

Prioritization of Dialysis Department Equipment to Enhance Reliability Using Fuzzy Multi-Criteria Decision Making

Asghari Gharehlar, Fereshteh¹, Soofi, Mansour², Fadaei Ashkiki, Mahdi³, & Homayounfar, Mahdi⁴

Received: November 13, 2023

Accepted: July 6, 2024

Introduction

Chronic kidney disease (CKD) is a major cause of premature death globally, and its burden continues to rise. Patients with CKD heavily depend on specialized medical equipment, especially dialysis machines. However, the shortage of equipment, aging devices, and inadequate infrastructure pose significant challenges to effective healthcare delivery. In countries like Iran, the ratio of patients to dialysis machines and the lifespan of these devices fall below global standards. These issues highlight the urgent need for smarter hospital equipment management, effective resource prioritization, and improved maintenance strategies. Hence, the central question is: what model can be used to prioritize medical equipment for inclusion in maintenance and repair programs?

Theoretical Background

In the field of preventive maintenance of medical equipment, numerous studies have focused on identifying and prioritizing equipment by utilizing multi-criteria decision-making (MCDM) methods. For instance, Saleh et al. (2015) applied the Quality Function Deployment (QFD) method to analyze equipment requirements and performance. Mahfoud (2016) employed the Analytic Hierarchy Process (AHP) and PROMETHEE techniques to assess risks associated with equipment maintenance. In another study, Torkzad and Beheshtinia (2019) used a combined MCDM approach to evaluate hospital service quality based on criteria such as environment, responsiveness, equipment, and professional competence. Hutagalung et al. (2019), using the AHP method, considered criteria including the complexity of maintenance operations, risk, mission criticality, equipment age, equipment and user error rates, and classification of medical devices. In the area of pharmaceutical management, Izadpanah et al. (2020) applied the Fuzzy Decision-making Trial and Evaluation Laboratory (FDANP) method to identify and analyze standard criteria in drug management. Hernández et al. (2020) proposed the Integrated Preventive Maintenance Equipment Model (IPMEM), considering factors such as equipment type and performance, maintenance needs, calibration, age, location, and associated risks. Nourian et al. (2020) prioritized equipment based on their impact on service quality, failure probability,

¹ Ph.D. Candidate, Department of Management, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran.

² Assistant Professor, Department of Management, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran. (Corresponding Author).
msoufi45@gmail.com

³ Assistant Professor, Department of Management, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran.

⁴ Assistant Professor, Department of Management, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran.

How to cite this paper: Asghari Gharehlar, Fereshteh., Soofi, Mansour., Fadaei Ashkiki, Mahdi., & Homayounfar, Mahdi. (2024). Prioritization of Dialysis Department Equipment to Enhance Reliability Using Fuzzy Multi-Criteria Decision Making. *Modern Management Engineering*, 10(4), 43-75. [In Persian]

and repair costs using MCDM methods. Moreover, Maleki et al. (2020) employed the Delphi method to analyze equipment value from the perspectives of patients, staff, and the organization. In a subsequent study, Maleki et al. (2021) identified priority indicators for equipment including importance, usage rate, impact on patient and staff safety, and service quality, assigning weights to these indicators using AHP. Ahmed et al. (2021) combined neutrosophic logic and the Analytic Network Process (ANP) to evaluate healthcare infrastructure assets considering risk, performance level, and physical condition. Additionally, Ciklacandir et al. (2023) utilized fuzzy simulation and considered twenty sub-criteria related to technical, financial, hospital, and device characteristics to support decision-making in medical equipment procurement. Finally, Pinho et al. (2023) employed the Electre Tri-nC method to analyze ventilator maintenance conditions based on criticality, life support function, and role in resuscitation.

Literature Review

In the field of preventive maintenance of medical equipment, numerous studies have focused on identifying and prioritizing equipment by utilizing multi-criteria decision-making (MCDM) methods. For instance, Saleh et al. (2015) applied the Quality Function Deployment (QFD) method to analyze equipment requirements and performance. Mahfoud (2016) employed the Analytic Hierarchy Process (AHP) and PROMETHEE techniques to assess risks associated with equipment maintenance. In another study, Torkzad and Beheshtinia (2019) used a combined MCDM approach to evaluate hospital service quality based on criteria such as environment, responsiveness, equipment, and professional competence. Hutagalung et al. (2019), using the AHP method, considered criteria including the complexity of maintenance operations, risk, mission criticality, equipment age, equipment and user error rates, and classification of medical devices. In the area of pharmaceutical management, Izadpanah et al. (2020) applied the Fuzzy Decision-making Trial and Evaluation Laboratory (FDANP) method to identify and analyze standard criteria in drug management. Hernández et al. (2020) proposed the Integrated Preventive Maintenance Equipment Model (IPMEM), considering factors such as equipment type and performance, maintenance needs, calibration, age, location, and associated risks. Nourian et al. (2020) prioritized equipment based on their impact on service quality, failure probability, and repair costs using MCDM methods. Moreover, Maleki et al. (2020) employed the Delphi method to analyze equipment value from the perspectives of patients, staff, and the organization. In a subsequent study, Maleki et al. (2021) identified priority indicators for equipment including importance, usage rate, impact on patient and staff safety, and service quality, assigning weights to these indicators using AHP. Ahmed et al. (2021) combined neutrosophic logic and the Analytic Network Process (ANP) to evaluate healthcare infrastructure assets considering risk, performance level, and physical condition. Additionally, Ciklacandir et al. (2023) utilized fuzzy simulation and considered twenty sub-criteria related to technical, financial, hospital, and device characteristics to support decision-making in medical equipment procurement. Finally, Pinho et al. (2023) employed the Electre Tri-nC method to analyze ventilator maintenance conditions based on criticality, life support function, and role in resuscitation.

Research Methodology

This study was conducted using a descriptive-analytical approach based on a library research method. To investigate the methods of identifying and prioritizing equipment in the field of preventive maintenance of medical devices, relevant studies utilizing multi-criteria decision-making (MCDM) techniques were first identified and analyzed. Subsequently, various methods applied in this field, including QFD, AHP, PROMETHEE, FDANP, Delphi, neutrosophic logic, fuzzy simulation, and ranking methods such as Electre Tri-nC, were recognized and thoroughly examined according to the research objectives, features, and evaluation criteria of each method. In this regard, data were extracted through a systematic review of scientific articles, reports, and credible sources, and using content and comparative analysis methods, the strengths and limitations of each method were analyzed. This analysis was conducted to provide a comprehensive model for prioritizing and preventive maintenance of medical equipment. From the data perspective, the present study utilized secondary qualitative data focusing on performance, risk, cost, safety, and service quality criteria of medical equipment. Furthermore, multi-criteria decision-making methods were employed to weight and rank the criteria and equipment to deliver more accurate and practical priorities.

Data Analysis

In this study, data analysis was conducted based on the opinions of five expert groups active in hospital equipment management, including medical equipment engineers, an electronics and instrumentation engineer, an electrical engineer, engineering technicians, and hospital managers from public, private, and social security-affiliated hospitals in Alborz Province. In the first round of the Delphi method, these experts redefined and extracted 22 indicators and sub-indicators related to prioritizing equipment for maintenance planning. In the second Delphi round, these indicators were revised, with some removed or added to reach consensus. The validity and reliability of the research are considered acceptable due to the careful selection of experts from key hospital decision-makers and the achieved consensus among the five expert groups. After identifying the indicators and sub-indicators, the weights of the indicators were determined using the fuzzy analytic hierarchy process (AHP). Experts were then asked to express their preferences regarding the maintenance of 23 medical devices based on nine defined sub-indicators. Their opinions were converted into fuzzy numbers using Chang's fuzzy scale, and a consensus decision matrix was formed by aggregating expert opinions through the geometric mean. Subsequently, an improved fuzzy TOPSIS method was applied to analyze the data and prioritize the equipment. The results are presented in combined matrices reflecting expert opinions on the sub-indicators and the calculation of alternatives' distances from positive and negative ideals using Euclidean distance. The coefficient ρ , representing the relative importance of proximity to the positive ideal versus distance from the negative ideal, was set to 0.5, assuming equal importance for both criteria.

Results and Limitations

According to the calculations, the prioritization of dialysis department equipment for maintenance and repair programs was determined, with the UPS device ranked first and the hospital bed ranked

last. This model is capable of identifying the importance of indirect but vital support equipment, which is often overlooked in many other models. This is significant because facilities equipment such as safe power supply and clean water, although less noticed, can disrupt the entire system if they fail. The use of the improved TOPSIS method in this field is innovative, and the results have gained experts' satisfaction. The presented model has the potential to be applied in similar departments and industries but requires further testing and validation.

Limitations of the study include limited access to experts and a lack of comprehensive maintenance data.

Recommendations

Considering the weaknesses in hospital equipment management systems, especially in small and medium-sized hospitals with older equipment, it is essential to improve preventive and predictive maintenance planning to increase the reliability of the equipment.

Keywords: Fuzzy multi-criteria decision-making, improved fuzzy TOPSIS, prioritization, dialysis equipment, maintenance and repair (M&R)

JEL: I18, C44, L86, Q55, M11

اولویت‌بندی تجهیزات بخش دیالیز به منظور ارتقای سطح اطمینان با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی

فرشته اصغری قره‌لر^۱، منصور صوفی^۲، مهدی فدایی اشکیکی^۳، مهدی همایون‌فر^۴

تاریخ پذیرش ۱۴۰۳/۴/۱۶

تاریخ وصول ۱۴۰۲/۸/۲۲

چکیده

هدف: هدف پژوهش حاضر ارائه مدلی کارآمد برای اولویت‌بندی تجهیزات بیمارستانی برای قرارگیری در برنامه نگهداری و تعمیرات است. چرا که یکی از مهم‌ترین موارد مؤثر در حفظ قابلیت اطمینان تجهیزات نگهداری این تجهیزات در سطح عملکرد مناسب است.

روش‌شناسی پژوهش: این پژوهش از منظر هدف کاربردی، روش جمع‌آوری اطلاعات پیمایشی و دلفی فازی است. تجزیه و تحلیل اطلاعات در مورد وزن‌دهی شاخص‌ها از طریق مقایسات زوجی و تجزیه تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و در اولویت‌بندی تجهیزات از طریق مدل تاپسیس بهبودیافته فازی صورت گرفته است.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد اولویت تجهیزات بخش دیالیز به عنوان جامعه نمونه با توجه با شاخص‌های اصلی ارزش، ماهیت، میزان و شرایط فعالیت تجهیز و نیز ۹ زیر شاخص فرعی این شاخص‌های اصلی، بدین شرح است. اولویت اول مربوط به یوپی‌اس، دوم رپورس اسمز و سوم دستگاه دیالیز.

اصالت / ارزش افزوده علمی: ارائه مدل ترکیبی و استفاده از روش تاپسیس بهبودیافته فازی برای اولویت‌بندی تجهیزات بیمارستانی که نوآوری پژوهش محسوب می‌شود و می‌تواند به بهبود برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات در بیمارستان‌ها کمک کند.

واژگان کلیدی: تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، تاپسیس توسعه‌یافته فازی اولویت‌بندی، تجهیزات بخش دیالیز، نگهداری و تعمیرات (نت)

JEL: I18, C44, L86, Q55, M11

msoufi45@gmail.com

^۱. دانشجوی دکتری گروه مدیریت، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

^۲. استادیار گروه مدیریت، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران (نویسنده مسئول)

^۳. استادیار گروه مدیریت، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

^۴. استادیار گروه مدیریت، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

استناد: فرشته اصغری قره‌لر، منصور صوفی، مهدی فدایی اشکیکی، مهدی همایون‌فر (۱۴۰۲). اولویت‌بندی تجهیزات بخش دیالیز به منظور ارتقای سطح اطمینان با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی. مهندسی مدیریت نوین، ۱۰ (۴)، ۴۳-۷۵.

