

**Paper Type: Original Article**

A Multi Criteria Classification Method for Determining Spare Parts Management Policy: (Case Study: East Azarbaijan Water and Wastewater Company)

Somayeh Fakhimi Hossein Zad¹, Yaghoub Alavi Matin^{1,*} , Soleiman Iranzadeh¹

¹ Department of Management, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran; fakhimi.somayeh@yahoo.com; alavimatin@iaut.ac.ir; iranazadeh@iaut.ac.ir.

Citation:

Fakhimi Hossein Zad, S., Alavi Matin, Y., & Iranzadeh, S. (2024). A multi criteria classification method for determining spare parts management policy: (Case study: East Azarbaijan water and wastewater company). *Management: Modeling, analysis and applications*, 1(1), 1-9.

Received: 05/07/2023

Reviewed: 16/10/2023

Revised: 02/12/2023

Accepted: 18/01/2024

Abstract

Purpose: Inventory management of production equipment spare parts affects maintenance management performance and, as a result, productivity. This article aims to create a classification of spare parts for integration into the Computerized Maintenance Management System (CMMS) of East Azerbaijan province water and wastewater company.

Methodology: The classification method should be able to define groups for which an inventory control policy can be defined. At the beginning of the work, an initial classification is performed to identify the necessity and importance of spare parts for maintenance. After that, a multi-criteria classification, including maintenance and repair classification using criteria such as sensitivity, waiting time, and price, is presented for the groups, and finally, the inventory control policy is determined for each class.

Findings: Based on the output of this multi-criteria classification, the parts were placed in different groups, and a specific inventory control policy was designed for each group. These policies included inventory holding levels, ordering time and method, and supply priority.

Originality/Value: This research innovates by providing an innovative method for classifying spare parts that simultaneously considers technical and economic criteria and can be implemented in real operational environments, such as public service companies such as water and sewage. This method can also provide an effective model for companies and industries with similar structures.

Keywords: Inventory management, Maintenance management, Multi-criteria classification, Spare parts, Spare parts management.



Corresponding Author: alavimatin@iaut.ac.ir

<https://doi.org/10.22105/mmaa.v1i1.65>

Licensee. **Management: Modeling, Analysis and Application**. 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>).



ارایه یک روش طبقه بندی چند معیاره ابتکاری برای تعیین سیاست مدیریت قطعات یدکی: (مطالعه موردی: شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی)

سمیه فخمی حسین زاده^۱، یعقوب علوی متین^{۱*}، سلیمان ایران زاده^۱
^۱گروه مدیریت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

چکیده

هدف: مدیریت موجودی قطعات یدکی تجهیزات تولید، فرآیندی است که بر عملکرد مدیریت نگهداری و در نتیجه بهره‌وری تاثیر می‌گذارد. این مقاله با هدف ایجاد طبقه‌بندی قطعات یدکی برای ادغام در سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات رایانه‌ای^۱ شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی ارایه شده است.

روش‌شناسی پژوهش: روش طبقه‌بندی باید بتواند گروه‌هایی را تعریف کند که سیاست کنترل موجودی برای آن‌ها قابل تعریف باشد. در ابتدای کار، یک طبقه‌بندی اولیه برای شناسایی ضرورت و اهمیت قطعات یدکی برای نگهداری انجام می‌شود. پس از آن، یک طبقه‌بندی چندمعیاره، از جمله طبقه‌بندی نگهداری و تعمیرات با استفاده از معیارهایی مانند حساسیت، زمان انتظار و قیمت برای گروه‌ها ارایه می‌شود و در نهایت سیاست کنترل موجودی برای هر طبقه تعیین می‌گردد.

یافته‌ها: بر اساس خروجی این طبقه‌بندی چندمعیاره، قطعات در گروه‌های مختلفی قرار گرفتند که برای هر گروه، سیاست مشخصی در زمینه کنترل موجودی طراحی شد. این سیاست‌ها شامل سطوح مختلف نگهداری موجودی، زمان و نحوه سفارش‌گذاری و میزان اولویت تامین بود.

اصالت/ارزش افزوده علمی: نوآوری این پژوهش در ارایه روشی ابتکاری برای طبقه‌بندی قطعات یدکی نهفته است که به‌صورت هم‌زمان به معیارهای فنی و اقتصادی توجه دارد و به شکلی کاربردی قابلیت پیاده‌سازی در محیط‌های عملیاتی واقعی مانند شرکت‌های خدمات عمومی نظیر آب و فاضلاب را داراست. این روش می‌تواند الگویی موثر برای سایر شرکت‌ها و صنایع با ساختار مشابه نیز فراهم سازد.

کلیدواژه‌ها: مدیریت موجودی، مدیریت نگهداری، طبقه‌بندی چندمعیاره، قطعات یدکی، مدیریت قطعات یدکی.

