

منظور از قطعه سرگروه، قطعه‌ای است که در فرایند مشترک سازی

به عنوان عنصر منتخب برای مشترک سازی در نظر گرفته شده و

می‌تواند جایگزین عناصر زیر گروه خود شود.

• مدل دوم: تعیین میزان تامین هر قطعه از تامین کنندگان  
مربوطه

متغیر تصمیم:  $y_{ipr}$ : درصدی از تقاضای خانواده قطعات به قطعه مشترک  $i$  از محصول  $j$  که از تامین کننده  $r$  تهیه می‌شود. پس از تعیین ترکیب عناصر مشترک در مدل مشترک سازی، به منظور تامین میزان عناصر مورد نیاز که از تامین کنندگان مختلف می‌تواند صورت گیرد، نسبت به بکارگیری یک مدل تخصیص اقدام شده است.

$$MinZ = \sum_p \sum_i D_{ip} C_{ipr}^{TS} y_{ipr} \quad (7)$$

به شرط اینکه:

$$\sum_r y_{ipr} = 1 \quad \forall i, p \quad (8)$$

$$0 \leq y_{ipr} \leq 1 \quad (9)$$

## ۷. الگوریتم حل

از آنجا که مدل مشترک سازی ارایه شده در این مقاله شکل توسعه یافته‌ای از مسایل تولید سلولی بوده و در ادبیات تحقیق اینگونه از مسایل را در گروه مسایل Np-hard<sup>۱</sup> طبقه‌بندی می‌کنند، لذا مسئله توسعه یافته در این مقاله نیز جزو مسائل Np-hard<sup>۲</sup> بوده و لذا برای حل چنین مدلی، استفاده از رویکردهای فراابتکاری<sup>۳</sup> توصیه شده است.

بنابراین، از الگوریتم فراابتکاری شبیه سازی نرم<sup>۴</sup> شده که از لحظه ریاضی اثبات شده می‌تواند جواب بهینه را برای مسائل ارائه کند استفاده شده است. ابعاد این مسئله به تعداد محصولات و تعداد قطعات وابسته بوده و در بخش محاسبات عددی با حل تعداد زیادی مسئله می‌توان حساسیت الگوریتم را نسبت به پارامترهای موجود تعیین کرد. روش SA<sup>۵</sup> یک رویکرد جستجوی تصادفی است که جوابهای نزدیک به جواب بهینه را ارائه می‌کند [۲۷].

## ۱-۷. نحوه نمایش جواب

برای نشان دادن جواب از یک ماتریس  $n \times n$  با عناصر صفر و یک استفاده شده است. در صورتیکه قطعه  $i$  به قطعه  $j$  که عنوان یکی از قطعات مشترک شناخته شده است تخصیص یابد درایه  $[ij]$  ماتریس برابر ۱ شده و در غیر این صورت صفر می‌شود. در این ماتریس اگر درایه  $[ii]$  برابر ۱ شود بدان معناست که قطعه  $i$  ام عنوان یکی از قطعات مشترک انتخاب شده است. شکل ۲ مثالی از یک جواب با

$$\begin{aligned} & \sum_p \sum_i F_{ip}^{ss} X_{ipip} + \\ & \sum_p \sum_i LT_{ip}^w (\sum_k \sum_j \mu_{jk} X_{ipjk}) H_{ip}^w + \\ & \sum_p \sum_i (1-K) F_{ip}^d X_{ipip} + \\ & \sum_p \sum_i \sum_k \sum_j K \times F_{jk}^d X_{ipjk} + \\ & \sum_p \sum_i C_{ip}^{ts} (\sum_k \sum_j D_{jk} X_{ipjk}) + \\ & \sum_p \sum_i LT_{ip}^m (\sum_k \sum_j \mu_{jk} X_{ipjk}) H_{ip}^m + \\ & \sum_p \sum_i (1 - \sum_k \sum_j S_{ipjk} X_{ipjk}) \varphi + \\ & \sum_p \sum_i \sqrt{2C_{ip}^{fo} H_{ip}^m (\sum_k \sum_j D_{jk} X_{ipjk})} + \\ & \sum_p \sum_i C_{ip}^{tw} (\sum_k \sum_j D_{jk} X_{ipjk}) + \\ & \sum_p \sum_i (1-K) F_{ip}^{im} X_{ipip} + \\ & \sum_p \sum_i \sum_k \sum_j K \times F_{ip}^{im} X_{ipjk} + \\ & \sum_p \sum_i C_{ip}^p (\sum_k \sum_j D_{jk} X_{ipjk}) \end{aligned}$$