بزرگسالان و کودکان مبتلا به بیماری کلیوی، متکی به امکانات آزمایشگاهی قوی و نیازمند به دسترسی به مراکز درمانی با تجهیزات تخصصی هستند. خدمات مراقبت‌های بهداشتی باید دسترسی عادلانه و مناسب مراقبت از بیماران مزمن را فراهم کند (Daga et al, 2023)؛ بنابراین بیمارستان‌ها و سازمان‌های بهداشتی و درمانی باید اطمینان داشته باشند که دستگاه‌های پزشکی گران‌قیمت آنها امن، دقیق، قابل اعتماد و در سطح عملکردی مورد نیاز هستند (Perl et al, 2023). درحالی‌که مطابق آمارهای منتشر شده جهانی، متأسفانه بار خالص بیمارهای کلیوی درمان‌نشده روزبه‌روز در حال افزایش است (Perl et al, 2023). بیماری مزمن کلیه یکی از علل اصلی مرگ زودرس در سراسر جهان است. تا سال ۲۰۳۰، ۱۴٫۵ میلیون نفر به بیماری کلیوی مرحله نهایی مبتلا خواهند شد، اما تنها ۵٫۴ میلیون نفر به دلیل عوامل اقتصادی، اجتماعی و سیاسی، درمان جایگزینی کلیه دریافت خواهند کرد. حتی برای کسانی که با روش‌های مختلف دیالیز دریافت می‌کنند، امید به زندگی بسیار پایین است (Groth et al, 2023). طبق سرانه جهانی دستگاه‌های دیالیز، یک دستگاه در ازای ۴ بیمار و عمر مفید هر دستگاه ۵ سال است که این عدد حتی در مرکز استانی ایران هم محقق نشده، سرانه تخصیص دستگاه نزدیک به ۵ بیمار و عمر فعالیت دستگاه‌های فعال در حال حاضر ۷ سال است. این کمبود امکانات منجر به افزایش بار کاری بر تجهیزات موجود می‌شود و نیاز به نگهداری و تعمیرات این دستگاه را بیشتر از استانداردهای جهانی می‌کند. مدیریت بیماران مبتلا به نارسایی کلیه که در مرحله نهایی تحت دیالیز نگهدارنده قرار دارند. نیازمند زیرساخت پیچیده‌ای متشکل از محیط اعم از برق، آب تصفیه شده، تجهیزات دیالیز، زنجیره تأمین امن دیالیز، کادر پزشکی ماهر و رهبری است که ممکن است در بسیاری از موقعیت‌ها در دسترس نباشد (Alasfar et al, 2023; García-Sanz-Calcedo et al, 2022)؛ بنابراین، عملکرد هرچه بهتر مدیریت تجهیزات بیمارستانی در این شرایط حائز اهمیت است. کمبود منابع و ریسک بالا از هرجهت این وضعیت را پیچیده‌تر نموده نیاز به ارتقای عملکرد و افزایش هوشمندی در تصمیم‌گیری را افزایش می‌دهد. اولویت‌بندی اولین الزام در جهت تخصیص منابع محدود و مدیریت ریسک در نگهداری از تجهیزات است (Do & Berenguerb, 2020). سؤال اینجاست که از چه مدلی می‌توان برای اولویت‌بندی تجهیزات پزشکی برای قرارگرفتن در برنامه مدیریت نگهداری و تعمیرات (نت) استفاده نمود؟

مبانی نظری پژوهش

بهبود خدمات درمانی مستلزم افزایش قابلیت اطمینان تجهیزات بیمارستانی است. عملکرد هرچه بهتر تجهیزات برآیند شرایط مناسب تجهیز و رفتار مناسب کاربر با تجهیز است. مه فاد و همکاران (Mahfoud et al, 2016) و تورک‌زاد و بهشتی‌نیا (Torkzad & Beheshtinia, 2019) نگهداری و تعمیرات مناسب و متناسب با هر تجهیز حداقل کاری است که می‌توان برای حفظ قابلیت اطمینان تجهیز به انجام رساند. مطابق الزامات مطرح شده در ضوابط مدیریت نگهداشت تجهیزات پزشکی در مرکز درمانی^۱ تجهیزات پزشکی نقش مهمی در ارائه خدمات سلامت به بیماران دارند و نیازمند

^۱نگارش ۲ شماره سند GO-WI-08 مورد تایید مدیرکل تجهیزات پزشکی، زیر مجموعه وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی ایران

مدیریت و نگهداری مناسب هستند. برای حفظ کارایی و ایمنی این تجهیزات، نیاز به مدیریت مناسب، نگهداری و تعمیرات دوره‌ای است.

نگهداری تجهیزات پزشکی شامل فعالیت‌هایی است که به منظور اطمینان از ایمنی، عملکرد و کارایی آنها انجام می‌شود. این فعالیت‌ها می‌توانند شامل نصب، راه‌اندازی، آموزش، کالیبراسیون، تعمیرات، ارتقاء و مستندسازی باشند. مدیریت نگهداری تجهیزات پزشکی به منظور بهینه‌سازی بودجه، افزایش بهره‌وری، کاهش خرابی‌ها و افزایش ایمنی بیماران و کارکنان انجام می‌شود. که شامل ارزیابی نیاز، انتخاب، خرید، نصب، آموزش، نظارت، ارزشیابی و بازیافت است. عرب سرخی می‌شایی ([Arab Sorkhi Mishabi, 2018](#)) نگهداری و تعمیرات تجهیزات به دو دسته پیشگیرانه و اصلاحی تقسیم می‌شوند. نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه شامل فعالیت‌هایی است که به منظور جلوگیری از خرابی و افزایش عمر مفید تجهیزات انجام می‌شود. نگهداری و تعمیرات اصلاحی شامل فعالیت‌هایی است که پس از بروز خرابی یا کاهش کارایی تجهیزات انجام می‌شود ([Aghasi Zadeh and Pouya, 2017](#))

این که هر تجهیز در چه زمانی و چه میزان نیاز به مراقبت دارد و اهمیت، ضرورت تقدم و تأخر هر اقدام در سیستم نگهداری و تعمیرات باید به چه ترتیب باشد؛ تصمیماتی است که باید با توجه به شرایط گرفته شود تا علاوه بر حفظ هر تجهیز به صورت منفرد، ریسک عمومی سیستم را به صورت کلان کاهش داد ([Hutagalung & Hasibuan, 2019](#); [Izadpanah et al, 2020](#)). استراتژی‌های مختلفی برای نگهداری و تعمیرات تجهیزات پزشکی وجود دارد که باید با توجه به نوع، مدل، کاربرد و شرایط محیطی تجهیزات انتخاب شوند. آقاسی‌زاده و پویا ([Aghasi Zadeh and Pouya, 2017](#)) روش‌های مطرح شده در تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره یا $MCDM^1$ در صدد است تا راهی برای تصمیم‌گیری صحیح‌تر و مبنی بر پایه‌های علمی و عقلایی برای مدیران فراهم آورد. محدودیت منابع از هر جهت همواره ما را مجبور به انتخاب می‌کند و میل به بهره‌وری ما را به سمت یافتن بهینه‌ترین روش سوق می‌دهد ([Safari & Khanmohammadi, 2016](#); [Azar & Rajabi, 2011](#)).

در میان روش‌های $MCDM$ روش تاپسیس یکی از پرکاربردترین روش‌ها است که می‌تواند به سادگی برای حل چالش‌هایی که با تعداد زیادی گزینه سرکار دارند استفاده شود. رویکرد تاپسیس، ابزار و اهرم مناسبی برای تعدیل و کنترل میزان موازنه و جبران‌پذیری بین معیارها است که باعث ارزیابی سریع و تفسیر مناسب نتایج و ارتباط بین معیارها می‌شود ([Eskandari et al, 2020](#)). روش تاپسیس قادر است به خوبی ارجحیت گزینه‌ها را نسبت به یکدیگر مشخص نماید. دقت بالای این روش ناشی از روابط منطقی و مقایسه گزینه‌ها از هر دو ایدئال مثبت و منفی است ([Eskandari et al, 2020](#)). تاپسیس معمولاً نقاطی را ارائه می‌کند که آن نقاط به عنوان راه‌حل، به طور هم‌زمان از ایدئال منفی دور و به ایدئال مثبت نزدیک‌ترین نقاط باشند. در روش تاپسیس برای محاسبه فاصله، از فرمول فاصله اقلیدسی استفاده می‌کنند، اما اگر بین معیارها همبستگی وجود داشته باشد برای دقت بیشتر از فرمول فاصله مالاهاان و بیس استفاده می‌شود که به این روش، تاپسیس بهبودیافته می‌گویند ([Sadabadi et al, 2022](#); [Ignacio et al, 2018](#) & [Jafarnejad, 2014](#)).

¹ Multi Criteria Decision Making

تاپسیس بهبودیافته^۱ از تکنیک‌های جدید تصمیم‌گیری چندمعیاره است که هدف آن رتبه‌بندی گزینه‌های پژوهش بر اساس مجموعه‌ای از معیارها است. این روش توسط آقای نیو^۲ و همکاران در سال ۲۰۱۷ ارائه شد. در واقع این روش بهبود روش تاپسیس سنتی است. نویسندگان این مقاله بیان داشتند که در روش تاپسیس سنتی محاسبه فاصله گزینه‌ها از ایدئال و ضد ایدئال توسط فاصله اقلیدسی محاسبه می‌شود که یک فاصله ابتدایی است؛ بنابراین پیشنهاد دادند که دو فاصله همینگ و فاصله رابطه خاکستری به مدل تاپسیس سنتی اضافه شود. سپس این سه فاصله توسط رویکرد ضربی به یک فاصله نهایی تبدیل شوند و بر اساس آن‌ها روابط نهایی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها صورت گیرد. طبق نظر آنها، تاپسیس بهبودیافته بر پایه این مفهوم است که روش انتخابی به طور هم‌زمان از ایدئال منفی دور و به ایدئال مثبت نزدیک است. در نتیجه بیان داشتند که نتایج ارزیابی به‌دست‌آمده با استفاده از روش تاپسیس بهبودیافته، کارآمدتر و متقاعدکننده‌تر است ([Sadabadi et al, 2022](#); [Ignacio et al, 2018](#)).

نگهداری پیشگیرانه یکی از وظایف اصلی مهندسی بالینی است و تضمین عملکرد صحیح تجهیزات ضروری است. مدیریت و کنترل فعالیت‌های تعمیر و نگهداری به همان اندازه برای انجام تعمیر و نگهداری مهم هستند. با افزایش تنوع تجهیزات پزشکی، نیاز به مدیریت و کنترل بهتر ضروری می‌شود. هدف این مقاله اولویت‌بندی تجهیزات بخش دیالیز به‌منظور بهبود نگهداری پیشگیرانه تجهیزات پزشکی است. به این منظور با مرور مقالات مشابه پرداختیم تا ضمن جمع‌بندی یافته‌ها و مرور شاخص‌های پیشنهادی روش و شاخص‌های مناسب برای اولویت‌بندی هرچه بهتر تجهیزات برای قرارگیری در برنامه نت و تدوین استراتژی نگهداری مناسب انتخاب و ارائه کنیم.

صالح و همکاران یک چارچوب سه دامنه‌ای متشکل از نیاز، عملکرد و مفهوم را توسعه دادند. دامنه نیازمندی، خانه ماتریس کیفیت است. دومین حوزه ماتریس طراحی است. در نهایت، حوزه مفهومی یک شاخص اولویت‌بندی برای نگهداری پیشگیرانه با در نظر گرفتن وزن معیارهای حیاتی ایجاد می‌کند. با توجه به نمرات نهایی آن معیارها، اقدام اولویت‌بندی تجهیزات پزشکی انجام می‌شود. مدل ما پنج سطح اولویت را برای نگهداری پیشگیرانه پیشنهاد می‌کند. این مدل بر روی ۲۰۰ قطعه تجهیزات پزشکی متعلق به ۱۷ بخش مختلف دو بیمارستان در استان پیمونت ایتالیا آزمایش شد. مجموعه داده شامل ۷۰ نوع تجهیزات مختلف است. نتایج نشان‌دهنده همبستگی بالایی بین معیارهای مبتنی بر ریسک و فهرست اولویت‌بندی است ([Saleh et al, 2015](#)).