۱- مقدمه

مدیریت قطعات یدکی یک شاخه خاص از مدیریت موجودی است و با تقاضای بسیار نامنظم و متناوب و با هزینه‌های قطعات با اندازه‌های مختلف مشخص می‌شود. هرگاه یک جز از کار بیفتد یا نیاز به جایگزینی داشته باشد، نیاز به تقاضای قطعات ایجاد می‌شود [1]. موجودی قطعات یدکی از جنبه‌های مختلف از جمله موجودی تولید متفاوت است [2]. موجودی لوازم یدکی توسط تقاضا تعیین می‌شود و با مراقبت‌های پیشگیرانه و اصلاحی ارتباط دارد و به‌منظور کاهش خرابی و هزینه و در دسترس بودن قطعات یدکی باید به‌طور مستقیم با نگهداری و تعمیرات مرتبط باشد. مدیریت موجودی و مدیریت نگهداری باید به‌عنوان قطعات به‌هم پیوسته جهت بهینه‌سازی عملکرد شرکت به‌هم مرتبط باشند [3]. مدیریت قطعات یدکی

¹ Computerized Maintenance Management System (CMMS)

قابلیت ارایه پشتیبانی از خدمات نگهداری و تعمیرات، مانند اطمینان از عملکرد سیستم های نصب شده را دارد. به گفته کندی و همکاران [2] مدیریت موجودی قطعات یدکی دارای خصوصیات خاص است که آن ها را از موجودی کالاها متفاوت می کند، مانند: تصمیم در مورد تعمیر یا جایگزینی که پیامدهای عمیقی بر سطح موجودی نگهداری دارد. اطلاعات مربوط به قابلیت اطمینان به طور کلی در حد لازم برای پیش بینی زمان خرابی در دسترس نیست هم چنین منسوخ شدگی ممکن است مشکل ایجاد کند زیرا ماشین هایی که برای آن ها قطعات یدکی طراحی شده است منسوخ شده و جایگزین می شوند. کمیت هزینه های مربوط به کمبود قطعات یدکی دشوار است، زیرا هزینه های مربوط به کیفیت و ضرر تولید را شامل می شود. CMMS در حال حاضر یکی از اجزای اصلی بخش های نگهداری بسیاری از شرکت ها است و از انواع فعالیت های مربوط به نگهداری و تعمیرات پشتیبانی می کند. در مورد قطعات یدکی، می تواند حرکت قطعات یدکی و ضروری بودن آن ها را در صورت لزوم ردیابی کرده و یکپارچگی دیدگاه های تدارکات و نگهداری را تسهیل کند [4]. تصمیمات یکپارچه تدارکات و نگهداری و تعمیرات اجازه می دهد تا یک برنامه نگهداری و تعمیرات، کارآمدتر و اجرای آن امکان پذیر باشد.

کار تحقیقاتی در مورد مدیریت قطعات یدکی ارایه شده در این مقاله در پروژه مدیریت دارایی های فیزیکی بر اساس به روزرسانی سیستم فعلی CMMS مورد استفاده شرکت است. این به روزرسانی شامل طراحی مجدد معماری نرم افزار است و مجموعه ای از روش ها و ویژگی های پیشرفته مدیریت نگهداری و تعمیرات را اضافه می کند [5]. مدیریت قطعات یدکی در حال حاضر در CMMS شرکت گنجانده نشده است. مدیریت قطعات یدکی توسط دپارتمان انجام می گیرد که تمام نیازهای تجهیزات را تامین می کند. برای استفاده بهتر و موثرتر از CMMS در نظر گرفته شده است که اطلاعات مربوط به مدیریت موجودی قطعات یدکی نیز در CMMS گنجانده شود. به منظور بهبود مدیریت موجودی قطعات یدکی براساس اطلاعات ثبت شده در CMMS یک روش طبقه بندی برای ارزیابی قطعات یدکی با توجه به اهمیت آن ها تهیه شده است. این طبقه بندی به دلیل تنوع زیاد قطعات یدکی و ویژگی های آن ها لازم است. در این مقاله، یک روش طبقه بندی که قادر به پشتیبانی از مدیریت موجودی قطعات یدکی است، ارایه شده است و گروه هایی از قطعات یدکی برای تعیین سیاست مدیریت موجودی ایجاد می کند [6].

۲- ادبیات تحقیق

مدیریت قطعات یدکی در طی دهه های گذشته بسیار مورد توجه بوده و موضوعات مختلفی در رابطه با قطعات یدکی از قبیل کنترل موجودی، پیش بینی تقاضا و قابلیت اطمینان و مدیریت زنجیره تامین مورد بحث قرار گرفته است. طبقه بندی قطعات یدکی یک گام مهم برای هدایت کل فرآیند مدیریت است. با طبقه بندی مناسب می توان مزایای بسیاری را به دست آورد. فرآیند پیش بینی تقاضا ممکن است توسط داده های جمع آوری شده برای کلاس های مختلف هدایت شود و بهبود عملکرد ممکن است بر روی کلاس های حساس متمرکز باشد [7]. به گفته کاوالیری و همکاران [4] انجام طبقه بندی قطعات یدکی مورد استفاده در یک شرکت صنعتی مهم است و این طبقه بندی برای فیلترکردن مواردی که باید مورد توجه بیشتری قرار بگیرند، مفید است. هاسکون [8] اظهار داشت که طبقه بندی قطعات یدکی امکان تعیین مدیریت کافی لوازم یدکی را فراهم می کند. این برنامه از انتخاب روش های پیش بینی تقاضا و کنترل موجودی حمایت می کند و اهداف مختلفی را در سطح خدمات و گردش موجودی برای هر گروه تعیین می کند.

طبق گفته های هاسکون [8] و مولنارس و همکاران [6] برای طبقه بندی قطعات یدکی دو نوع معیار وجود دارد:

۱. حساسیت فرآیند که در صورت عدم موفقیت یا خرابی آن عواقب شدیدی را برای تجهیز ایجاد می کند. به عنوان مثال، عواقب مربوط به از دست دادن جان، آلودگی محیط زیست یا از بین رفتن تولید.
۲. حساسیت کنترل، قطعات یدکی زمانی بحرانی تلقی می شوند که امکان پذیری یا دسترسی فوری به قطعه از نظر کنترل مشکل باشد.

