

## **Integrated Model Supplier Tiering and Grouping Parts Based on the Capabilities (Electric Motor Industry Case Study)**

Maryam Dehghani\*, Peyman Akhavan, Morteza Abbasi

\*Doctoral Student, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran

(Received: 18/12/2022; Accepted: 31/05/2023)

### **Abstract**

*Many producers and large commerce companies must manage their suppliers and reduce or merge them. Most methods mentioned in the literature are qualitative. Therefore, the aim of this research is to present a three-objective nonlinear mixed integer programming model including minimizing the cost of allocating parts to suppliers, minimizing the cost of interactions between suppliers, and minimizing management complexity. The innovation of this research is to simultaneously consider the grouping of parts and allocation to suppliers based on the required operational capabilities of the parts and the capabilities available to suppliers and the tiering of suppliers. This model was evaluated with a case study in the electric motor industry and solved with the method of goal attainment, the validation of the results has also been done.*

**Keywords:** Supply Base, Capabilities, Part Grouping, Goal Attainment, Electric Motor

\*Corresponding Author E-mail: [dehghani.maria@yahoo.com](mailto:dehghani.maria@yahoo.com)

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

**Publisher:** Imam Hussein University

© Authors



## ارائه مدل یکپارچه لایه‌بندی تأمین‌کنندگان و گروه‌بندی قطعات مبتنی بر قابلیت‌ها

## (مورد مطالعه: صنعت موتورهای الکتریکی)

مریم دهقانی<sup>۱\*</sup>، پیمان اخوان<sup>۲</sup>، مرتضی عباسی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری دانشکده صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران ۲- استاد دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی قم، قم، ایران ۳- استادیار گروه

مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

(دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۷، پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۰)

## چکیده

بسیاری از تولیدکنندگان و شرکت‌های بزرگ تجاری تمایل دارند تعداد تأمین‌کنندگان خود را مدیریت کرده و به ادغام و کاهش تعداد آن‌ها بپردازند. هدف این پژوهش، ارائه مدل یکپارچه برای تغییر ساختار زنجیره تأمین و تبدیل مدل خورشیدی تأمین‌کنندگان به لایه‌ای می‌باشد. در این راستا یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط غیرخطی سه هدفه شامل کمینه‌سازی هزینه تخصیص قطعات به تأمین‌کنندگان، کمینه‌سازی هزینه همکاری بین تأمین‌کنندگان و کمینه‌سازی پیچیدگی مدیریتی ارائه گردیده است. نوآوری این پژوهش در نظر گرفتن هم‌زمان گروه‌بندی قطعات و تخصیص به تأمین‌کنندگان بر اساس قابلیت‌های عملیاتی موردنیاز قطعات و قابلیت‌های در اختیار تأمین‌کنندگان و لایه‌بندی تأمین‌کنندگان می‌باشد. این مدل با یک مطالعه موردی در صنعت موتورهای الکتریکی ارزیابی و با روش نیل به هدف حل گردید، اعتبارسنجی نتایج نیز انجام شده است. باتوجه به نتایج مدل می‌توان تأمین‌کنندگان کلیدی را تعیین و نقاط ضعف و قوت آن‌ها را شناسایی کرد همچنین می‌توان اثر تغییر برخی پارامترها و نتایج اقتصادی آن‌ها را نیز بررسی نمود.

## واژه‌های کلیدی: پایه تأمین، گروه‌بندی قطعات، قابلیت عملیاتی، روش نیل به هدف، موتورهای الکتریکی

## ۱- مقدمه

نمونه‌های تجاری پیشرو از تولیدکنندگان بزرگ که خریده‌ها از تأمین‌کنندگان را ادغام نموده‌اند عبارت‌اند از پروکتر و گمبل<sup>۱</sup>، سیسکو<sup>۲</sup>، اینتل<sup>۳</sup> و بوئینگ<sup>۴</sup>. پروکتر و گمبل در حال توسعه مخازن هزینه گسترده در سطح شرکت و استفاده از منابع راهبردی برای افزایش اهرمی با تأمین‌کنندگان کلیدی بزرگ می‌باشند. سیسکو برای هر گروه کالایی که خریداری می‌کند، راهبرد ایجاد نموده که جزئیات حجم قطعات، تعداد آن و انعطاف‌پذیری تأمین‌کنندگانی که موردنیاز می‌باشند را نمایش می‌دهد و متعاقباً کاهش تأمین‌کنندگان خود از ۱۳۰۰ به ۳۰۰ را به دنبال داشته است [۱۱]. نمونه‌های دیگر از این قبیل که منجر به ادغام بسیاری از صنایع شده است، صنایع دفاعی می‌باشد [۱۲]. تأمین‌کنندگان بزرگ وزارت دفاع آمریکا<sup>۵</sup> در تلاش برای بهره‌برداری از خریده‌ها، کاهش هزینه‌ها و بهبود عملکرد تأمین‌کنندگان در ارائه کالاها و خدمتشان، مبنای قراردادهای فرعی خود را حدود ۵۰ درصد کاهش داده‌اند [۱۳]. از این‌رو در ادبیات به‌وضوح شواهدی از گرایش به سمت کاهش تعداد تأمین‌کنندگان وجود دارد؛ برای

یکی از تصمیمات حیاتی در طراحی زنجیره تأمین یک سازمان تعداد تأمین‌کنندگانی است که با سازمان همکاری می‌کنند در واقع تأمین‌کنندگان نقش مهمی در پیچیدگی زنجیره تأمین دارند [۱-۳] و توجه به مدیریت تأمین و انتخاب بهترین تأمین‌کنندگان به‌عنوان یک مزیت رقابتی و ابزاری راهبردی برای شرکت‌ها تبدیل شده است [۴-۶].

مدیران معمولاً هنگام اداره پایه تأمین از فرایند کاهش تعداد تأمین‌کنندگان استفاده می‌کنند [۷]. کاهش تعداد تأمین‌کنندگان "فرایند و فعالیت‌های مرتبط با کاهش تعداد تأمین‌کنندگانی که یک سازمان از آن‌ها استفاده می‌نماید" تعریف شده است [۸]. این حاکی از یک راهبردی است که در آن یک شرکت تمایل دارد روابط نزدیک‌تری با تعداد کمتر تأمین‌کننده برقرار کند. بسیاری از شرکت‌های بزرگ، کاهش تعداد تأمین‌کنندگان را به‌عنوان بخشی از راهبرد تأمین خود انجام می‌دهند [۹]. شرکت‌های پیشرو تجاری نیز درصدد توسعه منابع راهبردی یعنی یک فرایند مشارکتی و ساختاری برای تحلیل هزینه‌های سازمان و استفاده از اطلاعات برای تصمیم‌گیری تجاری کارآمدتر و مؤثرتر در مورد کالاها و خدمات و کاهش تعداد قراردادهای مستقیم با تأمین‌کنندگان هستند [۱۰].

\* رایانامه نویسنده مسئول: dehghani.maria@yahoo.com

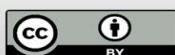
<sup>1</sup> Procter and Gamble

<sup>2</sup> Cisco

<sup>3</sup> Intel

<sup>4</sup> Boeing

<sup>5</sup> Department of Defense (DoD)



در ادامه بعد از مرور ادبیات موضوع، روش تحقیق شرح داده شده سپس به مدل ریاضی، روش حل و مورد مطالعه پرداخته شده و در نهایت بحث و نتیجه گیری ارائه گردیده است.

