

## 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. Jabalameh

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 مشترک سازی در زنجیره های تأمین مبتنی بر سکو

محمدعلی شفیعا، محمدسعید جبل عاملی و مهدی فتح اله

**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، بهره گیری 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، توأم با حداقل تنوع در عوامل تولید فراهم می گردد. این در حالی است که اکثر کارخانجات و صنایع تولیدی در یک نظام مبتنی بر شبکه، تلاش می کنند زمینه ایجاد جریان ارزش را از مرحله تأمین منابع تا تحویل محصول به مشتری به نحو موثرتری برنامه ریزی و مدیریت نمایند. از جمله مصادیق این راهبرد در طول زنجیره تأمین، مشترک سازی مولفه های محصول و سکوی مشترک است. بر این اساس در این مقاله، با هدف ارائه یک مدل ریاضی، سعی شده ضمن تصمیم سازی در خصوص انتخاب بهترین ترکیب مولفه های مشترک، اثر هزینه ای راهبرد مشترک سازی و میزان صرفه جویی های ناشی از آن به عنوان یکی از معیارهای کلیدی عملکردی در زنجیره تأمین مبتنی بر سکوی مشترک مورد ارزیابی و تحلیل قرار گیرد.

**واژه های کلیدی:** سکوی مشترک، زنجیره تأمین، توسعه محصول، مدیریت هزینه و مشترک سازی

تاریخ وصول: ۸۷/۱/۱۳

تاریخ تصویب: ۸۷/۸/۱۵

دکتر محمدعلی شفیعا، 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 فتح اله، دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، Fath@iust.ac.ir

### ۱. مقدمه

توسعه رقابت در سطح بین‌المللی، ایجاد و توسعه مزیت‌های رقابتی را برای دوام و بقا 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 [۱]. 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 متشکله محصول مواجه هستند. گونزالس (۲۰۰۱) یکی از مشکلات کلیدی پیش روی طراحان و مهندسان را متعادل سازی نیازهای مربوط به تنوع و پیچیدگی محصولات توأم با کاهش منابع مورد نیاز برای توسعه محصولات جدید می‌داند [۲]. بر این اساس تئوری سکوی مشترک<sup>۱</sup> از این ایده نشأت گرفته که، اگر عوامل مشترکی<sup>۲</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>۳</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 تأمین<sup>۴</sup> کمتر مورد بررسی قرار گرفته است [۳ و ۲].

برهمن اساس در این مقاله، سعی گردیده ضمن تلفیق و یکپارچه سازی مفاهیم مدیریت زنجیره تأمین و سکوی مشترک، نسبت به بررسی و مدل‌سازی اثر هزینه مشترک سازی مؤلفه‌ها و اندازه‌گیری میزان صرفه جویی حاصله در طول زنجیره‌های تأمین پرداخته شود. در مستند جاری ابتدا مروری اجمالی از ادبیات و مفاهیم سکوی مشترک و مدیریت زنجیره تأمین مطرح شده و سپس به طرح سوالات مورد نظر در این تحقیق پرداخته شده است. در ادامه بدنبال بررسی ادبیات موضوع، زنجیره تأمین 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، آرایه الگوریتم حل و آنالیز حساسیت سیستم اقدام شده است.

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

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

۱۹۹۴ به عنوان یک راهبرد کلیدی در صنایع مختلف بکارگرفته شد. به عنوان تعریف می‌توان گفت سکوی مشترک، اجزایی از محصول است، که صرفنظر از تفاوت‌های ظاهری محصولات، قابل اشتراک هستند [۴ و ۵].

زمانیکه سکو بکار برده می‌شود، چهار نوع ویژگی محصول به اشتراک گذاشته می‌شود، از جمله می‌توان به (۱) مؤلفه‌ها<sup>۵</sup> که در دنیای سکو بیشترین اشتراک را بین محصولات دارند، (۲) فرآیندها، بطور مثال فرایند تولید و توزیع، (۳) افراد و روابط بین آنها و در نهایت (۴) دانش، اشاره کرد. این رویکرد، منافع متعددی بدنبال دارد که 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 تأمین و امثالهم اشاره کرد [۶ و 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 تأمین 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 کننده، داشته باشند [۸].