برای ارزیابی اهمیت، کلاس های قطعات یدکی باید بر اساس چندین معیار کمی و کیفی ایجاد شوند. این بخش به دو موضوع تقسیم می شود، یکی تکنیک های طبقه بندی که معمولاً برای قطعات یدکی استفاده می شود و دیگری معیار اصلی برای طبقه بندی.

تکنیک های طبقه بندی

برای طبقه‌بندی اهمیت قطعات یدکی می‌توان از دو روش استفاده کرد: روش‌های کمی و روش‌های کیفی [4].

در صنعت، روش طبقه‌بندی ABC به صورت سنتی برای تجزیه و تحلیل به طور گسترده‌ای برای تعیین نیازهای خدمات قطعات یدکی استفاده می‌شود [6]. این طبقه‌بندی به شرکت‌ها کمک می‌کند تا مدیریت موجودی را ساده کنند. هدف از تجزیه و تحلیل ABC، طبقه‌بندی اقلام موجودی یا واحدهای نگهداری سهام^۱ به سه طبقه است: ۱-A: موارد بسیار مهم، ۲-B: موارد نسبتاً مهم و ۳-C: موارد نسبتاً بی‌اهمیت [9]. تجزیه و تحلیل ABC بسیار آسان است و از مدیریت موجودی موادی که از نظر ماهیت نسبتاً یک دست هستند، پشتیبانی می‌کند [10] معیارهای استفاده شده برای طبقه‌بندی عبارتند از تقاضای سالانه محصول و قیمت متوسط واحد [11]. هاسکونن [8] ذکر می‌کند که با توجه به تنوع ویژگی‌های کنترلی اقلام، طبقه‌بندی یک بعدی ABC، کلیه الزامات کنترل انواع مختلفی از موارد را شامل نمی‌شود. در ادبیات، ذکر شده است که یک تحلیل کلاسیک ABC ممکن است نتواند طبقه‌بندی خوبی را در عمل ارائه دهد [12].

روش کمی دیگر FSN است که موارد را در سه دسته، F کالا با حرکت سریع، S کالا با حرکت کند و N غیر متحرک، طبقه‌بندی می‌کند که بر روی نرخ حرکت قطعات یدکی متمرکز است [4].

روش‌های کیفی که معمولاً برای طبقه‌بندی قطعات یدکی به کار می‌روند، در روش داوری حدسی یا در روش‌های امتیازدهی قرار دارند [4]. طبقه‌بندی حیاتی، ضروری و مطلوب^۲ یک روش کیفی است سیستم طبقه‌بندی VED مبتنی بر دانش متخصص نگهداری و تعمیرات است. در این طبقه‌بندی قطعات یدکی را می‌توان به عنوان حیاتی، ضروری یا مطلوب طبقه‌بندی کرد [4]. با وجود سادگی ظاهر، از نظر ساختار می‌تواند یک کار دشوار باشد زیرا اجرای آن می‌تواند به علت استفاده از قضاوت‌های ذهنی کاربران مشکل باشد. گجبال و همکاران [13] استفاده از طبقه‌بندی VED را با یک روش تحلیلی سلسله‌مراتبی^۳ برای محدود کردن مشکل قضاوت ذهنی پیشنهاد کردند. روش کیفی دیگری که معمولاً در ادبیات برای طبقه‌بندی قطعات یدکی گزارش شده، AHP است. AHP به عنوان پیشرو و یکی از محبوب‌ترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در نظر گرفته شده است. AHP توجه محققان را به دلیل این واقعیت که معمولاً داده‌های ورودی به آسانی حاصل می‌شوند، جلب می‌کند [14].

در AHP، داده‌های مربوطه با استفاده از مجموعه‌ای از مقایسه‌های زوجی به دست می‌آید. کاربرد AHP به کاهش تصمیمات پیچیده و تبدیل آن به یک سری مقایسات ساده کمک می‌کند و در نتیجه به سنتر نتایج برای به دست آوردن بهترین تصمیم و دلیل روشن برای انتخاب آن کمک می‌کند. AHP از یک ساختار سلسله‌مراتبی چندسطحی از اهداف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها استفاده می‌کند. از این مقایسه‌ها برای تعیین وزن هر معیار و اقدامات عملکرد نسبی گزینه‌های جایگزین برای هر معیار استفاده می‌شود. این روش هم چنین ثبات مقایسه را تأیید می‌کند و مکانیزمی را برای بهبود آن در مواردی که مقایسه‌ها هماهنگ نیستند فراهم می‌کند [15].

تجزیه و تحلیل چندگانه درخت لوازم یدکی^۴ ارائه شده توسط براگیلا و همکاران [16] دارای معیارهای طبقه‌بندی بر اساس حساسیت آیتم‌ها است. این روش دو مرحله پیاپی را ارائه می‌دهد: در مرحله اول چهار کلاس حساسیت قطعات یدکی برای تجزیه و تحلیل روش‌های تهیه، با استفاده از یک درخت منطقی ارائه شده است. مرحله بعدی شامل دریافت استراتژی‌های مناسب برای مدیریت موجودی برای هر یک از چهار کلاس تعریف شده است. AHP برای پشتیبانی از مشکل تصمیم‌گیری در هر گره از درخت منطقی استفاده می‌شود.

