نشریه علمی «مدیریت زنجیره تامین»
سال بیست و پنجم، شماره ۷۸، بهار ۱۴۰۲؛ ص ۱۱۹-۱۰۹

علمی ـ ترویجی

ارائه مدل یکپارچه لایه‌بندی تأمین‌کنندگان و گروه‌بندی قطعات مبتنی بر قابلیت‌ها (مورد مطالعه: صنعت موتورهای الکتریکی)

مریم دهقانی[1*]، پیمان اخوان[2]، مرتضی عباسی[3]

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 درنظرگرفتن 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 انجام‌شده است. باتوجه‌به 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

یکی از تصمیمات حیاتی در طراحی زنجیره تأمین یک سازمان تعداد تأمین‌کنندگانی است که با سازمان همکاری می‌کنند درواقع 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 تبدیل‌شده 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 آن‌یک 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].

نمونه‌های تجاری پیشرو از تولیدکنندگان بزرگ که خریدها از تأمین‌کنندگان را ادغام نموده‌اند عبارت‌اند از پروکتر و گمبل[1]، سیسکو[2]، اینتل[3] و بوئینگ[4]. پروکتر و گمبل درحال‌توسعه 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[5] در تلاش برای بهره‌برداری از خریدها، کاهش هزینه‌ها و بهبود عملکرد تأمین‌کنندگان در ارائه کالاها و خدمتشان، مبنای قراردادهای فرعی خود را حدود ۵۰ درصد کاهش داده‌اند[۱۳]. ازاین‌رو در ادبیات به‌وضوح شواهدی از گرایش به سمت کاهش تعداد تأمین‌کنندگان وجود دارد؛ برای

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

[1] Procter and Gamble
[2] Cisco
[3] Intel
[4] Boeing
[5] Department of Defense (DoD)

نمونه زیراکس[1] تعداد تأمین‌کنندگان خود را از ۵۰۰۰ به ۵۰۰، موتورولا[2] از ۱۰۰۰۰ به ۳۰۰۰ و کارلیون[3] در سال ۲۰۱۰ اعلام نمود که تأمین‌کنندگان خود را از ۲۵۰۰۰ به ۵۰۰۰ کاهش داده است[۱۴]. از مزایای کاهش تعداد تأمین‌کنندگان می‌توان به افزایش دسترسی به فناوری و نوآوری تأمین‌کننده، افزایش کیفیت، کاهش هزینه‌ها و تلاش‌های مدیریت تأمین‌کننده، افزایش قدرت نفوذ از طریق ادغام حجم، روابط بهتر خریدار و تأمین‌کننده، کاهش هزینه‌های موجودی و قیمت واحد، افزایش اشتراک اطلاعات، افزایش عدم قطعیت بلندمدت، افزایش پاسخ‌گویی تأمین‌کننده اشاره نمود.

در سالیان گذشته مفهوم گروه‌بندی و تشکیل خانواده محصولات نیز به دلیل رقابت بین تولیدکنندگان و خرده‌فروشان، ظهور فناوری‌های جدید، برآورد تقاضای مشتریان و پاسخگویی به شرایط جدید بازار بسیار موردتوجه قرارگرفته است. برای طراحی یک خانواده محصول به‌طورمعمول دو گام در نظر گرفته‌شده است: گروه‌بندی و تشکیل خانواده‌های محصول، انتخاب تأمین‌کنندگان. البته این دو گام جدا از هم در نظر گرفته نمی‌شوند[۱۵]. مرور مطالعات اخیر نشان می‌دهد که برای گروه‌بندی و تشکیل خانواده‌های محصول روش‌های مختلفی معرفی‌شده است که در این روش‌ها از معیارهای شباهت چون اشتراک اجزا[4]، قابلیت استفاده مجدد[5] و ترتیب عملیات[6] استفاده‌شده است [۱۶-۱۸].