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

### ۳. سئوالات تحقیق

این مقاله به جهت آرایه یک چارچوب کاری برای تصمیم‌سازی در خصوص اثر بکارگیری سکوها در زنجیره تأمین، 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 جداگانه است. علیهذا آنچه که در این مقاله بدان پرداخته شده، پاسخ به این سوال است که در حالت استفاده از رویکرد سکو، بهترین ترکیب مؤلفه‌های مشترک در طول زنجیره چیست و بر مبنای سیاست مشترک سازی به چه میزان صرفه‌جویی هزینه‌ای حاصل می‌شود؟ شایان ذکر است

<sup>1</sup> Common platform

<sup>2</sup> Common components

<sup>3</sup> Commonality

<sup>4</sup> Supply chain management

<sup>5</sup> Components

ادامه جدول ۱. مروری بر تحقیقات مرتبط		
سال / محقق	شرح	
۲۰۰۰	Otto <sup>۹</sup> و Gonzales	رویکرد ایشان متعادل سازی 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.
۲۰۰۱	Krishnan <sup>۹</sup> و Gupta	سکوی مشترک را از دیدگاه توسعه محصول جدید و تأثیر آن بر تولید از بعد هزینه مورد بررسی قرار داده و مشخصه‌های تأثیرگذار بر امکانپذیری سکوی مشترک را معرفی نمودند.
۲۰۰۲	Ulrich <sup>۹</sup> و Bradley	ایشان مدلی برای تجزیه و تحلیل تأثیر تنوع محصول بر عملکرد زنجیره تامین 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 می‌کند.
۲۰۰۲	Kim	او یک مدل ریاضی برای کمک به تولید کنندگان برای آرایش زنجیره تامین ارائه می‌دهد که تولید کنندگان در چندین محصول مختلف، مواد اولیه یا بخش های مشترکی استفاده می‌کنند.
۲۰۰۴	S. Ghosh	تعامل بین توسعه سکوی محصول و ترکیب زنجیره تامین را در یک محیط کلی بررسی کرده و یک مدل تصمیم‌گیری برای تعیین راهبرد محصول و آرایش زنجیره تامین توسعه می‌دهد.
۲۰۰۴	Huang <sup>۹</sup> و Zhang	مفهومی از پیکره بندی بهینه را بصورت یکپارچه در ارتباط با سکوی محصول، فرایندهای تولیدی و مدیریت زنجیره تامین، با توسعه مدلی از سیاهه مواد <sup>۱</sup> برای اجزای مشترک محصولات ارائه کردند.
۲۰۰۵	Fixson	او چارچوبی چند بعدی را در ارتباط با معماری محصولات <sup>۲</sup> با در نظر گرفتن اجزای مشترک، سکوی محصول و پودمانی بودن در نظام زنجیره تامین، مطرح ساخت.
۲۰۰۵	M. J. Meixell	تأثیر هزینه راه اندازی، مشترک سازی مولفه ها و میزان ظرفیت را بر زمانبندی زنجیره تامین بررسی نموده و بیان می‌کنند که مشترک سازی مولفه ها بر زمانبندی در زنجیره تامین تأثیر گذار می‌باشد.
۲۰۰۷	Kramenburga <sup>۹</sup> و Houtum	یک مدل موجودی که هدف آن کمینه ساختن هزینه های مرتبط با بخش های مشترک می‌باشد، ارائه داده و نشان دادند که استفاده از مولفه های مشترک در تولید محصولات منجر به کاهش هزینه‌های سیستم می‌شود.

