Innovation Management and Operational Strategies

Paper Type: Original Article

A Mathematical Model for Suppliers' Evaluation and Purchasing Spare Parts (A case study: Ferdowsi Power Plant, Mapna Operation and Repair Company)

Alireza Rashidi Komijan*[1], Ahmad Masoudifar[2]

[1]Department of Industrial Engineering, Firoozkooh Branch, Islamic Azad University, Firoozkooh, Iran.

[2]Department of Industrial Management-Production and Operations, Electronic Branch, Islamic Azad University, Iran.

Citation:

Rashidi Komijan, A., & Masoudifar, A. (2021). A Mathematical Model for Suppliers' Evaluation and Purchasing Spare Parts (A case study: Ferdowsi Power Plant, Mapna Operation and Repair Company). *Innovation management and operational strategies, 1*(4), 383-402.

Received: 12/09/2020	Reviewed: 17/11/2020	Revised: 06/12/2020	Accept: 24/12/2020

Abstract

Purpose: One of the most important issues in supplying equipment and managing spare parts for power plant industries is evaluating and selecting suppliers and assigning orders to them. The aim of this study is to achieve a comprehensive model for ranking the suppliers, classification the parts, evaluation of suppliers and optimal allocation of orders.

Methodology: For this purpose, in the first stage, the indicators of supplier's evaluation were determined and weight of evaluation indicators calculated by taking opinions of experts and using Group AHP and Minimum squares techniques. Prioritization and grouping of parts were done by sampling the Kraljic matrix and the priority factor of each part was determined. In the second stage, by using the Topsis technique, the rank of each supplier in terms of supplying the potential parts was determined. In the third stage, the design of a mathematical model of planning the correct number zero-one was considered. The function of the target is to maximize the value of the purchase, and include the restrictions of zero-one planning, limited budget, and management policies. GAMS software was used to solve the model.

Findings: The results show that determining the group for each part, considering the two dimensions of supply risk and the vitality of the part, provides a suitable management tool for equipment supply management and using the zero and one integer planning model, a suitable method for order allocation problems. It is in the field of spare parts and the structure and components of the objective function and constraints can be changed according to the type of organization.

Originality/Value: The TOPSIS technique properly combines the weight of evaluation indicators and expert opinions about the suppliers of each component, and the results can be used with confidence in the design of the mathematical model.

Keywords: Supplier evaluation, Spare parts, Binary programming, TOPSIS, Group AHP.

JEL Classificaton: C6.

* Corresponding Author
Email Address: rashidi@azad.ac.ir

doi 10.22105/IMOS.2021.271983.1030

مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی

نوع مقاله: پژوهشی

مدل ریاضی جهت ارزیابی تأمین‌کنندگان و خرید قطعات یدکی (مطالعه موردی: نیروگاه فردوسی، شرکت بهره‌برداری و تعمیراتی مپنا)

علیرضا رشیدی کمیجان[1،*]، احمد مسعودی فر[2]

[1] گروه مهندسی صنایع، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران.

[2] گروه مدیریت صنعتی-تولید و عملیات، واحد الکترونیکی، دانشگاه آزاد اسلامی، ایران.

دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۲	بررسی: ۱۳۹۹/۰۸/۲۷	اصلاح: ۱۳۹۹/۰۹/۱۶	پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۴

چکیده

هدف: یکی از مسائل مهم در تأمین تجهیزات و مدیریت قطعات یدکی صنایع نیروگاهی، ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش به آن‌ها است. هدف در این پژوهش، دستیابی به مدلی جامع برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان، طبقه‌بندی قطعات، ارزیابی تأمین‌کنندگان و تخصیص بهینه سفارش‌ها است.

روش‌شناسی پژوهش: بدین منظور در مرحله اول، شاخص‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان، مشخص‌شده و با اخذ نظرات خبرگان و به‌کارگیری تکنیک‌های تحلیل سلسله مراتبی گروهی اصلاح‌شده و حداقل مربعات، وزن شاخص‌های ارزیابی، محاسبه گردید. اولویت‌بندی و گروه‌بندی قطعات با الگوبرداری از ماتریس کرالجیک انجام‌شده و ضریب الویت هر قطعه مشخص شد. در مرحله دوم، با استفاده از تکنیک تاپسیس، رتبه هر تأمین‌کننده در مورد تأمین قطعات موردنظر مشخص شد و در مرحله سوم، طراحی یک مدل ریاضی برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک، مدنظر قرارگرفته و با تعیین تابع هدفی که ارزش خرید را ماکزیمم نموده و محدودیت‌هایی که ماهیت مسئله ازلحاظ صفر و یک بودن، محدودیت بودجه و سیاست‌های مدیریتی را تحت پوشش دهد، کامل گردید. برای حل مدل از نرم‌افزار GAMS استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد تعیین گروه برای هر قطعه با توجه به دو بعد ریسک تأمین و حیاتی بودن قطعه، ابزار مدیریتی مناسبی جهت مدیریت تأمین تجهیزات فراهم می‌سازد و استفاده از مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک، روش مناسبی برای مسائل تخصیص سفارش‌ها درزمینهٔ قطعات یدکی می‌باشد و می‌تواند ساختار و اجزای تابع هدف و محدودیت‌ها با توجه به نوع سازمان، تغییر یابد.

اصالت/ارزش‌افزوده علمی: تکنیک تاپسیس به نحو مناسبی وزن شاخص‌های ارزیابی و نظرات خبرگان در مورد تأمین‌کنندگان هر قطعه را ترکیب کرده و نتایج حاصل می‌تواند با اطمینان در طراحی مدل ریاضی، استفاده شود.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی تأمین‌کننده، قطعات یدکی، برنامه‌ریزی صفر و یک، تاپسیس، تحلیل سلسله مراتبی گروهی.

طبقه‌بندی JEL: C6.

* نویسنده مسئول

آدرس رایانامه: rashidi@azad.ac.ir

شناسه دیجیتال: 10.22105/IMOS.2021.271983.1030

۱ـ مقدمه

محیط پویا و در حال تغییرِ حاکم بر تجارت امروز، فضایی به‌شدت رقابتی پدید آورده است؛ به‌گونه‌ای که سازمان‌ها جهت بقا و موفقیت، نیازمند روش‌های نوین در همه ابعاد کاری ازجمله کاهش هزینه‌های تولید محصول هستند (پور محمد ضیا و نصیری[1]، ۲۰۱٤). یکی از زمینه‌هایی که می‌تواند تأثیر مناسبی بر کاهش هزینه‌های تولید محصول بگذارد ارزیابی تأمین‌کنندگان و برنامه‌ریزی خرید است. در حال حاضر نحوه تأمین مواد اولیه و ارزیابی تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین، یکی از چالش‌هایی است که سازمان‌ها برای سودآوری بیشتر با آن روبرو هستند. با توجه به افزایش روزافزون تعداد تأمین‌کنندگان به دلیل ایجاد شرایط رقابتی، سازمان‌ها برای موفقیت در کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت خدمات و محصولات، لازم است یک متدولوژی مناسب برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان و همچنین بررسی عملکرد آن‌ها را توسعه دهند. از طرفی یکی از عوامل مهم تأمین نیاز و رضایت مشتریان، کیفیت مواد، قطعات و خدماتی است که توسط یک شرکت یا سازمان خریداری‌شده و از آن‌ها در محصولات تولیدی/خدماتی یک شرکت استفاده می‌شود. لذا علاوه بر هزینه‌های تأمین مواد اولیه، سطح کیفیت مواد و قطعات خریداری‌شده نیز یکی از عوامل مؤثر به شمار می‌رود (فلاحی و معتدل[2]، ۲۰۱٤). بسیاری از صنایع بر دسترس بودن دارایی‌های سرمایه‌ای با ارزش خود برای فراهم کردن خدمات یا تولید محصولات خود، متکی هستند. شرکت‌های حاضر در این صنایع دارایی‌های سرمایه‌ای را در فرآیندهای اولیه خود استفاده می‌کنند و ازاین‌رو مدت ازکارافتادگی می‌تواند منجر به نتایجی نظیر از دست دادن سود (مثل توقف ماشین‌آلات در یک محیط تولیدی)، نارضایتی مشتریان و احتمال شکایت (مثل شرکت‌های هواپیمایی و حمل‌ونقل عمومی) یا خطرات ایمنی عمومی (مثل قرارگاه‌های نظامی و نیروگاه‌ها) گردد و معمولاً عواقب ازکارافتادگی، بسیار پرهزینه است (دریسن و همکاران[3]، ۲۰۱۵). در یک تقسیم‌بندی می‌توان سیستم‌های تولیدی را به دو دسته سیستم‌های تولیدی پیوسته و ناپیوسته تقسیم نمود. در سیستم‌های تولید پیوسته مانند فرآیند تولید برق در نیروگاه‌ها، معمولاً قابلیت اطمینان ماشین‌آلات و تجهیزات و جلوگیری از توقف آن‌ها از پارامترهای بسیار مهم و محوری است و در مقابل نقش برنامه‌ریزی تولید کم رنگ‌تر می‌باشد. برای دستیابی به این هدف نیز مدیریت تأمین قطعات یدکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

برای انجام این تحقیق از داده‌های واحد تأمین تجهیزات نیروگاه فردوسی به‌صورت میدانی استفاده‌شده است. این داده‌ها حاصل سوابق خرید و مصرف قطعات یدکی می‌باشد. جهت طبقه‌بندی اقلام و همچنین رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان بر مبنای شاخص‌های موردنظر از روش مصاحبه و در صورت نیاز، تنظیم پرسشنامه جهت اخذ نظرات کارشناسان مرتبط استفاده گردیده است.