در مطالعه حاضر بر لایه‌بندی تأمین‌کنندگان (به‌عنوان یکی از روش‌های کاهش تعداد تأمین‌کنندگان) و گروه‌بندی قطعات (بر اساس شباهت قابلیت‌های عملیاتی) با مدل برنامه ریاضی تمرکز دارد. نوآوری مطالعه درنظرگرفتن هم‌زمان گروه‌بندی قطعات و تخصیص به تأمین‌کنندگان بر اساس قابلیت‌های عملیاتی موردنیاز قطعات و قابلیت‌های در اختیار تأمین‌کنندگان و لایه‌بندی تأمین‌کنندگان می‌باشد. تاکنون مدلی برای تغییر ساختار زنجیره تأمین و تبدیل مدل خورشیدی تأمین‌کنندگان به لایه‌ای و هم‌زمان توجه به گروه‌بندی قطعات ارائه نشده است. مدل به‌صورت یک مدل چندهدفه می‌باشد که جهت برآورد اهداف کمینه‌سازی هزینه تخصیص قطعات به تأمین‌کنندگان لایه اول و سایر لایه‌ها، کمینه‌سازی هزینه همکاری بین تأمین‌کنندگان لایه اول و سایر لایه‌ها همچنین کمینه‌سازی پیچیدگی مدیریتی می‌باشد، در نظر گرفته‌شده است.

در ادامه بعد از مرور ادبیات موضوع، روش تحقیق شرح داده‌شده سپس به مدل ریاضی، روش حل و موردمطالعه پرداخته‌شده و درنهایت بحث و نتیجه‌گیری ارائه گردیده است.

۲- ادبیات تحقیق

پایه تأمین[7] به‌عنوان بخشی از شبکه تأمین تعریف می‌شود که توسط شرکت مرکزی به‌طور فعال از طریق قراردادها و توافق‌های رسمی اداره می‌شود[۱۹]. کاهش تعداد تأمین‌کنندگان به‌عنوان روشی برای کاهش تعداد تأمین‌کنندگان از یک‌پایه تأمین خاص در نظر گرفته‌شده است[۲۰]. هنگام انجام کاهش تعداد تأمین-کنندگان، پایه تأمین خیلی بزرگ تلقی می‌شود و تعداد تأمین-کنندگان با حفظ عملکردهای برتر به‌اندازه از پیش تعیین‌شده کاهش می‌یابد. کاهش تعداد تأمین‌کنندگان اغلب یک پیش‌نیاز در راهبردهای مرتبط با تأمین کالا محسوب می‌شود و اغلب به مدت‌زمان تحویل به‌موقع، تلاش‌های توسعه تأمین‌کننده و مشارکت‌ها مرتبط می‌باشد[۸].

مرور ادبیات نشان می‌دهد موضوع پایه تأمین در سالیان گذشته همواره موردتوجه بوده است و مقالات منتشرشده را می-توان در چهار حوزه طبقه‌بندی کرد[۲۱]. ساختار پایه تأمین و پیچیدگی آن[۲۲]، مدیریت روابط با تأمین‌کنندگان[۲۳, ۲۴]، تعداد تأمین‌کنندگان و عوامل مؤثر بر آن‌ها[۲۵]؛ و رویکردهای کاهش تأمین‌کنندگان.

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

۱) حذف سامانمند۲) استانداردسازی۳) لایه‌بندی[8]۴) بسته‌بندی[9]

جدول (۱) خلاصه‌ای از این رویکردهای پیشنهادشده جهت کاهش تعداد تأمین‌کنندگان را نشان می‌دهد.

در این جدول علامت "✓" یعنی آن مؤلفه در فرآیند پیشنهادی وجود دارد در صورت عدم وجود علامت "×" می‌باشد.

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

[1] Xerox
[2] Motorola
[3] Carillion
[4] component commonality
[5] reusability
[6] operation sequence
[7] Supply base
[8] tiering
[9] Bundling

جدول (۱). مقایسه بین فرآیندهای کاهش تأمین‌کنندگان

نویسندگان / مولفه‌ها	سرکار و مهاپاترا [۲۷]	اوگدن و کارتر[۲۸]	پریژما[۲۹]	نفی[۳۰]	شوناو[۳۱]
تیم چند تخصصی	×	✓	×	✓	✓
تعریف مسئله	✓	✓	✓	✓	✓
تعریف اهداف	✓	✓	×	✓	✓
برنامه اقدام و جدول زمانی	×	✓	×	✓	✓
تحلیل هزینه	×	✓	✓	✓	✓
تقسیم‌بندی پارتو	×	×	×	×	✓
تقسیم‌بندی ۴ مرحله‌ای	تقسیم‌بندی ۳ 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) ارائه‌شده است. در این جدول به اهداف و روش تحقیق هر یک از مطالعات اشاره گردیده است.

