



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\*<sup>1</sup>, Ahmad Masoudifar<sup>2</sup><sup>1</sup>Department of Industrial Engineering, Firoozkooch Branch, Islamic Azad University, Firoozkooch, Iran.<sup>2</sup>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.

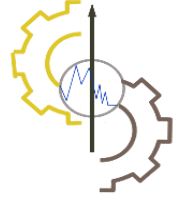
**Keywords:** Supplier evaluation, Spare parts, Binary programming, TOPSIS, Group AHP.

JEL Classificaton: C6.

\* Corresponding Author

Email Address: rashidi@azad.ac.ir

10.22105/IMOS.2021.271983.1030



نوع مقاله: پژوهشی

## مدل ریاضی جهت ارزیابی تأمین کنندگان و خرید قطعات یدکی (مطالعه موردی: نیروگاه فردوسی، شرکت بهره‌برداری و تعمیراتی

مپنا)

علیرضا رشیدی کمیجان<sup>۱\*</sup>، احمد مسعودی فر<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>گروه مهندسی صنایع، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران.

<sup>۲</sup>گروه مدیریت صنعتی-تولید و عملیات، واحد الکترونیک، 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 تأمین کنندگان و تخصیص سفارش به آنها است. هدف در این پژوهش، دستیابی به مدلی جامع برای رتبه‌بندی تأمین کنندگان، طبقه‌بندی قطعات، ارزیابی تأمین کنندگان و تخصیص بهینه سفارش‌ها است.

**روش‌شناسی پژوهش:** بدین منظور در مرحله اول، شاخص‌های ارزیابی تأمین کنندگان، مشخص شده 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 کراچیک انجام شده و ضریب الویت هر قطعه مشخص شد. در مرحله دوم، با استفاده از تکنیک تاپسیس، رتبه هر تأمین کننده در مورد تأمین قطعات مورد نظر مشخص شد و در مرحله سوم، طراحی یک مدل ریاضی برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک، مدنظر قرار گرفته و با تعیین تابع هدفی که ارزش خرید را ماکزیمم نموده و محدودیت‌هایی که ماهیت مسئله از لحاظ 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 در زمینه 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 تأمین کنندگان هر قطعه را ترکیب کرده و نتایج حاصل می‌تواند با اطمینان در طراحی مدل ریاضی، استفاده شود.

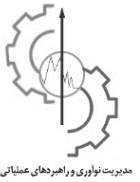
**کلیدواژه‌ها:** ارزیابی تأمین کننده، قطعات یدکی، برنامه‌ریزی صفر و یک، تاپسیس، تحلیل سلسله مراتبی گروهی.

طبقه‌بندی JEL: C6.

\* نویسنده مسئول

آدرس: [rashidi@azad.ac.ir](mailto:rashidi@azad.ac.ir) [www.SID.ir](http://www.SID.ir)

شناسه دیجیتال: 10.22105/IMOS.2021.271983.1030



محیط پویا و در حال تغییر حاکم بر تجارت امروز، فضایی به شدت رقابتی پدید آورده است؛ به گونه‌ای که سازمان‌ها جهت بقا و موفقیت، نیازمند روش‌های نوین در همه ابعاد کاری از جمله کاهش هزینه‌های تولید محصول هستند (پور محمد ضیا و نصیری<sup>۱</sup>، ۲۰۱۴). 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 خریداری شده و از آن‌ها در محصولات تولیدی/خدماتی یک شرکت استفاده می‌شود. لذا علاوه بر هزینه‌های تأمین مواد اولیه، سطح کیفیت مواد و قطعات خریداری شده نیز یکی از عوامل مؤثر به شمار می‌رود (فلاحی و معتدل<sup>۲</sup>، ۲۰۱۴). 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 از این‌رو مدت از کارافتادگی 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 از کارافتادگی، بسیار پرهزینه است (دریسن و همکاران<sup>۳</sup>، 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 به صورت میدانی استفاده شده 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، استفاده شده و نهایتاً مدل ریاضی جهت تعیین میزان و زمان بهینه خرید از هر تأمین‌کننده، ارائه شده و توسط نرم‌افزارهای مرتبط نظیر GAMS حل مسئله صورت می‌گیرد.