محفود و همکارانش ضمن تسریع این امر که بخش‌های مهندسی بالینی باید یک برنامه مدیریت تجهیزات پزشکی را ایجاد و به طور مداوم تنظیم کنند تا از قابلیت اطمینان و ایمنی بالا دستگاه‌های پزشکی حیاتی خود اطمینان حاصل کنند. به ارزیابی بحرانی دارایی یک عنصر اساسی در تعمیر و نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان و تعمیر و نگهداری مبتنی بر ریسک است، به‌ویژه زمانی که دستگاه‌های مختلف وجود داشته باشند و بدترین پیامدهای خرابی مشهود نباشد. پرداختند این مقاله یک چارچوب اولویت‌بندی مبتنی بر ریسک جدید برای تصمیم‌گیری‌های تعمیر و نگهداری ارائه می‌کند و یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره چند متخصص را برای طبقه‌بندی دستگاه‌های پزشکی با توجه به اهمیت آنها پیشنهاد می‌کند ([Mahfoud et al, 2016](#)).

¹ Improve TOPSIS

² Niu

ترک زاد و همکار با هدف ایجاد رقابت بین ارائه دهندگان مراقبت‌های بهداشتی، از روش تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) برای ارزیابی معیارهایی که بر کیفیت خدمات بیمارستانی تأثیر می‌گذارند استفاده می‌کنند. چهار معیار اصلی عبارتند از: محیط، پاسخگویی، تجهیزات و امکانات، و توانایی حرفه‌ای، نتایج حاکی از آن است که توانمندی حرفه‌ای مهمترین معیار است. و در نهایت از چهار روش ترکیبی را برای ارزیابی کیفیت خدمات بیمارستانی استفاده می‌کنند و نتایج به دست آمده با استفاده از روش کوپلند جمع‌آوری و رتبه‌های نهایی را مشخص می‌نمایند (Torkzad & Beheshtinia, 2019).

در مقاله هوتاگالونگ و همکاران هدف نشان دادن چگونگی تعیین سطح اولویت نگهداری تجهیزات پزشکی بر اساس محاسبه امتیاز بحرانی دستگاه‌های پزشکی است. نمرات بحرانی براساس ارزیابی معیارها، زیرمعیارها و درجه با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) به دست می‌آید و در نتیجه دستگاه‌هایی با وزن بحرانی بالاتر نسبت به دستگاه‌هایی با وزن بحرانی کمتر اولویت بیشتری برای نگهداری دارند (Hutagalung & Hasibuan, 2019).

ایزدپناه و همکاران (Izadpanah et al, 2020) یک مطالعه توصیفی برای طبقه‌بندی معیارهای مدیریت دارویی استانداردهای اعتباربخشی بیمارستان با استفاده از رویکرد ترکیبی DEMATEL فازی بر اساس ANP (FDANP) انجام داده‌اند. که کلیه بیمارستان‌های کشور را بر مبنای ۹ معیار مدیریت دارو و زیرمعیارهای آنها مورد ارزیابی قرار داده‌اند. هرناندز و همکاران (Hernández et al, 2020) یک شاخص برای اولویت‌بندی نگهداری پیشگیرانه برای تجهیزات پزشکی پیشنهاد می‌کنند. شاخصی با هفت متغیر: نوع تجهیزات، عملکرد تجهیزات، نیازهای تعمیر و نگهداری، کالیبراسیون، سن تجهیزات، مکان تجهیزات و خطرات تجهیزات. یک مدل ریاضی توسعه داده‌اند و شاخص خود را به کارکنان فنی در بخش مهندسی زیست پزشکی موسسه ملی بیماری‌های تنفسی در مکزیک به عنوان پروتکلی برای برنامه ریزی نگهداری پیشگیرانه مناسب برای تجهیزات پزشکی در طول سال پیشنهاد کرده‌اند. این شاخص در نمونه‌ای متشکل از ۱۶ تجهیزات مختلف پزشکی مورد آزمایش قرار گرفت.

نوریان و همکاران (Nourian et al, 2020) در مقاله خود از شاخص اهمیت تجهیزات سخن گفته و این شاخص را این چنین تعریف می‌کنند: (EIS) این شاخص بر اساس سه عامل اثرگذاری تجهیزات بر کیفیت خدمات، احتمال خرابی تجهیزات و هزینه تعمیرات تجهیزات محاسبه می‌شود.

ملکی و همکاران (Maleki et al, 2020) از شاخص ارزش تجهیزات نامبرده و آن را این چنین تعریف می‌کنند (EVS) این شاخص بر اساس سه عامل ارزش تجهیزات برای بیماران، ارزش تجهیزات برای پرسنل و ارزش تجهیزات برای سازمان محاسبه می‌شود. ملکی و همکاران (Maleki et al, 2020) در پژوهش دیگری که منتشر نموده‌اند از شاخص اولویت تجهیزات (EPI) این شاخص بر اساس سه عامل اهمیت تجهیزات، میزان استفاده از تجهیزات و میزان تأثیر تجهیزات بر ایمنی بیماران و پرسنل محاسبه می‌شود، نامبرده‌اند. ملکی و همکاران (Maleki et al, 2021) و در سال ۲۰۲۱ با شاخص اولویت تجهیزات بر اساس روش AHP این شاخص با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) که یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره است، بر اساس چهار عامل اهمیت تجهیزات، میزان استفاده از تجهیزات، میزان تأثیر تجهیزات بر ایمنی بیماران و پرسنل و میزان تأثیر تجهیزات بر کیفیت خدمات محاسبه نمودند.

• شاخص اهمیت تجهیزات (EIS) این شاخص نشان می‌دهد که چقدر یک تجهیز برای رسیدن به اهداف سازمان اهمیت دارد. این شاخص می‌تواند بر اساس معیارهای مختلفی مانند تأثیر بر کیفیت، تأثیر بر هزینه، تأثیر بر ایمنی، تأثیر بر محیط زیست و غیره محاسبه شود. این شاخص می‌تواند برای اولویت‌بندی تجهیزات برای نگهداری و تعمیرات، بهینه‌سازی زمان‌بندی، انتخاب سیاست‌های تعویض و یا خرید و فروش تجهیزات مورد استفاده قرار گیرد.

• شاخص ارزش تجهیزا (EVS) این شاخص نشان می‌دهد که چقدر یک تجهیز ارزش افزوده ایجاد می‌کند. این شاخص می‌تواند بر اساس معیارهای مختلفی مانند درآمد حاصل از تجهیز، سود حاصل از تجهیز، بازده سرمایه‌گذاری بر روی تجهیز و غیره محاسبه شود. این شاخص می‌تواند برای ارزیابی عملکرد تجهیزات، تخصیص منابع، انتخاب سرمایه‌گذاری‌های مرتبط با تجهیزات و یا تعیین قیمت تجهیزات مورد استفاده قرار گیرد.

• شاخص اولویت تجهیزات (EPI) این شاخص نشان می‌دهد که چقدر یک تجهیز نسبت به سایر تجهیزات اولویت دارد. این شاخص می‌تواند بر اساس معیارهای مختلفی مانند شاخص اهمیت تجهیزات، شاخص ارزش تجهیزات، شاخص قابلیت اطمینان تجهیزات، شاخص آسیب‌پذیری تجهیزات و غیره محاسبه شود. این شاخص می‌تواند برای تصمیم‌گیری در مورد تخصیص منابع، تعیین اولویت‌های نگهداری و تعمیرات، تعیین اولویت‌های بهبود و به‌روزرسانی تجهیزات و یا تعیین اولویت‌های جایگزینی تجهیزات مورد استفاده قرار گیرد.

توسعه ابزارهای پشتیبانی تصمیم برای استفاده در مدیریت نگهداری و اولویت‌بندی تجدید دارایی‌های تسهیلات بهداشتی به دلیل کثرت عدم قطعیت‌ها و سطوح ذهنی موجود در چنین فرآیند تصمیم‌گیری، یک کار بسیار چالش برانگیز در نظر گرفته می‌شود. بر این اساس مطالعه احمد و همکاران از ترکیبی از منطق نوتروسوفیک، فرآیند شبکه تحلیلی (ANP) و نظریه سودمندی چند ویژگی^۱ (MAUT) برای کاهش ذهنیت مربوط به تصمیمات متخصص محور و ایجاد رتبه‌بندی قابل اعتماد از دارایی‌های ساختمان بیمارستان بر اساس بحرانی بودن متغیر آنها استفاده می‌کند. سطوح و کمبودهای عملکردی در این بخش بیشتر با استفاده جدید از الگوریتم‌های یادگیری ماشین در این زمینه، یعنی: درخت تصمیم^۲، نزدیک ترین همسایگی^۳ k و نایبوی بیض^۴ ادغام می‌شود تا فرآیند تنظیم اولویت را خودکار کند و آن را تکرارپذیر کند و نیاز به قضاوت‌های متخصص اضافی را کاهش دهد. مدل توسعه‌یافته برای تأسیسات مراقبت‌های بهداشتی کانادا اعمال شد و عملکرد پیش‌بینی‌کننده مربوطه آن با استفاده از مقایسه با مدلی که قبلاً ایجاد شده بود تأیید شد و قابلیت برتر آن به وضوح نشان داده شد. بر این اساس، انتظار می‌رود چارچوب یکپارچه توسعه‌یافته به ایجاد یک طرح اولویت‌بندی سازگار، بی‌طرفانه و خودکار برای تجدید دارایی‌های بیمارستان کمک کند، که به نوبه خود به فرآیند تخصیص منابع کارآمد، آگاهانه و سالم کمک می‌کند (Ahmed et al, 2022).

¹ Multi-Attribute Utility Theory

² Decision Trees

³ K-Nearest Neighbors

⁴ Naive Bayes

عوامل متعددی ممکن است تعیین اولویت های تجهیزات پزشکی را به درستی به چالش کشند. از این رو، یک سیستم پشتیبانی تصمیم نیز ممکن است برای کمک به اولویت‌بندی درخواست های تجدید دستگاه های پزشکی مفید باشد. در مطالعه جیکلاکندیر و همکار، یک مدل منطق فازی با وزن ورودی با استفاده از محیط برنامه‌نویسی متلب برای کمک به مهندسین بالینی در اولویت‌بندی درخواست‌های تجدید نظر پزشکان طراحی و اجرا شد. مدل منطق فازی پیشنهادی چهار معیار اصلی ویژگی‌های خدمات فنی، ویژگی‌های مالی، ویژگی‌های بیمارستان و ویژگی‌های دستگاه را با ترکیب بیست زیر معیار از ورودی‌های کاربر می‌پذیرد. و در نتیجه، مدل منطق فازی وزن‌دار ورودی پیشنهادی و کارشناسان میدانی به اولویت‌های خرید رسیدند. و با مقایسه مطالعات موجود، نتیجه‌گرفتند که رویکرد ایشان یک مدل پیشگام و یک برنامه برای تعیین اولویت‌های خرید برای دستگاه‌های پزشکی ارائه می‌کند (Ciklacandir & Isler, 2023).

پینو و همکار یک ابزار کمک تصمیم برای ارزیابی وضعیت نگهداری ونتیلاتورهای پزشکی ایجاد کرده و یک برنامه اقدام را توصیه می‌کنند که یک روش کمک تصمیم‌گیری چند معیاره را با استفاده از روش الکترون تری ان سی^۱ اعمال می‌کنند. در تعامل با تصمیم گیرندگان، مدلی را با استفاده از دوازده معیار برای تخصیص ونتیلاتورها به یکی از پنج دسته مرتب شده که وضعیت فعلی را نشان می‌دهند (عالی، بسیار خوب، خوب، کافی و ضعیف) می‌سازند و این مطالعه را اولین گام به سمت استفاده از روش‌های چند معیاره برای حمایت از فرآیندهای تصمیم‌گیری در بیمارستانی دانسته‌اند. پینو و همکاران (Pinho et al, 2023) در جدول ۱ خلاصه مجموع مطالعات ذکر شده آورده‌اند.