جدول (۲). خلاصه مطالعات کاهش تأمین‌کنندگان

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

نام و همکاران[۵۱]	تعیین تعداد بهینه تأمین‌کنندگان	مدل‌سازی ریاضی
پریجما[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 درنظرگرفتن خطرات اختلال تأمین	درخت تصمیم
اوگدن و کارتر[۲۸]	مطالعه رویکردها و فرایندهای کاهش پایه تأمین مورداستفاده 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	رور 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 موردنیاز	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
آگراوال و نهمیاس[۵۶]	توسعه مدلی برای بهینه‌سازی تعداد تأمین‌کنندگان در حضور عدم قطعیت	ارائه مدل

۳- روش تحقیق

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 موردنیاز آن‌ها و تبدیل مدل خورشیدی تأمین‌کنندگان به مدل لایه‌ای و درنهایت قرارداد با تعداد تأمین‌کنندگان کمتر هست. پرسش اصلی مطالعه این است که چگونه با استفاده از مدل بهینه‌سازی ریاضی، شبکه تأمین با درنظرگرفتن هم‌زمان لایه‌بندی تأمین‌کنندگان و گروه‌بندی قطعات طراحی شود و به قابلیت‌های عملیاتی که تأمین‌کنندگان در اختیاردارند 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[1] و نرم‌افزار متلب استفاده گردیده و مراحل زیر طی شده است:

- انتخاب صنعت و محصول موردبررسی.
- بررسی معماری محصول و قطعات آن.
- تشکیل ماتریس قطعه - قابلیت و تعیین قابلیت‌های موردنیاز 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 موردنیاز 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 اختیاردارند و قابلیت‌هایی که قطعات در اختیاردارند همچنین لایه‌بندی تأمین‌کنندگان انجام شده است. جایی که کاهش تعداد تأمین‌کنندگان بسیار حائز اهمیت بوده و لایه‌بندی تأمین‌کنندگان یکی از روش‌های اشاره‌شده جهت کاهش تأمین‌کنندگان می‌باشد. نمادگذاری مدل ریاضی در جدول (۳) شرح داده‌شده است.

[1] Goal Attainment

جدول (۳). نمادگذاری مدل ریاضی

عنوان	تعریف
اندیس‌ها:	
مجموعه تأمین‌کنندگان	$j \in \{1,2,\dots,S\}$
مجموعه قطعات	$i \in \{1,2,\dots,N\}$
مجموعه قابلیت‌های عملیاتی	$t \in \{1,2,\dots,T\}$
پارامترها:	
میزان نیاز قطعه i ام به قابلیت t ام عددی بین ۰ تا ۱۰۰	A_{it}
اگر تأمین‌کننده j ام قابلیت عملیاتی t ام را دارد "یک" در غیر این صورت "صفر"	B_{jt}
ظرفیت تأمین‌کننده j ام برای قابلیت t ام و قطعه i ام	CAP_{itj}
هزینه تأمین‌کننده j ام برای قابلیت t ام و هر واحد قطعه i ام	C_{itj}
حداکثر تعداد تأمین‌کنندگان برای قطعه i ام از لایه دوم	s_i
هزینه همکاری تأمین‌کننده j ام و k ام (هنگامی‌که تأمین‌کننده j برون‌سپاری انجام می‌دهد و برای این کار تأمین‌کننده k را انتخاب می‌کند)	C_{jk}
میزان تخطی ظرفیت تأمین‌کننده j ام برای قطعه i ام و قابلیت t ام	V_{jit}
پیچیدگی مدیریتی برای تأمین‌کننده j ام (هزینه‌ای که سازمان جهت قرارداد با تأمین‌کننده j ام متحمل می‌شود)	α_j
متغیرهای تصمیم:	
اگر تأمین‌کننده j ام برای لایه اول انتخاب شود برابر "یک" در غیر این صورت "صفر"	Y_j
اگر ارتباطی بین تأمین‌کننده j ام لایه اول و k ام لایه دوم وجود داشته باشد "یک" در غیر این صورت "صفر"	Y_{jk}
اگر تأمین‌کننده j ام در لایه اول قرار گیرد و برای قطعه i ام انتخاب شود برابر "یک" در غیر این صورت "صفر"	YI_{ij}
اگر تأمین‌کننده j ام در لایه دوم قرار گیرد و برای قطعه i ام انتخاب شود برابر "یک" در غیر این صورت "صفر"	ZI_{ij}
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.	X_{itj}