<sup>1</sup> Pourmohammad Zia and Nasiri

<sup>2</sup> Fallahi and Motadel

<sup>3</sup> Driessen, et al.



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<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) در تحقیقی روش‌های انتخاب تأمین‌کننده را به سه دسته کلی زیر تقسیم‌بندی نمودند:

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

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

آنتونی و بوفافا<sup>۲</sup> (۱۹۷۷) مسئله انتخاب تأمین‌کننده را در قالب یک مسئله برنامه‌ریزی خطی باهدف حداقل نمایی کل هزینه‌های خرید و انبارداری مدل‌سازی نمودند. بندور و همکاران<sup>۳</sup> (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 مورد استفاده قرار گرفت. شارما و همکارانش<sup>۴</sup> (۱۹۸۹) یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی با در نظر گرفتن آرمان‌های قیمت، کیفیت و زمان تحویل و با لحاظ محدودیت‌های تقاضا و بودجه جهت انتخاب تأمین‌کننده ارائه نمودند. پَن<sup>۵</sup> (۱۹۸۹) یک مدل برنامه‌ریزی خطی تک‌کالایی به‌منظور تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان باهدف حداقل نمایی قیمت‌های تجمیعی با لحاظ محدودیت‌های کیفیت، سطح خدمت و زمان تحویل ارائه نمود.

کئو و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۱۰) مدلی ترکیبی از شبکه‌های عصبی مصنوعی، تحلیل پوششی داده‌ها<sup>۷</sup> و فرآیند تحلیل شبکه‌ای<sup>۸</sup> برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده را معرفی کردند. زیدان و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۱۱) از ابزارهای تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، تاپسیس فازی و تحلیل پوششی داده‌ها در غربال اولین تأمین‌کنندگان و از ابزار تحلیل پوششی داده‌ها برای انتخاب تأمین‌کننده نهایی استفاده کردند. مشفق<sup>۱۰</sup> 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.

<sup>1</sup> Kumar et al.

<sup>2</sup> Anthony & Buffa

<sup>3</sup> Bendor et al.

<sup>4</sup> Sharma et al.

<sup>5</sup> Pan

<sup>6</sup> Kuo et al.

<sup>7</sup> Data envelopment analysis (DEA)

<sup>8</sup> Analytic network process (ANP)

<sup>9</sup> Zeydan et al.

<sup>10</sup> Moshfegh

نوری رج و همکاران<sup>۱</sup> (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<sup>۲</sup> (۲۰۱۶) درزمینه طبقه‌بندی موجودی‌ها، روش خوشه‌بندی را به‌عنوان مبنایی برای ایجاد سیاست موجودی به‌ویژه برای ذخیره‌سازی و کنترل پیشنهاد نموده است.

قربانی و همکاران<sup>۳</sup> (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 بر مبنای مدل کراالجیک<sup>۴</sup> 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<sup>۵</sup> (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 کراالجیک 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

<sup>1</sup> Noori-raj et al.

<sup>2</sup> Raja & Anton

<sup>3</sup> Ghorbani et al.

<sup>4</sup> FMEA

<sup>5</sup> Kraljic

<sup>6</sup> Faez el at.



همایون‌فر و همکاران<sup>۱</sup> (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، بررسی شده است. سپس با بررسی وضعیت فعلی شرکت سایپا و مشاوره با خبرگان و استفاده از روش دلفی فازی، معیارهای با درجه اهمیت بالاتر شناسایی شده است. در مرحله بعد، معیارهای نهایی در قالب پرسشنامه مقایسات زوجی در اختیار خبرگان قرار گرفته و داده‌های لازم جهت اولویت‌بندی بر اساس تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، جمع‌آوری گردیده است. در نهایت با استفاده از تکنیک ویکور فازی، ۱۰۰ تأمین‌کننده شرکت سایپا، مورد ارزیابی قرار گرفتند.