با توجه به هدف اصلی تحقیق که ارائه مدلی ریاضی برای ارزیابی و اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان و برنامه‌ریزی خرید است، از روش‌های مدل‌سازی ریاضی جهت انجام تحقیق استفاده می‌شود. ابتدا شاخص‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان مشخص خواهند شد. سپس با روش حداقل مربعات، نسبت به تعیین وزن شاخص‌ها، اقدام می‌گردد. برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان نیز از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، استفاده‌شده و نهایتاً مدل ریاضی جهت تعیین میزان و زمان بهینه خرید از هر تأمین‌کننده، ارائه‌شده و توسط نرم‌افزارهای مرتبط نظیر GAMS حل مسئله صورت می‌گیرد.

مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی، دوره ۱، شماره ۴، صفحه: ۳۸۳ـ۴۰۲

[1] Pourmohammad Zia and Nasiri
[2] Fallahi and Motadel
[3] Driessen, et al.

۲ـ پیشینه تحقیق

شرکت‌ها و سازمان‌ها بر اساس نیازمندی‌های مشخص خود، از روش‌های متفاوتی برای موضوع، بهره می‌برند و به همین دلیل، تحقیقات مختلفی در حوزه ارزیابی تأمین‌کنندگان صورت گرفته است. در این بخش به ذکر نمونه‌هایی از این تحقیقات که به نحوی به موضوع انتخاب تأمین‌کنندگان با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و پژوهش عملیاتی مرتبط باشند، پرداخته می‌شود.

کومار و همکارانش[1] (۲۰۰۶) در تحقیقی روش‌های انتخاب تأمین‌کننده را به سه دسته کلی زیر تقسیم‌بندی نمودند:

- روش‌های خطی وزن دهی
- مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی
- روش‌های آماری

روش‌های وزن‌دهی خطی رایج‌ترین روش‌های انتخاب تأمین‌کننده می‌باشند. رویکردهای برنامه‌ریزی ریاضی به‌طور گسترده‌ای برای انتخاب تأمین‌کننده مورداستفاده قرار گرفتند. این رویکردها شامل برنامه‌ریزی ریاضی، برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط و برنامه‌ریزی آرمانی و روش‌های این‌چنین می‌باشد.

آنتونی و بوفا[2] (۱۹۷۷) مسئله انتخاب تأمین‌کننده را در قالب یک مسئله برنامه‌ریزی خطی باهدف حداقل نمایی کل هزینه‌های خرید و انبارداری مدل‌سازی نمودند. بندور و همکاران[3] (۱۹۸۵) یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط را پیشنهاد نمودند که در شرکت IBM به‌منظور انتخاب فروشندگان و تخصیص سفارش با لحاظ هدف حداقل نمایی هزینه‌های خرید، موجودی و حمل‌ونقل مورداستفاده قرار گرفت. شارما و همکارانش[4] (۱۹۸۹) یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی با درنظرگرفتن آرمان‌های قیمت، کیفیت و زمان تحویل و با لحاظ محدودیت‌های تقاضا و بودجه جهت انتخاب تأمین‌کننده ارائه نمودند. پَن[5] (۱۹۸۹) یک مدل برنامه‌ریزی خطی تک کالایی به‌منظور تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان باهدف حداقل نمایی قیمت‌های تجمیعی با لحاظ محدودیت‌های کیفیت، سطح خدمت و زمان تحویل ارائه نمود.

کئو و همکاران[6] (۲۰۱۰) مدلی ترکیبی از شبکه‌های عصبی مصنوعی، تحلیل پوششی داده‌ها[7] و فرآیند تحلیل شبکه‌ای[8] برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده را معرفی کردند. زیدان و همکاران[9] (۲۰۱۱) از ابزارهای تجزیه‌وتحلیل سلسله مراتبی فازی، تاپسیس فازی و تحلیل پوششی داده‌ها در غربال اولین تأمین‌کنندگان و از ابزار تحلیل پوششی داده‌ها برای انتخاب تأمین‌کننده نهایی استفاده کردند. مشفق[10] در سال ۲۰۱۴ از الگوریتم شبیه‌سازی تبرید تدریجی برای انتخاب بهینه تأمین‌کنندگان و تعیین مقدار سفارش به آن‌ها در شرکت فولاد آلیاژی ایران استفاده نموده است.

---

[1] Kumar et al.
[2] Anthony & Buffa
[3] Bendor et al.
[4] Sharma et al.
[5] Pan
[6] Kuo et al.
[7] Data envelopment analysis (DEA)
[8] Analytic network process (ANP)
[9] Zeydan et al.
[10] Moshfegh

نوری رج و همکاران[1] (۲۰۱۲) به ارائه مدل ترکیبی تاپسیس فازی و برنامه‌ریزی آرمانی برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده و همچنین تخصیص سفارش‌ها به تأمین‌کنندگان پرداختند. آن‌ها در قسمت اول مدل پیشنهادی خود، به دلیل استفاده از اطلاعات نادقیق و مبهم مانند واژه‌های زبانی از کاربرد ترکیبی تئوری مجموعه‌های فازی و تصمیم‌گیری گروهی با تاپسیس بهره بردند. سپس وزن‌های به‌دست‌آمده از قسمت اول را به‌عنوان ورودی برای ضرایب اولین هدف در مدل چندهدفه به کار گرفته و در قسمت دوم مدل، با استفاده از کاربردهای برنامه‌ریزی چندهدفه آرمانی، تخصیص سفارش‌ها را انجام دادند.

آنتون و راجا[2] (۲۰۱۶) درزمینهٔ طبقه‌بندی موجودی‌ها، روش خوشه‌بندی را به‌عنوان مبنایی برای ایجاد سیاست موجودی به‌ویژه برای ذخیره‌سازی و کنترل پیشنهاد نموده است.

قربانی و همکاران[3] (۲۰۱۲) رویکردی برای انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش‌های خرید بر مبنای ماهیت اقلام خرید توسعه داده است. در این رویکرد، ابتدا اقلام خرید به‌وسیله تکنیک تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی و آثار آن[4] بر مبنای مدل کرالجیک[5] دسته‌بندی می‌شوند. سپس تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن ماهیت اقلام خرید (استراتژیک، گلوگاهی، اهرمی و عادی) ارزیابی و اولویت‌بندی می‌شوند و درنهایت با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح، تخصیص سفارش‌های خرید به تأمین‌کنندگان، صورت می‌گیرد.

پورمحمد ضیا و نصیری (۲۰۱۴) یک مدل تلفیقی جهت انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش در زنجیره تأمین ارائه دادند. مدل آن‌ها شامل دو زیر مدل کیفی و کمی است که زیر مدل کیفی با بهره‌گیری از مدل تاپسیس به ارزیابی کیفی تأمین‌کنندگان می‌پردازد، سپس در زیر مدل کمی، حجم سفارش‌دهی به تأمین‌کنندگان بر اساس اولویت‌های معین‌شده در مرحله کیفی با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه مشخص می‌شود. از ویژگی‌های بارز این مدل توجه به سطوح کیفی مختلف و نرخ خرابی مرتبط با آن و نیز فرض تغییر تأمین‌کننده به‌صورت جزئی است.

فائز و همکاران[6] (۲۰۰۶) در تحقیق خود به‌طور مشخص، ایجاد یک مدل تلفیقی مبتنی بر CBR و برنامه‌ریزی ریاضی را برای شناسایی و ارزیابی تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش‌ها، توضیح داده و قابلیت آن را در محیط‌های واقعی، تشریح نموده‌اند.

قربانی و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی با عنوان به‌کارگیری شبکه عصبی مصنوعی در دسته‌بندی اقلام خرید و ارزیابی تأمین‌کنندگان نتیجه‌گیری می‌کنند که نوعی از دسته‌بندی اقلام خرید و تأمین‌کنندگان موردنیاز است. در مرحله اول این پژوهش، بر اساس مدل کرالجیک و با طراحی یک مدل شبکه عصبی، اقلام خرید به اقلام استراتژیک، اهرمی، گلوگاهی و عادی دسته‌بندی می‌شوند. در مرحله دوم، تأمین‌کنندگان بر اساس عملکردشان توسط یک مدل شبکه عصبی به سه گروه مطلوب، متوسط و نامطلوب، طبقه‌بندی می‌شوند و نهایتاً در مرحله سوم، تأمین‌کنندگان جهت تأمین اقلام دسته‌های مختلف، ارزیابی و رتبه‌بندی می‌شوند. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که رتبه‌بندی

مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی، دوره ۱، شماره ۴، صفحه: ۳۸۳_۴۰۲

[1] Noori-raj et al.
[2] Raja & Anton
[3] Ghorbani et al.
[4] FMEA
[5] Kralgic
[6] Faez el at.

تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش‌ها خرید با در نظر گرفتن ماهیت اقلام خرید، توانمندی بیشتری جهت مدیریت اقلام خرید و تأمین‌کنندگان، ایجاد خواهد نمود.