#### ۵. زنجیره‌های تامین مبتنی بر سکو

موضوع بررسی ارتباط و تعامل بین معماری محصول، طراحی سکو و زنجیره تامین توسط سالوادور در سال ۲۰۰۰ مورد توجه قرار گرفت [۱۰]. تحقیقات بعمل آمده حاکی از آن است که توسعه سکو اگر چه تغییرات زیادی در شبکه تامین ایجاد نمی‌کند، ولیکن منجر به کاهش هزینه و زمان به مقدار قابل توجهی خواهد شد [۱۱]. 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 مرور نمود. بررسی های بعمل آمده در ادبیات موضوع که ارزیابی خلاصه ای از آن در جدول شماره ۲ مورد 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 تأثیر و تأثر راهبرد سکوی مشترک و رویکرد مشترک سازی در ارتباط با نظام مدیریت زنجیره تامین آنها به نحوی جامع و کمی می‌باشد. به عبارت دیگر در تحقیقات انجام شده، تحلیلی در خصوص نحوه تأثیر و تأثر دو موضوع زنجیره تامین و سکوی مشترک مطرح نشده و میزان صرفه‌جویی‌های هزینه‌ای ناشی از مشترک سازی در زنجیره تامین 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 معماری محصول فراهم آورد، 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 صرفه جویی هزینه‌ای ناشی از رویکرد مشترک سازی در طول زنجیره تامین اقدام گردد.

جدول ۱. مروری بر تحقیقات مرتبط		
سال / محقق	شرح	
۱۹۹۷	Ishii <sup>۹</sup> و Martin	سکوی مشترک را با تمرکز بر ساختار پودمانی و استانداردهای مورد نیاز خانواده‌ای از محصولات مورد تحقیق و بررسی قرار داده و برای توصیف تنوع محصولات و تأثیرات هزینه‌ای آنها شاخص‌ها و معیارهای کمی را معرفی نموده‌اند.

<sup>1</sup> Bill of material (BOM)

<sup>2</sup> Product architecture

## ادامه جدول ۲. بررسی مقایسه ای تحقیقات مرتبط

محقق	تمرکز بر راهبرد	محدوده تحقیق	معیار کلیدی	مدل سازی
Kim	مشترک سازی	زنجیره تأمین	--	کمی مدل سیاهه مواد
Nobelus	مشترک سازی	--	هزینه	کیفی خیر
Ghosh	توسعه سکوی محصول	زنجیره تأمین	--	کمی مدل تصمیم گیری
Huang	مشترک سازی	زنجیره تأمین	--	توسعه روش مدل سیاهه مواد
Meixell	مشترک سازی	زنجیره تأمین	هزینه و زمان	کمی مدل زمانبندی
Kramen-burga	مشترک سازی	--	هزینه	کمی مدل موجودی

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 تأمین کنندگان نیز می‌شود. ثانياً با توجه به اینکه نقش تأمین کنندگان از حالت منفعلانه 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 تأکید 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 هرکدام می‌توانند به نوبه خود متاثر 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 مقایسه ای تحقیقات مرتبط

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

<sup>1</sup> Economy Of Scope

- 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 درام و واگذاری مسئولیت به تأمین کنندگان
- کاهش تنوع 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 فی‌مابین 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

## ۵-۱. معماری محصول و مشترک‌سازی در زنجیره تامین 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 در برمی‌گیرد [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 اجزا و عناصر فیزیکی محصول و چگونگی گروه‌بندی آنها در یک طبقه با ویژگیهای مشترک و سپس تصمیم‌گیری در خصوص ترکیب اجزا 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 وجوه 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 بدین دلیل که سرمایه‌گذاری در موجودی‌ها را کاهش می‌داد، بعنوان راهبردی برای کاهش هزینه محسوب می‌گردید. ولی اخیراً 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 مزیت‌های 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 بهره‌وری اشاره کرد [۱۵ و ۱۶]. لازم بذکر است مشترک سازی در سطوح مختلف محصول ماژول و قطعه می‌تواند بمورد اجرا گذاشته شود.

## ۶. توسعه مدل اندازه‌گیری 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،

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 ناراضی 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 بهینه‌سازی 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 بدنبال مطالعات میدانی و مورد کاوی‌های صورت گرفته در شرکت‌های خودرو ساز ایرانی، معیار هزینه‌ها به عنوان یکی از عوامل کلیدی در جهت افزایش کارایی و اثربخشی زنجیره‌های تامین مبتنی بر سکو مدنظر قرار گرفته و مدلسازی ریاضی بر مبنای مولفه‌های هزینه‌ای مورد توجه این صنعت صورت گیرد.