## ۲- ادبیات تحقیق

پایه تأمین<sup>۷</sup> به عنوان بخشی از شبکه تأمین تعریف می شود که توسط شرکت مرکزی به طور فعال از طریق قراردادهای رسمی اداره می شود [۱۹]. کاهش تعداد تأمین کنندگان به عنوان روشی برای کاهش تعداد تأمین کنندگان از یک پایه تأمین خاص در نظر گرفته شده است [۲۰]. هنگام انجام کاهش تعداد تأمین کنندگان، پایه تأمین خیلی بزرگ تلقی می شود و تعداد تأمین کنندگان با حفظ عملکردهای برتر به اندازه از پیش تعیین شده کاهش می یابد. کاهش تعداد تأمین کنندگان اغلب یک پیش نیاز در راهبردهای مرتبط با تأمین کالا محسوب می شود و اغلب به مدت زمان تحویل به موقع، تلاش های توسعه تأمین کننده و مشارکتها مرتبط می باشد [۸].

مرور ادبیات نشان می دهد موضوع پایه تأمین در سالیان گذشته همواره مورد توجه بوده است و مقالات منتشر شده را می توان در چهار حوزه طبقه بندی کرد [۲۱]. ساختار پایه تأمین و پیچیدگی آن [۲۲]، مدیریت روابط با تأمین کنندگان [۲۳، ۲۴]، تعداد تأمین کنندگان و عوامل مؤثر بر آنها [۲۵]؛ و رویکردهای کاهش تأمین کنندگان.

اوگدن [۲۶] در تحلیل دقیق خود از ۱۰ شرکتی که متعهد به اجرای کاهش تعداد تأمین کنندگان خود بودند، چهار رویکرد برای کاهش تعداد تأمین کنندگان شناسایی کردند. این رویکردها عبارتند از:

(۱) حذف سامانمند (استانداردسازی (۳ لایه بندی (۴ بسته بندی<sup>۹</sup> جدول (۱) خلاصه ای از این رویکردهای پیشنهاد شده جهت کاهش تعداد تأمین کنندگان را نشان می دهد.

در این جدول علامت "✓" یعنی آن مؤلفه در فرآیند پیشنهادی وجود دارد در صورت عدم وجود علامت "x" می باشد.

بررسی ادبیات نشان داد که دو مقاله همزمان به موضوع کاهش تعداد تأمین کنندگان و گروه بندی اقلام اشاره کرده است. گرهارد لچنر [۳۲] اهمیت کاهش تأمین کننده و گروه بندی مواد را به منظور طراحی پایه تأمین کننده برای شرکتها از طریق مطالعه میدانی بررسی کرد. بلکر و همکاران [۳۳] چارچوبی جهت کاهش تعداد تأمین کنندگان ارائه دادند. در این چارچوب نیز بر اهمیت گروه بندی اقلام تأکید شده است.

نمونه زیراکس<sup>۱</sup> تعداد تأمین کنندگان خود را از ۵۰۰۰ به ۵۰۰، موتورولا<sup>۲</sup> از ۱۰۰۰۰ به ۳۰۰۰ و کارلیون<sup>۳</sup> در سال ۲۰۱۰ اعلام نمود که تأمین کنندگان خود را از ۲۵۰۰۰ به ۵۰۰۰ کاهش داده است [۱۴]. از مزایای کاهش تعداد تأمین کنندگان می توان به افزایش دسترسی به فناوری و نوآوری تأمین کننده، افزایش کیفیت، کاهش هزینه ها و تلاش های مدیریت تأمین کننده، افزایش قدرت نفوذ از طریق ادغام حجم، روابط بهتر خریدار و تأمین کننده، کاهش هزینه های موجودی و قیمت واحد، افزایش اشتراک اطلاعات، افزایش عدم قطعیت بلندمدت، افزایش پاسخ گویی تأمین کننده اشاره نمود.

در سالیان گذشته مفهوم گروه بندی و تشکیل خانواده محصولات نیز به دلیل رقابت بین تولید کنندگان و خرده فروشان، ظهور فناوری های جدید، برآورد تقاضای مشتریان و پاسخگویی به شرایط جدید بازار بسیار مورد توجه قرار گرفته است. برای طراحی یک خانواده محصول به طور معمول دو گام در نظر گرفته شده است: گروه بندی و تشکیل خانواده های محصول، انتخاب تأمین کنندگان. البته این دو گام جدا از هم در نظر گرفته نمی شوند [۱۵]. مرور مطالعات اخیر نشان می دهد که برای گروه بندی و تشکیل خانواده های محصول روش های مختلفی معرفی شده است که در این روشها از معیارهای شباهت چون اشتراک اجزا<sup>۴</sup>، قابلیت استفاده مجدد<sup>۵</sup> و ترتیب عملیات<sup>۶</sup> استفاده شده است [۱۶-۱۸].

در مطالعه حاضر بر لایه بندی تأمین کنندگان (به عنوان یکی از روش های کاهش تعداد تأمین کنندگان) و گروه بندی قطعات (بر اساس شباهت قابلیت های عملیاتی) با مدل برنامه ریاضی تمرکز دارد. نوآوری مطالعه در نظر گرفتن همزمان گروه بندی قطعات و تخصیص به تأمین کنندگان بر اساس قابلیت های عملیاتی مورد نیاز قطعات و قابلیت های در اختیار تأمین کنندگان و لایه بندی تأمین کنندگان می باشد. تاکنون مدلی برای تغییر ساختار زنجیره تأمین و تبدیل مدل خورشیدی تأمین کنندگان به لایه ای و همزمان توجه به گروه بندی قطعات ارائه نشده است. مدل به صورت یک مدل چندهدفه می باشد که جهت برآورد اهداف کمینه سازی هزینه تخصیص قطعات به تأمین کنندگان لایه اول و سایر لایه ها، کمینه سازی هزینه همکاری بین تأمین کنندگان لایه اول و سایر لایه ها همچنین کمینه سازی پیچیدگی مدیریتی می باشد، در نظر گرفته شده است.

<sup>1</sup> Xerox

<sup>2</sup> Motorola

<sup>3</sup> Carillion

<sup>4</sup> component commonality

<sup>5</sup> reusability

<sup>6</sup> operation sequence

<sup>7</sup> Supply base

<sup>8</sup> tiering

<sup>9</sup> Bundling

جدول (۱). مقایسه بین فرآیندهای کاهش تأمین‌کنندگان

شوناو [۳۱]	نفی [۳۰]	پریژما [۲۹]	اوگدن و کارتر [۲۸]	سرکار و مهپاترا [۲۷]	نویسندگان مولفه‌ها
✓	✓	×	✓	×	تیم چند تخصصی
✓	✓	✓	✓	✓	تعریف مسئله
✓	✓	×	✓	✓	تعریف اهداف
✓	✓	×	✓	×	برنامه اقدام و جدول زمانی
✓	✓	✓	✓	×	تحلیل هزینه
✓	×	×	×	×	تقسیم‌بندی پارتو
✓	×	×	×	تقسیم‌بندی ۳ مرحله‌ای	تقسیم‌بندی ۴ مرحله‌ای
✓	✓	✓	✓	✓	معیار فهرست کوتاه
✓	×	×	✓	×	معیار انتخاب
✓	✓	✓	✓	✓	تأمین‌کنندگان ترجیحی
✓	✓	✓	✓	✓	معیار حذف
✓	✓	✓	✓	✓	ارزیابی تأمین‌کنندگان
✓	✓	×	×	×	بازخورد
✓	×	×	×	×	بازخورد دوطرفه
✓	✓	×	✓	×	پایش
✓	×	×	×	×	وضعیت مشتری ترجیحی

خلاصه‌ای از مطالعات کاهش پایه تأمین در جدول (۲) ارائه شده است. در این جدول به اهداف و روش تحقیق هر یک از مطالعات اشاره گردیده است.