بشرط اینکه:

$$\sum \sum X_{ipjk} = 1 \quad \forall j, k \quad j = 0, 1, \dots \quad (2)$$

$$X_{ipjk} \leq X_{ipip} \quad \forall i, p, j, k \quad p, k \in \{0, 1, \dots\} \quad (3)$$

$$\sum_{k=0}^n D_{jk} X_{ipjk} \leq cap_{ip} \times X_{ipip} \quad \forall i, p \quad p, k \in \{0, 1, \dots\} \quad (4)$$

$$X_{ipjk} \approx (0, 1) \quad (5)$$

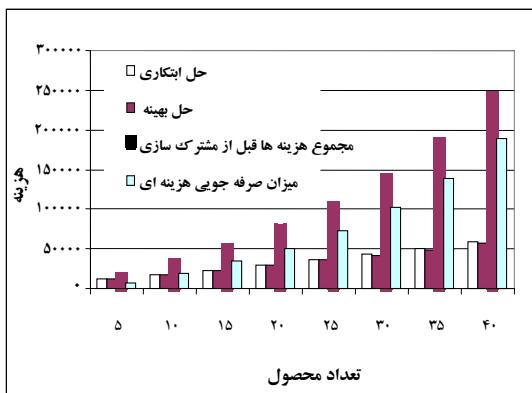
## • تابع هزینه قبل از مشترک سازی

$$\begin{aligned} TotalCost &= \\ & \sum_i \sum_p F_{ip}^{IS} + \sum_i \sum_p F_{ip}^{SS} + \\ & \sum_i \sum_p LT_{ip}^W \mu_{ip} H_{ip}^W + \\ & \sum_i \sum_p F_{ip}^D + \sum_i \sum_p C_{ip}^{TS} D_{ip} + \\ & + \sum_i \sum_p LT_{ip}^M \mu_{ip} H_{ip}^M + \\ & \sum_i \sum_p \sqrt{2 F_{ip}^O H_{ip}^M D_{ip}} + \\ & \sum_i \sum_p C_{ip}^{TW} D_{ip} + \sum_i \sum_p F_{ip}^{IM} + \\ & \sum_i \sum_p C_{ip}^P D_{ip} \end{aligned} \quad (6)$$

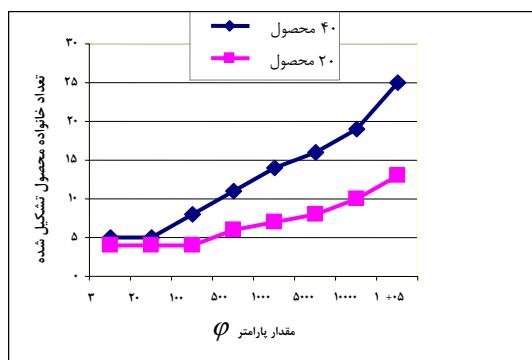
<sup>1</sup> Np-hard: Non deterministic Polynomial

<sup>2</sup> Meta heuristic

<sup>3</sup> Simulated Annealing (SA)



شکل ۳. نمودار مقایسه الگوریتم SA و حل بهینه



شکل ۴. نمودار نتایج محاسباتی برای محصولات مختلف

با احتساب یک مقدار بسیار بزرگ برای این پارامتر، مدل به سمتی حرکت می کند که هر قطعه با خودش مشترک شود و یا به عبارت دیگر قطعه ای به عنوان عنصر سرگروه یا سکو انتخاب نگردد. لذا می توان نتیجه گرفت در دنیای واقعی می باشد تعادلی بین منافع ناشی از مشترک سازی و نیز هزینه های مربوطه که به دلیل از دست دادن سطحی از کارکردهای عناصر مورد نظر رخ می دهد، فراهم ساخت.