منتیان و همکاران<sup>۲</sup> (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 مورد استفاده قرار دادند.

گروندیس<sup>۳</sup> (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<sup>۴</sup> (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 چهار گروه لجستیک، فناوری، تجاری و ارتباطی طبقه‌بندی کرده است. او همچنین نتیجه‌گیری کرده است که معیارهایی که در اکثر این مقالات، مدنظر قرار گرفته و دارای اهمیت بوده‌اند عبارت‌اند از: سیستم ارتباطی، قابلیت اطمینان، انعطاف‌پذیری، ظرفیت لجستیکی، شهرت و پاسخگویی سریع به نیازمندی‌ها.

پورطباطبایی و همکاران<sup>۵</sup> (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 به منظور ارزیابی معیارهای تصمیم‌گیری گوناگون از جمله 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 به کار برده شده است.

<sup>1</sup> Homayounfar et al.

<sup>2</sup> Menatian et al.

<sup>3</sup> Grondys

<sup>4</sup> Stevic Zeljko

<sup>5</sup> Pour Tabatabaei et al.

داجیار و آیو سیجابت<sup>۱</sup> (۲۰۱۹) در پژوهش خود با عنوان طراحی مدل انتخاب تأمین کنندگان قطعات یدکی در نیروگاه AHP-PROMETHEE<sup>۲</sup> سعی کرده‌اند با ترکیب AHP و PROMETHEE برای انتخاب تأمین کننده قطعات یدکی ارائه نمایند. در این پژوهش، از این روش، از AHP برای تعیین وزن اهمیت معیارها و از PROMETHEE برای تولید یک لیست اولویت بندی تأمین کنندگان استفاده نمودند. معیارهای اصلی انتخاب شده در این پژوهش شامل هزینه، کیفیت، تحویل، خدمات و مدیریت و پتانسیل شرکت مدنظر قرار گرفته است.

### ۳- بیان مسئله و اهمیت موضوع

در این تحقیق، مسئله مورد بحث عبارت است از ارائه مدلی ریاضی جهت ارزیابی تأمین کنندگان و انجام وظیفه خرید قطعات یدکی در صنعت نیروگاهی. انتخاب تأمین کننده و تخصیص سفارش‌ها، از مهم ترین وظایف پشتیبانی در صنعت نیرو است.

انتخاب تأمین کنندگان نامناسب، موجب هزینه‌های زیادی می‌شود. این هزینه نه فقط مربوط به شرایط تأمین است بلکه بیشتر ناشی از خرابی و توقف ماشین آلات می‌باشد. از این رو، معیار اصلی برای انتخاب تأمین کننده قطعات یدکی، در دسترس بودن و زمان تحویل است (گرن دیس، ۲۰۱۵).

روش‌های زیادی برای گذشته، روش‌های زیادی برای ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان ارائه شده است. با وجود این، متخصصان اعتقاد دارند که در عمل، روش بهینه منحصر به فردی برای ارزیابی تأمین کنندگان وجود ندارد.

چای و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۳) در تحقیقی جامع، به مرور نظام مند مقالات منتشر شده در سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ پرداختند. آن‌ها مقالات در حوزه ارزیابی تأمین کننده، 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 تأمین کنندگان و برنامه‌ریزی خرید است. برای دخالت دادن ماهیت کالا در مدل، طبقه بندی اقلام، مدنظر قرار خواهد گرفت که آن هم یک مسئله چندمعیاره است و لازم است با لحاظ کردن، جنبه‌های مختلف مؤثر در طبقه بندی، الگویی مناسب که هم معیارهای کمی مثل مدت زمان تأمین و ارزش کالا و هم معیارهای کیفی مثل درجه بحرانی بودن و محدودیت‌های تأمین کالا را شامل شود، مورد استفاده قرار گیرد.

رتبه بندی تأمین کنندگان و تخصیص سفارش‌های خرید با در نظر گرفتن ماهیت اقلام خرید، توانمندی بیشتری برای مدیریت اقلام خرید و تأمین کنندگان 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 از جمله عوامل تأثیرگذار در اولویت بندی اقلام خرید است.