همایون‌فر و همکاران[1] (۲۰۱۸) با محور قرار دادن زنجیره تأمین سبز با استفاده از یک رویکرد ترکیبی فازی به ارائه مدلی جهت الویت بندی تأمین‌کنندگان در شرکت سایپا پرداختند. در این پژوهش، ابتدا با بررسی مبانی نظری، معیارهای انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین سبز، بررسی‌شده است. سپس با بررسی وضعیت فعلی شرکت سایپا و مشاوره با خبرگان و استفاده از روش دلفی فازی، معیارهای با درجه اهمیت بالاتر شناسایی‌شده است. در مرحله بعد، معیارهای نهایی در قالب پرسشنامه مقایسات زوجی در اختیار خبرگان قرارگرفته و داده‌های لازم جهت اولویت‌بندی بر اساس تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، جمع‌آوری گردیده است. درنهایت با استفاده از تکنیک ویکور فازی، ۱۰۰ تأمین‌کننده شرکت سایپا، مورد ارزیابی قرار گرفتند.

منتیان و همکاران[2] (۲۰۱۶) در پژوهشی باهدف طراحی و توسعه یک مدل برای انتخاب تأمین‌کننده مناسب از رویکردهای مدل معادلات ساختاری و منطق فازی استفاده کردند. آن‌ها در این تحقیق، با دریافت نظرات کارشناسان کارخانه فولاد خوزستان، هشت معیار شامل سطح بالای کیفیت، عملکرد تحویل تأمین‌کننده، سطح معیار خدمات، سطح هزینه و قیمت، سطح بالای معیار مدیریت و سازمان، سطح تکنولوژی و توانمندی فنی، موقعیت مالی و اعتبار و سابقه تأمین‌کننده برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده، شناسایی کردند. جهت ارزیابی هم یک رویکرد دوسطحی مورداستفاده قرار دادند.

گروندیس[3] (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای باهدف ارزیابی مدیریت تأمین‌کنندگان به توسعه یک مدل مفهومی مرتبط با انتخاب تأمین‌کنندگان قطعات یدکی پرداخته است. وی در این تحقیق ابتدا قطعات یدکی به سه گروه تقسیم کرده و سپس در یک مدل مفهومی، شیوه‌ای خاص برای تأمین‌کنندگان هر گروه پیشنهاد می‌نماید.

استویک زلجکو[4] (۲۰۱۷) با تمرکز بر موضوع معیارهای مسئله انتخاب تأمین‌کننده، در مقاله خود معیارهای مختلف استفاده‌شده در ۲۳ مقاله مربوط به بازه زمانی ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۵ را جمع‌آوری نموده و در چهارگروه لجستیک، فنّاوری، تجاری و ارتباطی طبقه‌بندی کرده است. او همچنین نتیجه‌گیری کرده است که معیارهایی که در اکثر این مقالات، مدنظر قرارگرفته و دارای اهمیت بوده‌اند عبارت‌اند از: سیستم ارتباطی، قابلیت اطمینان، انعطاف‌پذیری، ظرفیت لجستیکی، شهرت و پاسخگویی سریع به نیازمندی‌ها.

پورطباطبایی و همکاران[5] (۲۰۱۵) در تحقیقی که در صنعت فولاد کشور انجام داده‌اند، یک مدل برای انتخاب تأمین‌کنندگان قطعات یدکی ساختی توسط روش AHP و بر اساس وزن متغیر پیشنهاد داده‌اند. در این پژوهش، روش AHP به‌منظور ارزیابی معیارهای تصمیم‌گیری گوناگون ازجمله سیستم کنترل کیفی و تضمین کیفیت، بنیه مالی تأمین‌کننده، تناسب ماشین‌آلات و تجهیزات با زمینه فعالیت و تعداد پرسنل متناسب زمینه فعالیت تخصصی در شناسایی و انتخاب توانمندترین تأمین‌کننده قطعات یدکی ساختی در یک زنجیره تأمین به‌کاربرده شده است.

[1] Homayounfar et al.
[2] Menatian et al.
[3] Grondys
[4] Stevic Zeljko
[5] Pour Tabatabaei et al.

داچیار و آیو سیجابت[1] (۲۰۱۹) در پژوهش خود با عنوان طراحی مدل انتخاب تأمین‌کنندگان قطعات یدکی در نیروگاه تولید برق با روش ترکیبی AHP-PROMETHEE[2] سعی کرده‌اند با ترکیب AHP و PROMETHEE برای انتخاب تأمین‌کننده قطعات یدکی ارائه نمایند. در این پژوهش، از AHP برای تعیین وزن اهمیت معیارها و از PROMETHEE برای تولید یک لیست اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان استفاده نمودند. معیارهای اصلی انتخاب‌شده در این پژوهش شامل هزینه، کیفیت، تحویل، خدمات و مدیریت و پتانسیل شرکت مدنظر قرارگرفته است.

۳ـ بیان مسئله و اهمیت موضوع

در این تحقیق، مسئله موردبحث عبارت است از ارائه مدلی ریاضی جهت ارزیابی تأمین‌کنندگان و انجام‌وظیفه خرید قطعات یدکی در صنعت نیروگاهی. انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش‌ها، از مهم‌ترین وظایف پشتیبانی در صنعت نیرو است.

انتخاب تأمین‌کنندگان نامناسب، موجب هزینه‌های زیادی می‌شود. این هزینه نه‌فقط مربوط به شرایط تأمین است بلکه بیشتر ناشی از خرابی و توقف ماشین‌آلات می‌باشد. ازاین‌رو، معیار اصلی برای انتخاب تأمین‌کننده قطعات یدکی، در دسترس بودن و زمان تحویل است (گرندیس، ۲۰۱۵).

روش‌های زیادی برای گذشته، روش‌های زیادی برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان ارائه‌شده است. باوجوداین، متخصصان اعتقاددارند که در عمل، روش بهینه منحصربه‌فردی برای ارزیابی تأمین‌کنندگان وجود ندارد.

چای و همکاران[3] (۲۰۱۳) در تحقیقی جامع، به‌مرور نظام‌مند مقالات منتشرشده در سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ پرداختند. آن‌ها مقالات در حوزه ارزیابی تأمین‌کننده، سه رویکرد تحت شرایط عدم قطعیت شناسایی نمودند: (۱) تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، (۲) تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی و (۳) تکنیک‌های هوش مصنوعی.

ماهیت کالا یکی از پارامترهای مهم و تأثیرگذار در انتخاب تأمین‌کنندگان و برنامه‌ریزی خرید است. برای دخالت دادن ماهیت کالا در مدل، طبقه‌بندی اقلام، مدنظر قرار خواهد گرفت که آن هم یک مسئله چندمعیاره است و لازم است با لحاظ کردن، جنبه‌های مختلف مؤثر در طبقه‌بندی، الگویی مناسب که هم معیارهای کمی مثل مدت‌زمان تأمین و ارزش کالا و هم معیارهای کیفی مثل درجه بحرانی بودن و محدودیت‌های تأمین کالا را شامل شود، مورداستفاده قرار گیرد.

رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش‌های خرید با در نظرگرفتن ماهیت اقلام خرید، توانمندی بیشتری برای مدیریت اقلام خرید و تأمین‌کنندگان ایجاد خواهد نمود (قربانی و همکاران، ۲۰۱۲).

در برنامه‌ریزی خرید و اختصاص سفارش‌ها، اهدافی نظیر حداکثر نمودن ارزش کل خرید، حداقل نمودن هزینه کل خرید، حداقل کردن اقلام معیوب، حداقل کردن زمان تحویل و دستیابی به بهترین شرایط پرداخت وجه، مدنظر است. ماهیت کالا نیز ازجمله عوامل تأثیرگذار در اولویت‌بندی اقلام خرید است.

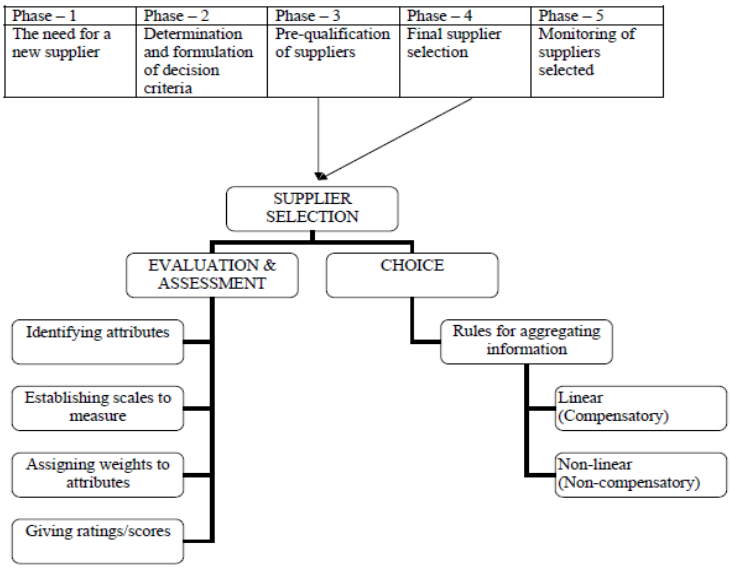
مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی، دوره ۱، شماره ۴، صفحه: ۳۸۳ـ۴۰۲

[1] M.Dachyar and Gilbertha Ayu Sijabat
[2] Preference Ranking of Organization Method for Enrichment Evaluation
[3] Chai et al.