جدول (۲). خلاصه مطالعات کاهش تأمین‌کنندگان

روش	اهداف	محقق
مدل‌سازی ریاضی	مطالعه تأثیرات مستقیم کاهش تعداد تأمین‌کنندگان	لیو و همکاران [۳۴]
مصاحبه، تصمیم‌گیری چندمعیاره	طراحی و ارزیابی یک سیستم تحلیلی کاهش تأمین‌کنندگان جهت کمک به تحلیل‌گران تجاری	موشی و همکاران [۳۵]
تحلیل رگرسیون چندگانه	بررسی اثر رویدادهای مخرب، یعنی رکود، بر مدیریت پایه تأمین (باتوجه به سبب پایه تأمین)	پنت و همکاران [۲۱]
مدل‌سازی معادلات ساختاری	مطالعه اثر تعدیل‌کننده اندازه پایه تأمین بزرگ و کوچک بر روابط بین خرید پایدار و عملکرد سازمانی	آرورا و همکاران [۳۶]
مصاحبه، پرسش‌نامه، مدل رگرسیون	مطالعه نقش منطقی سازی پایه تأمین‌کنندگان بر عملکرد سازمانی در بخش خرده‌فروشی زیمباوه	مونیمی و همکاران [۳۷]
تحقیق توصیفی و همبستگی	ارزیابی اثر تکنیک‌های منطقی سازی پایه تأمین بر عملکرد تدارکات	اوتینو و لنگات [۳۸]
تحقیق پیمایشی	بررسی اثر پیچیدگی پایه تأمین بر عملکرد شرکت	ممیس [۳۹]
آماره ترتیبی	ارائه چارچوب جهت تعیین تعداد بهینه تأمین‌کنندگان	البینز و وانگ [۴۰]
مصاحبه، مطالعه موردی	ارائه فرایند کاهش پایه تأمین	اسکونانو [۳۱]
رگرسیون خطی چندمتغیره	بررسی اثر کامل نبودن قراردادهای بر رفتار مشتری به‌ویژه کاهش پایه تأمین در تدارک کالاهای عمومی	ماماوی و همکاران [۴۱]
مطالعه ادبیات، تحقیق پیمایشی	بررسی رابطه بین ساختار پایه تأمین و عملکرد سازمانی	شیپینگ [۴۲]
مرور ادبیات، مطالعه موردی	پیشنهاد فرایندی برای بهینه‌سازی پایه تأمین از دیدگاه سطح شبکه	آریا [۴۳]
مرور ادبیات، مصاحبه	ارائه چارچوبی برای فرایند کاهش پایه تأمین در صنعت دریایی	اسکوگن و استرنود [۴۴]
مرور ادبیات، مصاحبه	توسعه روشی برای کاهش پایه تأمین‌کننده	بوریس و هال [۴۵]
مطالعه موردی	بررسی راهبردهای شرکت‌ها در رابطه با پایه تأمین خود در شرایط مختلف	بیگیال و پرسون [۴۶]
برنامه‌ریزی پویا تصادفی	بررسی سیاست‌های مدیریت موجودی، بررسی راهبردهای کاهش پایه تأمین، روابط کیفی بین تعداد تأمین‌کنندگان پایه تأمین، قابلیت‌های تأمین‌کننده و کل هزینه	سونگ و همکاران [۴۷]
مطالعه موردی	بررسی توسعه پایه تأمین	نجفی [۴۸]
اقدام‌پژوهی	توسعه فرایندی جهت کاهش تعداد تأمین‌کنندگان	نفی [۳۰]
درخت تصمیم	تعیین اندازه بهینه پایه تأمین با در نظر گرفتن خطرات اختلال تأمین	سرکار و همکاران [۴۹]
درخت تصمیم	تعیین تعداد بهینه تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن ریسک تأمین	میراحمدی و همکاران [۵۰]

نام و همکاران [۵۱]	تعیین تعداد بهینه تأمین‌کنندگان	مدل‌سازی ریاضی
پریچما [۲۹]	ایجاد چارچوب و فرایندی برای کاهش تعداد تأمین‌کنندگان	مصاحبه، ارائه چارچوب مفهومی
سرکار و موهاپاترا [۵۲]	تدوین مدل برای تعیین اندازه بهینه پایه تأمین با در نظر گرفتن خطرات اختلال تأمین	درخت تصمیم
اوگدن و کارتر [۲۸]	مطالعه رویکردها و فرایندهای کاهش پایه تأمین مورد استفاده سازمان‌ها	مطالعه موردی
رویز تورس و محمودی [۵۳]	تعیین تعداد بهینه تأمین‌کنندگان در صورت وجود خطرات شکست تأمین‌کننده	درخت تصمیم
هولمن و همکاران [۵۴]	بررسی تغییر ساختار پایه تأمین شرکت در طول زمان	مطالعه موردی طولی
چوی و کراوز [۲۲]	مطالعه تأثیر پیچیدگی پایه تأمین بر هزینه‌ها، ریسک تأمین، پاسخگویی و نوآوری تأمین‌کننده	برور ادبیات تدوین گزاره‌ها
اوگدن [۸]	شناسایی عوامل کلیدی موفقیت در پایه تأمین	مطالعه موردی
سرکار و موهاپاترا [۲۷]	توسعه یک چارچوب سیستماتیک برای انجام فرایند کاهش پایه عرضه	ارائه چارچوب مفهومی
تالوری و نراسیمهان [۱۹]	توسعه رویکردی برای بهینه‌سازی پایه تأمین با ارزیابی تأمین‌کنندگان	تحلیل پوششی داده‌ها
برگر و همکاران [۲۵]	بررسی تأثیر ریسک بر تعداد تأمین‌کنندگان مورد نیاز	درخت تصمیم
کافمن و لزیچ [۵۵]	توسعه یک رویکرد بهینه‌سازی برای تعیین اندازه تأمین‌کنندگان.	توسعه یک مدل نظری
کوزینس [۲۰]	بررسی پیاده‌سازی راهبردهای کاهش اندازه پایه، چگونگی اجرا و میزان موفقیت	مرور ادبیات، مصاحبه
اگروال و نهمیاس [۵۶]	توسعه مدلی برای بهینه‌سازی تعداد تأمین‌کنندگان در حضور عدم قطعیت	ارائه مدل

### ۳- روش تحقیق

- تشکیل ماتریس قطعه - قابلیت و تعیین قابلیت‌های مورد نیاز هر قطعه با اعداد ۰ تا ۱۰۰ از طریق مصاحبه با خبرگان صنعت مورد بررسی.

- بررسی اسناد و مطالعات میدانی جهت بررسی تأمین‌کنندگانی که با سازمان همکاری می‌کنند و قابلیت‌هایی که در اختیار دارند.

- تعریف شاخص‌ها، پارامترها و متغیرهای مورد نیاز برای مدل بهینه‌سازی پیشنهادی.

- فرمول‌بندی مدل برنامه‌ریزی چندهدفه.

- حل و اعتبارسنجی مدل بهینه‌سازی.

- گروه‌بندی هم‌زمان قطعات و لایه‌بندی تأمین‌کنندگان.

### ۴- مدل ریاضی

در این بخش، مدل ریاضی شرح داده شده است. این مدل برای حل مسئله تخصیص قطعات به تأمین‌کنندگان بر اساس قابلیت‌هایی که تأمین‌کنندگان در اختیار دارند و قابلیت‌هایی که قطعات در اختیار دارند همچنین لایه‌بندی تأمین‌کنندگان انجام شده است. جایی که کاهش تعداد تأمین‌کنندگان بسیار حائز اهمیت بوده و لایه‌بندی تأمین‌کنندگان یکی از روش‌های اشاره شده جهت کاهش تأمین‌کنندگان می‌باشد. نمادگذاری مدل ریاضی در جدول (۳) شرح داده شده است.