<sup>1</sup> M.Dachyar and Gilbertha Ayu Sijabat

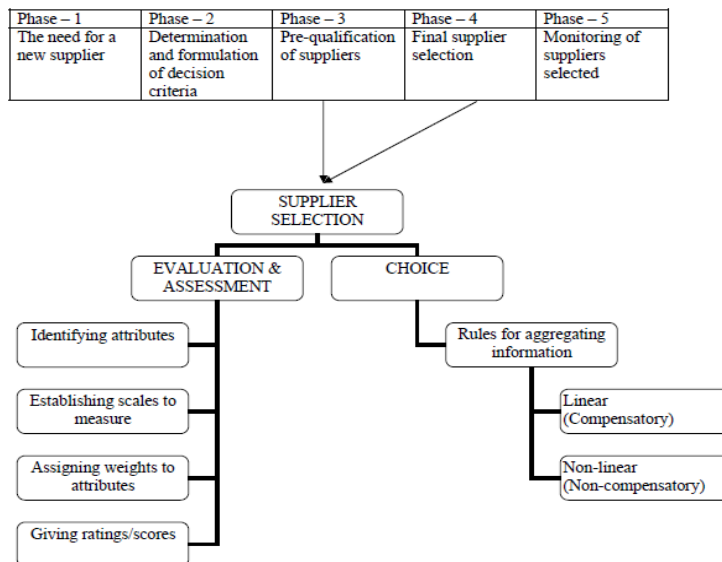
<sup>2</sup> Preference Ranking of Organization Method for Enrichment Evaluation

<sup>3</sup> 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 از لحاظ 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.

#### ۴- 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، به منظور غربالگری اولیه و تهیه یک لیست کوتاه از تأمین‌کنندگان بالقوه، پیش‌ارزیابی، 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، ۲۰۰۳).

<sup>1</sup> 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 داده شده است؛ اول، فرآیند ارزیابی و سنجش و دوم، جمع‌بندی ارزیابی و سنجش برای انتخاب (براگلیا و پترونی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۰).



## ۵- ماهیت و طبقه‌بندی قطعات یدکی

قطعات یدکی در زمینه 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 به راحتی 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؛ به عبارت دیگر، تقاضا در بسیاری از پریودها، برابر صفر بوده و تغییرپذیری اندازه تقاضا در دوره‌های با مقدار تقاضای غیر صفر، زیاد است (هوا و ژانگ<sup>۲</sup>، 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<sup>۳</sup> که برای تقاضای باقاعده و هموار، مناسب می‌باشند هنگام روبرو شدن با این نوع تقاضا با مشکل مواجه می‌شوند.

## ۶- روش پیشنهادی

مراحل کلی فرآیند پیشنهادی به صورت جدول ۱ قابل بیان 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
مرحله دوم: ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان	گام چهارم: تعیین وزن شاخص‌ها با استفاده از روش حداقل مربعات گام پنجم: تعیین اولویت تأمین ارقام با استفاده از ماتریس کراچیک
مرحله سوم: تخصیص سفارش	گام ششم: اخذ نظرات خبرگان در مورد رتبه تأمین‌کنندگان در هرکدام از شاخص‌ها در مورد تأمین هر یک از ارقام گام هفتم: تعیین وزن و رتبه کل تأمین‌کنندگان در مورد هر یک از ارقام با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری تاپسیس گام هشتم: مدل‌سازی مسئله با روش برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح صفر و یک گام نهم: حل مسئله با استفاده از نرم‌افزار GAMS

### ۶-۱- 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 قرار گیرند، شناسایی شده و وزن اولویت تأمین آن‌ها تعیین می‌گردد.

<sup>1</sup> Braglia & Petroni

<sup>2</sup> Hua and Zhang

<sup>3</sup> Mean Absolute Percentage Error



در ابتدا با مطالعه 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 حذف شده 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 به موقع، 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 اصلاح شده

در تکنیک سلسله مراتبی گروهی<sup>۱</sup> اصلاح شده برای تشکیل ماتریس مقایسات زوجی به صورت زیر عمل می‌شود.