مدل نهایی به‌صورت یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط غیرخطی سه هدفه می‌باشد که جهت برآورد اهداف زیر طراحی‌شده 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 ببندند. درنتیجه تأمین‌کننده کمتری در لایه اول قرار می‌گیرد.

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

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

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

فرضیات زیر نیز در نظر گرفته‌شده 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 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 انباشته‌شده 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.

- قابلیت‌های عملیاتی موجود هر تـأمین‌کننـده و لازم بـرای هـر قطعه، باید از قبل مشخص باشد.
- ظرفیت موجود هر تأمین‌کننده و سفارش لازم برای هـر قطعـه، باید از قبل مشخص باشد.

محدودیت‌های مدل نیز به‌صورت زیر می‌باشد.
هر قطعه تنها به یک تأمین‌کننده از لایه اول تخصیص یابد.

$$\sum_{j\epsilon J} YI_{ij} = 1 \quad \forall i \epsilon I \qquad (۴)$$

بسته به سیاسـت اصـلی شـرکت، بـرای هـر قطعـه i حـداکثر s_i تأمین‌کننده از لایه دوم تعیین شود.

$$\sum_{j\epsilon J} ZI_{ij} \leq S_i \quad \forall i \epsilon I \qquad (۵)$$

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

$$\sum_{j\epsilon J} Y_j \leq k\% S \qquad (۶)$$

هنگامی تأمین‌کننده k و j ارتباط داشته باشند که قطعه مشترک به آن‌ها تخصیص‌یافته باشد.

$$2 * Y_{jk} \leq \sum_{j\epsilon J} YI_{ij} + \sum_{j\epsilon J} ZI_{ik} \; \forall i \epsilon I \quad \& \quad \forall j, k \epsilon J \qquad (۷)$$

تأمین‌کننده‌ای برای لایـه اول انتخـاب شـود کـه حـداقل k تـا از قابلیت‌های عملیاتی را در اختیار دارد، در غیر ایـن صـورت بـرای لایه اول انتخاب نشود. k با توجه به نظر خبرگان تعیین می‌گردد.

$$k*Y_j \leq \sum B_{jt} \quad \forall j \epsilon J \qquad (۸)$$

محدودیت (۹) نشان می‌دهد که همه قطعـات بایـد قابلیـت‌هـای عملیات موردنیاز خود را دریافت کنند.

$$A_{it} \leq \sum_{j\epsilon J} CAP_{itj} * (YI_{ij} + ZI_{ij}) \quad \forall t \epsilon T \qquad (۹)$$

محدودیت (۱۰) وضعیت تأمین‌کنندگان لایه اول جهـت تـأمین هر قابلیت را در نظر می‌گیرد که متغیر X_{tij} نشان می‌دهد که اگـر تنها تأمین‌کننده j لایـه اول بـرای قطعـه i در نظـر گرفتـه شـود وضعیت موجود آن تأمین‌کننده ازلحاظ تأمین قابلیـت t موردنیـاز آن قطعه چگونه است و V_{tij} میزان تخطی تأمین‌کننده j از قابلیت t برای قطعه i را نشان می‌دهد. همچنین نشان می‌دهـد کـه اگـر تأمین‌کننده j لایـه اول بیشـتر از k درصـد کمبـود داشـته باشـد به‌عنوان تأمین‌کننده لایـه اول انتخـاب نشـود. در دنیـای واقعـی حالت کمبود را می‌توان با برون‌سپاری یا اضافه‌کاری جبران کـرد. k باتوجه‌به نظر خبرگان تعیین می‌گردد.

$$\sum_{t\epsilon T} (X_{tij} * YI_{ij} * CAP_{tij}) \geq A_{it} \quad \forall i \epsilon I \quad \& \quad \forall j \epsilon J \quad \&$$
$$V_{tij} = 1 - X_{tij} \leq \%k \qquad (۱۰)$$

در ادامه در مورد روش حل بحث شده است.