این پژوهش از نوع کمی - کیفی می‌باشد، به علت استفاده از مدل ریاضی از نوع کمی و بدلیل اینکه برای گردآوری داده‌ها برای مطالعه موردی از مستندات در دسترس و نظر خبرگان حوزه موتورهای الکتریکی که از تکنیک دلفی جهت اجماع نظرها استفاده گردیده است، کیفی می‌باشد. هدف مطالعه گروه‌بندی قطعات بر اساس قابلیت‌های مورد نیاز آن‌ها و تبدیل مدل خورشیدی تأمین‌کنندگان به مدل لایه‌ای و در نهایت قرارداد با تعداد تأمین‌کنندگان کمتر هست. پرسش اصلی مطالعه این است که چگونه با استفاده از مدل بهینه‌سازی ریاضی، شبکه تأمین با در نظر گرفتن هم‌زمان لایه‌بندی تأمین‌کنندگان و گروه‌بندی قطعات طراحی شود و به قابلیت‌های عملیاتی که تأمین‌کنندگان در اختیار دارند و قابلیت‌هایی که قطعات نیاز دارند، هزینه‌های تخصیص، هزینه همکاری تأمین‌کنندگان و کاهش تعداد تأمین‌کنندگان توجه شود.

در این مطالعه از روش نیل به هدف<sup>۱</sup> و نرم‌افزار متلب استفاده گردیده و مراحل زیر طی شده است:

- انتخاب صنعت و محصول مورد بررسی.

- بررسی معماری محصول و قطعات آن.

<sup>۱</sup> Goal Attainment

جدول (۳). نمادگذاری مدل ریاضی

تعریف	عنوان
<b>اندیس‌ها:</b>	
$j \in \{1,2, \dots, S\}$	مجموعه تأمین‌کنندگان
$i \in \{1,2, \dots, N\}$	مجموعه قطعات
$t \in \{1,2, \dots, T\}$	مجموعه قابلیت‌های عملیاتی
<b>پارامترها:</b>	
$A_{it}$	میزان نیاز قطعه $i$ ام به قابلیت $t$ ام عددی بین ۰ تا ۱۰۰
$B_{jt}$	اگر تأمین‌کننده $j$ ام قابلیت عملیاتی $t$ ام را دارد "یک" در غیر این صورت "صفر"
$CAP_{itj}$	ظرفیت تأمین‌کننده $j$ ام برای قابلیت $t$ ام و قطعه $i$ ام
$C_{itj}$	هزینه تأمین‌کننده $j$ ام برای قابلیت $t$ ام و هر واحد قطعه $i$ ام
$s_i$	حداکثر تعداد تأمین‌کنندگان برای قطعه $i$ ام از لایه دوم
$C_{jk}$	هزینه همکاری تأمین‌کننده $j$ ام و $k$ ام (هنگامی که تأمین‌کننده $j$ برون‌سپاری انجام می‌دهد و برای این کار تأمین‌کننده $k$ را انتخاب می‌کند)
$V_{jit}$	میزان تخطی ظرفیت تأمین‌کننده $j$ ام برای قطعه $i$ ام و قابلیت $t$ ام
$\alpha_j$	پیچیدگی مدیریتی برای تأمین‌کننده $j$ ام (هزینه‌ای که سازمان جهت قرارداد با تأمین‌کننده $j$ ام متحمل می‌شود)
<b>متغیرهای تصمیم:</b>	
$Y_j$	اگر تأمین‌کننده $j$ ام برای لایه اول انتخاب شود برابر "یک" در غیر این صورت "صفر"
$Y_{jk}$	اگر ارتباطی بین تأمین‌کننده $j$ ام لایه اول و $k$ ام لایه دوم وجود داشته باشد "یک" در غیر این صورت "صفر"
$YI_{ij}$	اگر تأمین‌کننده $j$ ام در لایه اول قرار گیرد و برای قطعه $i$ ام انتخاب شود برابر "یک" در غیر این صورت "صفر"
$ZI_{ij}$	اگر تأمین‌کننده $j$ ام در لایه دوم قرار گیرد و برای قطعه $i$ ام انتخاب شود برابر "یک" در غیر این صورت "صفر"
$X_{itj}$	چند برابر سفارش موردنیاز قابلیت $t$ ام از تأمین‌کننده $j$ ام لازم است تا به‌عنوان تأمین‌کننده لایه اول انتخاب شود مقدار یک نشان‌دهنده مقدار دقیق معادل تقاضای قابلیت موردنظر می‌باشد. مقدار کمتر از یک مثلاً ۰/۷ یعنی تأمین‌کننده ۷۰ درصد ظرفیت را برای تأمین قابلیت دارد و مقدار بیشتر از یک مثلاً ۱/۵ یعنی تأمین‌کننده ۵۰ درصد ظرفیت مازاد برای قابلیت $t$ ام دارد.

$$\text{Min } Z_3 = \sum_{j \in J} \alpha_j Y_j \quad (۳)$$

فرضیات زیر نیز در نظر گرفته شده است:

- مجموعه تأمین‌کنندگان متشکل از تولیدکنندگان اصلی و تأمین‌کنندگانی که بیش از یک سال با سازمان همکاری داشته‌اند و حداقل یکی از قابلیت‌های عملیاتی موردنیاز قطعات را در اختیار داشته‌اند و اندیس مربوط به آن  $j$  که  $j \in \{1,2, \dots, S\}$  و  $z$  در کل  $S$  تأمین‌کننده با شرکت همکاری می‌کنند.

- معماری و قطعات محصول از قبل تعیین گردیده است و اندیس مربوط به قطعات  $i$  که  $i \in \{1,2, \dots, n\}$  و تعداد قطعات  $N$  هست.

- هر تأمین‌کننده یک یا چند قابلیت عملیاتی ( $t \in \{1,2, \dots, T\}$ ) مشخص دارد. قابلیت‌های عملیاتی شامل عوامل ملموس مانند منابع فیزیکی، فرایندها و شیوه‌ها و همچنین عوامل نامشهود مانند دانش، مهارت‌ها و تخصص انباشته شده است که برای تمایز محصول ضروری هستند [۵۷].

- هر قطعه با توجه به ظرفیت تأمین‌کننده و قابلیت‌های موردنیاز به یک تأمین‌کننده از لایه اول و یک یا چند تأمین‌کننده غیر لایه اول تخصیص می‌یابد، همچنین به یک تأمین‌کننده هم ممکن است چند قطعه واگذار شود.

مدل نهایی به صورت یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط غیرخطی سه هدفه می‌باشد که جهت برآورد اهداف زیر طراحی شده است:

هدف اول: کمینه‌سازی هزینه تخصیص قطعات به تأمین‌کنندگان لایه اول و سایر لایه‌ها (رابطه ۱).

هدف دوم: کمینه‌سازی هزینه همکاری بین تأمین‌کنندگان (رابطه ۲). هزینه همکاری تأمین‌کننده  $j$  و  $k$  یعنی هزینه‌ای که تأمین‌کننده  $j$  جهت برون‌سپاری به تأمین‌کننده  $k$  متحمل می‌شود.