در نیروگاه‌های تولید برق با توجه به ماهیت سیستم تولید پیوسته در آن‌ها حفظ و آماده‌به‌کار بودن تجهیزات از مهم‌ترین عواملی است که می‌تواند تولید را تحت تأثیر قرار دهد و برای نیل به این هدف، مدیریت تأمین و نگهداشت قطعات یدکی اهمیت خاصی دارد. تأمین قطعات و تجهیزات یدکی از تأمین‌کنندگان مختلف صورت می‌گیرد و نیاز ارزیابی تأمین‌کنندگان برای آن مشخص است. قطعات یدکی ازلحاظ ماهیت و تأثیری که در سیستم دارند باهم تفاوت زیاد داشته و این تفاوت، رفتار متفاوت با آن‌ها را در حوزه تأمین و نگهداشت می‌طلبد. همچنین هزینه‌هایی که فرآیند خرید و تدارکات جهت تأمین اقلام یدکی و مصرفی ایجاد می‌کند نیاز بهینه‌سازی در تدارکات را نشان می‌دهد؛ بنابراین داشتن یک الگوی جامع که بتواند به ابعاد ماهیت کالا، ارزیابی تأمین‌کنندگان، تخصیص بهینه سفارش‌ها و برنامه‌ریزی خرید بپردازد می‌تواند تأثیر مطلوبی بر فرآیند مدیریت قطعات یدکی در سیستم‌های تولید پیوسته نظیر نیروگاه‌های تولید برق بگذارد.

۴ـ ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان

انتخاب تأمین‌کننده بخش مهمی از مدیریت زنجیره تأمین بوده و نقش راهبردی در تعیین موفقیت سازمان‌ها دارد. چراکه در دستیابی به محصولات باکیفیت بالا و رضایت مشتری، کمک شایانی می‌کند. معمولاً انتخاب تأمین‌کننده مناسب، یک فرآیند پنج مرحله‌ای را شامل می‌شود که با درک نیاز به یک تأمین‌کننده جدید، شروع می‌شود. سپس معیارهای تصمیم‌گیری، تعیین و فرموله می‌شوند. در مرحله سوم، به‌منظور غربالگری اولیه و تهیه یک لیست کوتاه از تأمین‌کنندگان بالقوه، پیش ارزیابی، انجام می‌گردد. در مرحله چهارم، تأمین‌کننده یا تأمین‌کنندگان نهایی با



شکل ۱- فازهای فرآیند و فعالیت‌های انتخاب تأمین‌کننده.

Figure 1- Process phases and supplier selection activities.

استفاده از یکی از روش‌های انتخاب تأمین‌کننده، انتخاب می‌شوند. مرحله نهایی، ارزیابی مستمر و پیوسته برای نظارت بر تأمین‌کنندگان انتخاب‌شده است (دبور و همکاران[1]، ۲۰۰۳).

[1] De Boer et al.

انتخاب تأمین‌کننده درگیر دو فعالیت اصلی است که برای هر مسئله‌ای که نیاز به تصمیم‌گیری دارد، اساسی هستند که در شکل ۱ نشان داده‌شده است؛ اول، فرآیند ارزیابی و سنجش و دوم، جمع‌بندی ارزیابی و سنجش برای انتخاب (براگلیا و پترونی[1]، ۲۰۰۰).

۵ـ ماهیت و طبقه‌بندی قطعات یدکی

قطعات یدکی درزمینهٔ تأمین و مصرف، ماهیتی متفاوت از قطعات تولیدی دارند. مصرف قطعات تولیدی معمولاً رابطه مستقیم و مشخصی با برنامه تولید دارد و با در دست داشتن برنامه تولید، امکان پیش‌بینی نیاز به قطعات تولیدی وجود خواهد داشت. ولی چنین رابطه واضحی بین میزان مصرف قطعات یدکی با برنامه تولید وجود ندارد و به‌راحتی امکان رسیدن به ضریب مصرف قطعات یدکی متناسب با میزان تولید وجود ندارد.

یکی از ویژگی‌های شاخص قطعات یدکی، بدون قاعده بودن تقاضای آن‌ها است؛ به‌عبارت‌دیگر، تقاضا در بسیاری از پریودها، برابر صفر بوده و تغییرپذیری اندازه تقاضا در دوره‌های با مقدار تقاضای غیر صفر، زیاد است (هوآ و ژانگ[2]، ۲۰۰۶). هیچ یک از الگوهای متداول بیان‌شده در سری‌های زمانی نیز در این نوع سری‌ها، مشاهده نمی‌شود. مشکل اصلی در ارزیابی دقت پیش‌بینی، وجود مقادیر صفر در بسیاری از پریودها است. همچنین فرض نرمال بودن توزیع تقاضا نیز برای تقاضای بدون قاعده، صحیح نیست. بسیاری از معیارهای سنتی مانند MAPE[3] که برای تقاضای باقاعده و هموار، مناسب می‌باشند هنگام روبرو شدن با این نوع تقاضا با مشکل مواجه می‌شوند.

۶ـ روش پیشنهادی

مراحلی کلی فرآیند پیشنهادی به‌صورت جدول ۱ قابل‌بیان است.

جدول ۱- مراحل و گام‌های تحقیق.

Table 1- Research steps and steps.

مرحله اول: تعیین و رتبه‌بندی شاخص‌های ارزیابی	گام اول: تعیین شاخص‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان گام دوم: اخذ نظرات خبرگان در مورد رتبه‌بندی شاخص‌ها گام سوم: رتبه‌بندی شاخص‌ها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی گروهی اصلاح‌شده گام چهارم: تعیین وزن شاخص‌ها با استفاده از روش حداقل مربعات گام پنجم: تعیین اولویت تأمین اقلام با استفاده از ماتریس کرالجیک
مرحله دوم: ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان	گام ششم: اخذ نظرات خبرگان در مورد رتبه تأمین‌کنندگان در هرکدام از شاخص‌ها در مورد تأمین هر یک از اقلام گام هفتم: تعیین وزن و رتبه کل تأمین‌کنندگان در مورد هر یک اقلام با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری تاپسیس
مرحله سوم: تخصیص سفارش	گام هشتم: مدل‌سازی مسئله با روش برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح صفر و یک گام نهم: حل مسئله با استفاده از نرم‌افزار GAMS

۱ـ۶ـ مرحله اول: تعیین و رتبه‌بندی شاخص‌های ارزیابی

در این مرحله، شاخص‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان، تعیین گردیده، سپس با استفاده از نظرات خبرگان، این شاخص‌ها، رتبه‌بندی شده و وزن آن‌ها مشخص می‌گردد. همچنین کالاهایی که قرار است در برنامه تأمین قرارگیرند، شناسایی‌شده و وزن اولویت تأمین آن‌ها تعیین می‌گردد.

[1] Braglia & Petroni
[2] Hua and Zhang
[3] Mean Absolute Percentage Error

– گام اول: تعیین شاخص‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان

در ابتدا بامطالعه پژوهش‌های صورت گرفته قبلی و همچنین مصاحبه با صاحب‌نظران حوزه تأمین تجهیزات در نیروگاه‌های تحت پوشش سازمان، لیست اولیه‌ای از شاخص‌های مؤثر در ارزیابی تأمین‌کنندگان، آماده شد. سپس با توجه به ماهیت تأمین کالاها و قطعات یدکی، برخی شاخص‌ها حذف‌شده و شاخص‌های مؤثرتر که تأمین‌کنندگان و سازندگان را شامل می‌شد، انتخاب شدند.

شاخص‌های مذکور عبارت‌اند از: قیمت، امکان فروش اعتباری، توانایی مالی، تضمین کالا، تحویل به‌موقع، خدمات پس از فروش، پاسخگویی به تغییرات تقاضا، حسن شهرت، موقعیت جغرافیایی، قابلیت فنی، سابقه کار با سازمان، مدیریت و سازمان‌دهی، پتانسیل همکاری آتی، دارا بودن گواهینامه کیفی، کیفیت بسته‌بندی و حمل‌ونقل، تولید طبق سفارش‌ها فنی، قابلیت اطمینان محصول.

– گام دوم: اخذ نظرات خبرگان در مورد رتبه‌بندی شاخص‌ها

پس از تعیین شاخص‌های نهایی، با همکاری ۱۷ نفر از خبرگان شاغل در سمت‌های مدیر مهندسی، مدیر نیروگاه، کارشناس ارشد مهندسی، کارشناس ارشد تعمیرات، کارشناس مسئول تأمین تجهیزات، کارشناس تأمین‌کنندگان اصلی نسبت به اخذ نظرات آن‌ها در مورد رتبه‌بندی شاخص‌ها، اقدام گردید. در این مرحله هرکدام از خبرگان مخیر بودند تا از رتبه‌های ۱ تا ۱۷ را به هرکدام از شاخص‌ها، تخصیص دهند. بدیهی است امکان تخصیص رتبه‌های تکراری هم برای شاخص‌های متفاوت وجود داشت.

– گام سوم: رتبه‌بندی شاخص‌ها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی گروهی اصلاح‌شده

در تکنیک سلسله مراتبی گروهی[1] اصلاح‌شده برای تشکیل ماتریس مقایسات زوجی به‌صورت زیر عمل می‌شود.

ستون‌ها و سطرهای این ماتریس را شاخص‌ها تشکیل می‌دهند. هر درایه شامل یک کسر است که صورت آن تعداد موافقان برتری شاخص سطر را به شاخص ستون و مخرج آن، تعداد مخالفان برتری شاخص سطر را به شاخص ستون نشان می‌دهد. نظرات موافقان و مخالفان از مقایسه رتبه‌های تخصیص‌یافته توسط خبرگان به هر شاخص قابل‌استخراج است. محاسبات مربوط به رتبه‌بندی شاخص‌ها بر اساس توضیحات فوق در دو مرحله به‌صورت جدول ۲ انجام گردید.

[1] Group AHP

جدول ۲- ماتریس مقایسات زوجی اولیه.

Table 2- Matrix of initial pairwise comparisons.