۵- روش حل

ازآنجاکه مدل در این مطالعه چندهدفه در نظر گرفته‌شده است و تحقق هم‌زمان آنها موردنیاز است از روش بهینه‌سازی چندهدفـه استفاده‌شده است. روش‌های بهینه‌سازی چندهدفـه بـه دودسـته عمده تقسیم‌بندی می‌شوند: روش‌هایی که برای تصمیم - گیرنده، تعداد کمـی جـواب‌هـای نـامغلوب تولیـد مـی‌شـود کـه شـخص تصمیم‌گیرنده یکی از جواب‌ها را انتخاب می‌کند. در این روش‌هـا از دانش یـا اطلاعـات اولیـه در خصـوص اهمیـت نسـبی اهـداف استفاده نمی‌شود. در دسته دیگر که مبتنی بر ارجحیت می‌باشند اهمیت نسبی اهداف در نظر گرفته می‌شود. تقسـیم‌بنـدی دیگـر اشاره‌شده الگوریتم‌هـای تکـاملی و کلاسـیک هسـتند. الگـوریتم ژنتیک با مرتب‌سازی نامغلوب و روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات از روش‌هـای تکـاملی مـی‌باشـند. روش‌هـای کلاسـیک اصـطلاحاً روش‌های تجزیه نیز نامیده می‌شوند؛ زیرا مسائل چندهدفه را بـه تک هدف تبدیل و آن‌هـا را حـل مـی‌کننـد. از نمونـه روش‌هـای کلاسیک می‌تـوان بـه روش مجمـوع وزن‌دار، روش برنامـه‌ریـزی آرمانی، روش نیل به هدف، روش چبیشف و غیره اشاره کرد.

از آنجا کـه در ایـن مطالعـه در تصـمیم‌گیـری بـا معیارهـای مختلفی روبه‌رو هستیم و دستیابی بـه‌تمـامی معیارهـا، هـم‌زمـان امکان‌پذیر نیست همچنین اولویت‌بنـدی معیارهـا مهـم هسـتند، استفاده از روش‌های آرمانی مناسب می‌باشند از طرفی روش نیـل به هدف نسبت به برنامه‌ریـزی آرمـانی دارای سـرعت محاسـباتی بیشتری می‌باشد درنتیجه در این مطالعه از روش نیـل بـه هـدف استفاده‌شده است.

این روش به دنبال یافتن جواب‌هایی است که موجب کـاهش انحراف از اهداف از پیش تعیین‌شـده گـردد. مجموعـه اهـداف از پیش تعریف‌شده؛ یعنی آرمـان‌هـا، $T=\{t_1,t_2,\ldots,t_m\}$ بـا مجموعـه اهداف، $F(x)=\{F_1(x), F_2(x),\ldots, F_m(x)\}$ مرتبط‌اند. اهمیت نسبی اهداف به‌وسیله بـردار ضـرایب وزنـی $w=\{w_1,w_2,\ldots,w_m\}$ اعمـال می‌گردد[۵۸].

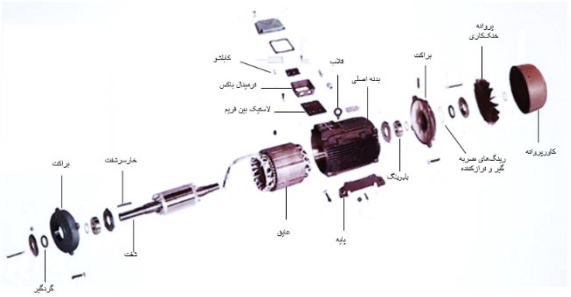
فرم استاندارد مدل نیل به هدف به‌صورت (رابطه ۱۰)

$$\text{Min } z$$
$$\text{s.t}$$
$$F_i(x) - w_i * z \leq t_i \quad \forall i=1,\ldots,m \qquad (۱۰)$$