انتخاب معیارها

اولین مرحله از روش طبقه‌بندی چندمعیاره، تعریف معیارهای مهم است. معیارهای متداول مورد استفاده در چهار مطالعه موردی قبلی عبارتند از: زمان از دست رفته برای انجام فرآیند، احتمال خرابی، تعداد تامین‌کنندگان بالقوه و قیمت. در مطالعه موردی که توسط مولنارس و همکاران [6] ارائه شده است یک روش طبقه‌بندی چند معیار بر اساس حساسیت قطعات یدکی ارائه شده است. محدوده کار تحقیقاتی آن‌ها اجرای واقعی یک روش طبقه‌بندی در یک محیط صنعتی بود.

¹ Es-Kay-YOO (SKU)

² Vital, Essential and Desirable (VED)

³ Analytic Hierarchy Process (AHP)

⁴ Multi-Attribute Spare Tree Analysis (MASTA)

رویکرد توسعه یافته ای توسط استول و همکاران [17] برای ارزیابی موجودی واقعی قطعات یدکی با همکاری یک شرکت صنعتی در نظر گرفته شده بود و در این رویکرد هدف این بود که مشکل موجودی لوازم یدکی حل شود. روش MASTA توسط براگلیا و همکاران [16] توسعه یافته است. مدلی را برای مدیریت موجودی قطعات یدکی ارائه می دهد که این مدل مجموعه ای از خصوصیات را برای طبقه بندی قطعات در صنعت کاغذ در نظر گرفته است. در مطالعه کانبلات و همکاران [18] طبقه بندی موجودی چند معیار که در یک شرکت الکترونیکی کوچک اعمال می شود، ارائه شده است. این طبقه بندی ترکیبی از قدرت فناوری های اطلاعاتی اخیر مانند سرویس های جاوا، بانک اطلاعاتی MySQL و اصول مدل سازی روش AHP فازی است.

۳- مراحل طبقه بندی چندمعیاره

طبقه بندی مستقر در ABC و FSN تنها یک معیار واحد را در نظر می گیرد. با این وجود، یک معیار طبقه بندی واحد نمی تواند کل حساسیت یک کالا را نشان دهد. به عنوان مثال، فقدان یک کالای آهسته می تواند تاثیر عمده ای بر بهره وری داشته باشد. بنابراین، در زمینه تدارکات قطعات یدکی، باید رویکردی که از حیث اعتبار به عنوان معیار اساسی باشد، توسعه یابد. مدیریت قطعات یدکی در حال حاضر توسط CMMS شرکت پشتیبانی نمی شود. مدیریت موجودی قطعات یدکی با انجام ثبت در نرم افزار انبار از موادی که برای اقدامات تعمیر و نگهداری استفاده می شود پشتیبانی می کند.

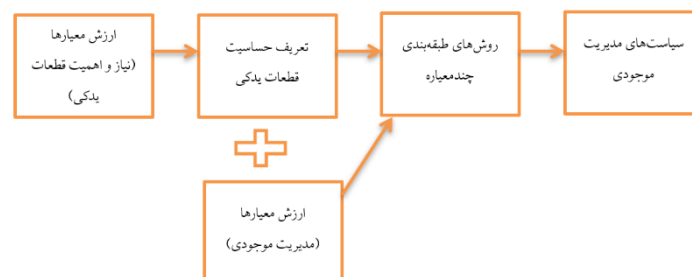
در این مقاله، یک طبقه بندی چندمعیاره از قطعات یدکی به منظور اختصاص یک سیاست موجودی مناسب برای هر قسمت یدکی، با ترکیب مجموعه ای از معیارها تهیه شده است. برخلاف آن چه در حال حاضر با استفاده از تجزیه و تحلیل ABC و FSN اتفاق می افتد.

در مرحله اول، حساسیت قطعات یدکی تعریف شده است و اهمیت و نیاز قطعات یدکی برای تولید را مشخص می کند. هدف اصلی این است که با استفاده از نام گذاری VED به هر بخش یدکی سطح بحرانی اختصاص داده شود که قطعات یدکی را در سه دسته حساسیت: حیاتی، ضروری و مطلوب تقسیم می کند.

۱. حیاتی: خرابی در یک بخش تاثیر زیادی در فرآیندهای تولید دارد.
۲. ضروری: خرابی در یک بخش تاثیر میانی بر فرآیندهای تولید دارد.
۳. مطلوب: خرابی در یک بخش خطری برای فرآیندهای تولید ندارد.

در ادبیات مفهوم VED معمولاً با روش AHP ترکیب می شود. در این حالت، دو معیار و سطح مربوطه در یک ماتریس در هم آمیخته می شوند، زیرا هر دو معیار دارای اهمیت یکسانی هستند.

نتیجه حساسیت قطعات یدکی به عنوان ورودی طبقه بندی چند معیار استفاده خواهد شد که هدف آن گروه بندی قطعات یدکی است که از همان سیاست موجودی استفاده می کنند. شکل ۱ دو مرحله دیگر در روش طبقه بندی قطعات یدکی پیشنهادی را نشان می دهد. هدف از اولین مرحله این طبقه بندی طبقه بندی قطعات یدکی با توجه به ضرورت و اهمیت آن ها برای نگهداری و تعمیرات است. بنابراین، نتیجه این مرحله اختصاص قطعات یدکی به یکی از سه سطح بحرانی است. نتیجه این مرحله، در طبقه بندی دوم که هدف آن ایجاد گروه هایی از قطعات یدکی است که با همان سیاست مدیریت سهام مشترک هستند، استفاده می شود. در مرحله دوم، طبقه بندی چندمعیاره که حساسیت قطعات یدکی را با معیارهای مربوط به مدیریت موجودی ترکیب می کند، انجام می شود.