## ۸. نتیجه‌گیری و تحقیقات آتی

در این مقاله نشان داده شد که توسعه و تلفیق راهبرد سکوی مشترک با مفاهیم مدیریت زنجیره تامین و یا به عبارت دیگر طراحی و ساماندهی زنجیره های تامین مبتنی بر سکوی مشترک، می تواند رویکردی تکامل یافته تر و با هم افزایی بیشتری فراهم کرده به نحوی که منجر به بهبودهای قابل توجهی در معیارهای هزینه ای صنایع گردد. مطرح شد که ساماندهی نظام زنجیره تامین مبتنی بر سکو، مستلزم پاسخگویی به نیازهای راهبردی و عملیاتی مختلفی است که می بایست مدد نظر قرار گیرد. در ادامه جهت پاسخگویی به سوال تحقیق مبنی بر چگونگی انتخاب بهترین ترکیب عناصر مشترک در طول زنجیره به نحوی که کاهش تنوع مولفه های تشکیل دهنده محصولات را در فرآیند معماری محصول

در نظر گرفتن ۵ قطعه که قطعه اول محصول جدید بوده و ۴ قطعه دیگر جزو محصولات موجود می باشند ارائه شده است. در این مثال مشاهده می شود که ۳ خانواده از قطعات تشکیل شده است که در آن قطعات ۲، ۴ و ۵ بعنوان قطعات سکو یا سرگروه انتخاب شده اند. عبارت دیگر، به جای قطعه ۳ از قطعه ۲ استفاده می شود. لذا در این مثال تنوع عناصر ۵ گانه به سه نوع کاهش یافته است.

شماره قطعه	۱	۲	۳	۴	۵
۱	.	.	.	۱	.
۲	.	۱	.	.	.
۳	.	۱	.	.	.
۴	.	.	۱	.	.
۵	.	.	.	.	۱

شکل ۲. نحوه نمایش جواب

## ۷-۲. نتایج محاسباتی و تحلیل حساسیت سیستم

نتایج محاسباتی ارایه شده در این بخش با هدف ارزیابی عملکرد الگوریتم SA، می باشد. الگوریتم SA ارایه شده، توسط برنامه VB6 کد بندی شده و برای ابعادی از ۵ تا ۵۰ محصول نمونه حل شده است.

هدف ما در این بخش، (۱) ارزیابی عملکرد الگوریتم ابتکاری ارایه شده و (۲) بررسی تاثیر تغییر پارامتر  $\varphi$  بر تعداد خانواده های محصول تشکیل شده می باشد.

به منظور ارزیابی عملکرد الگوریتم شبیه سازی ارایه شده، ۹ مساله با نرم افزار LINGO 8.0 حل شده و با جواب حاصله از الگوریتم SA نیز مقایسه شده است. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود جوابهای الگوریتم ابتکاری SA، بهینه یا نزدیک به بهینه می باشند و همچنین مشاهده می شود که در هر مساله، مشترک سازی محصولات منجر به کاهش هزینه به میزان قابل توجهی شده است. با مقایسه خروجی تابع هدف، با تابع هزینه در حالت قبل از مشترک سازی، می توان صرفه جویی های ناشی از مشترک سازی را نیز مشخص نمود. بر این اساس هر چه تعداد اقلام و عناصر افزایش می یابد بهره گیری از سکوی مشترک می تواند صرفه جویی بیشتری را به ارمغان آورد.