آرمان اول مسئله کـه مربـوط بـه حـداقل نمـودن هزینـه تـأمین قطعات می‌باشد براساس اجماع نظر خبرگان و مستندات شـرکت مرکـزی حاصـل مـی‌گـردد. آرمـان دوم کـه مربـوط بـه هزینـه برون‌سپاری قطعات از یک تأمین‌کننده می‌باشد براساس سیاسـت هر تأمین‌کننده حاصل می‌شود. آرمان سوم مربوط به کمینه‌سازی تعداد تأمین‌کنندگان لایه اول می‌باشد براساس سیاسـت شـرکت مرکزی جهت قرارداد مستقیم با تأمین‌کنندگان حاصل مـی‌شـود. مدل در نرم‌افزار متلب کدنویسی و حل گردیده است و از دسـتور fgoalattain استفاده‌شده است. به‌طـوری‌کـه $\sum_{i=1}^{m} w_i = 1$ در نظـر گرفته‌شده و وزن هر تابع بر اساس نظر خبرگان حاصـل گردیـده است.

۶- مورد مطالعه

با توج ه‌به مفروضات مدل، باید محصولی انتخاب شود که دارای قطعات مختلف بوده و هر قطعه نیازمند قابلیت‌های عملیاتی مختلف باشد و ساخت و تولید آن نیازمند تأمین‌کنندگان مختلفی باشد. ازاین‌رو موتورهای الکتریکی برای این منظور انتخاب گردید. موتورهای الکتریکی بازار بزرگی را تشکیل می‌دهند و طیف وسیعی از الکتروموتورهای خانگی و صنعتی در رنج‌های سبک، سنگین و فوق سنگین و نیز محصولات پروژه‌ای را شامل می‌شود. در این پژوهش موتور الکتریکی سه فاز آسنکرون انتخاب گردید. شکل (۱) قطعات مختلف موتور الکتریکی را نشان می‌دهد.



شکل (۱). قطعات موتور الکتریکی

بر اساس مصاحبه با خبرگان حوزه موتورهای الکتریکـی ۲۱ قطعـه که جهت تولید موتور الکتریکی سه فاز آسنکرون استفاده می‌گردد در نظر گرفته‌شده است. باتوجه‌به اطلاعات و مستندات موجود برای تأمین این قطعات ۲۲ تأمین‌کننده در نظر گرفتـه شـد. هـر قطعـه حداقل یک قابلیت عملیاتی نیاز دارند درمجمـوع ۱۰ نـوع قابلیـت عملیاتی جهت تولید قطعات در نظر گرفتـه‌شـده اسـت. جـدول ۴ قطعات موردبررسی و میزان قابلیت‌های موردنیاز آن‌هـا بـر اسـاس اعداد ۱ تـا ۱۰۰ را نشـان مـی‌دهـد. اطلاعـات مربـوط بـه موتـور الکتریکی و اجزای آن‌ها، میزان قابلیت‌های موردنیـاز هـر قطعـه از طریق مصاحبه با خبرگان و اطلاعـات دریـافتی از شـرکت سـازنده حاصل گردید؛ اما در دریافت داده در مورد تأمین‌کنندگانی کـه بـا شرکت همکاری می‌کردند به‌ویـژه اطلاعـات مربـوط بـه هزینـه‌هـا مشکلاتی وجود داشت، ازایـن‌رو داده‌هـای مورداسـتفاده در مـورد تأمین‌کنندگان و هزینه‌ها فرضی می‌باشند.