Q	P	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	
13.5	12.5	20.5	19	20.5	18.5	20.5	14	20.5	16	18.5	16	12	14.5	18	16	1	A
6.5	7.5	0.5	1	0.5	1.5	0.5	6	0.5	4	1.5	4	8	5.5	2	4	1	
9	6.5	14.5	15	15.5	14	15.5	10.5	17.5	15	10	11.5	8	10.5	13.5	1	4	B
11	13.5	5.5	5	4.5	6	4.5	9.5	2.5	5	10	8.5	12	9.5	6.5	1	16	
6.5	4	12	12.5	12.5	12	11	6.5	14.5	10	9	6.5	5.5	7.5	1	6.5	2	C
13.5	16	8	7.5	7.5	8	9	13.5	5.5	10	11	13.5	14.5	12.5	1	13.5	18	
0.5	11.5	11.5	18.5	17.5	18	18.5	19	11.5	19	15	15	16	1	12.5	9.5	5.5	D
20.5	8.5	8.5	1.5	2.5	2	1.5	1	8.5	1	5	5	4	1	7.5	10.5	14.5	
11.5	11.5	18.5	17.5	12	18.5	19	11.5	19	15	15	16	1	4	14.5	12	12	E
8.5	8.5	1.5	2.5	8	1.5	1	8.5	1	5	5	4	1	16	5.5	8	8	
0.5	5	4	13.5	15	15.5	14.5	13	15	15.5	11.5	1	4	5	13.5	8.5	4	F
20.5	15	16	6.5	5	4.5	5.5	7	5	4.5	8.5	1	16	15	6.5	11.5	16	
0.5	5	4	13.5	15	15.5	14.5	13	5	15.5	1	8.5	5	5	11	10	1.5	G
20.5	15	16	6.5	5	4.5	5.5	7	15	4.5	1	11.5	15	15	9	10	18.5	
7	5.5	13.5	14.5	14	14.5	13.5	6	14	1	4.5	4.5	5	1	10	5	4	H
13	14.5	6.5	5.5	6	5.5	6.5	14	6	1	15.5	15.5	15	19	10	15	16	
4	2.5	9	7	8	8.5	7.5	2.5	1	6	15	15	1	8.5	5.5	2.5	0.5	I
16	17.5	11	13	12	11.5	12.5	17.5	1	14	5	5	19	11.5	14.5	17.5	20.5	
10	8.5	16.5	17.5	16.5	18	17	1	17.5	14	7	7	8.5	1	13.5	9.5	6	J
10	11.5	3.5	2.5	3.5	2	3	1	2.5	6	13	13	11.5	19	6.5	10.5	14	
5	3.5	10.5	11.5	13.5	12	1	3	12.5	6.5	5.5	5.5	1	1.5	9	4.5	0.5	K
15	16.5	9.5	8.5	6.5	8	1	17	7.5	13.5	14.5	14.5	19	18.5	11	15.5	20.5	
2	2	10.5	10.5	8	1	8	2	11.5	5.5	4.5	4.5	1.5	2	8	6	1.5	L
18	18	9.5	9.5	12	1	12	18	8.5	14.5	15.5	15.5	18.5	18	12	14	18.5	
2	2	8	10.5	1	9.5	6.5	3.5	12	6	5	5	2	2.5	7.5	4.5	0.5	M
18	18	12	9.5	1	10.5	13.5	16.5	8	14	15	15	18	17.5	12.5	15.5	20.5	
2.5	1.5	9.5	1	9.5	9.5	8.5	2.5	13	5.5	6.5	6.5	2.5	1.5	7.5	5	1	N
17.5	18.5	10.5	1	10.5	10.5	11.5	17.5	7	14.5	13.5	13.5	17.5	18.5	12.5	15	19	
2.5	1	1	10.5	12	9.5	9.5	3.5	11	6.5	16	16	1.5	8.5	8	5.5	0.5	O
17.5	19	1	9.5	8	10.5	10.5	16.5	9	13.5	4	4	18.5	11.5	12	14.5	20.5	
10.5	1	19	18.5	12	12	16.5	11.5	17.5	14.5	15	15	8.5	8.5	16	13.5	7.5	P
9.5	1	1	1.5	8	8	3.5	8.5	2.5	5.5	5	5	11.5	11.5	4	6.5	12.5	
1	9.5	17.5	17.5	12	12	15	10	16	13	20.5	20.5	8.5	20.5	13.5	11	6.5	Q
1	10.5	2.5	2.5	8	8	5	10	4	7	0.5	0.5	11.5	0.5	6.5	9	13.5	

مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی، دوره ۱، شماره ۴، صفحه: ۳۸۳_۴۰۲

– گام چهارم: تعیین وزن شاخص‌ها با استفاده از روش حداقل مربعات

روش محاسبه وزن شاخص‌ها از ماتریس تصمیم مقایسات زوجی، به سازگار یا ناسازگار بودن ماتریس، وابسته است. شرط سازگار بودن ماتریس، برقرار بودن رابطه زیر است:

$$a_{ik} = a_{ij} \times a_{jk} . \qquad (۱)$$

اگر رابطه فوق برای یکی از i، j و kها برقرار نباشد ماتریس ناسازگار خواهد بود. همواره ماتریس‌های تصمیمی که در مقایسه گزینه‌ها نسبت به یک معیار کمی، حاصل می‌شوند دارای این خاصیت هستند اما در مورد معیارهای کیفی، چنین نیست.

برای استخراج وزن‌ها از ماتریس سازگار، کافی است در صورت مثبت بودن جهت معیار، نسبت به نرمال کردن هر ستون و در صورت منفی بودن جهت معیار، نسبت به نرمال کردن هر سطر اقدام شود.

در حالتی که ماتریس تصمیم، ناسازگاری باشد می‌توان از روش‌های حداقل مربعات، حداقل مربعات لگاریتمی[1]، بردار ویژه[2] و روش‌های تقریبی[3] استفاده کرد. در این تحقیق از روش حداقل مربعات جهت تعیین وزن شاخص‌ها، استفاده‌شده و محاسبات آن توسط نرم‌افزار GAMS انجام‌شده است. اوزان محاسبه‌شده از این روش برای هر یک از شاخص‌ها به‌صورت جدول ۳ است.

جدول ۳- اوزان محاسبه‌شده برای شاخص‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان.

Table 3- Weights calculated for supplier evaluation indicators.

شاخص	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
وزن	۳۰	۰۹	۰۴	۰۰	۱۱	۰۰	۰۱/	۰۱/	۰۱/	۰۱/	۰۱/	۰۲/	۰۱/	۰۱/	۰۱/	۱۶/	۱۷/
شاخص	۰/۸	۰/۶	۰/۳	۰/۷	۰/۲	۰/۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

– گام پنجم: تعیین اولویت تأمین اقلام با استفاده از ماتریس کرالجیک

یکی از فاکتورهای تأثیرگذار در تخصیص سفارش‌ها، اولویت‌بندی آن‌هاست. همواره محدودیت بودجه می‌تواند بر زمان‌بندی و تخصیص سفارش‌ها، تأثیرگذار باشد. این موضوع در خصوص سفارش‌دهی قطعات یدکی نیز صادق است؛ بنابراین لازم است به نحوی سفارش‌هایی که قرار است در یک دوره زمانی مشخص، تأمین گردند، رتبه‌بندی شوند.

در این پژوهش از ماتریس کرالجیک برای تقسیم‌بندی کالاها و تعیین وزن مناسب جهت رتبه‌بندی آن‌ها استفاده‌شده است. استفاده از روش فوق و دسته‌بندی اقلام، علاوه بر کمک به تعیین اولویت‌ها می‌تواند در مدیریت تأمین اقلام دسته‌ها، مفید باشد.

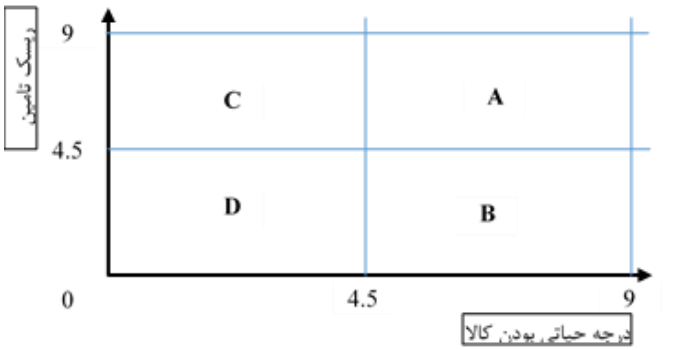
در پژوهش حاضر جهت رتبه‌بندی دو بعد ریسک تأمین در محور افقی و حیاتی بودن کالا در فرآیند تولید در محور عمودی در نظرگرفته‌شده است. برای محاسبه اعداد بعد حیاتی بودن، مقیاس دوقطبی به شرح زیر تعریف گردید:

حیاتی بودن	بلافاصله متوقف می‌شود	تولید می‌تواند ادامه یابد	تا سه روز تولید می‌تواند ادامه یابد	تا یک هفته تولید می‌تواند ادامه یابد	تا یک ماه تولید می‌تواند ادامه یابد	تأثیری در تولید ندارد
امتیاز	۹	۷	۵	۳	۱	

بعد حیاتی بودن، نقش کالا را فرآیند تولید نشان می‌دهد. از بالاترین درجه حیاتی بودن که به کالاهایی تعلق می‌گیرد که تولید، بدون آن‌ها امکان‌پذیر نیست تا پایین‌ترین درجه حیاتی بودن که به کالاهایی تعلق می‌گیرد که تأثیری در فرآیند ندارد.