شکل ۱- ورودی ها و خروجی های روش طبقه بندی.

Figure 1- Inputs and outputs of the classification method.

یک نمونه کاربردی

در این بخش یک نمونه کاربردی از روش طبقه‌بندی ارایه شده است. در مرحله اول طبقه‌بندی، حساسیت قطعات یدکی، با استفاده از مجموعه‌ای از قطعات یدکی به تایید می‌رسد. در مرحله دوم طبقه‌بندی، معیارها و روش ارایه شده است. این انتخاب هم در تحلیل ادبیات و هم در ارزیابی صنعتی ارایه شده در ادامه این مقاله قرار داده شده است و به شناسایی مناسب‌ترین معیارهایی که هنگام طبقه‌بندی قطعات یدکی در نظر گرفته می‌شود، کمک خواهد کرد.

حساسیت قطعات یدکی

هدف از اولین مرحله در طبقه‌بندی قطعات یدکی ارزیابی اعتبار قطعات یدکی به روشی کارآمد و دقیق است. قبل از تعیین قوانین برای اعتبار بخشی، مناسب‌ترین معیارها باید انتخاب شوند. دو معیار، یعنی عملکرد و تاثیر بر تولید تعریف شده است. معیار عملکرد به ۳ سطح و معیار تاثیر بر تولید در ۴ سطح تقسیم می‌شود. در جدول ۱ توضیحات معیارها و سطوح مربوطه ارایه شده است.

جدول ۱- لیست شرح معیارها.
Table 1- List of criteria descriptions.

شرح	شاخص
عملکردی که توسط قطعات یدکی در فرآیند تولید انجام می‌شود.	
عملکرد قطعات یدکی شامل پشتیبانی از عملکرد تجهیزات است، این امر مستقیماً در تولید دخالت نمی‌کند (به عنوان مثال کنترل، راحتی، یکپارچگی ساختاری، اقتصاد، جلوگیری از سو استفاده).	عملکرد کمکی
عملکرد قطعات یدکی حفظ ایمنی اپراتور است، ممکن است مستقیماً در تولید دخالت نکنند.	عملکرد ایمنی
قطعات یدکی در عملکرد اصلی تجهیزات نقش دارند.	عملکرد ضروری
تاثیر خرابی قطعات یدکی بر فرآیند تولید.	
خرابی قطعات یدکی هیچ تاثیری در تولید ندارد.	بدون تاثیر
خرابی قطعات یدکی باعث ایجاد نقص در محصولات می‌شود.	ضرر بر کیفیت
خرابی قطعات یدکی باعث کاهش نرخ تولید می‌شود.	کاهش بهره‌وری
خرابی قطعات یدکی باعث توقف فوری دستگاه می‌شود و باعث خاموش شدن تجهیزات در کل می‌شود.	توقف ناگهانی

پس از انتخاب معیارها و سطوح، محقق گردید که هر دو معیار از اهمیت یکسانی برخوردار هستند. بنابراین، سطح معیار عملکرد از ۱ به ۳، همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده، مرتب شده است و سطح معیار تاثیر بر تولید از ۰ تا ۳ مرتب شده است. در هر دو مورد، عدد کمتر نشان دهنده سطح کمتری است. نتیجه مرحله اول، انتساب ۳ سطح بحرانی به قطعات یدکی: حیاتی، ضروری و مطلوب است. برای این منظور، ماتریسی از ترکیب معیارها و سطوح مورد استفاده قرار گرفته است (شکل ۲).

		تاثیر تولید			
		0	1	2	3
عملکرد	1	1	2	3	
	2	2		4	5
	3		4	5	6

مطلوب
ضروری
حیاتی

شکل ۲- ماتریس ترکیبات.

Figure 2- Composition matrix.

ماتریس ترکیب با کمک چند شرکت مختلف با تجزیه و تحلیل چندین بخش مختلف اعتبار یافته است. [5] این مطالعه نشان می دهد که از بین ۱۲ ترکیب احتمالی، ۳ مورد هرگز رخ نمی دهد. جدول ۲ نمونه ای از قطعات یدکی مهم به عنوان مثال مورد تجزیه و تحلیل را نشان می دهد که هر یک مربوط به ۹ ترکیب موجود و هم چنین میزان اهمیت آن برای هر قسمت یدکی است.

جدول ۲- نمونه طبقه بندی قطعات یدکی.

Table 2 - Example of spare parts classification.

طبقه بندی	جمع	تاثیر بر تولید	عملکرد	شرح
حیاتی	6	3	3	پمپ شناور طبقاتی
	۶	۳	۳	پمپ wk1100
حیاتی	6	3	3	کابل
ضروری	4	2	2	کنتاکتور
حیاتی	6	3	3	الکتروموتور
مطلوب	1	0	1	فیوز
ضروری	3	1	2	شیر قطع و وصل
ضروری	3	1	2	شیر هوا
ضروری	3	1	2	خازن
مطلوب	1	0	1	مانومتر
حیاتی	6	3	3	کوپلینگ
حیاتی	6	3	3	پروانه
ضروری	5	2	3	بوش
حیاتی	6	3	3	بلبرینگ
حیاتی	6	3	3	یاتاقان
ضروری	4	2	2	بی متال
مطلوب	1	0	1	کسینوس فی
مطلوب	1	0	1	نشانگر آمپر
مطلوب	1	0	1	نشانگر ولتاژ
مطلوب	1	0	1	تایمر
ضروری	3	1	2	اینورتر
ضروری	4	2	2	بوبین
حیاتی	6	3	3	رله حرارتی

۴- طبقه بندی چندمعیاره

در مرحله دوم، از سطح بحرانی، به عنوان معیار در طبقه بندی چندمعیاره قطعات یدکی استفاده می شود. دو معیار دیگر اضافه شده، زمان انتظار و قیمت می باشد. در مرحله بعدی، محدوده هایی برای نتایج کمی و کیفی ممکن برای هر معیار در جدول ۳ تعریف شده است.