جدول ۱. مطالعات مرتبط با اولویت‌بندی تجهیزات پزشکی

موضوع اولویت‌بندی	مؤلفین	روش	معیارهای اصلی	ماهیت
اولویت‌بندی نگهداری پیشگیرانه تجهیزات بیمارستانی	Saleh et al, 2015	QFD ^۲	الزامات، عملکرد، مفاهیم	قطعی
نگهداری تجهیزات	Mahfoud, 2016	AHP & PROMETHEE	ریسک	قطعی
کیفیت خدمات بیمارستانی	Torkzad & Beheshtinia, 2019	MCDM ترکیبی	محیط، پاسخگویی، تجهیزات و توانایی حرفه‌ای	قطعی
نگهداری تجهیزات	Hutagalung et al, 2019	AHP	درجه پیچیدگی نگهداری، عملیات، ریسک، درجه اهمیت مأموریت، سن، خطای تجهیز و کاربر، رده تجهیزات پزشکی	قطعی
معیارهای مدیریت دارویی	Izadpanah et al, 2020	FDANP ^۳	معیارهای استاندارد مدیریت دارویی	فازی

¹ Electre Tri-nC

² quality function deployment

³ Fuzzy Dematel- Analytical Network Process

تعمیر و نگهداری پیشگیرانه تجهیزات پزشکی	Hernández et al, 2020	IPMEM ^۱	نوع، عملکرد، نیازهای تعمیر و نگهداری، کالیبراسیون، سن، مکان و خطرات تجهیزات.	قطعی
اولویت‌بندی تجهیزات براساس اهمیت و ارزش تجهیز	Nourian et al, 2020	MCDM	اثرگذاری تجهیزات بر کیفیت خدمات، احتمال خرابی تجهیزات و هزینه تعمیرات تجهیزات	قطعی
تعیین ارزش تجهیزات	Maleki et al, 2020	دلفی	ارزش تجهیزات برای بیماران، ارزش تجهیزات برای پرسنل و ارزش تجهیزات برای سازمان	قطعی
تعیین شاخص اولویت تجهیزات	Maleki et al, 2021	دلفی	اهمیت تجهیزات، میزان استفاده از تجهیزات و میزان تأثیر تجهیزات بر ایمنی بیماران و پرسنل	قطعی
تعیین شاخص اولویت تجهیزات	Maleki et al, 2021	AHP	اهمیت تجهیزات، میزان استفاده از تجهیزات، میزان تأثیر تجهیزات بر ایمنی بیماران و پرسنل و میزان تأثیر تجهیزات بر کیفیت خدمات	قطعی
تجدید دارایی‌های تأسیساتی بهداشتی	Ahmed et al, 2021	منطق نئوتروسوفیک ANP, ^۲	ریسک، سطح عملکرد، شرایط فیزیکی	قطعی
خرید تجهیزات پزشکی	Ciklacandir et al, 2023	شبیه‌سازی	خدمات فنی، مالی، بیمارستان و ویژگی‌های دستگاه با ترکیب بیست زیر معیار	فازی
شرایط نگهداری ونتیلاتورها	Pinho et al, 2023	Electre Tri-nC	حیاتی، پشتیبانی از زندگی، احیا	قطعی

چهارچوب اجرای پژوهش

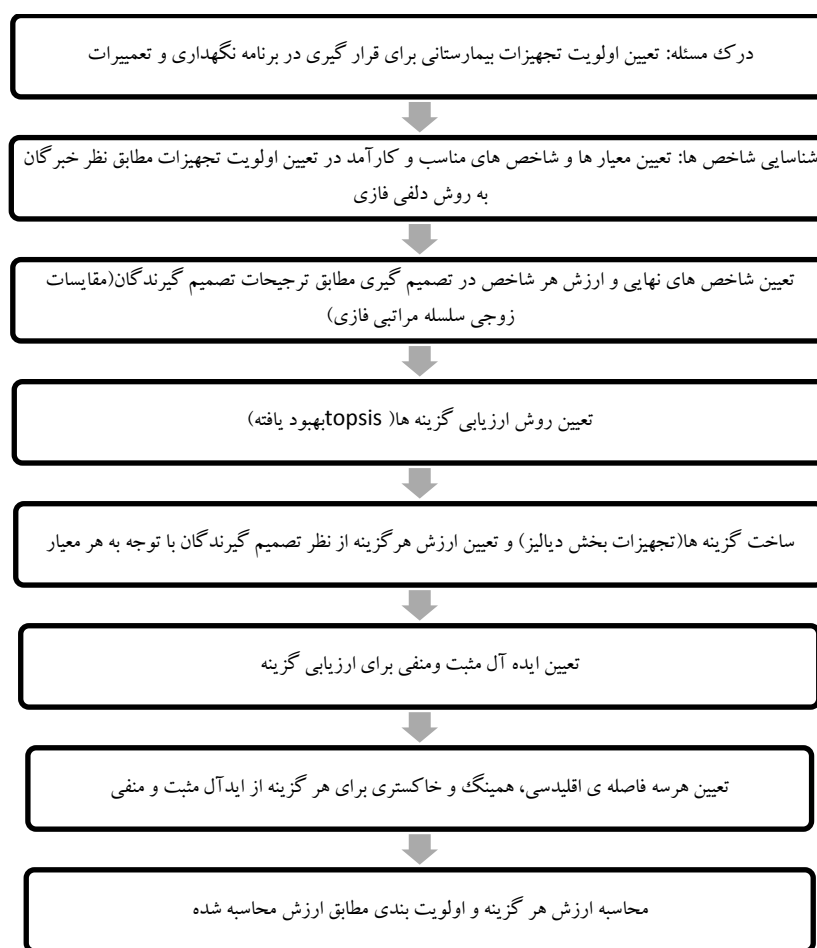
هدف این پژوهش یافتن اولویت و جایگاه هر تجهیز در بخش دیالیز برای قرارگیری در برنامه نگهداری و تعمیرات سیستم بیمارستانی است. از منظر روش‌شناسی، تحقیق حاضر از حیث هدف، پژوهشی کاربردی است؛ از نظر جمع‌آوری داده‌ها، توصیفی در مقطعی از زمان است و از حیث روش، مدل‌سازی تحلیلی - ریاضی است. برای حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره اولین قدم درک مسئله و شناسایی شاخص‌ها در مسئله است. پس از آن باید داده‌ها و اطلاعات مناسب را که می‌توان به‌وسیله آنها ترجیحات تصمیم‌گیرنده را بازتاب داده و مدنظر قرارداد، جمع‌آوری کنیم. مجموعه‌ای از گزینه‌ها را

^۱ Index to Prioritize Medical Equipment Maintenance (IPMEM = $\frac{\sum_{i=1}^n \rho_i x_i}{N}$)

^۲ Neutrosophic logic,

بسازیم و در گام آخر، روش مناسبی برای کمک به ارزیابی و رتبه‌بندی گزینه‌ها انتخاب کنیم (علوی و همکاران، ۲۰۱۱) و (موحدی و همکاران، ۲۰۲۰)

گردآوری اطلاعات از طریق بررسی مدارک و اسناد، پرسش‌نامه و مصاحبه در سه فاز صورت پذیرفت. اول کتابخانه که به منظور آشنایی با آخرین دستاوردها تحقیقاتی و عملیاتی و در فاز دوم با مطالعات میدانی موارد دریافت شد از مطالعات گذشته مورد کنکاش قرار می‌گرفت و در نهایت در فاز سوم با استفاده تکنیک دلفی فازی به بررسی و مطالعات میدانی بر روی نیازها و انتظارات تصمیم‌گیرندگان، شاخص‌ها و اولویت‌های شاخص‌های مشخص گردید و در نهایت در فاز چهارم با استفاده از نظرسنجی از خبرگان از طریق تکنیک تاپسیس توسعه یافته اولویت جامعه آماری متشکل از تجهیزات پزشکی ضروری بخش دیالیز مطابق دستورالعمل‌ها و استانداردهای ابلاغی از طرف بهداشت و درمان است تعیین گردید.

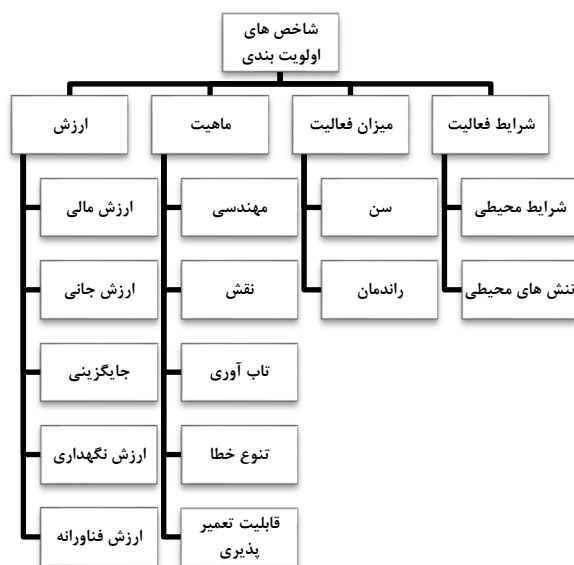


شکل ۱. روند انجام پژوهش

تجزیه و تحلیل داده‌ها

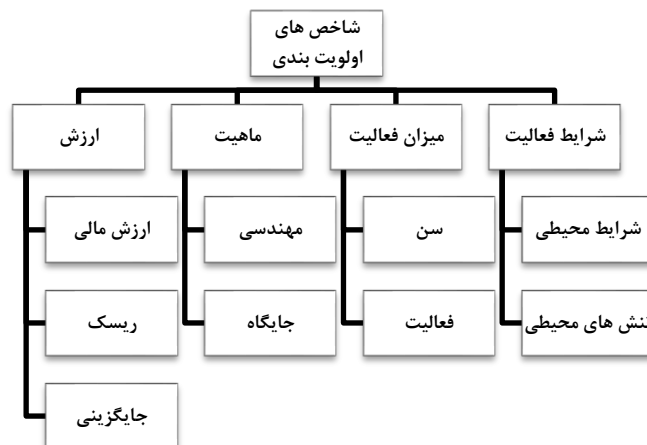
در این پژوهش از پنج گروه متخصص و فعال در حوزه مدیریت تجهیزات در بیمارستان شامل ۳ مهندس تجهیزات پزشکی، یک مهندس الکترونیک و ابزار دقیق و مهندس برق، ۴ کاردان رشته مهندسی و ۵ مدیر بیمارستانی در بیمارستان‌های

دولتی، خصوصی و وابسته بیمه تأمین اجتماعی استان البرز کمک گرفته شد. و مطابق نظرات خبرگان در دور اول گردش دلفی، تعداد ۲۲ شاخص و زیرشاخص باز تعریف و استخراج شدند. در دور دوم دلفی، از خبرگان خواسته شد تا این شاخص‌ها را تا یا حذف و اضافه نمایند. لازم به ذکر است این شاخص و زیرشاخص‌ها تنها برای اولویت‌بندی تجهیزات به منظور تدوین برنامه نگهداری و تعمیرات است؛ لذا با این پیش‌فرض که کلیه دستگاه‌ها از مرحله انتخاب اولیه عبور کرده و هنوز به دوره تعویض خود نرسیده‌اند اقدام شده است. روایی و پایایی پژوهش حاضر قابل قبول می‌باشد. چرا که روایی به میزان اطمینان از صحت و دقت پاسخ متخصصان انتخاب شده باز می‌گردد که انتخاب این خبرگان از میان تصمیم‌گیران اصلی بیمارستان‌ها صورت گرفته و با توجه به رسیدن به اجماع کلی در مجموع آرا بین پنج گروه خبره پایایی پژوهش حاضر در حد قابل قبول ارزیابی می‌شود. در شکل (۱) شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مطرح شده از طرف خبرگان در اولین مرحله دلفی نشان داده شده است:



شکل ۲. شاخص‌ها و زیر شاخص‌های جمع‌آوری شده در دور اول دلفی

پس از بازبینی گروه خبرگان در دور دوم دلفی، تعداد شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها به صورت شکل (۲) تغییر یافتند.



شکل ۳. شاخص‌ها و زیر شاخص‌های انتخاب شده در دور دوم دلفی

پس از مشخص شدن شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها، برای تعیین اوزان شاخص‌ها از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده گردید. پس از آن از خبرگان خواسته شد تا نظرات ترجیحی خود را در مورد نگهداری و تعمیرات ۲۳ دستگاه پزشکی بر اساس نه زیرشاخص تعیین شده، مشخص نمایند. سپس با استفاده از جدول اعداد فازی چانگ، نظرات خبرگان به صورت اعداد فازی ثبت گردید. برای تشکیل ماتریس تصمیم توافقی که تجمیع نظرات خبرگان را نشان می‌دهد از میانگین هندسی استفاده شد. سپس مراحل فرایند تاپسیس بهبودیافته فازی انجام شد که نتایج آن در جداول ذیل آمده است.