بعد ریسک تأمین نیز با توجه به انحصاری بودن تأمین‌کننده، شرایط سیاسی تأمین کالا از خارج از کشور، تنوع تأمین‌کننده، ماهیت زمان بر بودن تأمین کالا و مواردی نظیر این‌ها تعیین‌شده و با مقیاس دوقطبی از خیلی زیاد (با امتیاز ۹) برای کالاهایی که تأمین آن‌ها زمان بر بوده و یا به دلایل مختلف، مشکلاتی را در بردارند تا خیلی کم (با امتیاز ۱) برای کالاهایی که تأمین آن‌ها هیچ مشکل خاصی نداشته و به آسانی قابل تأمین هستند، مشخص می‌شود.

[1] Logarithmic Least Squares Method
[2] Eigenvector Method
[3] Approximation Methods



شکل ۲- ماتریس رتبه‌بندی.

Figure 2- Ranking matrix.

با توجه به دو بعد در نظر گرفته‌شده جهت رتبه‌بندی، ماتریس رتبه‌بندی به‌صورت زیر خواهد بود:

- کالاهای گروه A: حیاتی بودن کالا زیاد – ریسک تأمین زیاد
- کالاهای گروه B: حیاتی بودن کالا زیاد – ریسک تأمین کم
- کالاهای گروه C: حیاتی بودن کالا کم – ریسک تأمین زیاد
- کالاهای گروه D: حیاتی بودن کالا کم – ریسک تأمین کم

رتبه‌های حیاتی بودن و ریسک تأمین در جدول ۴ تعلق هر کالا را به یکی از چهار دسته فوق و موقعیت آن در شکل ۲ را مشخص می‌کند. طبقه‌بندی فوق می‌تواند در مدیریت تأمین کالا با توجه به نوع طبقه‌ای که به آن تعلق دارند مورداستفاده قرار گیرد.

حاصل‌ضرب رتبه‌های حیاتی بودن و ریسک تأمین، رتبه کل هر کالا را نشان داده و با نرمال کردن رتبه‌های حاصل‌شده برای کالاهای مختلف، وزن اولویت تأمین هر کالا مشخص می‌شود. این اولویت درزمانی که محدودیت بودجه وجود داشته باشد باعث می‌شود به کالاهای با رتبه بالاتر، اهمیت بیشتری برای تأمین داده شود.

در این پژوهش، هشت کالای موردنیاز سازمان که باید در دوره زمانی مشخصی در برنامه تأمین قرارگیرد انتخاب‌شده و فرآیند رتبه‌بندی برای آن‌ها انجام‌شده است.

جدول ٤- لیست کالاهای موردبررسی به همراه اطلاعات مربوط به اولویت‌بندی تأمین.

Table 4- List of goods under review along with information related to supply prioritization.

ردیف	کالا	رتبه حیاتی بودن	رتبه ریسک تأمین	رتبه کل	وزن اولویت تأمین
۱	Allweiler Pump NSSV 65-250	۹	۹	۸۱	۰/۳۱۷۶۴۷
۲	Speed Sensor	۹	۷	۶۳	۰/۲۴۷۰۵۹
۳	MCP Card	۳	۹	۲۷	۰/۱۰۵۸۸۲
۴	Temperature Transmitter HART	۳	۷	۲۱	۰/۰۸۲۳۵۳
۵	Pressure Transmitter- Siemens	۳	۷	۲۱	۰/۰۸۲۳۵۳
۶	Oil Mist Filter	۴	۵	۲۰	۰/۰۷۸۴۳۱
۷	Forwarding Butterfly Valve Liner	۵	۳	۱۵	۰/۰۵۸۸۲۴
۸	Temperature Gauge 80	۱	۷	۷	۰/۰۲۷۴۵۱

مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی، دوره ۱، شماره ۴، صفحه: ۳۸۳_۴۰۲

۲ـ۶ـ مرحله دوم: ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان

در این مرحله با جمع‌آوری اطلاعات مربوط به تأمین‌کنندگان هر کالا، وزن تأمین‌کننده در تأمین آن کالا با استفاده از نظرات تصمیم‌گیرندگان تأمین و استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری تاپسیس، تعیین می‌شود. تکنیک تاپسیس را هوانگ[1] و یون[2] (۱۹۸۱) پیشنهاد کرده‌اند. در این تکنیک، هر مسئله به‌صورت یک سیستم هندسی شامل m نقطه در یک فضای n بعدی، فرض می‌شود. این تکنیک بر این مفهوم استوارشده است که بهترین گزینه، نزدیک‌ترین به جواب ایده‌آل مثبت[3] (PIS) و دورترین از جواب ایده‌آل منفی[4] (NIS) است.

تکنیک تاپسیس، ۶ مرحله دارد:

- کمی کردن و بی مقیاس سازی ماتریس تصمیم (محاسبه r_{ij})
- تشکیل ماتریس بی مقیاس وزنی از حاصل‌ضرب وزن شاخص‌ها در ستون متناظر

$$t_{ij} = r_{ij} \times w_j. \quad (۲)$$

- مشخص نمودن راه‌حل ایده‌آل مثبت (A^+) و راه‌حل ایده‌آل منفی (A^-)
- محاسبه اندازه جدایی[5] (فاصله) مثبت و منفی

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(t_{ij} - t_j^+\right)^2}. \quad (۳)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(t_{ij} - t_j^-\right)^2}. \quad (۴)$$

- محاسبه نزدیکی نسبی[6] به ایده‌آل

$$cl_i^+ = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \; ; 0 \le cl_i^+ \le 1. \quad (۵)$$

ـ رتبه‌بندی گزینه‌ها و تعیین گزینه برتر

- گام ششم: اخذ نظرات خبرگان در مورد رتبه تأمین‌کنندگان در هرکدام از شاخص‌ها در مورد تأمین هر یک از اقلام

از ۱۷ شاخص شناسایی‌شده جهت ارزیابی تأمین‌کننده، شاخص قیمت، شاخص هزینه و بقیه شاخص سود هستند. برای تخصیص رتبه به شاخص قیمت، عدد قیمت مدنظر قرارگرفته و برای بقیه شاخص‌ها که شاخص سود هستند از

[1] C. L. Hwang
[2] K. Yoon
[3] Position Ideal Solution
[4] Negative Ideal Solution
[5] Seperation Measure
[6] Relative Closeness

مقیاس دوقطبی به‌صورت خیلی زیاد (رتبه ۹)، زیاد (رتبه ۷)، متوسط (رتبه ۵)، کم (رتبه ۳) و خیلی کم (رتبه ۱) استفاده‌شده است. نتیجه تخصیص رتبه به‌صورت جدول ۵ است.

جدول ۵- تخصیص رتبه به هر تأمین‌کننده در هر شاخص.

Table 5 - Assignment of rank to each supplier in each index.

شاخص / تأمین‌کننده	A-	B+	C+	D+	E+	F+	G+	H+	I+	J+	K+	L+	M+	N+	O+	P+	Q+
S12	۲۳۰	۹	۵	۹	۷	۵	۵	۵	۵	۵	۱	۵	۷	۵	۵	۵	۵
S04	۳۵۰	۹	۷	۹	۷	۹	۷	۷	۵	۷	۷	۷	۷	۷	۵	۵	۷
S05	۳۴۹	۹	۹	۹	۷	۹	۷	۹	۵	۹	۷	۹	۷	۹	۵	۵	۹
S15	۲۸۰	۷	۵	۹	۹	۷	۷	۹	۵	7	۷	۷	۷	۵	۵	۵	۵

مبلغ هزینه در شاخص A به میلیون ریال درج‌شده است.

درایه‌های این ماتریس با a_{ij} (وزن اختصاص‌یافته به تأمین‌کننده زام در شاخص iام) نشان داده می‌شود.

– گام هفتم: تعیین وزن و رتبه کل تأمین‌کنندگان در مورد هر یک اقلام با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری تاپسیس.

جهت تعیین وزن تأمین‌کننده با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری تاپسیس، مراحل زیر در مورد هرکدام از کالاها انجام می‌شود.

۱ـ تعیین ماتریس نرمال شده جهت بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم (محاسبه r_{ij}).

برای این‌کار رابطه زیر مدنظر قرارگرفته است:

$$r_{ij} = \frac{w_i}{\sum_i^n a_{ij}^2}, \qquad j = 1,2,\dots,m. \qquad (۶)$$

جدول ٦- ماتریس نرمال شده جهت بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم.

Table 6- Normalized matrix to scale the decision matrix.

Q+	P+	O+	N+	M+	L+	K+	J+	I+	H+	G+	F+	E+	D+	C+	B+	A-	
0.37	0.50	0.50	0.37	0.50	0.35	0.08	0.35	0.40	0.37	0.38	0.33	0.46	0.50	0.37	0.53	0.38	S12
0.52	0.50	0.50	0.52	0.50	0.49	0.58	0.49	0.40	0.52	0.53	0.59	0.46	0.50	0.52	0.53	0.57	S04
0.67	0.50	0.50	0.67	0.50	0.63	0.58	0.63	0.40	0.67	0.53	0.59	0.46	0.50	0.67	0.53	0.57	S05
0.37	0.50	0.50	0.37	0.50	0.49	0.58	0.49	0.72	0.37	0.53	0.46	0.60	0.50	0.37	0.41	0.46	S15

۲ـ تعیین ماتریس نرمال شده وزین با ضرب درایه‌های ماتریس تصمیم در وزن شاخص

$$t_{ij} = r_{ij} \times w_j. \qquad (۷)$$

جدول ۷- ماتریس نرمال شده وزین.