جدول ۳- نمونه طبقه بندی قطعات یدکی.

Table 3- Example of spare parts classification.

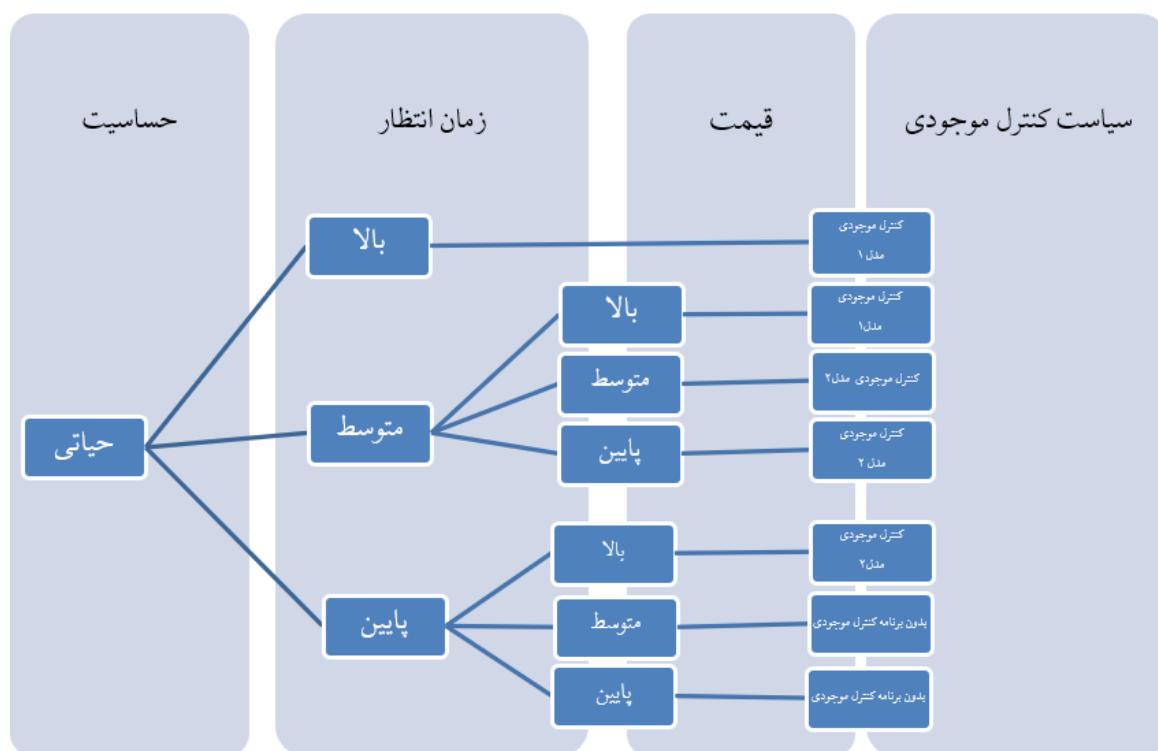
قیمت	زمان انتظار	حساسیت	معیارها/سطوح
بالاتر از ۲۰ میلیون تومان	بیشتر از سه هفته	حیاتی	بالا
بین پنج تا ۲۰ میلیون	بین ۵ روز تا سه هفته	ضروری	متوسط
کمتر از پنج میلیون	کمتر از ۵ روز	مطلوب	پایین

پس از اعتبارسنجی معیارها و سطوح مربوطه، لازم است روش مقایسه آن‌ها انتخاب شود. بنابراین، استفاده از یک درخت تصمیم پیشنهاد می‌شود. شکل ۲ یک نمونه را نشان می‌دهد. در این حالت اولین ملاکی که باید در نظر گرفته شود، حساسیت است. دومین ملاک زمان انتظار و سوم قیمت قطعات یدکی. سرانجام، تعیین مناسب‌ترین سیاست مدیریت موجودی برای هر بخش قطعات یدکی. در جدول ۴، چهار نوع سیاست کنترل موجودی شرح داده شده است.

جدول ۴- خط‌مشی‌های موجودی.

Table 4- Inventory policies.