هدف سوم: کمینه‌سازی پیچیدگی مدیریتی که شامل هزینه‌ای که سازمان جهت قرارداد با تأمین‌کننده  $j$  ام متحمل می‌شود (رابطه ۳). از مزایای کاهش تعداد تأمین‌کنندگان، کاهش هزینه و تلاش‌های مدیریت تأمین‌کنندگان می‌باشد و نتیجه کمینه‌سازی پیچیدگی مدیریتی منجر می‌شود که سازمان با تعداد کمتری از تأمین‌کنندگان قرارداد ببندد. در نتیجه تأمین‌کننده کمتری در لایه اول قرار می‌گیرد.

$$\text{Min } Z_1 = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} C_{itj} A_{it} (YI_{ij} + ZI_{ij}) \quad \forall t \in T \quad (۱)$$

$$\text{Min } Z_2 = \sum_{k \in J} \sum_{j \in J} C_{jk} Y_{jk} \quad (۲)$$

حالت کمبود را می‌توان با برون‌سپاری یا اضافه‌کاری جبران کرد. k باتوجه‌به نظر خبرگان تعیین می‌گردد.

$$\sum_{t \in T} (X_{ij} * Y_{ij} * CAP_{ij}) \geq A_{it} \quad \forall i \in I \quad \& \quad \forall j \in J \quad \& \quad V_{ij} = 1 - X_{ij} \leq \%k \quad (10)$$

در ادامه در مورد روش حل بحث شده است.

## ۵- روش حل

از آنجاکه مدل در این مطالعه چندهدفه در نظر گرفته شده است و تحقق هم‌زمان آنها موردنیاز است از روش بهینه‌سازی چندهدفه استفاده شده است. روش‌های بهینه‌سازی چندهدفه به دودسته عمده تقسیم‌بندی می‌شوند: روش‌هایی که برای تصمیم - گیرنده، تعداد کمی جواب‌های نامغلوب تولید می‌شود که شخص تصمیم‌گیرنده یکی از جواب‌ها را انتخاب می‌کند. در این روش‌ها از دانش یا اطلاعات اولیه در خصوص اهمیت نسبی اهداف استفاده نمی‌شود. در دسته دیگر که مبتنی بر ارجحیت می‌باشند اهمیت نسبی اهداف در نظر گرفته می‌شود. تقسیم‌بندی دیگر اشاره شده الگوریتم‌های تکاملی و کلاسیک هستند. الگوریتم ژنتیک با مرتب‌سازی نامغلوب و روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات از روش‌های تکاملی می‌باشند. روش‌های کلاسیک اصطلاحاً روش‌های تجزیه نیز نامیده می‌شوند؛ زیرا مسائل چندهدفه را به تک هدف تبدیل و آن‌ها را حل می‌کنند. از نمونه روش‌های کلاسیک می‌توان به روش مجموع وزن‌دار، روش برنامه‌ریزی آرمانی، روش نیل به هدف، روش چبیشف و غیره اشاره کرد.

از آنجا که در این مطالعه در تصمیم‌گیری با معیارهای مختلفی روبه‌رو هستیم و دستیابی به تمامی معیارها، هم‌زمان امکان‌پذیر نیست همچنین اولویت‌بندی معیارها مهم هستند، استفاده از روش‌های آرمانی مناسب می‌باشند از طرفی روش نیل به هدف نسبت به برنامه‌ریزی آرمانی دارای سرعت محاسباتی بیشتری می‌باشد در نتیجه در این مطالعه از روش نیل به هدف استفاده شده است.

این روش به دنبال یافتن جواب‌هایی است که موجب کاهش انحراف از اهداف از پیش تعیین شده گردد. مجموعه اهداف از پیش تعریف شده؛ یعنی آرمان‌ها،  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$  با مجموعه اهداف،  $F(x) = \{F_1(x), F_2(x), \dots, F_m(x)\}$  مرتبط‌اند. اهمیت نسبی اهداف به وسیله بردار ضرایب وزنی  $w = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$  اعمال می‌گردد [۵۸].

فرم استاندارد مدل نیل به هدف به صورت (رابطه ۱۰)

$$\begin{aligned} \text{Min } z \\ \text{s.t} \\ F_i(x) - w_i * z \leq t_i \quad \forall i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (10)$$

- قابلیت‌های عملیاتی موجود هر تأمین‌کننده و لازم برای هر قطعه، باید از قبل مشخص باشد.

- ظرفیت موجود هر تأمین‌کننده و سفارش لازم برای هر قطعه، باید از قبل مشخص باشد.

محدودیت‌های مدل نیز به صورت زیر می‌باشد.

هر قطعه تنها به یک تأمین‌کننده از لایه اول تخصیص یابد.

$$\sum_{j \in J} Y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (4)$$

سته به سیاست اصلی شرکت، برای هر قطعه i حداکثر  $s_i$  تأمین‌کننده از لایه دوم تعیین شود.

$$\sum_{j \in J} Z_{ij} \leq s_i \quad \forall i \in I \quad (5)$$

حداکثر k درصد از کل تأمین‌کنندگان در لایه اول قرار گیرند.

$$\sum_{j \in J} Y_j \leq k \% S \quad (6)$$

هنگامی تأمین‌کننده k و z ارتباط داشته باشند که قطعه مشترک به آن‌ها تخصیص یافته باشد.

$$2 * Y_{jk} \leq \sum_{j \in J} Y_{ij} + \sum_{j \in J} Z_{ik} \quad \forall i \in I \quad \& \quad \forall j, k \in J \quad (7)$$

تأمین‌کننده‌ای برای لایه اول انتخاب شود که حداقل k تا از قابلیت‌های عملیاتی را در اختیار دارد، در غیر این صورت برای لایه اول انتخاب نشود. k با توجه به نظر خبرگان تعیین می‌گردد.

$$k * Y_j \leq \sum B_{jt} \quad \forall j \in J \quad (8)$$

محدودیت (۹) نشان می‌دهد که همه قطعات باید قابلیت‌های عملیات موردنیاز خود را دریافت کنند.

$$A_{it} \leq \sum_{j \in J} CAP_{ij} * (Y_{ij} + Z_{ij}) \quad \forall t \in T \quad (9)$$

محدودیت (۱۰) وضعیت تأمین‌کنندگان لایه اول جهت تأمین هر قابلیت را در نظر می‌گیرد که متغیر  $X_{ij}$  نشان می‌دهد که اگر تنها تأمین‌کننده ز لایه اول برای قطعه i در نظر گرفته شود وضعیت موجود آن تأمین‌کننده از لحاظ تأمین قابلیت t موردنیاز آن قطعه چگونه است و  $V_{ij}$  میزان تخطی تأمین‌کننده z از قابلیت t برای قطعه i را نشان می‌دهد. همچنین نشان می‌دهد که اگر تأمین‌کننده z لایه اول بیشتر از k درصد کمبود داشته باشد به عنوان تأمین‌کننده لایه اول انتخاب نشود. در دنیای واقعی





	۶		۴۱						رینگ ضربه گیر، تراز کننده	
	۶	۵		۷			۲	۵	پروانه خنک کاری	
	۶						۲		نیم پلنت	
	۶			۶			۷۲	۱۰	ورقه های دینامو	
					۳	۳	۲	۳	۲	گردگیر
								۲	۳	رابط گریس خور
								۲	۳	گلند
								۳	۲	پل اتصال
								۳	۲	کابل شو

## ۷- بحث و نتایج تجربی

می توان حذف یا به عنوان جایگزین در نظر گرفت. جدول (۵) نتایج حاصل از حل مدل ریاضی پیشنهادی و شکل (۲) ارتباط بین تأمین کنندگان را نشان می دهد.