Table 7- Weight normalized matrix.

Q+	P+	O+	N+	M+	L+	K+	J+	I+	H+	G+	F+	E+	D+	C+	B+	A-	
0.064	0.081	0.005	0.005	0.005	0.005	0.001	0.004	0.004	0.004	0.003	0.002	0.052	0.004	0.016	0.039	0.176	S12
0.090	0.081	0.005	0.007	0.005	0.007	0.005	0.005	0.004	0.006	0.004	0.004	0.052	0.004	0.022	0.051	0.176	S04
0.116	0.081	0.005	0.009	0.005	0.009	0.005	0.007	0.004	0.007	0.004	0.004	0.052	0.004	0.029	0.051	0.176	S05
0.064	0.081	0.005	0.005	0.005	0.007	0.005	0.005	0.006	0.004	0.004	0.003	0.067	0.004	0.016	0.039	0.141	S15
0.173	0.162	0.009	0.014	0.009	0.015	0.008	0.011	0.009	0.011	0.007	0.006	0.112	0.007	0.043	0.096	0.308	w

۳ـ تعیین نقاط ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی با محاسبه مینیمم درایه‌های هر ستون برای شاخص‌های هزینه و ماکزیمم درایه‌های هر ستون برای شاخص‌های سود.

جدول ۸- ماتریس محاسبه نقاطِ ایده آل.

Table 8- Matrix for calculating ideal points.

Q+	P+	O+	N+	M+	L+	K+	J+	I+	H+	G+	F+	E+	D+	C+	B+	A-	
۱۱۶	۰۸۱	۰۰۵	۰۰۹	۰۰۵	۰۰۹	۰۰۵	۰۰۷	۰۰۶	۰۰۷	۰۰۴	۰۰۴	۰۶۷	۰۰۴	۰۲۹	۰۵۱	۱۱۶	A^+
۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	
۰۶۴	۰۸۱	۰۰۵	۰۰۵	۰۰۵	۰۰۵	۰۰۱	۰۰۴	۰۰۴	۰۰۴	۰۰۳	۰۰۲	۰۵۲	۰۰۴	۰۱۶	۰۳۹	۱۷۶	A^-
۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	

۴ـ محاسبه فاصله نقاط ایده آل

فاصله نقاط مربوط به هرکدام از گزینه‌ها با نقاط ایده آل با روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(t_{ij} - t_j^+\right)^2}. \qquad (۸)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(t_{ij} - t_j^-\right)^2}. \qquad (۹)$$

نتیجه حاصل از محاسبه فاصله نقاط گزینه‌ها از نقاط ایده آل مطابق جدول ۹ می‌باشد.

جدول ۹- جدول محاسبه فاصله از نقاط ایده آل.

Table 9 - Table for calculating the distance from ideal points.

فاصله از نقاط ایده آل	
۰/۰۵۵۹	dA+
۰/۰۶۷۷	dB+
۰/۰۶۱۷	dC+
۰/۰۶۰۱	dD+
۰/۰۶۱۳	dA-
۰/۰۲۹۴	dB-
۰/۰۵۵۰	dC-
۰/۰۳۸۶	dD-

۵ـ محاسبه نزدیکی نسبی با ایده آل

برای محاسبه نزدیکی نسبی نقاط گزینه‌ها با نقاط ایده آل از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$cl_i^+ = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \; ; 0 \le cl_i^+ \le 1. \qquad (۱۰)$$

نتایج حاصل از محاسبه نزدیکی نسبی با نقاط ایده آل نیز به شرح جدول ۱۰ است.

جدول ۱۰- نتایج محاسبه نزدیکی نسبی با ایده آل.

Table 10- Results of calculating the relative proximity to the ideal.

	نزدیکی نسبی با ایده آل
Cl a	۰/۵۲۳۱
Cl b	۰/۳۰۲۹
Cl c	۰/۴۷۱۴
Cl d	۰/۳۹۰۹

۶ـ رتبه‌بندی گزینه‌ها و تعیین گزینه برتر

نهایتاً جهت رتبه‌بندی گزینه‌ها و تعیین گزینه برتر، گزینه‌ها بر اساس بیشترین نزدیکی نسبی با ایده آل، مرتب‌سازی شده و گزینه‌ها، طبق جدول ۱۱ رتبه‌بندی گردیده است.

جدول ۱۱- رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان.

Table 11 - Supplier ranking.

رتبه	تأمین‌کننده
۱	S12
۲	S05
۳	S15
٤	S04

۶ـ۳ـ مرحله سوم: تخصیص سفارش

جهت تخصیص بهینه سفارش با توجه به ماهیت مسئله، برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک مورداستفاده قرارگرفته است. در فرآیند تأمین قطعات یدکی برخلاف تأمین قطعات خطوط تولید، به دلیل کم بودن تعداد کالای سفارش شده، میزان تخصیص به تأمین‌کنندگان، هدف کار نیست بلکه صرفاً تخصیص تأمین یک کالا به یک تأمین‌کننده، مدنظر است؛ بنابراین در مدل برنامه‌ریزی خطی صفر و یک موردنظر، قرار است مشخص شود که تأمین هرکدام از کالاها به کدام تأمین‌کننده، واگذار شود. در این حالت، تقسیم یک سفارش بین دو یا چند تأمین‌کننده، اتفاق نمی‌افتد.

– گام هشتم: مدل‌سازی مسئله با روش برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح صفر و یک

اندیس‌ها، پارامترها و متغیرهای مدل به‌صورت زیر می‌باشد:

– اندیس‌ها و مجموعه‌ها:

I: مجموعه تمام کالاها.

I: اندیس کالا $i \epsilon I$.

J: مجموعه تمام تأمین‌کنندگان.

J: اندیس تأمین‌کننده $j \epsilon J$.

– پارامترها:

W_{ij}: وزن تأمین‌کننده زام در تأمین کالای iام.

B: میزان بودجه اختصاص‌یافته جهت تأمین اقلام.

p_i: رتبه کالای i ازلحاظ اهمیت تأمین.

c_{ij}: قیمت سفارش کالای i از تأمین‌کننده j.

– متغیرها:

x_{ij}: سفارش تخصیص‌یافته i به تأمین‌کننده j.

– تابع هدف:

در مسئله حاضر هدف این است که ارزش کل خرید، ماکزیمم گردد. همچنین اولویت تأمین کالاها نیز در تابع هدف لحاظ شده است.

$$Max\ Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} w_{ij}.p_i.x_{ij}. \qquad (۱۱)$$

– محدودیت‌ها:

محدودیت اول: مطابق سیاست واحد تأمین تجهیزات سازمان، حداکثر دو سفارش به هر تأمین‌کننده، تخصیص داده می‌شود.

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq 2, \qquad j \in J. \qquad (۱۲)$$

محدودیت دوم: سفارش هر کالا فقط به یک تأمین‌کننده داده می‌شود به عبارتی سفارش کالا بین دو یا چند تأمین‌کننده، تقسیم نمی‌شود.

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1, \qquad i \in I. \qquad (۱۳)$$

محدودیت سوم: مجموع کل ارزش خرید همه سفارش‌ها از بودجه کل، بیشتر نگردد.

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} c_{ij}.x_{ij} \le B. \qquad (۱۴)$$

محدودیت چهارم: مطابق سیاست واحد تأمین تجهیزات سازمان، حداکثر ۳۰% بودجه در نظر گرفته‌شده کل به هر تأمین‌کننده، تخصیص داده می‌شود.

$$\sum_{i\in I} c_{ij}.x_{ij} \le \alpha B, \quad j \in J. \qquad (۱۵)$$

محدودیت پنجم: با توجه به اینکه مدل انتخاب‌شده از نوع برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک می‌باشد، محدودیت‌های مربوط به صفر و یک بودن متغیرها نیز ازجمله متغیرهای دیگر مدل هستند.

$$x_{ij} = 0\,,1. \qquad (۱۶)$$

درصورتی‌که سفارش تأمین کالای i به تأمین‌کننده j اختصاص یابد $x_{ij}=1$ و در غیر این صورت $x_{ij}=0$.

– گام نهم: حل مسئله با استفاده از نرم‌افزار GAMS

برای حل مسئله در GAMS دو اندیس i و j جهت تفکیک کالاها و تفکیک تأمین‌کنندگان در نظر گرفته‌شده است. همچنین دو جدول w و c جهت واردکردن ضرایب شاخص‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان در مورد هر کالا و میزان هزینه تأمین هر کالا تعریف گردیده و برای سهولت کار، مقادیر هزینه و بودجه به میلیون ریال واردشده است. پارامتر p به‌عنوان وزن اولویت هر کالا ازلحاظ حیاتی بودن و ریسک تأمین وارد مدل شد. مقادیر بودجه (صد و سی میلیون تومان) به‌عنوان مقدار سمت راست محدودیت سوم و مقدار ضریب بودجه (۰/۵) به‌عنوان مقدار سمت راست محدودیت چهارم به مدل اضافه شد.

پس از حل مدل، الگوی تخصیص سفارش‌ها تأمین کالاها به تأمین‌کنندگان به‌صورت جدول ۱۲ حاصل شد.

جدول ۱۲- تخصیص سفارش‌ها تأمین کالا به تأمین‌کنندگان.

Table 12- Allocation of supply orders to suppliers.