## ۶-۱. 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 تامین می‌باشد. برای این منظور با در نظر گرفتن یک شبکه سه سطحی از زنجیره، شامل تامین‌کننده، 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 بهینه‌سازی تابع هزینه در زنجیره تامین مبتنی بر سکو بر مبنای مشترک سازی طراحی می‌شود به نحوی که موارد ذیل را در بر گیرد: (۱) در فرآیند معماری محصول و توسعه‌گونه 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

- 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 ارائه 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 معماری محصول در طول زنجیره وجود دارد
- ساختار توابع هزینه ای مطابق تعاریف ارائه شده در مدل هزینه در نظر گرفته شده است.

### ۳-۶. پارامترها و متغیرهای تصمیم

#### • مجموعه ها

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

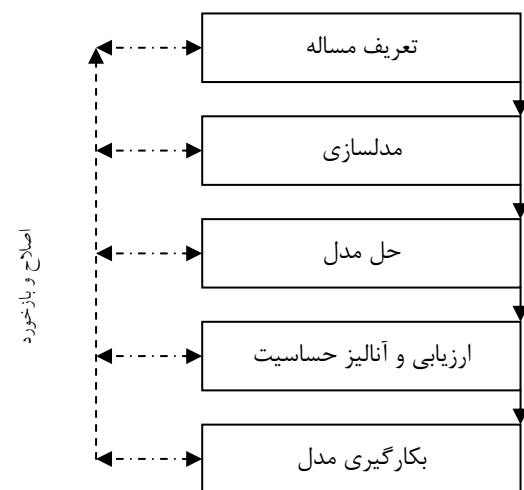
#### • پارامترها

- $F_{ip}^{IS}$ : 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 ارائه 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 ارائه تعریفی از مساله مورد نظر نسبت به مدلسازی ریاضی و متعاقب آن حل مدل اقدام شده است. ارزیابی و تحلیل حساسیت مدل پیشنهادی و نهایتاً زمینه سازی برای بکارگیری آن در دنیای واقعی از دیگر مراحل است که می تواند در دستور کار قرار گیرد.



شکل ۱. فرآیند مدلسازی

### ۲-۶. 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 آنها را 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> 1 Cellular manufacturing system (CMS)

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

عبارت نهم، هزینه های 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  $1 - S_{ipjk}$  درصد از کارکردش کاسته شود که به آن هزینه ای تعلق می‌گیرد.

عبارت دهم، مجموع هزینه های موجودی، شامل هزینه های نگهداری و سفارش دهی را در تولید کننده محاسبه می‌کند. عبارت یازدهم، مجموع هزینه های حمل و نقل از انبار به تولید کننده را برای تمامی گروه‌ها محاسبه کرده و عبارت‌های دوازدهم و سیزدهم نیز مجموع هزینه های سرمایه گذاری در تامین کنندگان را به ازاء گروه‌های مختلف در نظر می‌گیرد. نهایتاً در عبارت چهاردهم، مجموع هزینه های 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 تامین 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 هزینه ای در طول زنجیره تامین بوده و خروجی مدل تعیین ترکیب مولفه های مشترک توأم با هزینه های 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 هزینه ای ناشی از مشترک سازی را با مقایسه دو تابع مورد نظر محاسبه نمود.

#### تابع هدف:

$$\text{Min } z = \sum_p \sum_i (1 - K) F_{IP}^{IS} X_{ip} + \sum_p \sum_i \sum_k \sum_j K \times F_{jk}^{is} X_{ipjk} +$$

$LT_{ip}^W$ : 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 نگداری قطعه  $i$  از محصول  $p$  در انبار.

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

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

$C_{ip}^{TW}$ : هزینه های حمل و نقل واحد کالا از انبار به تولیدکننده برای قطعه  $i$  از محصول  $p$ .

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

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

$Cap_{ip}$ : حداکثر ظرفیت برای تامین، حمل و نقل و تولید در زنجیره قطعه  $i$  از محصول  $p$ .