نتایج اجرای مدل در این مطالعه نشان داد که چهار تأمین کننده به عنوان تأمین کنندگان لایه اول، ۱۲ تأمین کننده به عنوان تأمین کنندگان لایه دوم انتخاب شدند، شش تأمین کننده را نیز

جدول (۵). نتایج حاصل از حل مدل ریاضی پیشنهادی در صنعت موتورهای الکتریکی

روش حل	پارامترها	تعداد تأمین کنندگان لایه اول	تعداد تأمین کنندگان لایه دوم	تعداد تأمین کنندگان حذف شده	گروه بندی قطعات
نیل به هدف	S=22 N=21 T=10	S <sub>1</sub> = 4	S <sub>2</sub> = 12	6	{بدنه اصلی، براکت، خارسرسفت، پایه و قلاب، کاور پروانه، شفت، پیچ - مهره و واشر، سرشفت، پروانه خنک کاری، نیم پلنت، ورقه های دینامو} {بلبرینگ، رینگ ضربه گیر، گردگیر، رابط گریس خور} {گلند، کابل شو، پل اتصال، لاستیک ترمینال} {عایق، سیم های مسی، سیم پیچ}

قابلیت ها را تغییر دادیم و نتایج حاصل را بررسی و با تغییرات در دنیای واقعی مقایسه کردیم؛ برای نمونه بررسی کردیم با افزایش تعداد قابلیت ها مربوط به یک تأمین کننده، نتایج بهبود خواهند داشت.

همچنین نتایج حاصل از گروه بندی قطعات نیز به خبرگان حوزه موتورهای الکتریکی ارائه گردید که نشان دهنده نتایج منطقی هست. از سوی دیگر مدل در یک محیط مصنوعی با تعداد تأمین کنندگان، قطعات و قابلیت های عملیاتی بیشتر پیاده سازی شد و جواب بهینه حاصل گردید.

نتایج مربوط به تخصیص قطعات و گروه بندی نشان داد که قطعات بدنه اصلی، براکت، خارسرسفت، پایه و قلاب، کاور پروانه، شفت، پیچ، مهره و واشر، سرشفت، پروانه خنک کاری، نیم پلنت، ورقه های دینامو در یک گروه و به یکی از تأمین کنندگان لایه اول، بلبرینگ، رینگ ضربه گیر، گردگیر و رابط گریس خور نیز در یک گروه، گلند، کابل شو، پل اتصال و لاستیک ترمینال در گروه دیگر همچنین عایق، سیم های مسی و سیم پیچ در یک گروه قرار گرفتند.

نتایج بهینه مدل با اعمال تغییرات در داده ها، مورد بررسی قرار گرفتند. قابلیت های عملیاتی تأمین کنندگان و هزینه های

## ۸ - نتیجه‌گیری

در سالیان گذشته تعداد تأمین‌کنندگان برای سازمان‌ها مهم بوده و به نظر می‌رسد کاهش تعداد تأمین‌کنندگان پیش‌نیازی برای ایجاد مشارکت قوی تأمین‌کننده و یک زنجیره تأمین مؤثر می‌باشد. کاهش تعداد تأمین‌کنندگان منجر به کاهش هزینه‌های سازمان و تأمین‌کنندگان می‌شود؛ زیرا تولید بیشتر برای تأمین‌کنندگان آسان‌تر و سودآورتر می‌باشد.

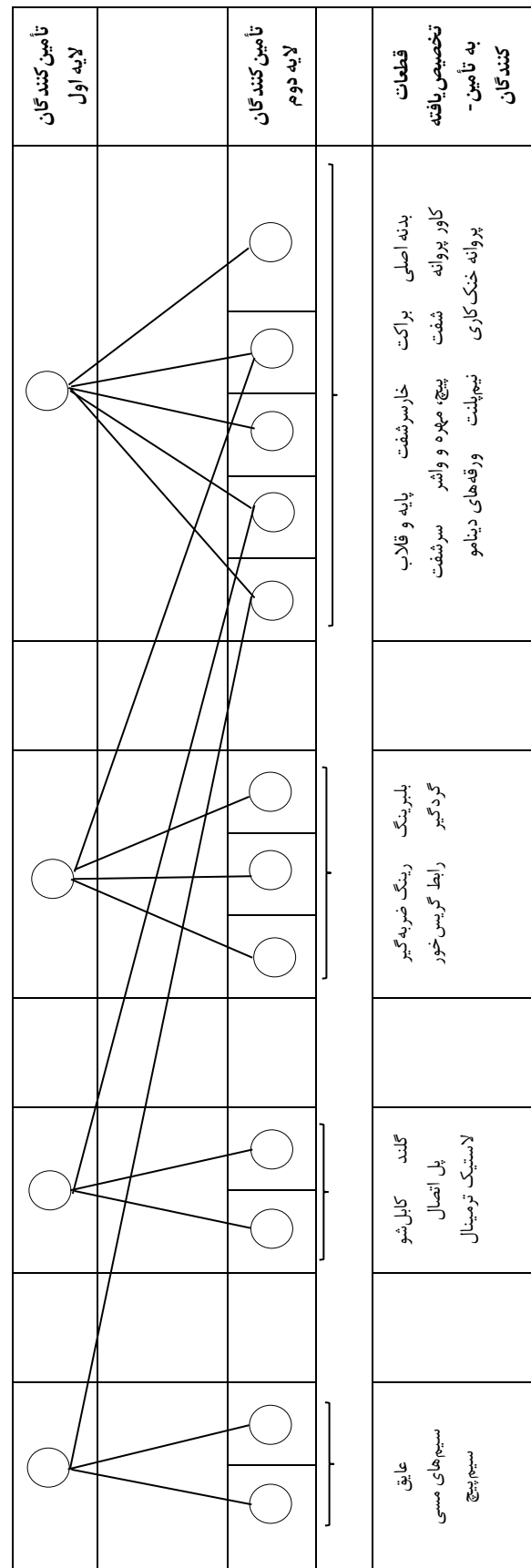
نتایج پیاده‌سازی مدل پیشنهادی در صنعت موتور الکتریکی نشان داد که کاهش تأمین‌کنندگان بر کاهش هزینه، افزایش اشتراک‌گذاری اطلاعات، افزایش نوآوری و فناوری تأمین‌کننده، تقویت ارتباط بین خریداران و فروشندگان و کاهش ریسک‌ها در فرایند تولید تأثیر بسزایی خواهد داشت. ابتدا سازمان به‌طور مستقیم با ۲۲ تأمین‌کننده همکاری می‌کرد؛ اما نتایج نشان داد که لازم است سازمان با چهار تأمین‌کننده که در لایه اول قرار گرفته‌اند مستقیم همکاری کند. در نتیجه تأمین‌کنندگان لایه اول علاوه بر بهبود قابلیت‌های خود بر تأمین‌کنندگان زیرلایه خود مدیریت داشته و به توسعه قابلیت‌های مدیریت شبکه خود نیز بپردازند.

این مطالعه برای محققین حوزه زنجیره‌های تأمین به‌ویژه در زمینه پایه تأمین بسیار ارزشمند است، زیرا تاکنون مدل یکپارچه که هم‌زمان لایه‌بندی تأمین‌کنندگان و گروه‌بندی قطعات را مدنظر قرار دهد، ارائه نگردیده همچنین شاخص قابلیت‌های عملیاتی جهت گروه‌بندی استفاده نشده است.

کاهش تأمین‌کنندگان منجر به کارهای اداری کمتر، قراردادهای مذاکره و مناقصه کمتر در نتیجه منابع کمتری از سازمان موردنیاز است. از طرف دیگر قدرت مذاکره تأمین‌کنندگان نیز افزایش می‌یابد. مزیت دیگر، مربوط به بهبود مسائل لجستیکی می‌باشد. به این صورت که مسائل لجستیکی استاندارد خواهند شد.