سیاست کنترل موجودی	شرح
بدون موجودی	عدم نگه داشتن موجودی قطعات یدکی یک تصمیم آگاهانه است.
سفارش قطعات در زمان اتمام موجودی	این سیاست مدیریتی به معنای سفارش درست در زمانی است که قطعه یدکی از موجودی کم می‌شود.
موجودی قطعات یدکی چندگانه	این به معنای انبارکردن بیش از یک قطعه از یک مورد خاص است. سطح موجودی، نوع کنترل
مدل ۱	موجودی و انبارش مجدد باید محاسبه شود. بیش از یک مدل برای این سطح، قابل حل است.
مدل ۲	



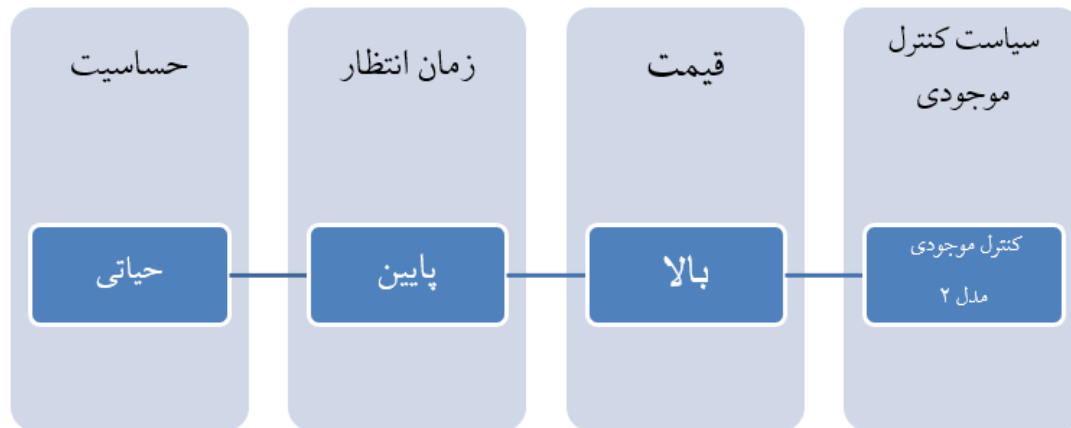
شکل ۳- نمونه‌ای از طبقه‌بندی چندمعیاره.

Figure 3 - An example of multi-criteria classification.

در تعریف سیاست مدیریت موجودی، مهم است که دو جنبه در نظر گرفته شود: تعداد ماشین‌هایی که برای آن‌ها از قطعات یدکی استفاده شده و تقاضای قطعات یدکی. برای تعیین تقاضای قطعات یدکی، مطالعات قابلیت اطمینان باید انجام گیرد. در مورد قطعاتی که به‌طور دوره‌ای تعویض می‌شوند (نگه‌داشت برنامه‌ای) لازم است از احتمال خرابی کالا در مدت زمان نگهداری پیشگیرانه آگاهی وجود داشته باشد.

۴-۱- مثال عینی ۱

برای یک پمپ شناور پنج طبقه با زمان انتظار دریافت حداکثر سه روز و قیمت بالای ۲۰ میلیون تومان با توجه به مباحث مطرح‌شده جهت کنترل موجودی از سیاست مدل ۲ باید پیروی کند. این به این معناست که باید از این پمپ حتماً در انبار قطعات یدکی به‌عنوان موجودی نگهداری گردد.

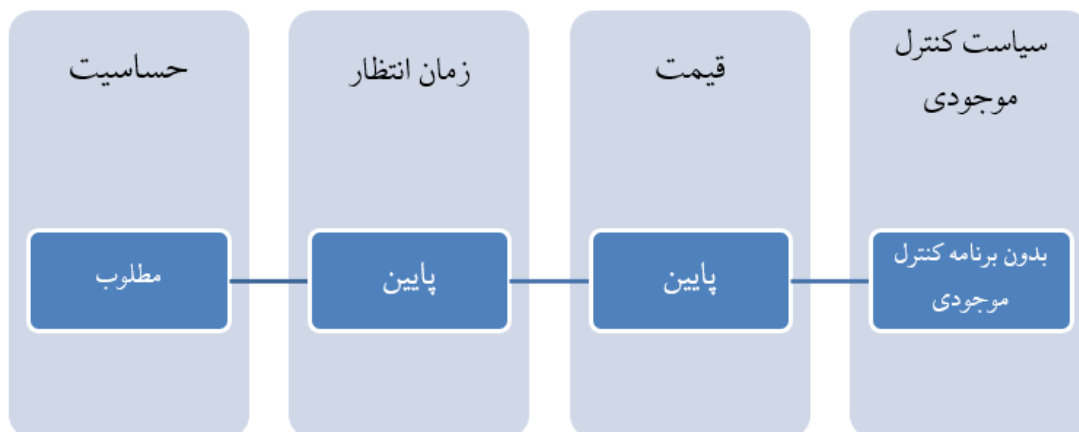


شکل ۴- نمونه سیاست کنترل موجودی پمپ شناور.

Figure 4- Sample submersible pump inventory control policy.

۴-۲- مثال عینی ۲

برای یک عدد فیوز تابلو برق سه فاز ایستگاه پمپاژ با حساسیت پایین، زمان انتظار چند ساعت، قیمت حدود ۵۰۰ هزار تومان، سیاست کنترل موجودی از حالت بدون انبارش پیروی می کند.



شکل ۵- نمونه سیاست کنترل موجودی فیوز مینیاتور.

Figure 5- Example of miniature fuse inventory control policy.

برای تعیین سیاست کنترل موجودی تمامی قطعات یدکی مورد استفاده در نگهداری و تعمیرات می توان از جدول های بالا بهره گرفت. در این صورت می توان به جای بررسی تک تک کالاها از طبقه بندی گروهی بهره جست و برای کالاهایی که در یک گروه قرار دارند یک نوع سیاست کنترل موجودی پیاده کرد.