شکل ۴ تاثیر پارامتر  $\varphi$  بر تعداد خانواده های محصول تشکیل شده را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، با افزایش مقدار پارامتر  $\varphi$  که می تواند بر مبنای نظرات افراد خبره تعیین شود، تعداد خانواده های محصول تشکیل شده نیز افزایش می یابد.

<sup>۱</sup> Visual basic 6

محمدعلی شفیع، محمدسعید جبل‌عاملی و مهدی فتح‌الله

- [2] Gonzalez, J.P., Otto, K.N., Baker, J.D., "Assessing Value in Platform Product Family Design", Res. Eng. Design ,13, 2001, PP. 30-41.
- [3] Fathollah, M., Shafiq, M.A., "A Survey of Common platform applications and Research Issues for Industries and Industrial Engineers", The International Journal of Applied Management and technology, Vol 4, NO 2, 2006.
- [4] Siddique, Z., "Identifying Common Platform Architecture for a Set of Similar Products", World Congress on Mass Customization and Personalization, Hong Kong, Oct. 1-2, 2001.
- [5] Simpson, T.W., A Concept Exploration Method for Product Platform and Product Family Design" The Pennsylvania State University, 2001.
- [6] Muffatto, M., "Introducing a Platform Strategy in Product Development", Int. J. Product. Economics, 1999.
- [7] Kim, J.V., Wong, V., Eng, T.Y., "Product Variety Strategy for improving new Product development Proficiencies", Technovation , 2004.
- [8] Chopra, S., Meindl, P., "Supply Chain Management, Strategy, Planning and Operation" prentice hall, USA, 2007.
- [9] Gunasekaran, A., Patel, C., Tirtiroglu, E., "Performance Measures and metrices in a Supply Chain Environment" Int. Journal of Operation and Production Management, Vol21, No2/1, 2001, PP. 71-87.
- [10] Salvador, F., Forza, C., Rungtusanatham, M., "Modularity, Product Variety, Production Volume, and Component Sourcing: Theorizing Beyond Generic Prescriptions", J. of Operations Management 20, 2002, PP. 549-575.
- [11] Ulrich, W., Thonemann, James R., Bradley "The Effect of Product Variety on Supply-Chain Performance", European J. of Operational Res. 143 2002, PP. 548-569.
- [12] Lamothé, J., Hamou, K.H., Aldanondo, M., "Product Family and Supply Chain Design" European journal of operational research 169, 2006, PP.1030 -1047.
- [13] Ghosh, S., Murthy, N., Park, J., "Integrating Product Platform Development with Supply Chain Configuration in a Global Environment" Dupree College of Management ,Georgia Institute of technology June, 2004.
- [14] Simpson, T.W., Siddique, Z., Jiao, J., "Platform Based Product Family Development", product platform & product family design ,Springer science , USA, 2006.
- [15] Sheu, C., John, Wacker, G., "The Effects of Purchased Parts Commonality on Manufacturing Lead Time", International Journal of Operations & Production Management, 1997.

بدنبال آورده، نسبت به پیشنهاد یک مدل ریاضی جهت پشتیبانی از تصمیم مشترک سازی اقدام گردیده و ضمن توسعه و تبیین مفاهیم مرتبط با زنجیره های تأمین مبتنی بر سکو، نسبت به ارایه مثال عددی و نهایتاً پیشنهاد الگوریتم حل بر مبنای روش SA پرداخته شد. بررسی های بعمل آمده حاکی از آن است که مشترک سازی در طول زنجیره تأمین می تواند صرفه جویی های قابل ملاحظه ای بدنبال آورد و این مهم با افزایش شمار محصولات و قطعات از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد بود.