ردیف	شرح کالا	کد کالا	تأمین‌کننده تخصیص داده‌شده	تأمین‌کننده	گروه مدیریتی
۱	Allweiler Pump NSSV 65-250	G1	تأمین‌کننده ردیف سه	S03	A
۲	Speed Sensor	G2	تأمین‌کننده ردیف هفت	S07	A
۳	MCP Card	G3	تأمین‌کننده ردیف نه	S09	C
۴	Temperature Transmitter HART	G4	تأمین‌کننده ردیف یازده	S11	C
۵	Pressure Transmitter- Siemens	G5	تأمین‌کننده ردیف چهارده	S14	C
۶	Oil Mist Filter	G6	تأمین‌کننده ردیف دوازده	S12	C
۷	Forwarding Butterfly Valve Liner	G7	تأمین‌کننده ردیف سه	S03	B
۸	Temperature Gauge 80	G8	تأمین‌کننده ردیف هفده	S17	C

گروه مدیریتی در مدیریت تأمین کالا کاربرد دارد. تأمین کالاهای گروه A به دلیل بالا بودن درجه حیاتی بودن و ریسک تأمین، باید به‌صورت ویژه، موردتوجه قرار گیرد چون هم مشکلات تأمین و هم حساسیت و اهمیت آن‌ها در فرآیند تولید زیاد است.

مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی، دوره ۱، شماره ۴، صفحه: ۳۸۳_۴۰۲

کالاهای گروه مدیریتی B، به دلیل بالا بودن درجه حیاتی بودن و پایین بودن ریسک تأمین، در درجه دوم اهمیت ازلحاظ تخصیص منابع دارد. این کالاها گرچه در فرآیند تولید، جایگاه خاصی دارند ولی به دلیل تنوع تأمین‌کننده و بالا نبودن هزینه تأمین، ریسک بالایی برای تأمین آن‌ها وجود ندارد.

کالاهای گروه مدیریتی C درجه حیاتی بودن بالایی ندارند ولی به دلیل ریسک بالای تأمین به نحو دیگری باید مدیریت‌شده و مدل مدیریت موجودی مناسبی برای آن‌ها در نظر گرفته شود.

درنهایت کالاهای گروه D به دلیل پایین بودن درجه حیاتی بودن و ریسک تأمین، نیازی به‌صرف منابع به‌صورت خاص نداشته و پس از بروز نیاز می‌توان آن‌ها را در برنامه تأمین قرارداد.

۶ـ۴ـ نتایج کلی حاصل از پژوهش

- وجود مدل جامعی که هر سه مرحله فوق‌الذکر را پوشش داده و برای تأمین همه کالاهای مهمی که باید در یک دوره زمانی مثلاً سه‌ماهه تأمین گردند، استفاده شود؛ بهتر از این است که برای هر کالا به‌صورت مستقل، اقدام شود. در این حالت علاوه بر اعمال بهتر سیاست‌های مدیریتی درزمینهٔ عدم تخصیص حجم مالی و تعدادی غیرمتعارف از تأمین کالا به یک تأمین‌کننده، محدودیت‌های بودجه و تخصیص آن به کالاهای بااهمیت‌تر باعث مدیریت بهتر تأمین تجهیزات می‌شود.
- تعیین گروه برای هر قطعه با توجه به دو بعد ریسک تأمین و حیاتی بودن قطعه، ابزار مدیریتی مناسبی جهت مدیریت تأمین تجهیزات فراهم می‌سازد.
- مطابق تصمیم‌گیری‌های اولیه انجام‌شده در سازمان موردنظر مقرر شد مراحل فوق می‌تواند در قالب یک دستورالعمل در سازمان به جریان افتاده و ضمن ایجاد فرم‌هایی برای جمع‌آوری و گردش اطلاعات، نتایج حاصل نیز به نحو مقتضی، بایگانی‌شده و پس از تحلیل مورداستفاده در فعالیت‌های آتی سازمان درزمینهٔ تأمین تجهیزات قرار گیرد.
- استفاده از مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک، روش مناسبی برای مسائل تخصیص سفارش‌ها درزمینهٔ قطعات یدکی می‌باشد و می‌تواند ساختار و اجزای تابع هدف و محدودیت‌ها با توجه به نوع سازمان، تغییر یابد.
- تکنیک تاپسیس به نحو مناسبی وزن شاخص‌های ارزیابی و نظرات خبرگان در مورد تأمین‌کنندگان هر قطعه را ترکیب کرده و نتایج حاصل می‌تواند با اطمینان در طراحی مدل ریاضی، استفاده شود.

۶ـ۵ـ پیشنهادها

در بررسی نظرات خبرگان در مورد شاخص‌های ارزیابی، استفاده از تکنیک‌هایی که فازی بودن موضوع را شامل شود مناسب‌تر خواهد بود.

گروه‌بندی قطعات یدکی، موضوع بسیار مهمی است که با دخالت دادن معیارهای دیگر و استفاده از روش‌های دیگری می‌تواند نتایج مفیدی برای مدیریت تأمین قطعات یدکی به دنبال داشته باشد.

منابع

Bender, P. S., Brown, R. W., Isaac, M. H., & Shapiro, J. F. (1985). Improving purchasing productivity at IBM with a normative decision support system. *Interfaces*, *15*(3), 106-115.

Braglia, M., & Petroni, A. (2000). A quality assurance-oriented methodology for handling trade-offs in supplier selection. *International journal of physical distribution & logistics management*, *30*(2), 96-111.

Chai, J., Liu, J. N., & Ngai, E. W. (2013). Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert systems with applications*, *40*(10), 3872-3885.
Dachyar, M., & Sijabat, G. A. (2019). Designing model of spare parts supplier selection in power plants using AHP-PROMETHEE method. In *Proceedings of the international conference on industrial engineering and operations management*, (pp. 106-112).
De Boer, L., & van der Wegen, L. L. (2003). Practice and promise of formal supplier selection: a study of four empirical cases. *Journal of purchasing and supply management*, *9*(3), 109-118.
Driessen, M., Arts, J., van Houtum, G. J., Rustenburg, J. W., & Huisman, B. (2015). Maintenance spare parts planning and control: a framework for control and agenda for future research. *Production planning & control*, *26*(5), 407-426.
Faez, F., Ghodsipour, H., & Fatemi-Ghomi, M. T. (2006). An integrated model for supplier selection and orders allocation using case-based reasoning and mathematical programming. *Journal of faculty of engineering*, *40*(4), 553-568. (In Persian). URL: https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=55765
Fallahi, H., & Motadel, M. R. (2014). Assessing the quality level of suppliers of machinery and spare parts for the oil refining industry with the Network Analysis Process (ANP) approach (case study: Lavan oil refining company). *International management conference*, Tehran, (p. 125-138).
Ghorbani, M., Arabzad, M., Razmi, J., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2012). Proposing a new approach for supplier selection based on Kraljic's model using FMEA and integer linear programming. *Production and operations management*, *3*(1), 19-40. (In Persian). URL: https://jpom.ui.ac.ir/article_19779.*html*
Grondys, K. (2015). Economic and technical conditions of selection of spare parts suppliers of technical equipment. *Procedia economics and finance*, *27*, 85-92.
Homayounfar, M., Goudarzvand-Chegini, M., & Daneshvar, A. (2018). Prioritization of green supply chain suppliers using a hybrid fuzzy multi-criteria decision-making approach. *Journal of operational research and its applications*, *15*(2), 41-61. (In Persian). URL: http://jamlu.liau.ac.ir/article-1-1544-fa.html
Hua, Z., & Zhang, B. (2006). A hybrid support vector machines and logistic regression approach for forecasting intermittent demand of spare parts. *Applied mathematics and computation*, *181*(2), 1035-1048.
Kumar, M., Vrat, P., & Shankar, R. (2006). A fuzzy programming approach for vendor selection problem in a supply chain. *International journal of production economics*, *101*(2), 273-285.
Kuo, R. J., Wang, Y. C., & Tien, F. C. (2010). Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection. *Journal of cleaner production*, *18*(12), 1161-1170.
Menatian, M. A., Chaghoei, Y., & Adibi-Sade, M. H. (2016). Developing a strategic model based on structural equation modeling and fuzzy logic approach in supplier selection. *Journal of strategic management research*, *22*(60), 115-139. (In Persian). URL: http://smr.journals.iau.ir/article_525208.html
Moshfegh, E. (2014). *Optimal supplier selection and order allocation using gradual refrigeration simulation ultra-innovative algorithm (case study: Iran alloy steel company located in Yazd province* (Master thesis, University of Science and Art). Retrieved from https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=281581
Noori-raj, E., Lotfi, M. R., & Rashidi-komijan, A. (2012). Fuzzy Topsis and goal programming integration models to select suppliers and allocation of orders. *Journal of industrial management*, *7*(22), 29-45. (In Persian). URL: https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=384968
Pour Tabatabaei, A., & Yazdanian, M. (2015). Identification and selection of capable suppliers of spare parts manufacturing by AHP decision method in steel production industries. *The first international conference on management with a value creation approach*, Tehran, (P. 127-150).
Pourmohammad Zia, N., & Nasiri, M. M. (2014). A hybrid model for supplier selection and order allocation in supply chain. *Journal of industrial engineering*, *49*(1), 117-128. (In Persian). URL: https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=465411
Sharma, D., Benton, W. C., & Srivastava, R. (1989). Competitive strategy and purchasing decision. Proceedings of the annual conference of the decision sciences institute.
Stević, Ž. (2017). Criteria for supplier selection: a literature review. *International journal of engineering, business and enterprise applications*, *19*(1), 23-27.
Zeydan, M., Çolpan, C., & Çobanoğlu, C. (2011). A combined methodology for supplier selection and performance evaluation. *Expert systems with applications*, *38*(3), 2741-2751.

Licensee Innovation Management and Operational Strategies. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).