$k$ : ضریبی از هزینه های قطعات غیر مشترک که در محاسبه هزینه کل خانواده قطعات منظور می‌شود.

$\phi$ : 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

$X_{ipjk} = 1$ ، 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)

$X_{ipjk} = 0$ ، در غیر اینصورت

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

عبارتهای اول و دوم از تابع هدف، مجموع هزینه‌های سرمایه گذاری در تامین کنندگان را به ازاء گروه‌های مختلف محاسبه می‌کنند. عبارت سوم هزینه های 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، قطعه ای 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 می شود. پس از تعیین ترکیب عناصر مشترک در مدل مشترک سازی، به منظور تامین میزان عناصر مورد نیاز که از تامین کنندگان مختلف می تواند صورت گیرد، نسبت به بکارگیری یک مدل تخصیص اقدام شده است.

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

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 یافته ای از مسایل تولید سلولی بوده و در ادبیات تحقیق اینگونه از مسایل را در گروه مسایل Np-hard<sup>۱</sup> طبقه بندی می کنند، لذا مسئله توسعه یافته در این مقاله نیز جزو مسائل Np-hard بوده و لذا برای حل چنین مدلی، استفاده از رویکردهای فرا ابتکاری<sup>۲</sup> توصیه شده است.

بنابراین، از الگوریتم فرا ابتکاری مبتنی شبیه سازی نرم<sup>۳</sup> شده که از لحاظ ریاضی اثبات شده می تواند 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 می توان حساسیت الگوریتم را نسبت به پارامترهای موجود تعیین کرد. روش SA یک رویکرد جستجوی تصادفی است که جوابهای نزدیک به جواب بهینه را ارائه می کند [۲۷].

#### ۷-۱. 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 بعنوان یکی از قطعات مشترک شناخته شده است تخصیص یابد درایه  $[ij]$  ماتریس برابر ۱ شده و در غیر این صورت صفر می شود. در این ماتریس اگر درایه  $[ii]$  برابر ۱ شود بدان معناست که قطعه  $i$  ام بعنوان یکی از قطعات مشترک انتخاب شده است. شکل ۲ مثالی از یک جواب با

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

بشرط اینکه :

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

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

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

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

• تابع هزینه قبل از مشترک سازی

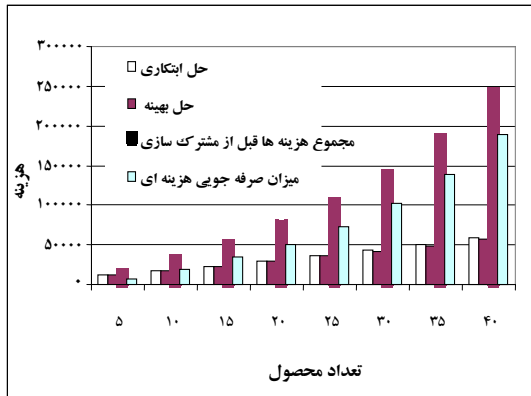
$$\begin{aligned} \text{TotalCost} = & \sum_i \sum_p F_{ip}^{IS} + \sum_i \sum_p F_{ip}^{SS} + \\ & \sum_i \sum_p LT_{ip}^w \mu_{ip} H_{ip}^w + \\ & \sum_i \sum_p F_{ip}^D + \sum_i \sum_p C_{ip}^{TS} D_{ip} \quad (6) \\ & + \sum_i \sum_p LT_{ip}^M \mu_{ip} H_{ip}^M + \\ & \sum_i \sum_p \sqrt{2 F_{ip}^O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

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

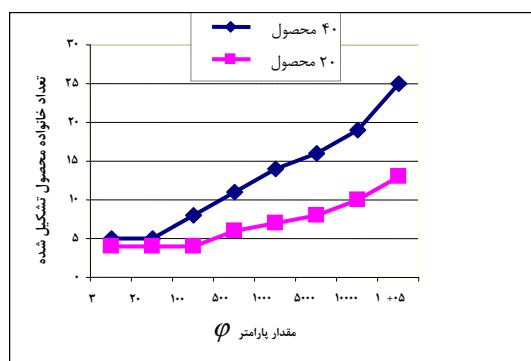
<sup>2</sup> Meta heuristic

<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 و یا سکو انتخاب نگردد. لذا می توان نتیجه گرفت در دنیای واقعی می بایست 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. نتیجه گیری 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 مد 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 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. بعبارت 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	۰	۰	۰	۱	۰
۲	۰	۱	۰	۰	۰
۳	۰	۱	۰	۰	۰
۴	۰	۰	۰	۱	۰
۵	۰	۰	۰	۰	۱