ستون‌ها و سطرهاى 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 تخصیص یافته توسط خبرگان به هر شاخص قابل استخراج است. محاسبات مربوط به رتبه‌بندی شاخص‌ها بر اساس توضیحات فوق در دو مرحله به صورت جدول ۲ انجام گردید.

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	



– 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:

$$a_{ik} = a_{ij} \times a_{jk} \quad (1)$$

اگر رابطه فوق برای یکی از  $i, j$  و  $k$ ها 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.



مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی

در حالتی که ماتریس تصمیم، ناسازگاری باشد می‌توان از روش‌های حداقل مربعات، حداقل مربعات لگاریتمی<sup>۱</sup>، بردار ویژه<sup>۲</sup> و روش‌های تقریبی<sup>۳</sup> استفاده کرد. در این تحقیق از روش حداقل مربعات جهت تعیین وزن شاخص‌ها، استفاده شده و محاسبات آن توسط نرم‌افزار GAMS انجام شده است. اوزان محاسبه شده از این روش برای هر یک از شاخص‌ها به صورت جدول ۳ است.

جدول ۳- اوزان محاسبه شده برای شاخص‌های ارزیابی تأمین کنندگان.

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	۰/۸	۰/۶	۰/۳	۰/۷	۰/۲	۰/۶	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱۶	۰/۱۷
شاخص	۰/۸	۰/۶	۰/۳	۰/۷	۰/۲	۰/۶	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱۶	۰/۱۷

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

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 کراجیک برای تقسیم‌بندی کالاها و تعیین وزن مناسب جهت رتبه‌بندی آن‌ها استفاده شده 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 نظر گرفته شده است. برای محاسبه اعداد بعد حیاتی بودن، مقیاس دوقطبی به شرح زیر تعریف گردید:

حیاتی بودن	بلافاصله تولید تا سه روز	تولید تا یک هفته	تولید تا یک ماه	تولید تأخیری در بودن
امتیاز	۷	۵	۳	۱

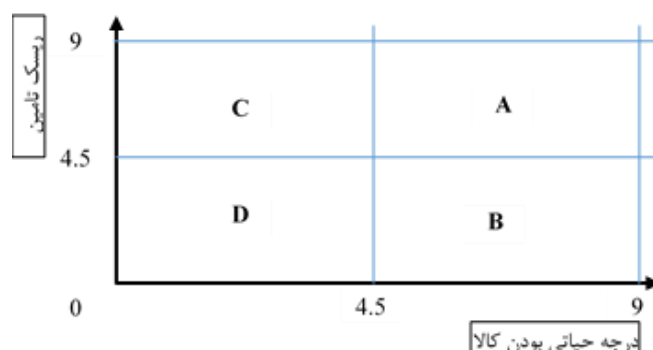
بعد حیاتی بودن، نقش کالا را فرآیند تولید نشان می‌دهد. از بالاترین درجه حیاتی بودن که به کالاهایی تعلق می‌گیرد که تولید، بدون آن‌ها امکان‌پذیر نیست تا پایین‌ترین درجه حیاتی بودن که به کالاهایی تعلق می‌گیرد که تأخیری در فرآیند ندارد.

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 تعیین شده 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.

<sup>1</sup> Logarithmic Least Squares Method

<sup>2</sup> Eigenvector Method

<sup>3</sup> Approximation Methods



شکل ۲- ماتریس رتبه‌بندی.

Figure 2- Ranking matrix.

با توجه به دو بعد در نظر گرفته شده جهت رتبه‌بندی، ماتریس رتبه‌بندی به صورت 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 مورد استفاده قرار گیرد.

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

در این پژوهش، هشت کالای مورد نیاز سازمان که باید در دوره زمانی مشخصی در برنامه تأمین قرار گیرد انتخاب شده و فرآیند رتبه‌بندی برای آن‌ها انجام شده است.