جدول ۳. اوزان شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها

اوزان نرمال	حاصل ضرب اوزان شاخص‌های اصلی و فرعی	وزن با AHP	زیرشاخص‌ها	وزن با AHP	شاخص‌های اصلی
0.08	0.0724	0.1276	ارزش مالی	0.5677	ارزش
0.44	0.4202	0.7403	ریسک		
0.08	0.0724	0.1276	قابلیت جایگزینی		
0.07	0.0677	0.6018	طراحی مهندسی	0.1126	ماهیت
0.04	0.0405	0.36	جایگاه استقرار		
0.05	0.0467	0.3005	سن	0.1555	میزان فعالیت
0.11	0.1075	0.6913	حجم فعالیت		
0.08	0.0777	0.5865	تنش	0.1325	شرایط فعالیت
0.05	0.0517	0.3906	شرایط		
۱	۰,۹۵۷	جمع			

ماتریس مجموعه آرای خبرگان در مورد اولویت تجهیزات بخش دیالیز در جداول (۳) تا (۶) ماتریس تلفیقی نظرات خبرگان بر اساس زیرشاخص‌های هر شاخص که با میانگین هندسی محاسبه شده است، ارائه می‌گردد.

جدول ۳. آرای تلفیق شده خبرگان برای زیرشاخص‌های ارزش

ارزش مالی			ریسک خرابی			امکان جایگزینی (-)			
0.75	0.4	0	0.1	0	0	1	0.8	0.25	تخت بستری
1	0.9	0.5	1	0.94	0.7	0.5	0.1	0	دستگاه همودیالیز
1	0.6	0.25	1	0.58	0.1	0.75	0.4	0	مانیتور علائم حیاتی
0.5	0.05	0	0.3	0.04	0	1	0.95	0.5	پایه مانیتور
1	0.95	0.5	1	1	0.9	0.25	0	0	دستگاه ریورس اسمز (RO)

0	0.45	1	0.7	0.96	1	0.25	0.6	1	اکتروشک
0.25	0.85	1	0	0.12	0.5	0	0	0.25	ترالی اکتروشک
0	0.5	1	0.1	0.5	0.9	0.25	0.47	1	الکتروکاردیوگراف
0.25	0.85	1	0	0.02	1	0	0	0.25	ترالی الکتروکاردیوگراف
0	0.65	1	0.3	0.58	0.9	0	0.5	1	ساکشن پرتابل
0.5	0.95	1	0	0.02	0.3	0	0.2	0.75	لارنگوسکوپ
0	0.6	1	0.1	0.42	0.9	0	0.4	1	پالس اکسیمتر پرتابل
0.5	0.9	1	0	0.14	0.5	0	0.3	0.75	فشارسنج دیواری
0.25	0.55	1	0.7	0.98	1	0.25	0.7	1	یوپی‌اس
0.75	1	1	0	0	0.1	0	0.05	0.5	پاروان
0.5	0.95	1	0	0	0.1	0	0	0.25	ترالی اورژانس
0.5	0.95	1	0	0	0.1	0	0	0.25	ترالی پانسمان
0.5	0.9	1	0.3	0.68	1	0	0.3	0.75	کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری
0.5	0.95	1	0	0	0.1	0	0.05	0.5	پایه سرم پرتابل
0.5	0.95	1	0.3	0.86	1	0	0.05	0.5	خروجی برق
0.25	0.8	1	0.3	0.86	1	0	0.15	0.75	خروجی اکسیژن
0.75	1	1	0	0.1	0.5	0	0.25	0.75	برانکارد
0.5	0.95	1	0	0	0.1	0	0.05	0.5	ست معاینه تشخیصی
3.6875	14.37	20.875	2.67	6.8528	12.42	0.75	4.0309	12.875	Σ
0	0	0.25	0	0	0.1	0	0	0.25	Min
0.75	1	1	0.9	1	1	0.5	0.95	1	Max

جدول ۴. آرای تلفیق شده خبرگان برای زیرشاخص‌های ماهیت

جایگاه			طراحی			ماهیت
0	0.1	0.5	0	0.1	0.5	تخت بستری
0.75	1	1	0.7	0.98	1	دستگاه همودیالیز
0.25	0.8	1	0.1	0.62	1	مانیتور علائم حیاتی
0	0.15	0.75	0	0.1	0.5	پایه مانیتور
0.75	1	1	0.7	0.98	1	دستگاه ریورس اسمزیس (RO)
0.5	0.85	1	0.1	0.58	1	اکتروشک
0	0.15	0.5	0	0.12	0.5	ترالی اکتروشک

0.25	0.7	1	0.1	0.54	1	الکتروکاردیو گراف
0	0.15	0.5	0	0.08	0.5	ترالی الکترو کاردیو گراف
0.25	0.7	1	0	0.48	1	ساکشن پرتابل
0	0.45	0.75	0	0	0.1	لارنگوسکوپ
0.25	0.65	1	0	0.28	0.7	پالس اکسیمتر پرتابل
0	0.6	1	0	0.08	0.5	فشارسنج دیواری
0.75	1	1	0.1	0.52	1	یو پی اس
0	0	0.25	0	0.1	0.7	پاروان
0	0.15	0.5	0	0.08	0.5	ترالی اورژانس
0	0.1	0.5	0	0.08	0.5	ترالی پانسمان
0.25	0.6	1	0	0.2	0.7	کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری
0	0.05	0.5	0	0.08	0.5	پایه سرم پرتابل
0.75	1	1	0	0.22	0.7	خروجی برق
0.5	0.95	1	0	0.22	0.7	خروجی اکسیژن
0	0.25	0.75	0	0.16	0.7	برانکارد
0	0.1	0.5	0	0	0.1	ست معاینه تشخیصی
3.0625	8.775	15.5	1.02	3.7512	11.96	Σ
0	0	0.25	0	0	0.1	Min
0.75	1	1	0.7	0.98	1	Max

جدول ۵. آرای تلفیق شده خبرگان برای زیرشاخص‌های میزان فعالیت

0.11	حجم		0.05	سن		میزان فعالیت
0	0.15	0.75	0	0.2	0.5	تخت بستری
0.5	0.9	1	0	0.4	0.75	دستگاه همودیالیز
0	0.45	1	0	0.4	0.75	مانیتور علائم حیاتی
0	0.25	0.75	0	0.15	0.75	پایه مانیتور
0.5	0.85	1	0	0.4375	1	دستگاه ریورس اسمزیس (RO)
0	0.15	0.5	0	0.3	0.75	اکترو شک
0	0.05	0.5	0	0.1	0.5	ترالی اکتروشک
0	0.15	0.5	0	0.3	0.75	الکتروکاردیو گراف
0	0.05	0.5	0	0.1	0.5	ترالی الکترو کاردیو گراف
0	0.15	0.5	0	0.25	0.5	ساکشن پرتابل

0	0.05	0.5	0	0.05	0.5	لارنگوسکوپ
0	0.3	1	0	0.25	0.75	پالس اکسیمتر پرتابل
0	0.3	0.75	0	0.2	0.5	فشارسنج دیواری
0.25	0.8	1	0	0.4	1	یو پی اس
0	0	0.25	0	0.05	0.5	پاروان
0	0	0.25	0	0.05	0.5	ترالی اورژانس
0	0	0.25	0	0.05	0.5	ترالی پانسمان
0	0.05	0.5	0	0.45	1	کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری
0	0.15	0.75	0	0.05	0.5	پایه سرم پرتابل
0.25	0.65	1	0	0.2	0.75	خروجی برق
0	0.1	0.5	0	0.2	0.75	خروجی اکسیژن
0	0.25	0.75	0	0.2	0.5	برانکارد
0	0	0.25	0	0.05	0.5	ست معاینه تشخیصی
0.625	3.235	11.063	0	1.4364	10.5	$\sum$
0	0	0.25	0	0.05	0.5	Min
0.5	0.9	1	0	0.45	1	Max

جدول ۶. آرای تلفیق شده خبرگان برای زیرشاخص‌های شرایط فعالیت

0.05	شرایط		0.08	تنش		شرایط فعالیت
0	0.15	0.5	0	0.35	0.75	تخت بستری
0	0.15	0.5	0	0.65	1	دستگاه همودیالیز
0	0.1	0.5	0	0.2	0.75	مانیتور علائم حیاتی
0	0	0.25	0	0.3	0.75	پایه مانیتور
0	0.5	1	0	0.3	0.75	دستگاه ریورس اسمزیس (RO)
0	0.1	0.5	0	0.5	1	اکترو شک
0	0.05	0.5	0	0.5	1	ترالی اکتروشک
0	0.05	0.5	0	0.35	1	الکتروکاردیو گراف
0	0	0.25	0	0.35	1	ترالی الکترو کاردیو گراف
0	0.1	0.5	0	0.4	1	ساکشن پرتابل
0	0.05	0.5	0	0.15	0.5	لارنگوسکوپ
0	0.1	0.5	0	0.35	1	پالس اکسیمتر پرتابل
0	0.05	0.5	0	0.55	1	فشارسنج دیواری
0.25	0.55	1	0	0.6	1	یو پی اس
0	0	0.25	0	0	0.25	پاروان

0	0	0.25	0	0.1	0.5	ترالی اورژانس
0	0	0.25	0	0.05	0.5	ترالی پانسمان
0	0.25	1	0	0.3	0.75	کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری
0	0	0.25	0	0.25	0.75	پایه سرم پرتابل
0	0.15	0.75	0	0.45	1	خروجی برق
0	0.1	0.5	0	0.35	1	خروجی اکسیژن
0	0	0.25	0	0.4	0.75	برانکارد
0	0	0.25	0	0.05	0.5	ست معاینه تشخیصی
0.0625	0.7425	6.8125	0	3.13	16	Σ
0	0	0.25	0	0	0.25	Min
0.25	0.55	1	0	0.65	1	Max

جداول (۷) تا (۱۰) ماتریس نرمال فازی و ماتریس نرمال موزون هم‌زمان آورده شده است.

جدول ۷. نرمال‌سازی فازی و نرمال موزون زیرشاخص‌های شاخص ارزش

نرمال ورزین شاخص ارزش (تکنیک فازی)									
0.08	امکان جایگزینی -) (۰,۰۸)		0.44	ریسک خرابی(۴۴)		0.08	ارزش مالی()		
0.0533	0.016	0	0	0	0	0	0.0337	0.0533	تخت بستری
0.08	0.072	0.0533	0.3422	0.4136	0.44	0.08	0.0758	0.08	دستگاه همودیالیز
0.08	0.048	0.0267	0.0489	0.2552	0.44	0.04	0.0505	0.08	مانیتور علائم حیاتی
0.0267	0.004	0	0	0.0176	0.0978	0	0.0042	0.0267	پایه مانیتور
0.08	0.08	0.08	0.44	0.44	0.44	0.08	0.08	0.08	دستگاه ریورس اسمزیس(RO)
0.08	0.044	0	0.3422	0.4224	0.44	0.04	0.0505	0.08	اکترو شک
0.0533	0.012	0	0	0.0528	0.1956	0	0	0	ترالی اکتروشک
0.08	0.04	0	0.0489	0.22	0.3911	0.04	0.0396	0.08	الکتروکاردیو گراف
0.0533	0.012	0	0	0.0088	0.44	0	0	0	ترالی الکترو کاردیو گراف
0.08	0.028	0	0.1467	0.2552	0.3911	0	0.0421	0.08	ساکشن پرتابل
0.0267	0.004	0	0	0.0088	0.0978	0	0.0168	0.0533	لارنگوسکوپ
0.08	0.032	0	0.0489	0.1848	0.3911	0	0.0337	0.08	پالس اکسیمتر پرتابل
0.0267	0.008	0	0	0.0616	0.1956	0	0.0253	0.0533	فشارسنج دیواری