شکل ۲. نحوه نمایش جواب

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

نتایج محاسباتی ارائه شده در این بخش با هدف ارزیابی عملکرد الگوریتم SA، می باشد. الگوریتم SA ارائه شده، توسط برنامه VB6<sup>۱</sup> 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 ارائه شده و (۲) بررسی تاثیر تغییر پارامتر  $\phi$  بر تعداد خانواده های محصول تشکیل شده می باشد.

به منظور ارزیابی عملکرد الگوریتم شبیه سازی ارائه شده، ۹ مساله با نرم افزار LINGO.8 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  $\phi$  بر تعداد خانواده های محصول تشکیل شده را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، با افزایش مقدار پارامتر  $\phi$  که می تواند بر مبنای نظرات افراد خبره تعیین شود، تعداد خانواده های محصول تشکیل شده نیز افزایش می یابد.

<sup>1</sup> Visual basic 6

- [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., Shafia, 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 metrics 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] Lamothe, 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 آورد، نسبت به پیشنهاد یک مدل ریاضی جهت پشتیبانی از تصمیم مشترک سازی اقدام گردیده و ضمن توسعه و تبیین مفاهیم مرتبط با زنجیره‌های تأمین مبتنی بر سکو، نسبت به آرایه مثال عددی و نهایتاً پیشنهاد الگوریتم حل بر مبنای روش SA پرداخته شد. بررسی‌های بعمل آمده حاکی از آن است که مشترک سازی در طول زنجیره تأمین می‌تواند صرفه جویی‌های قابل ملاحظه‌ای 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 مولفه‌های متشکله 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 هزینه‌هایی را در بر دارد. لذا تصمیم سازی جهت تعیین سطح قابل قبولی از منافع و هزینه‌های مشترک سازی در طول زنجیره تأمین می‌تواند مفید واقع شود. در خاتمه جهت تحقیقات آتی می‌توان طرح بررسی و مدلسازی تأثیرات متقابل معیارهای عملکردی زنجیره تأمین مبتنی بر سکوی مشترک را که شامل زمان، هزینه و انعطاف‌پذیری می‌باشد را مطرح ساخت و نیز به بررسی و مدلسازی در خصوص ایجاد تعادل بین مدل‌های مشترک سازی و متمایز سازی در طول زنجیره‌های تأمین مبتنی بر سکو پرداخت. توسعه و تعمیم مدل پیشنهادی به کل شبکه و نیز به دیگر سطوح معماری محصول و در نظر گرفتن نظام زنجیره در قالب یک سیستم باز جهت بررسی نحوه تأثیر و تأثر عوامل بیرونی همچون بازار و مشتریان نیز از جمله موضوعاتی است که می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد.

همچنین از منظر مدلسازی می‌توان به توسعه مدل‌های احتمالی، پایدار<sup>۱</sup>، فازی و نیز تغییر و تعدیل محدودیت‌ها و مفروضات سیستم پرداخت. از جانب دیگر بررسی و مدلسازی سنجش میزان اشتراک و یا عدم اشتراک بین عناصر از طریق تحلیل خوشه‌ای<sup>۲</sup> و نیز اندازه‌گیری منافع و هزینه‌های مربوطه آن می‌تواند ابزار مناسبی برای تصمیم سازی افراد خبره در پیاده سازی مدل پیشنهادی باشد. به جهت روش‌های حل نیز می‌توان بکارگیری دیگر روش‌های ابتکاری و فرا ابتکاری را توصیه نمود و نهایتاً طراحی و توسعه سیستم و مدل پشتیبانی تصمیم جهت معماری محصول در زنجیره‌های 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.