۵- نتیجه گیری

مدیریت موجودی قطعات یدکی به دلیل مشکلات مربوط به جمع آوری داده ها، مقدار اطلاعات مورد نظر و هم چنین تعداد زیادی از موارد درگیر، مشکلات پیچیده ای را نشان می دهد. قطعات یدکی برای حفظ کارایی فرآیند تولید از اهمیت بالایی برخوردار هستند، بنابراین از افت تولید و کیفیت جلوگیری می کنند. از طرف دیگر، به دلیل بی تحرکی سرمایه و فضای بزرگ ذخیره سازی، نگهداری سطح بالایی از موجودی، گران است. بنابراین، بسیاری از مطالعات به منظور بهینه سازی مقدار قطعات یدکی ذخیره شده انجام می شوند. به همین منظور باید عواملی که در تصمیم گیری ها بر کسب و ذخیره قطعات یدکی تاثیر می گذارند، شناخته شوند. در این مقاله مطالعه ای ارائه شده است که هدف آن ایجاد یک طبقه بندی چندمعیاره برای

تعریف سیاست مدیریت موجودی برای هر قطعه یدکی است. توسعه این ابزار طبقه‌بندی چندمعیاره، به تصمیم‌گیری سازمان مبنی بر نگهداری قطعات یدکی در انبار بر اساس اطلاعات کمی و عینی کمک خواهد کرد.

منابع

- [1] Boylan, J. E., & Syntetos, A. A. (2008). Forecasting for inventory management of service parts. In *Complex system maintenance handbook* (pp. 479–506). Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-84800-011-7_20
- [2] Kennedy, W. J., Wayne Patterson, J., & Fredendall, L. D. (2002). An overview of recent literature on spare parts inventories. *International journal of production economics*, 76(2), 201–215. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(01\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(01)00174-8)
- [3] Van Horenbeek, A., Buré, J., Cattrysse, D., Pintelon, L., & Vansteenwegen, P. (2013). Joint maintenance and inventory optimization systems: A review. *International journal of production economics*, 143(2), 499–508. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.04.001>
- [4] Cavalieri, S., Garetti, M., Macchi, M., & Pinto, R. (2008). A decision-making framework for managing maintenance spare parts. *Production planning & control*, 19(4), 379–396. <https://doi.org/10.1080/09537280802034471>
- [5] Lopes, I., Senra, P., Vilarinho, S., Sá, V., Teixeira, C., Lopes, J., ..., & Figueiredo, M. (2016). Requirements specification of a computerized maintenance management system – A case study. *Procedia cirp*, 52, 268–273. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.047>
- [6] Molenaers, A., Baets, H., Pintelon, L., & Waeyenbergh, G. (2012). Criticality classification of spare parts: A case study. *International journal of production economics*, 140(2), 570–578. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.08.013>
- [7] Roda, I., Macchi, M., Fumagalli, L., & Viveros, P. (2014). A review of multi-criteria classification of spare parts: From literature analysis to industrial evidences. *Journal of manufacturing technology management*, 25(4), 528–549. <https://doi.org/10.1108/JMTM-04-2013-0038>
- [8] Huiskonen, J. (2001). Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices. *International journal of production economics*, 71(1), 125–133. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00112-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00112-2)
- [9] Hatefi, S. M., Torabi, S. A., & Bagheri, P. (2014). Multi-criteria ABC inventory classification with mixed quantitative and qualitative criteria. *International journal of production research*, 52(3), 776–786. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.838328>
- [10] Flores, B. E., & Clay Whybark, D. (1986). Multiple criteria ABC analysis. *International journal of operations & production management*, 6(3), 38–46. <https://doi.org/10.1108/eb054765>
- [11] Ramanathan, R. (2006). ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization. *Computers & operations research*, 33(3), 695–700. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2004.07.014>
- [12] Altay Guvenir, H., & Erel, E. (1998). Multicriteria inventory classification using a genetic algorithm. *European journal of operational research*, 105(1), 29–37. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00039-8)
- [13] Gajpal, P. P., Ganesh, L. S., & Rajendran, C. (1994). Criticality analysis of spare parts using the analytic hierarchy process. *International journal of production economics*, 35(1), 293–297. [https://doi.org/10.1016/0925-5273\(94\)90095-7](https://doi.org/10.1016/0925-5273(94)90095-7)
- [14] Triantaphyllou, E., Mann, S. H., & others. (1995). Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: Some challenges. *International journal of industrial engineering: Applications and practice*, 2(1), 35–44. <https://b2n.ir/pn4221>
- [15] Bevilacqua, M., & Braglia, M. (2000). The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection. *Reliability engineering & system safety*, 70(1), 71–83. [https://doi.org/10.1016/S0951-8320\(00\)00047-8](https://doi.org/10.1016/S0951-8320(00)00047-8)
- [16] Braglia, M., Grassi, A., & Montanari, R. (2004). Multi-attribute classification method for spare parts inventory management. *Journal of quality in maintenance engineering*, 10(1), 55–65. <https://doi.org/10.1108/13552510410526875>
- [17] Stoll, J., Kopf, R., Schneider, J., & Lanza, G. (2015). Criticality analysis of spare parts management: A multi-criteria classification regarding a cross-plant central warehouse strategy. *Production engineering*, 9(2), 225–235. <https://doi.org/10.1007/s11740-015-0602-2>
- [18] Cakir, O., & Canbolat, M. S. (2008). A web-based decision support system for multi-criteria inventory classification using fuzzy AHP methodology. *Expert systems with applications*, 35(3), 1367–1378. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.08.041>