جدول (۴). میزان قابلیت‌های موردنیاز قطعات

	ریخته‌گری	ماشین‌کاری	برش‌کاری	خم‌کاری	پرس‌کاری و ترک زدن	اندازه‌گیری ابعادی	فرم‌کاری	سوراخ‌کاری، قلاویزکاری و دنده‌کاری	اجست کردن	عملیات حرارتی
بدنه اصلی	۶۲	۵۱				۴۵		۴۹	۱۱	۴۱
عایق			۱۸	۹۶					۶	
بلبرینگ					۱۹	۳	۵۹		۶	
خار سرشفت						۲		۸	۶	
براکت	۱۵	۱۱				۱۳		۲۳	۹	۲۵
پایه و قلاب	۷	۲				۱			۶	۲
کاور پروانه		۴				۳			۶	۱۳
شفت	۶	۱۳				۱۳		۱۵	۸	۹
پیچ، مهره، واشر و سیم‌های مسی	۵	۵	۸		۸۱	۳			۶	
لاستیک و ترمینال				۴		۱			۶	
سرشفت		۲				۳				۴۶
سیم‌پیچ									۶	

رینگ ضربه‌گیر، تراز کننده						۴۱		۶	
پروانه خنک‌کاری	۵	۲				۷		۵	۶
نیم‌پلنت			۲						۶
ورقه‌های دینامو		۱۰	۷۲			۶			۶
گردگیر	۲	۳	۲	۳	۳				
رابط گریس‌خور	۳	۲							
گلند	۳	۲							
پل اتصال	۲	۳							
کابل‌شو	۲	۳							

۷- بحث و نتایج تجربی

نتایج اجرای مدل در این مطالعه نشان داد که چهار تأمین‌کننده به‌عنوان تأمین‌کنندگان لایه اول، ۱۲ تأمین‌کننده به‌عنوان تأمین‌کنندگان لایه دوم انتخاب شدند، شش تأمین‌کننده را نیز می‌توان حذف یا به‌عنوان جایگزین در نظر گرفت. جدول (۵) نتایج حاصل از حل مدل ریاضی پیشنهادی و شکل (۲) ارتباط بین تأمین‌کنندگان را نشان می‌دهد.

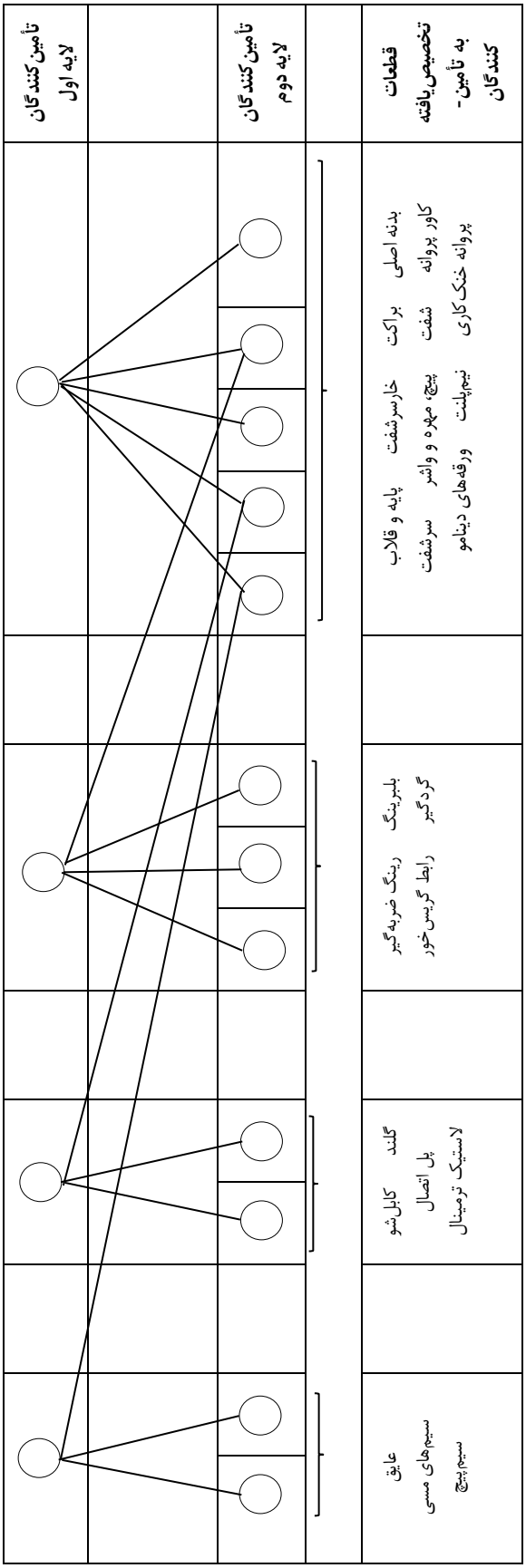
جدول (۵). نتایج حاصل از حل مدل ریاضی پیشنهادی در صنعت موتورهای الکتریکی