هنگامی که محصولات به‌طور منظم از تأمین‌کنندگان خاص سفارش داده شود، فرایندها و تحویل‌ها قابل پیش‌بینی خواهند شد. علاوه بر این تحویل‌ها قابل اعتماد؛ فرایند سفارش و تحویل به یک فرایند بهبودیافته و مستمر تغییر می‌یابد.

کاهش تعداد تأمین‌کنندگان همچنین منجر به اشتراک‌گذاری اطلاعات و همکاری بین سازمان و تأمین‌کنندگان می‌شود. طبق گفته لمک و همکاران [۵۹] تماس مستقیم و بیشتر با تأمین‌کنندگان، همکاری و اشتراک اطلاعات بیشتری را ممکن می‌سازد. اشتراک‌گذاری اطلاعات همراه با بهبود مستمر و نوآوری می‌باشد و منجر به افزایش کیفیت می‌شود. همچنین اشتراک اطلاعات منجر به انتقال دانش تجربی می‌گردد که نتیجه آن افزایش کارایی تأمین‌کننده و سازمان می‌باشد.



شکل (۲). نتایج حاصل از لایه‌بندی تأمین‌کنندگان و گروه‌بندی قطعات

- Borzouyeh Petrochemical Company Using the Data Envelopment Analysis and the Nash Game Approach," Iranian Journal Of Supply Chain Management, vol. 23, no. 72, pp. 41-53, 2022. (In Persian)
- [7] B. O. Otieno and E. Langat, "Role Of Supply Base Rationalization Techniques On Procurement Performance In Public Sector: A Case Of Lake Basin Development Authority, Kenya," 2019.
- [8] J. A. Ogden, "Supply base reduction: an empirical study of critical success factors," Journal of supply chain management, vol. 42, no. 4, pp. 29-39, 2006.
- [9] P. Cousins, R. Lamming, and B. Squire, Strategic supply management: principles, theories and practice. Pearson Education, 2008.
- [10] C. Johnson III, "Implementing strategic sourcing," memorandum for chief acquisition officers, chief financial officers, chief information officers, Washington, DC: Office of Management and Budget, 2005.
- [11] P. Hise, "The remarkable story of Boeing's 787," Fortune Small Business, 2007.
- [12] E. Kopač, "Defense industry restructuring: trends in European and US defense companies," Transition Studies Review, vol. 13, no. 2, pp. 283-296, 2006.
- [13] N. Y. Moore, C. A. Grammich, J. DaVanzo, B. Held, J. Coombs, and J. D. Mele, "Enhancing small-business opportunities in the DoD," Rand National Defence Research Inst Santa Monica CA, 2008.
- [14] C. Millington, "Driving Decisions on Supplier Numbers," Supply Chain Europe, vol. 20, no. 5, p. 28, 2011.
- [15] G. Rüdlich, H. Leder, W. Kalbfuß, K. Weißer, and S. Pforzheim, "Konzeption des Materialgruppenmanagements," 2004.
- [16] R. Galan, J. Racero, I. Eguía, and D. Canca, "A methodology for facilitating reconfiguration in manufacturing: the move towards reconfigurable manufacturing systems," The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 33, no. 3, pp. 345-353, 2007.
- [17] L. N. Pattanaik and V. Kumar, "Product Family Formation For Reconfigurable Manufacturing Using A BI-Criterion Evolutionary Algorithm," International Journal of Industrial Engineering, vol. 18, no. 9, 2011.
- [18] M. Kashkoush and H. ElMaraghy, "Product family formation by matching Bill-of-Materials trees," CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, vol. 12, pp. 1-13, 2016.
- [19] S. Talluri and R. Narasimhan, "A note on "A methodology for supply base optimization,"" IEEE Transactions on Engineering Management, vol. 52, no. 1, pp. 130-139, 2005.
- [20] P. D. Cousins, "Supply base rationalisation: myth or reality?," European Journal of Purchasing & Supply Management, vol. 5, no. 3-4, pp. 143-155, 1999.
- [21] P. Pant, H. Vishal, and S. Sarmah, "Does disruptive event affect supply base size: Evidence from an emerging economy," Foreign Trade Review, vol. 55, no. 4, pp. 496-510, 2020.
- [22] T. Y. Choi and D. R. Krause, "The supply base and its complexity: Implications for transaction costs, risks, responsiveness, and innovation," Journal of operations management, vol. 24, no. 5, pp. 637-652, 2006.
- [23] L. Araujo, A. Dubois, and L.-E. Gadde, "Managing interfaces with suppliers," Industrial marketing management, vol. 28, no. 5, pp. 497-506, 1999.
- [24] A. S. Carr and J. N. Pearson, "Strategically managed buyer-supplier relationships and performance outcomes," Journal of operations management, vol. 17, no. 5, pp. 497-519, 1999.
- [25] P. D. Berger, A. Gerstenfeld, and A. Z. Zeng, "How many suppliers are best? A decision-analysis approach," Omega, vol. 32, no. 1, pp. 9-15, 2004.
- [26] J. A. Ogden, An empirical investigation of the antecedents, processes, and benefits of supply base reduction efforts. Arizona State University, 2003.
- [27] A. Sarkar and P. K. Mohapatra, "Evaluation of supplier capability and performance: A method for supply base

با بهبود لجستیک و افزایش اشتراک اطلاعات، کیفیت محصول نهایی و کیفیت هماهنگی نیز افزایش می‌یابد که منجر به افزایش عملکرد کلی سازمان می‌گردد. افزایش کیفیت محصولات و عملکرد کلی سازمان نیز منجر به افزایش کارایی، کاهش کالاهای معیوب و تصویر بهتر از سازمان می‌شود.

با کاهش تعداد تأمین‌کنندگان، تأمین‌کنندگان باقیمانده سفارش‌های بیشتری دریافت می‌کنند و فروش بیشتری خواهند داشت که این امر منجر به افزایش درآمد و عملکرد مالی بهتر تأمین‌کنندگان می‌شود. علاوه بر این تقاضاها به راحتی قابل پیش‌بینی می‌شود که منجر به برنامه‌ریزی تولید بهتر و گردش کار کارآمدتر تأمین‌کنندگان می‌شود. علاوه بر این، تأمین‌کنندگان باقیمانده به دلیل اطمینان از همکاری‌های بلندمدت سعی در بهبود قابلیت‌ها و حفظ نیروهای انسانی خود خواهند داشت و از تجهیزات به‌روزتر استفاده خواهند کرد و می‌توانند مراکز آکادمیک جهت آموزش نیروی انسانی قبل از شروع کار ایجاد نمایند. همچنین شرایط بهتری برای نیروی انسانی خود فراهم آورند.

با توجه به نتایج مدل می‌توان تأمین‌کنندگان کلیدی را تعیین و نقاط ضعف و قوت آن‌ها را شناسایی کرد همچنین می‌توان بررسی کرد با بهبود نقاط ضعف و ارتقا آن‌ها یعنی تغییر پارامترها و اجرای مجدد مدل نتایج اقتصادی حاصل می‌گردد. همچنین می‌توان مدل را در حالت چندمحصولی اجرا و نتایج آن‌ها را بررسی کرد. همچنین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی دیگر قابلیت‌ها و پارامترها همچون فازهای طراحی، مونتاژ، اشتراک دانش، تجربه و تخصص را در نظر گرفت و اثرگذاری آن‌ها را در مدل بررسی کرد.