جدول ۴- لیست کالاهای مورد بررسی 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



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<sup>۱</sup> و یون<sup>۲</sup> (۱۹۸۱) پیشنهاد کرده‌اند. در این تکنیک، هر مسئله به صورت یک سیستم هندسی شامل  $m$  نقطه در یک فضای  $n$  بعدی، فرض می‌شود. این تکنیک بر این مفهوم استوار شده است که بهترین گزینه، نزدیک‌ترین به جواب ایده‌آل مثبت<sup>۳</sup> (PIS) و دورترین از جواب ایده‌آل منفی<sup>۴</sup> (NIS) است.

تکنیک تاپسیس، ۶ مرحله دارد:

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

$$t_{ij} = r_{ij} \times w_j. \quad (2)$$

- مشخص نمودن راه‌حل ایده‌آل مثبت ( $A^+$ ) و راه‌حل ایده‌آل منفی ( $A^-$ )
- محاسبه اندازه جدایی<sup>۵</sup> (فاصله) مثبت و منفی

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (t_{ij} - t_j^+)^2}. \quad (3)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (t_{ij} - t_j^-)^2}. \quad (4)$$

- محاسبه نزدیکی نسبی<sup>۶</sup> به ایده‌آل

$$cl_i^+ = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}; 0 \leq cl_i^+ \leq 1. \quad (5)$$

- رتبه‌بندی گزینه‌ها و تعیین گزینه برتر

- گام ششم: اخذ نظرات خیرگان 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 قرار گرفته و برای بقیه شاخص‌ها که شاخص سود هستند از

<sup>1</sup> C. L. Hwang

<sup>2</sup> K. Yoon

<sup>3</sup> Position Ideal Solution

<sup>4</sup> Negative Ideal Solution

<sup>5</sup> Separation Measure

<sup>6</sup> Relative Closeness

مقیاس دوقطبی به صورت خیلی زیاد (رتبه ۹)، زیاد (رتبه ۷)، متوسط (رتبه ۵)، کم (رتبه ۳) و خیلی کم (رتبه ۱) استفاده شده است. نتیجه تخصیص رتبه به صورت جدول ۵ است.

جدول ۵- تخصیص رتبه به هر تأمین کننده در هر شاخص.

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

شاخص تأمین کننده	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	۵	۹	۷	۷	۷	۷	۵	۵	۵	۵

مبلغ هزینه در شاخص A به میلیون ریال درج شده است.

درایه‌های این ماتریس با  $a_{ij}$  (وزن اختصاص یافته به تأمین کننده زام در شاخص  $i$ ام) نشان داده می‌شود.

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

جهت تعیین وزن تأمین کننده با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری تاپسیس، مراحل زیر در مورد هر کدام از کالاها انجام می‌شود.

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

برای این کار رابطه زیر مدنظر قرار گرفته است:

$$r_{ij} = \frac{w_i}{\sum_i^n a_{ij}^2}, \quad j = 1, 2, \dots, m. \quad (6)$$

جدول ۶- ماتریس نرمال شده جهت بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم.

Table 6- Normalized matrix to scale the decision matrix.

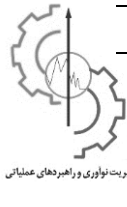
Q+	P+	O+	N+	M+	L+	K+	J+	I+	H+	G+	F+	E+	D+	C+	B+	A-
0.37	0.50	0.50	0.37	0.50	0.35	0.08	0.35	0.40	0.37	0.38	0.33	0.46	0.50	0.37	0.53	0.38
0.52	0.50	0.50	0.52	0.50	0.49	0.58	0.49	0.40	0.52	0.53	0.59	0.46	0.50	0.52	0.53	0.57
0.67	0.50	0.50	0.67	0.50	0.63	0.58	0.63	0.40	0.67	0.53	0.59	0.46	0.50	0.67	0.53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

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

$$t_{ij} = r_{ij} \times w_j. \quad (7)$$



Table 7- Weight normalized matrix.



مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی

	Q+	P+	O+	N+	M+	L+	K+	J+	I+	H+	G+	F+	E+	D+	C+	B+	A-	
	0.06	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.01	0.05	0.11	S12
	4	1	5	5	5	5	1	4	4	4	3	2	2	4	6	1	6	
	0.09	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.02	0.05	0.17	S04
	0	1	5	7	5	7	5	5	4	6	4	4	2	4	2	1	6	
	0.11	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.02	0.05	0.17	S05
	6	1	5	9	5	9	5	7	4	7	4	4	2	4	9	1	5	
۳۹۷	0.06	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.01	0.03	0.14	S15
	4	1	5	5	5	7	5	5	6	4	4	3	7	4	6	9	1	
	0.17	0.16	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.11	0.00	0.04	0.09	0.30	w
	3	2	9	4	9	5	8	1	9	1	7	6	2	7	3	6	8	

۳- 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 نقاط ایده‌آل.

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	۰.۸۱	۰.۰۵	۰.۰۹	۰.۰۵	۰.۰۹	۰.۰۵	۰.۰۷	۰.۰۶	۰.۰۷	۰.۰۴	۰.۰۴	۰.۶۷	۰.۰۴	۰.۲۹	۰.۵۱	۱۱۶	A <sup>+</sup>
	./	./	./	./	./	./	./	./	./	./	./	./	./	./	./	./	./	
	۰.۶۴	۰.۸۱	۰.۰۵	۰.۰۵	۰.۰۵	۰.۰۵	۰.۰۱	۰.۰۴	۰.۰۴	۰.۰۴	۰.۰۳	۰.۰۲	۰.۵۲	۰.۰۴	۰.۱۶	۰.۳۹	۱۷۶	A <sup>-</sup>
	./	./	./	./	./	./	./	./	./	./	./	./	./	./	./	./	./	

۴- محاسبه فاصله نقاط ایده‌آل

فاصله نقاط مربوط به هر کدام از گزینه‌ها با نقاط ایده‌آل با روابط زیر محاسبه می‌شود:

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

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

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

جدول ۹- جدول محاسبه فاصله از نقاط ایده‌آل.

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

فاصله از نقاط ایده‌آل	
./۰.۵۵۹	dA+
./۰.۶۷۷	dB+
./۰.۶۱۷	dC+
./۰.۶۰۱	dD+
./۰.۶۱۳	dA-
./۰.۲۹۴	dB-
./۰.۵۵۰	dC-
./۰.۳۸۶	dD-



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

$$cl_i^+ = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}; 0 \leq cl_i^+ \leq 1. \quad (10)$$

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

۶- 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
۴	S04

۶-۳- مرحله سوم: تخصیص سفارش

جهت تخصیص بهینه سفارش با توجه به ماهیت مسئله، برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک مورد استفاده قرار گرفته 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.

۸- 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  $i \in I$ .

J: مجموعه تمام تأمین کنندگان.

J: اندیس تأمین کننده  $j \in J$ .

- پارامترها:

$W_{ij}$ : وزن تأمین کننده زام در تأمین کالای  $i$  ام.

B: میزان بودجه اختصاص یافته جهت تأمین اقلام.

$p_i$ : رتبه کالای  $i$  از لحاظ اهمیت تأمین.

$c_{ij}$ : قیمت سفارش کالای  $i$  از تأمین کننده  $j$ .

- متغیرها:

$x_{ij}$ : سفارش تخصیص یافته  $i$  به تأمین کننده  $j$ .

- 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.

$$Max Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} w_{ij} \cdot p_i \cdot x_{ij}. \quad (11)$$

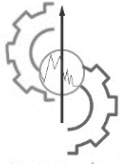
- محدودیت‌ها:

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

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq 2, \quad j \in J. \quad (12)$$

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

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1, \quad i \in I. \quad (13)$$



محدودیت چهارم: مطابق سیاست واحد تأمین تجهیزات سازمان، حداکثر ۳۰٪ بودجه در نظر گرفته شده کل به هر تأمین کننده، تخصیص داده می شود.

$$\sum_{i \in I} c_{ij} \cdot x_{ij} \leq \alpha B, \quad j \in J. \quad (15)$$

محدودیت پنجم: با توجه به اینکه مدل انتخاب شده از نوع برنامه ریزی عدد صحیح صفر و یک می باشد، محدودیت های مربوط به صفر و یک بودن متغیرها نیز از جمله متغیرهای دیگر مدل هستند.