نکته مهم دیگر، توجه به برقراری تعادل بین مشترک سازی و متمایز سازی مولفه های متصله محصول است، چرا که با مشترک سازی، سطحی از کارکردهای مورد انتظار برای هر مولفه خاص به جهت پوشش کارکردهای جمعی کاسته شده، که این امر به نوبه خود هزینه هایی را در بر دارد. لذا تصمیم سازی جهت تعیین سطح قابل قبولی از منافع و هزینه های مشترک سازی در طول زنجیره تأمین می تواند مفید واقع شود. در خاتمه جهت تحقیقات آتی می توان طرح بررسی و مدلسازی تاثیرات متقابل معیارهای عملکردی زنجیره تأمین مبتنی بر سکوی مشترک را که شامل زمان، هزینه و انعطاف پذیری می باشد را مطرح ساخت و نیز به بررسی و مدلسازی در خصوص ایجاد تعادل بین مدلهای مشترک سازی و متمایز سازی در طول زنجیره های تأمین مبتنی بر سکو پرداخت . توسعه و تعمیم مدل پیشنهادی به کل شبکه و نیز به دیگر سطوح عماری محصول و در نظر گرفتن نظام زنجیره در قالب یک سیستم باز پرداخت. از جانب دیگر بررسی و مدلسازی سنجش میزان اشتراک و با عدم اشتراک بین عناصر از طریق تحلیل خوش ای<sup>۱</sup> و نیز اندازه گیری منافع و هزینه های مربوطه آن می تواند ابزار مناسبی برای تصمیم سازی افراد خبره در پیاده سازی مدل پیشنهادی باشد. به جهت روش های حل نیز می توان بکار گیری دیگر روش های ابتکاری و فرا ابتکاری را توصیه نمود و نهایتاً طراحی و توسعه سیستم و مدل پشتیبانی تصمیم جهت معماری محصول در زنجیره های تأمین مبتنی بر سکوی مشترک را مطرح ساخت.

## مراجع

- [1] Pelkone, J., "Out Put Oriented Benchmarking of Product Platform Development", Dep. Of Eng. Physics and Mathematics, Espoo, Helsinki University, 2003.

<sup>1</sup> Robust

<sup>2</sup> Cluster analysis

- [16] Zhou, L., Grubbstrom, R., "Analysis of Effect of Commonality in Multi level Inventory System Applying MRP theory", Int. J. production economics 90, 2004, PP. 251-263.
- [17] Meixell, M.J., Gargeya, V.B., "Global Supply Chain Design: A Literature Review and Critique", Transportation Research Part E 41, 2005, 53.
- [18] Fellini, R., Kokkolaras, M., "Commonality Decisions in Product Family Design", product platform and product family design, springer, 2006.
- [19] Fujita, K., "Product Variety Optimization under Modular Architecture", Computer Aided Design, 34 2002, PP. 953-965.
- [20] Battaglia, P.A., Byers, C.C., Guth, L.A., Holliday, A., Spinelli, C., Tong, J.J., "Modular Platform Vision and Strategy", Lucent Technologies Inc, 2004.
- [21] Wang, J., "Formation of Machine Cells and Part Families in Cellular Manufacturing Systems Using a Linear Assignment Algorithm" Automatica 39, 2003, PP. 1607–1615.
- [22] Kirkpatrick, C., Gelatt, V., Vecchi, "Optimization by Simulated Annealing" Science 220, 1983, PP. 671–680.
- [23] Martin, M.V., Ishii, K., "Design for Variety: Developing Standardized and Modularized Product Platform Architectures", Research in Engineering Design 13, 2002, PP. 213–235.
- [24] Gonzalez, J.P., Otto, K., Baker, J.D., "A Method for Architecting Product Platforms" research in engineering design - 2000.
- [25] Huang, G.Q., Zhang, X.Y., Liang, L., "Towards Integrated Optimal Configuration of Platform Products, Manufacturing Processes, and Supply Chains", Journal of Operations Management 23, 2005, PP. 267–290.
- [26] Fixson, S.K., "Product Architecture Assessment: a Tool to Link Product, Process, and Supply Chain Design Decisions" Journal of Operations Management 23, 2005, PP. 345–369.
- [27] Kranenburga, A.A., Van Houtum., G.J., "Effect of Commonality on Spare Parts Provisioning costs for Capital Goods" Int. J. Production Economics 108, 2007, PP. 221–227.