## ۹- مراجع

- [1] E. Brandon-Jones, B. Squire, and Y. G. Van Rossenberg, "The impact of supply base complexity on disruptions and performance: the moderating effects of slack and visibility," International Journal of Production Research, vol. 53, no. 22, pp. 6903-6918, 2015.
- [2] G. Lu and G. Shang, "Impact of supply base structural complexity on financial performance: Roles of visible and not-so-visible characteristics," Journal of Operations Management, vol. 53, pp. 23-44, 2017.
- [3] M. A. Ateş and H. Memiş, "Embracing supply base complexity: the contingency role of strategic purchasing," International Journal of Operations & Production Management, 2021.
- [4] M. Dehghan KhalilAbad and M. Aref, "Investigating the Impact of Supply Chain Quality Management Practices and Capabilities on Operational and Innovation Performance (A Case Study of Food Industry Companies in Mashhad)," Iranian Journal Of Supply Chain Management, vol. 23, no. 73, pp. 1-12, 2022. (In Persian)
- [5] M. safari, M. fallah, and H. kazemipoor, "Presenting a Mathematical Model for the Collection and Reproduction of Depreciated Products in a Closed Loop Supply Chain Using the Game Theory," Iranian Journal of Supply Chain Management, vol. 24, no. 74, 2022. (In Persian)
- [6] M. Shafiee and A. Akhlaghi Nik, "The Performance Evaluation of the Instrumentation Equipment Suppliers of the

- [45] E. Böris and V. Hall, "Developing a Methodology for Supplier Base Reduction: A Case Study at Dynapac GmbH," ed, 2015.
- [46] L. E. Bygballe and G. Persson, "Developing supply base strategies," *IMP Journal*, 2015.
- [47] D.-P. Song, J.-X. Dong, and J. Xu, "Integrated inventory management and supplier base reduction in a supply chain with multiple uncertainties," *European Journal of Operational Research*, vol. 232, no. 3, pp. 522-536, 2014.
- [48] N. Najafi, *Initiating and developing a supplier base in a new context*. Chalmers Tekniska Hogskola (Sweden), 2013.
- [49] A. Sarkar, P. K. Mohapatra, A. Chaudhary, A. Agrawal, A. Mandal, and S. S. Padhi, "Single or multiple sourcing: A method for determining the optimal size of the supply base," *Technology Operation Management*, vol. 3, no. 1, pp. 17-31, 2012.
- [50] N. Mirahmadi, E. Saberi, and E. Teimoury, "Determination of the optimal number of suppliers considering the risk: Emersun Company as a case study", in *Advanced Materials Research*, 2012, vol. 433: *Trans Tech Publ*, pp. 5873-5880 .
- [51] S.-H. Nam, J. Vitton, and H. Kurata, "Robust supply base management: Determining the optimal number of suppliers utilized by contractors," *International Journal of Production Economics*, vol. 134, no. 2, pp. 333-343, 2011.
- [52] A. Sarkar and P. K. Mohapatra, "Determining the optimal size of supply base with the consideration of risks of supply disruptions," *International Journal of Production Economics*, vol. 119, no. 1, pp. 122-135, 2009.
- [53] A. J. Ruiz-Torres and F. Mahmoodi, "The optimal number of suppliers considering the costs of individual supplier failures," *Omega*, vol. 35, no. 1, pp. 104-115, 2007.
- [54] E. Holmen, A. C. Pedersen, and N. Jansen, "Supply network initiatives—a means to reorganise the supply base?," *Journal of Business & Industrial Marketing*, 2007.
- [55] R. G. Kauffman and P. T. P. Leszczyc, "An optimization approach to business buyer choice sets: How many suppliers should be included?," *Industrial Marketing Management*, vol. 34, no. 1, pp. 3-12, 2005.
- [56] N. Agrawal and S. Nahmias, "Rationalization of the supplier base in the presence of yield uncertainty," *Production and Operations Management*, vol. 6, no. 3, pp. 291-308, 1997.
- [57] N. Seram, J. Nanayakkara, and G. Lanarolle, "Significance of operational capabilities of suppliers on the front-end decision making in apparel product innovation in Sri Lanka," *Research Journal of Textile and Apparel*, 2021.
- [58] C. A. Villalta-Calderon and L. R. Perez-Alegria, "Multi-objective optimization approach for land use allocation based on water quality criteria," in *21st Century Watershed Technology: Improving Water Quality and Environment Conference Proceedings*, 21-24 February 2010, Universidad EARTH, Costa Rica, 2010: American Society of Agricultural and Biological Engineers, p. 1 .
- [59] F. Lemke, K. Goffin, M. Szwajczewski, C. New, R. Pfeiffer, and B. Lohmüller, "Supplier base management: the contrast between Germany and the UK," 2000.
- reduction," *Journal of Purchasing and supply management*, vol. 12, no. 3, pp. 148-163, 2006.
- [28] J. A. Ogden and P. L. Carter, "The supply base reduction process: an empirical investigation," *The International Journal of Logistics Management*, 2008.
- [29] D. Pryjma, "Supplier Base Reduction Process," 2011 .
- [30] O. Nafie, "Developing a Supplier Base Reduction Process ", 2012.
- [31] J. Schönau, "Supply Base Reduction: Development and Application of a possible Reduction Process," *University of Twente*, 2018 .
- [32] G. Lechner, "Design Of The Supplier Base By Using Supplier Reduction And Material Group Management," *Proceedings Book*, vol. 24, p. 24, 2019.
- [33] T. Blecker, W. Kersten, and C. M. Ringle, *Pioneering supply chain design: A comprehensive insight into emerging trends, technologies and applications*. BoD—Books on Demand, 2012.
- [34] J.S. Liu, K. C. So, and W. Zhao, "Direct supply base reduction in a decentralized assembly system with suppliers of varying market power," *IIE Transactions*, vol. 54, no. 6, pp. 590-602, 2022.
- [35] G. O. Mushi, S. S. Mwaiseje, and I. A. Changalima, "Impact of buyer-supplier relationships on organisational performance: experience from grapes processing industries in Dodoma region, Tanzania," 2021.
- [36] A. Arora, A. S. Arora, K. Sivakumar, and G. Burke, "Strategic sustainable purchasing, environmental collaboration, and organizational sustainability performance: the moderating role of supply base size," *Supply Chain Management: An International Journal*, 2020.
- [37] T. F. Munyimi, "The Role of Supplier Base Rationalisation in Operational Performance in the Retail Sector in Zimbabwe," *Journal of Economics, Management and Trade*, vol. 26, no. 1, pp. 32-41, 2020.
- [38] B. O. Otieno and E. Langat, "Role Of Supply Base Rationalization Techniques On Procurement Performance In Public Sector: A Case Of Lake Basin Development Authority, Kenya," 2019.
- [39] H. Memiş, "The Impact of supply base complexity on firm performance," *Middle East Technical University*, 2019 .
- [40] V. Martínez-de-Albéniz and J. Wang, "Supply base design for the procurement of multiple items," *Production and Operations Management*, vol. 28, no. 8 ,pp. 2087-2109, 2019.
- [41] O. Mamavi, H. Nagati, G. Paché, and F. T. Wehrle, "Impact of incomplete contracts on supply base reduction: The case of French public procurement," *Question (s) de management*, no. 3, pp. 67-80, 2018.
- [42] Q. Shiping, "Supply base structure and company performance," 2017.
- [43] P. Nuñez Araya, "Improving the supply base: A network analysis for a process-based approach," 2017.
- [44] S. Skogen and J. M. Stenrød, "Managing the Supply Base through Supply Base Reduction and Supplier Development-A case study in the maritime industry," *NTNU*, 2015 .