$$x_{ij} = 0, 1. \quad (16)$$

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

گام نهم: حل مسئله با استفاده از نرم افزار GAMS

برای حل مسئله در GAMS دو اندیس  $i$  و  $j$  جهت تفکیک کالاها و تفکیک تأمین کنندگان در نظر گرفته شده است. همچنین دو جدول  $w$  و  $c$  جهت وارد کردن ضرایب شاخص های ارزیابی تأمین کنندگان در مورد هر کالا و میزان هزینه تأمین هر کالا تعریف گردیده و برای سهولت کار، مقادیر هزینه و بودجه به میلیون ریال وارد شده است. پارامتر  $p$  به عنوان وزن اولویت هر کالا از لحاظ حیاتی بودن و ریسک تأمین وارد مدل شد. مقادیر بودجه (صد و سی میلیون تومان) به عنوان مقدار سمت راست محدودیت سوم و مقدار ضریب بودجه (۵/۰) به عنوان مقدار سمت راست محدودیت چهارم به مدل اضافه شد.

پس از حل مدل، الگوی تخصیص سفارش ها تأمین کالاها به تأمین کنندگان به صورت جدول ۱۲ حاصل شد.

جدول ۱۲- تخصیص سفارش ها تأمین کالا به تأمین کنندگان.

Table 12- Allocation of supply orders to suppliers.

ردیف	شرح کالا	کد کالا	تأمین کننده تخصیص داده شده	تأمین کننده	گروه مدیریتی
۱	Allweiler Pump NSSV 65-250	G1	تأمین کننده ردیف سه	S03	A
۲	Speed Sensor	G2	تأمین کننده ردیف هفت	S07	A
۳	MCP Card	G3	تأمین کننده ردیف نه	S09	C
۴	Temperature Transmitter HART	G4	تأمین کننده ردیف یازده	S11	C
۵	Pressure Transmitter- Siemens	G5	تأمین کننده ردیف چهارده	S14	C
۶	Oil Mist Filter	G6	تأمین کننده ردیف دوازده	S12	C
۷	Forwarding Butterfly Valve Liner	G7	تأمین کننده ردیف سه	S03	B
۸	Temperature Gauge 80	G8	تأمین کننده 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 به صورت ویژه، مورد توجه قرار گیرد چون هم مشکلات تأمین و هم حساسیت و اهمیت آنها در فرآیند تولید زیاد است.



کالاهای گروه مدیریتی B، به دلیل بالا بودن درجه حیاتی بودن و پایین بودن ریسک تأمین، در درجه دوم اهمیت از لحاظ تخصیص منابع دارد. این کالاها گرچه در فرآیند تولید، جایگاه خاصی دارند ولی به دلیل تنوع تأمین کننده 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 مدیریت شده و مدل مدیریت موجودی مناسبی برای آن‌ها در نظر گرفته شود.

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

#### ۶-۴- 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 سه ماهه تأمین گردند، استفاده شود؛ بهتر از این است که برای هر کالا به صورت مستقل، اقدام شود. در این حالت علاوه بر اعمال بهتر سیاست‌های مدیریتی در زمینه عدم تخصیص حجم مالی و تعدادی غیرمتعارف از تأمین کالا به یک تأمین کننده، 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 انجام شده 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، بایگانی شده و پس از تحلیل مورد استفاده در فعالیت‌های آتی سازمان در زمینه تأمین تجهیزات قرار گیرد.
- استفاده از مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک، روش مناسبی برای مسائل تخصیص سفارش‌ها در زمینه 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 تأمین کنندگان هر قطعه را ترکیب کرده و نتایج حاصل می‌تواند با اطمینان در طراحی مدل ریاضی، استفاده شود.

#### ۶-۵- 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://jpm.ui.ac.ir/article\\_19779.html](https://jpm.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-Chegin, 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.iaiu.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.iaiu.ac.ir/article\\_525208.html](http://smr.journals.iaiu.ac.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., & Yazdani, 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/>).