0.0533	0.036	0	0.3422	0.4312	0.44	0.04	0.0589	0.08	یو پی اس
0	0	0	0	0	0	0	0.0042	0.0267	پاروان
0.0267	0.004	0	0	0	0	0	0	0	ترالی اورژانس
0.0267	0.004	0	0	0	0	0	0	0	ترالی پانسمان
0.0267	0.008	0	0.1467	0.2992	0.44	0	0.0253	0.0533	کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری
0.0267	0.004	0	0	0	0	0	0.0042	0.0267	پایه سرم پرتابل
0.0267	0.004	0	0.1467	0.3784	0.44	0	0.0042	0.0267	خروجی برق
0.0533	0.016	0	0.1467	0.3784	0.44	0	0.0126	0.0533	خروجی اکسیژن
0	0	0	0	0.044	0.1956	0	0.0210	0.0533	برانکارد
0.0267	0.004	0	0	0	0	0	0.0042	0.0267	ست معاینه تشخیصی

جدول ۸. نرمال‌سازی فازی و نرمال موزون زیرشاخص‌های شاخص ماهیت

ماتریس بی مقیاس وزین ماهیت (تکنیک فازی)						
جایگاه (۰,۰۴)			طراحی (۰,۰۷)			ماهیت
0	0.004	0.0133	0	0.0071	0.0311	تخت بستری
0.04	0.04	0.04	0.07	0.07	0.07	دستگاه همودیالیز
0.0133	0.032	0.04	0.01	0.0442	0.07	مانیتور علائم حیاتی
0	0.006	0.0267	0	0.0071	0.0311	پایه مانیتور
0.04	0.04	0.04	0.07	0.07	0.07	دستگاه ریورس اسمزیس (RO)
0.0267	0.034	0.04	0.01	0.0414	0.07	اکترو شک
0	0.006	0.0133	0	0.0086	0.0311	ترالی اکتروشک
0.0133	0.028	0.04	0.01	0.0386	0.07	الکتروکاردیو گراف
0	0.006	0.0133	0	0.0057	0.0311	ترالی الکترو کاردیو گراف
0.0133	0.028	0.04	0	0.0343	0.07	ساکشن پرتابل
0	0.018	0.0267	0	0	0	لارنگوسکوپ
0.0133	0.026	0.04	0	0.02	0.0467	پالس اکسیمتر پرتابل
0	0.024	0.04	0	0.0057	0.0311	فشارسنج دیواری
0.04	0.04	0.04	0.01	0.0371	0.07	یو پی اس
0	0	0	0	0.0071	0.0467	پاروان
0	0.006	0.0133	0	0.0057	0.0311	ترالی اورژانس

0	0.004	0.0133	0	0.0057	0.0311	ترالی پانسمان
0.0133	0.024	0.04	0	0.0142	0.0467	کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری
0	0.002	0.0133	0	0.0057	0.0311	پایه سرم پرتابل
0.04	0.04	0.04	0	0.0157	0.0467	خروجی برق
0.0267	0.038	0.04	0	0.0157	0.0467	خروجی اکسیژن
0	0.01	0.0267	0	0.0114	0.0467	برانکارد
0	0.004	0.0133	0	0	0	ست معاینه تشخیصی

جدول ۹. نرمال‌سازی فازی و نرمال‌موزون زیرشاخص‌های شاخص میزان فعالیت

بی‌مقیاس وزین میزان فعالیت (تکنیک فازی)						
0.11	حجم		0.05	سن		میزان فعالیت
0	0.0183	0.0733	0	0.0187	0	تخت بستری
0.11	0.11	0.11	0	0.0437	0.025	دستگاه همودیالیز
0	0.055	0.11	0	0.0437	0.025	مانیتور علائم حیاتی
0	0.0306	0.0733	0	0.0125	0.025	پایه مانیتور
0.11	0.1039	0.11	0	0.0484	0.05	دستگاه ریورس اسمزیس (RO)
0	0.0183	0.0367	0	0.0313	0.025	اکترو شک
0	0.0061	0.0367	0	0.0063	0	ترالی اکتروشک
0	0.0183	0.0367	0	0.0313	0.025	الکتروکاردیو گراف
0	0.0061	0.0367	0	0.0063	0	ترالی الکتروکاردیو گراف
0	0.0183	0.0367	0	0.025	0	ساکشن پرتابل
0	0.0061	0.0367	0	0	0	لارنگوسکوپ
0	0.0367	0.11	0	0.025	0.025	پالس اکسیمتر پرتابل
0	0.0367	0.0733	0	0.0188	0	فشارسنج دیواری
0.055	0.0978	0.11	0	0.0438	0.05	یو پی اس
0	0	0	0	0	0	پاروان
0	0	0	0	0	0	ترالی اورژانس
0	0	0	0	0	0	ترالی پانسمان
0	0.0061	0.0367	0	0.05	0.05	کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری
0	0.0183	0.0733	0	0	0	پایه سرم پرتابل
0.055	0.0794	0.11	0	0.0188	0.025	خروجی برق
0	0.0122	0.0367	0	0.0188	0.025	خروجی اکسیژن
0	0.0306	0.0733	0	0.0188	0	برانکارد
0	0	0	0	0	0	ست معاینه تشخیصی

جدول ۱۰. نرمال‌سازی فازی و نرمال‌موزون زیرشاخص‌های شاخص شرایط

نرمال‌وزین شرایط (تکنیک فازی)					
شرایط فعالیت	تنش		0.08	شرایط	
0.05					
تخت بستری	0.0533	0.0431	0	0.0167	0.0136
دستگاه همودیالیز	0.08	0.08	0	0.0167	0.0136
مانیتور علائم حیاتی	0.0533	0.0246	0	0.0167	0.0091
پایه مانیتور	0.0533	0.0369	0	0	0
دستگاه ریورس اسمزیس (RO)	0.0533	0.0369	0	0.05	0.0455
اکترو شک	0.08	0.0615	0	0.0167	0.0091
ترالی اکتروشک	0.08	0.0615	0	0.0167	0.0045
الکتروکاردیو گراف	0.08	0.0431	0	0.0167	0.0045
ترالی الکترو کاردیو گراف	0.08	0.0431	0	0	0
ساکشن پرتابل	0.08	0.0492	0	0.0167	0.0090
لارنگوسکوپ	0.0267	0.0185	0	0.0167	0.0045
پالس اکسیمتر پرتابل	0.08	0.0431	0	0.0167	0.0090
فشارسنج دیواری	0.08	0.0677	0	0.0167	0.0045
یو پی اس	0.08	0.0738	0	0.05	0.05
پاروان	0	0	0	0	0
ترالی اورژانس	0.0267	0.0123	0	0	0
ترالی پانسمان	0.0267	0.0062	0	0	0
کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری	0.0533	0.0369	0	0.05	0.0227
پایه سرم پرتابل	0.0533	0.0307	0	0	0
خروجی برق	0.08	0.0554	0	0.0333	0.0136
خروجی اکسیژن	0.08	0.0431	0	0.0167	0.0091
برانکارد	0.0533	0.0492	0	0	0
ست معاینه تشخیصی	0.0267	0.0062	0	0	0

تعیین ایده‌آل‌های مثبت و منفی

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} = \{(\max v_{ij} | i \in I), (\max v_{ij} | j \in J)\} \quad \text{فرمول (۱)}$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} = \{(\min v_{ij} | i \in I), (\min v_{ij} | j \in J)\} \quad \text{فرمول (۲)}$$

اسبه فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل‌های مثبت اقلیدسی

$$\zeta_1^+(V, A^+) = 1 - \frac{1}{\sqrt{n}} \left(\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_n^+) \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{فرمول (۳)}$$

در جدول (۱۱) محاسبات ایده‌آل مثبت و منفی و فاصله‌های مثبت و منفی بر اساس فاصله اقلیدسی آمده است.

جدول ۱۱. ایده‌آل‌های مثبت و منفی و فواصل مثبت اقلیدسی

شاخص‌ها	ارزش مالی	ریسک خرابی	امکان جایگزینی	طراحی	جایگاه	سن	حجم	تنش	شرایط
ایدئال منفی	0.0015	0.0035	0.0781	0.0006	0.0006	0.0024	0.0025	0.00125	0.0018
	0	0	0.0781	0	0	0	0	0	0
ایدئال مثبت	0.0062	0.0354	0.001	0.0059	0.0026	0.0048	0.0099	0.005	0.0073
	0.0533	0.1483	0	0.0480	0.0098	0.0157	0.088	0.0166	0.2
مجموع فاصله	ζ_1^+								
تخت بستری	0.0492	0.1471	0.0442	0.0465	0.0092	0.0129	0.0839	0.0129	0.7995
دستگاه همودیالیز	0.0341	0.0848	0.0451	0.03	0.0051	0.0115	0.0559	0.0117	0.8422
مانیتور علائم حیاتی	0.0394	0.119	0.0021	0.040	0.0066	0.0115	0.0798	0.0138	0.8304
پایه مانیتور	0.052	0.144	0.0073	0.0465	0.009	0.0129	0.0828	0.0132	0.811
دستگاه ریورس اسمزیس (RO)	0.0337	0.0813	0.0006	0.0298	0.0051	0.011	0.0565	0.0132	0.8606
اکترو شک	0.0394	0.0843	0.0026	0.0403	0.0057	0.0118	0.0847	0.0119	0.8409
ترالی اکتروشک	0.0528	0.14	0.0047	0.0463	0.0092	0.0138	0.0858	0.0119	0.8126
الکتروکاردیو گراف	0.0403	0.1217	0.0027	0.0405	0.0068	0.0118	0.0847	0.0125	0.8271
ترالی الکترو کاردیو گراف	0.0528	0.1371	0.0047	0.0466	0.0092	0.0138	0.0858	0.0125	0.8127
ساکشن پرتابل	0.0481	0.109	0.003	0.0433	0.0068	0.0125	0.0847	0.0122	0.8279
لارنگوسکوپ	0.0505	0.1444	0.0073	0.0478	0.0085	0.0143	0.0858	0.0145	0.8097

^۱ حرف کوچک زتا (zata) یا همان Z در الفبای یونانی است.

0.823 5	0.1966	0.0125	0.081 4	0.012 1	0.006 9	0.044 9	0.002 9	0.123 4	0.04874	پالس اکسیمتر پرتابل
0.814 7	0.1977	0.0117	0.082 2	0.012 9	0.008 1	0.046 6	0.007 2	0.139 6	0.0498	فشارسنج دیواری
0.865 5	0.1457	0.0117	0.062 5	0.011 1	0.005 1	0.040 6	0.004 2	0.083 9	0.0387	یو پی اس
0.806	0.1994	0.0162	0.087 2	0.014 3	0.009 6	0.046 1	0.010 2	0.147 1	0.052	پاروان
0.807	0.1994	0.015	0.087 2	0.014 3	0.009 2	0.046 6	0.007 3	0.147 1	0.0528	ترالی اورژانس
0.806 9	0.1994	0.0154	0.087 2	0.014 3	0.009 2	0.046 6	0.007 3	0.147 1	0.0528	ترالی پانسمان
0.827 6	0.1921	0.0132	0.085 8	0.011	0.006 9	0.045 5	0.007 2	0.105 6	0.0499	کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری
0.808 9	0.1994	0.0135	0.083 9	0.014 3	0.009 3	0.046 6	0.007 3	0.147 1	0.052	پایه سرم پرتابل
0.834 9	0.1948	0.0121	0.064 2	0.012 5	0.005 1	0.045 4	0.007 3	0.102	0.052	خروجی برق
0.828 3	0.1966	0.0125	0.085 2	0.012 5	0.005 6	0.045 4	0.004 6	0.102	0.0508	خروجی اکسیژن
0.812 3	0.1994	0.0127	0.082 8	0.012 9	0.008 8	0.045 7	0.010 2	0.140 5	0.0502	برانکارد
0.806 7	0.1994	0.0154	0.087 2	0.014 3	0.009 2	0.047 8	0.007 3	0.147 1	0.052	ست معاینه تشخیصی

محاسبه فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل‌های منفی اقلیدسی

$$\zeta_1^-(V, A^-) = 1 - \frac{1}{\sqrt{n}} \left(\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_n^-) \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{فرمول (۴)}$$