روش حل	پارامترها	تعداد تأمین‌کنندگان لایه اول	تعداد تأمین‌کنندگان لایه دوم	تعداد تأمین‌کنندگان حذف شده	گروه‌بندی قطعات
نیل به هدف	S=22 N=21 T=10	$S_1 = 4$	$S_2 = 12$	6	{بدنه اصلی، براکت، خارسرشفت، پایه و قلاب، کاور پروانه، شفت، پیچ – مهره و واشر، سرشفت، پروانه خنک‌کاری، نیم‌پلنت، ورقه‌های دینامو} {بلبرینگ، رینگ ضربه‌گیر، گردگیر، رابط گریس‌خور} {گلند، کابل‌شو، پل اتصال، لاستیک ترمینال} {عایق، سیم‌های مسی، سیم‌پیچ}

نتایج مربوط به تخصیص قطعات و گروه‌بندی نشان داد که قطعات بدنه اصلی، براکت، خارسرشفت، پایه و قلاب، کاور پروانه، شفت، پیچ، مهره و واشر، سرشفت، پروانه خنک‌کاری، نیم‌پلنت، ورقه‌های دینامو در یک گروه و به یکی از تأمین‌کنندگان لایه اول، بلبرینگ، رینگ ضربه‌گیر، گردگیر و رابط گریس‌خور نیز در یک گروه، گلند، کابل‌شو، پل اتصال و لاستیک ترمینال در گروه دیگر همچنین عایق، سیم‌های مسی و سیم‌پیچ در یک گروه قرار گرفتند.

نتایج بهینه مدل با اعمال تغییرات در داده‌ها، مورد بررسی قرار گرفتند. قابلیت‌های عملیاتی تأمین‌کنندگان و هزینه‌های قابلیت‌ها را تغییر دادیم و نتایج حاصل را بررسی و با تغییرات در دنیای واقعی مقایسه کردیم؛ برای نمونه بررسی کردیم با افزایش تعداد قابلیت‌ها مربوط به یک تأمین‌کننده، نتایج بهبود خواهند داشت.

همچنین نتایج حاصل از گروه‌بندی قطعات نیز به خبرگان حوزه موتورهای الکتریکی ارائه گردید که نشان‌دهنده نتایج منطقی هست. از سوی دیگر مدل در یک محیط مصنوعی با تعداد تأمین‌کنندگان، قطعات و قابلیت‌های عملیاتی بیشتر پیاده‌سازی شد و جواب بهینه حاصل گردید.



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

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 قرارگرفته‌اند مستقیم همکاری کند. درنتیجه 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 استفاده‌نشده است.

کاهش تأمین‌کنندگان منجر به کارهای اداری کمتر، قراردادها، مذاکره و مناقصه کمتر درنتیجه 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.

هنگامی‌که محصولات به‌طور منظم از تأمین‌کنندگان خاص سفارش داده شود، فرایندها و تحویل‌ها قابل پیش‌بینی خواهند شد. علاوه‌براین تحویل‌ها قابل‌اعتماد؛ 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.

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. علاوه‌براین تقاضاها به‌راحتی قابل پیش‌بینی می‌شود که منجر به برنامه‌ریزی تولید بهتر و گردش کار کارآمدتر تأمین‌کنندگان می‌شود. علاوه‌براین، تأمین‌کنندگان باقیمانده به‌دلیل 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 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. Rüdrich, H. Leder, W. Kalbfuß, K. Weißer, and S. Pforzheim, "Konzeption des Materialgruppenmanagements," 2004.

[16] R. Galan, J. Racero, I. Eguia, 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 AlgorithmL," 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

[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. Szwejczewski, 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]]S. Liu, K. C. So, and W. Zhao, "Direct supply base reduction in a decentralized assembly system with suppliers of varying market power," IISE 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 .

Iranian Journal of Supply Chain Management

Vol. 25, No. 78, Spring, 2023

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