جدول ۱۲. ایده‌آل‌های مثبت و منفی و فواصل منفی اقلیدسی

شاخص‌ها	ارزش مالی	ریسک خرابی	امکان جایگزینی	طراحی	جایگاه	سن	حجم	تنش	شرایط
ایدئال منفی	0.00155	0.0035	0.0781	0.0006	0.0006	0.002	0.0025	0.0013	0.0018
	0	0	0.0781	0	0	0	0	0	0
ایدئال مثبت	0.0062	0.0354	0.001	0.006	0.0026	0.005	0.0099	0.005	0.0073
	0.0533	0.1483	0	0.048	0.0098	0.016	0.088	0.0166	0.2
مجموع فاصله	ζ_1^-								
تخت بستری	0.0053	0.002	0.0358	0.002	0.0008	0.004	0.0052	0.0056	0.0062
دستگاه همودیالیز	0.0327	0.0779	0.038	0.0299	0.0064	0.008	0.0541	0.0100	0.0062

0.9661	0.0044	0.0037	0.0105	0.008	0.0032	0.0085	0.0146	0.0312	0.0172	مانیتور علائم حیاتی
0.9875	0.0011	0.005	0.0065	0.004	0.0012	0.002	0.0101	0.0063	0.0019	پایه مانیتور
0.9105	0.0199	0.0049	0.0538	0.009	0.0064	0.0299	0.016	0.0955	0.0329	دستگاه ریورس اسمز (RO)
0.9516	0.0044	0.0079	0.0041	0.006	0.0046	0.0081	0.0142	0.0782	0.0172	اکترو شک
0.9857	0.0029	0.0079	0.003	0.002	0.0008	0.0021	0.0116	0.0112	0.0009	ترالی اکتروشک
0.9704	0.0029	0.0059	0.0041	0.006	0.003	0.0078	0.0142	0.0278	0.0167	الکتروکاردیو گراف
0.9839	0.0011	0.0059	0.003	0.002	0.0008	0.0019	0.0116	0.0205	0.0009	ترالی الکترو کاردیو گراف
0.9699	0.0044	0.0066	0.0041	0.005	0.003	0.0062	0.0139	0.0402	0.0068	ساکشن پرتابل
0.9893	0.0029	0.0026	0.003	0.002	0.0016	0.0003	0.0101	0.0062	0.0035	لارنگوسکوپ
0.9745	0.0044	0.0059	0.0082	0.005	0.0029	0.0038	0.014	0.0259	0.0058	پالس اکسیمتر پرتابل
0.9823	0.0029	0.0086	0.0073	0.004	0.0022	0.0019	0.0102	0.0115	0.0043	فشارسنج دیواری
0.9039	0.1175	0.0093	0.0304	0.008	0.0064	0.0077	0.0122	0.0786	0.0177	یو پی اس
0.9929	0.0011	0.0007	0.0014	0.002	0.0004	0.0026	0.0095	0.002	0.0019	پاروان
0.9927	0.0011	0.0021	0.0014	0.002	0.0008	0.0019	0.0101	0.002	0.0009	ترالی اورژانس
0.9928	0.0011	0.0016	0.0014	0.002	0.0008	0.0019	0.0101	0.002	0.0009	ترالی پانسمان
0.9694	0.0106	0.0049	0.003	0.009	0.0029	0.0032	0.0102	0.0432	0.0044	کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری
0.9904	0.0011	0.0043	0.0052	0.002	0.0008	0.0019	0.0101	0.002	0.0019	پایه سرم پرتابل
0.9611	0.0066	0.0072	0.029	0.005	0.0064	0.0034	0.0101	0.0474	0.0019	خروجی برق
0.9704	0.0044	0.0059	0.0035	0.005	0.0048	0.0034	0.0117	0.0474	0.0032	خروجی اکسیژن
0.9845	0.0011	0.0063	0.0065	0.004	0.0013	0.0029	0.0095	0.0109	0.004	برانکارد
0.993	0.0011	0.0016	0.0014	0.002	0.0008	0.0003	0.0101	0.002	0.0019	ست معاینه تشخیصی

در جدول (۱۳) محاسبه فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل‌های مثبت و منفی بر اساس فواصل همینگ و خاکستری آمده است.

$$\zeta_2^+(V, A^+) = 1 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |v_{ij} - v_n^+| \quad \text{فرمول (۵)}$$

$$N_3^+(X, A^+) = \frac{\min_i \min_j |v_j^+ - x_{ij}| + \rho \max_i \max_j |v_j^+ - x_{ij}|}{|v_j^+ - x_{ij}| + \rho \max_i \max_j |v_j^+ - x_{ij}|} \quad \text{فرمول (۶)}$$

لازم به ذکر است ضریب ρ عددی ثابت بوده و مقداری بین صفر و یک را بسته ماهیت فواصل اختیار می‌کند. در این جا به علت اهمیت یکسان دوری ایدئال منفی و نزدیکی به ایدئال مثبت این مقدار ۰,۵ در نظر گرفته شده است.

جدول ۱۳. فواصل از ایدئال مثبت همینگ و خاکستری

نام تجهیز	ζ_2^+	Min	max	N_3^+
تخت بستری	0.935	0.0092	0.1954	0.2547
دستگاه همودیالیز	0.9534	0.0042	0.1954	0.3226
مانیتور علائم حیاتی	0.9439	0.0017	0.1965	0.2836
پایه مانیتور	0.9372	0.0067	0.1994	0.2611
دستگاه ریورس اسمزیس (RO)	0.9583	0.0003	0.1863	0.3476
اکترو شک	0.9482	0.0021	0.1965	0.2999
ترالی اکتروشک	0.9377	0.0047	0.1977	0.2628
الکتروکاردیو گراف	0.9427	0.0022	0.1977	0.2794
ترالی الکترو کاردیو گراف	0.9378	0.0047	0.1994	0.263
ساکشن پرتابل	0.9429	0.0025	0.1965	0.28
لارنگوسکوپ	0.9367	0.0067	0.1977	0.2596
پالس اکسیمتر پرتابل	0.9414	0.0024	0.1965	0.2748
فشارسنج دیواری	0.9386	0.0066	0.1977	0.2655
یو پی اس	0.9597	0.0041	0.1185	0.3555
پاروان	0.9355	0.0086	0.1994	0.2561
ترالی اورژانس	0.9358	0.0067	0.1994	0.2569
ترالی پانسمان	0.9357	0.0067	0.1994	0.2567
کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری	0.9429	0.0067	0.1919	0.2801
پایه سرم پرتابل	0.9364	0.0067	0.1994	0.2588
خروجی برق	0.9455	0.0042	0.1948	0.2895
خروجی اکسیژن	0.9429	0.0046	0.1965	0.2802
برانکارد	0.9378	0.0086	0.1994	0.263
ست معاینه تشخیصی	0.9357	0.0067	0.1994	0.2566
Min		0.0003		
Max			0.1994	

محاسبه فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل‌های منفی همینگ و خاکستری

فرمول (۷)

$$\zeta_2^-(V, A^-) = 1 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |v_{ij} - v_n^-|$$

فرمول (۸)

$$N_3^-(X, A^+) = \frac{\min_i \min_j |v_j^- - x_{ij}| + \rho \max_i \max_j |v_j^- - x_{ij}|}{|v_j^- - x_{ij}| + \rho \max_i \max_j |v_j^- - x_{ij}|}$$

جدول ۱۳. فواصل از ایده‌آل منفی مثبت همینگ و خاکستری

N-	max	min	ζ_2^-	نام تجهیز
0.6189	0.0275	0.0006	0.9943	تخت بستری
0.2759	0.0704	0.0046	0.9758	دستگاه همودیالیز
0.4767	0.0297	0.003	0.9899	مانیتور علائم حیاتی
0.732	0.0096	0.0006	0.9966	پایه مانیتور
0.273	0.0827	0.0038	0.9755	دستگاه ریورس اسمزیس (RO)
0.3905	0.0708	0.0034	0.9856	اکترو شک
0.7016	0.0116	0.0005	0.9961	ترالی اکتروشک
0.5075	0.0268	0.0023	0.991	الکتروکاردیو گراف
0.6986	0.0122	0.0005	0.996	ترالی الکتروکاردیو گراف
0.5025	0.0395	0.0030	0.9909	ساکشن پرتابل
0.7622	0.0096	0.0002	0.9971	لارنگوسکوپ
0.5475	0.0251	0.0029	0.9924	پالس اکسیمتر پرتابل
0.6589	0.0097	0.0015	0.9952	فشارسنج دیواری
0.2619	0.0815	0.0056	0.974	یو پی اس
0.8424	0.0077	0.0002	0.9983	پاروان
0.8236	0.0096	0.0005	0.998	ترالی اورژانس
0.8277	0.0096	0.0005	0.9981	ترالی پانسمان
0.5018	0.0428	0.0022	0.9908	کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری
0.779	0.0096	0.0005	0.9974	پایه سرم پرتابل
0.44	0.0467	0.0014	0.9883	خروجی برق
0.5014	0.0467	0.0025	0.9908	خروجی اکسیژن
0.6979	0.0080	0.0006	0.996	برانکارد
0.8313	0.0096	0.0002	0.9981	ست معاینه تشخیصی
		0.0002		Min
	0.0827			Max

در جدول (۱۴) محاسبه درجه رویکرد ترکیبی آمده است.

$$S_i^+ = u_1 \zeta_1^+ + u_2 \zeta_2^+ + u_3 \zeta_3^+ \quad \text{فرمول (۹)}$$

$$S_i^- = u_1 \zeta_1^- + u_2 \zeta_2^- + u_3 \zeta_3^- \quad \text{فرمول (۱۰)}$$

$$u_i = \frac{\zeta_i^-}{\zeta_i^- + \zeta_i^+} \quad \text{فرمول (۱۱)}$$

حاسبه ارزش کل و رتبه‌بندی گزینه‌ها

$$Z_i = S_i^- \times (1 - S_i^+) \quad \text{فرمول (۱۲)}$$

جدول ۱۴. ارزش کلی هر تجهیز و فواصل همینگ، خاکستری و اقلیدسی از ایدئال مثبت و منفی

نام تجهیز	ζ_2^+	ζ_2^-	u_2	N+	N-	u_3	ζ^-	ζ^+	u_1	S^+	S^-	Z
تخت بستری	0.935	0.9919	0.5148	0.2547	0.532	0.6762	0.2334	0.2334	0.5	0.4744	0.5858	0.2800
دستگاه همودیالیز	0.9534	0.9735	0.5052	0.3226	0.2582	0.4445	0.1946	0.1946	0.5	0.4902	0.4754	0.2092
مانیتور علائم حیاتی	0.9439	0.983	0.5101	0.2836	0.3516	0.5536	0.2109	0.2109	0.5	0.4795	0.5152	0.2387
پایه مانیتور	0.9372	0.9897	0.5136	0.2611	0.4734	0.6446	0.2366	0.2366	0.5	0.4783	0.5666	0.2675
دستگاه ریورس اسمز (RO)	0.9583	0.9686	0.5027	0.3476	0.2268	0.3948	0.1752	0.1752	0.5	0.4937	0.4569	0.1931
اکترو شک	0.9482	0.9787	0.5079	0.2999	0.3024	0.5021	0.202	0.202	0.5	0.4834	0.4944	0.2239
ترالی اکتروشک	0.9377	0.9892	0.5134	0.2628	0.4605	0.6367	0.2296	0.2296	0.5	0.4767	0.5598	0.2648
الکتروکاردیو گراف	0.9427	0.9842	0.5108	0.2794	0.3681	0.5685	0.2157	0.2157	0.5	0.4793	0.5227	0.2432
ترالی الکترو کاردیو گراف	0.9378	0.9891	0.5133	0.263	0.4592	0.6359	0.2312	0.2312	0.5	0.4773	0.5599	0.2644
ساکشن پرتابل	0.9429	0.984	0.5107	0.28	0.3654	0.5662	0.2104	0.2104	0.5	0.4778	0.52	0.2424
لارنگوسکوپ	0.9367	0.9902	0.5139	0.2596	0.4859	0.6518	0.2341	0.2341	0.5	0.4768	0.5701	0.2701
پالس اکسیمتر پرتابل	0.9414	0.9855	0.5114	0.2748	0.3887	0.5858	0.2151	0.2151	0.5	0.4771	0.5298	0.2484
فشارسنج دیواری	0.9386	0.9883	0.5129	0.2655	0.4417	0.6246	0.2277	0.2277	0.5	0.4773	0.5526	0.2608
یو پی اس	0.9597	0.9672	0.5019	0.3555	0.2191	0.3813	0.1381	0.1381	0.5	0.4844	0.4414	0.1884
پاروان	0.9355	0.9914	0.5145	0.2561	0.5173	0.6688	0.2419	0.2419	0.5	0.4778	0.5835	0.2764
ترالی اورژانس	0.9358	0.9911	0.5144	0.2569	0.5101	0.6651	0.2417	0.2417	0.5	0.4781	0.581	0.2749
ترالی پانسمان	0.9357	0.9912	0.5144	0.2567	0.5117	0.6659	0.2418	0.2418	0.5	0.4780	0.5816	0.2752
کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری	0.9429	0.984	0.5106	0.2801	0.3651	0.5659	0.2017	0.2017	0.5	0.4749	0.5169	0.2424
پایه سرم پرتابل	0.9364	0.9905	0.514	0.2588	0.4927	0.6556	0.2404	0.2404	0.5	0.4785	0.5745	0.2715
خروجی برق	0.9455	0.9814	0.5093	0.2895	0.3313	0.5336	0.2025	0.2025	0.5	0.4791	0.5051	0.2329
خروجی اکسیژن	0.9429	0.984	0.5106	0.2802	0.3649	0.5657	0.2096	0.2096	0.5	0.4775	0.5195	0.2423
برانکارد	0.9378	0.9891	0.5133	0.263	0.4589	0.6357	0.233	0.233	0.5	0.4779	0.5604	0.2645
ست معاینه تشخیصی	0.9357	0.9912	0.5144	0.2566	0.513	0.6666	0.2418	0.2418	0.5	0.4780	0.582	0.2755

در جدول (۱۵) اولویت‌بندی نهایی تجهیزات به روش تاپسیس بهبودیافته.

جدول ۱۵. اولویت تجهیزات بخش دیالیز برای قرارگیری در برنامه نت بیمارستان

رتبه بندی	Z	نام تجهیز
1	0.1884	یو پی اس
2	0.1931	دستگاه ریورس اسمز
3	0.2092	دستگاه همودیالیز
4	0.2239	اکترو شک
5	0.2329	خروجی برق
6	0.2387	مانیتور علائم حیاتی
7	0.2423	خروجی اکسیژن
8	0.2424	کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری
9	0.2424	ساکشن پرتابل
10	0.2432	الکتروکاردیو گراف
11	0.2484	پالس اکسیمتر پرتابل
12	0.2608	فشارسنج دیواری
13	0.2644	ترالی الکترو کاردیو گراف
14	0.2645	برانکارد
15	0.2648	ترالی اکتروشک
16	0.2675	پایه مانیتور
17	0.2700	لارنگوسکوپ
18	0.2715	پایه سرم پرتابل
19	0.2749	ترالی اورژانس
20	0.2752	ترالی پانسمان
21	0.2755	ست معاینه تشخیصی
22	0.2764	پاروان
23	0.2800	تخت بستری

نتایج و محدودیت‌ها

مطابق محاسبات انجام شده دیالیز جهت قرارگیری در مطابق جدول ۱۵ تعیین می‌شود اولویت اول به دوم به دستگاه ریورس دستگاه دیالیز و چهارم به آخرین رده از اولویت به تشخیصی، پاروان و آخرین بستری می‌رسد.

اولویت تجهیزات بخش برنامه نگهداری و تعمیرات گردید، همان‌طور که مشاهده دستگاه یوپی‌اس، اولویت اسمز، اولویت سوم به دستگاه الکتروشک و نیز ترتیب به ست معاینه درجه اهمیت به تخت

این نتایج بیانگر آن است این مدل قابلیت تشخیص اهمیت دستگاه‌های که در ارتباط مستقیم با بیماران نبوده‌اند؛ ولی از نظر پشتیبانی دستگاه‌های حیاتی نقش تعیین‌کننده دارند، را دارد. امری که در بسیاری از مدل‌های موجود برای اولویت‌بندی تجهیزات بیمارستانی فراموش شده.

این ویژگی از آن جهت مهم است که غالباً تأثیر تجهیزات و تأسیسات بیمارستانی که در فراهم‌سازی ملزومات اولیه همچون ولتاژ ایمن برق، آب سالم مورد مصرف تجهیزات، نیز تجهیزات فراهم‌آوری اکسیژن و سایر موارد تأسیساتی که فعالیت کلیه تجهیزات را تحت تأثیر قرار می‌دهند در برنامه‌های مدیریت بیمارستانی قرار نگرفته جز برنامه نگهداری تأسیسات قرار می‌گیرند که گاه اهمیت، دقت و خدمات و نظارت‌های تخصص لازم را دریافت نمی‌کنند. این در حالی است خرابی این تجهیزات باعث متوقف شدن و یا خطرناک‌تر از آن عملکرد ناقص و یا زیان‌بار تجهیزات وابسته می‌گردند.

استفاده از تاپسیس بهبودیافته در تعیین اولویت تجهیزات بیمارستانی در مطالعات قبلی در حوزه اولویت‌بندی تجهیزات بیمارستانی مشاهده نشده و نوآوری این پژوهش است، لذا نمی‌توان مقایسه‌ای در خصوص نتایج به‌دست‌آمده نسبت به مطالعات گذشته انجام داد. اما نتایج کسب شده رضایت خبرگان و بهره‌وران را کسب نموده است.

این مدل انعطاف‌پذیری لازم برای استفاده در موارد مشابه دیگر را دارا بوده از جهت کارایی نیازمند بررسی و بازآزمایی در سایر بخش‌های بیمارستانی و صنایع مشابه است؛ بنابراین به پژوهشگران پیشنهاد می‌گردد. تا با استفاده از این مدل به توسعه و بهبود آن کمک کنند.

از جمله محدودیت‌های این پژوهش عدم دسترسی و همکاری اعضای خبره، نبود ساماندهی و نقصان در نگهداری اطلاعات تعمیرات و نگهداری تجهیزات در طول عمر فعالیت است.

پیشنهادهای

باتوجه به نقصان موجود در سیستم مدیریت تجهیزات بیمارستانی در عدم وجود سیستمی مشخص و پویا به‌منظور برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و پیش‌بینانه در سیستم‌های بیمارستانی مورد بررسی، توصیه می‌گردد نگهداری و تعمیرات تجهیزات بیمارستانی بیشتر مورد توجه قرار گیرد چرا که به‌خصوص در بیمارستان‌های کوچک و متوسط به‌ویژه در شهرستان‌های ایران که تجهیزات قدمت بیشتری دارند. همین امکانات محدود موجود نیز قابلیت اطمینان لازم جهت بهره‌برداری را ندارند.

References:

- Aghasi Zadeh, Z. and Pouya, A. (2017), *Evaluation of Different Strategies for Maintenance and Repair of Medical Equipment with System Simulation Approach*, First National Conference of Iranian System Dynamics Society, Tehran, <https://civilica.com/doc/730404>
- Aghasizadeh, Z. Poya, A.R. (2015). *Evaluation of different strategies for maintenance and repair of medical equipment with dynamic systems simulation approach*. The first national conference of the Iranian Organization Dynamics Association. [In persian]
- Ahmed, R. Nasiri, F. Zayed, T. (2021). *A novel Neutrosophic-based machine learning approach for maintenance prioritization in healthcare facilities*. Journal of Building Engineering. Volume 42, 102480, pp.1-11.
- Alasfar, S. Alashavi, H. & others. (2023). *Improving and maintaining quality of hemodialysis in areas affected by war: a call to action!*. Kidney International 103, 817–820.
- Alavi, A. Akbari, A. Atai, M. Kia Deliri, H. (2010). *Comparison of Fuzzy TOPSIS and Fuzzy AHP methods for selecting and planting indigenous plant species (case study: Sarcheshmeh copper mining area)*. Renewable Natural Resources Research, 2(3 (serial 5)), 46-56. [In persian]
- Arab Sorkhi Mishabi, M. (2018). *A Review of Evaluation, Use and Maintenance Management of Medical Equipment*. Fifth Annual Research Conference of Semnan University of Medical Sciences. Semnan. <https://civilica.com/doc/933660>
- Asgharpour, M.J. (2010). *Multi-criteria decision making*. Tehran University Publishing Institute [In persian]
- Atai, M. (2009). *Fuzzy multi-criteria decision making*. Shahrood University of Technology, Shahrood. [In persian]
- Azar, A. Rajabi, A. (2011). *Applied decision making of MADM approach*. Negah Danesh, Tehran [In persian].

- Bashiri, M. Hijazi, T. H. Mohtjeb, H. (۲۰۱۰). *A new approach in multi-criteria decision-making*. Shahid University, Tehran. [In persian]
- Ciklacandir, S. Isler, Y. (2023). *Priority assessment of procuring medical equipment in Turkish hospitals using input-weighted fuzzy logic architecture*. Expert Systems with Applications, Volume 213, Part C, 1 March 2023, p: 22
- Daga, A. Bjornstad, E., McCarthy, F., Bonilla-Felix, M. (2023). *Preparing for the unexpected, supporting the vulnerable*. Pediatric Nephrology, volume 38,1697–1699.
- Danaifard, H. Elwani, M. Azar, A. (2008). *Methodology of quantitative research in management: comprehensive approach*. Eshraghi Publishing House, Tehran [In persian]
- Do, P. Berenguerb, C. (2020). *Conditional reliability-based importance measures*. Reliability Engineering and System Safety, 193 .
- Eskandari, M. Zainaldini Maimand, A. Navidi, M.N. Salmanpour, A. (2020). *Investigating the efficiency of TOPSIS method in prioritizing land for saffron cultivation*. Water and Water (Agricultural Sciences and Industries), 36(2), 237-249. [In persian]
- Forouzandeh Shahraki, A. Yadav, O. Vogiatzis, C. (2019). *Components and Stochastic Imperfect Maintenance Actions*. Reliability Engineering and System Safety.
- Fries R.C. (2013). *Reliable design of Medical Devices*. CRC Press. Taylor Fr. group, NY.
- García-Sanz-Calcedo, J. Sánchez-Barroso, G. González-Domínguez, J. (2022). *Reliability Techniques in Industrial Design*. Applied Sciences ,Volume 13.
- Groth, T.G. Stegmayr B. Ash, S. Kuchinka, J. Wieringa, F. Fisse, W. Roy, S. (Apr 2023). *Wearable and implantable artificial kidney devices for end- stage kidney disease treatment: Current status and review*. Artificial Organs, Volume 47, Issue 4. P649-666.
- Hernández-López, A. Pimentel-Aguilar, A. Ortiz-Posadas, M. (2020). *An index to prioritize the preventive maintenance of medical equipment* .Health and Technology volume 10, pages399–403
- Huaige, Z. Xuyang, B. Xianpei, H. (2022). *Site selection of nursing homes based on interval type-2 fuzzy AHP, CRITIC and improved TOPSIS methods*. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, vol. 42, no. 4, pp. 3789-3804.
- Hutagalung, A.O. Hasibuan, S.(2019). *Determining the Priority of Medical Equipment Maintenance with Analytical Hierarchy Process*. International journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE) Vol. 15, No. 10, pp: 107-120.
- Huynh. K. T. (2020). *Modeling past-dependent partial repairs for condition-based maintenance of continuously deteriorating systems* . European Journal of Operational Research, 280 , 152–163.
- Ignacio Roig, J. Gomez, A. Romero, I. Carmen Carnero, M. (2018). *Maintenance Policies Optimization of Medical Equipment in a Health Care Organization INTRODUCTION*. IGI Global Category: Healthcare Administration, 3698-3710.
- Izadpanah, F. Shieh morteza, M. Rahimpour, A. and Moradi, M. (2020). *Prioritizing Medication Management Criteria of National Hospital Accreditation Standards Using FDANP Model*. Journal of Pharmaceutical Research. Vol 32 No.3, pp.69-77.
- Jafaranjad, A. (2014). *Management of production and operations of new concepts, systems, models and supply chain*. Tehran University Publications. Tehran [In persian]
- Jafarnejad, A. (2014). *PRIORITIZING CRITICAL BARRIERS OF COMPUTERIZED MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM (CMMS) BY FUZZY MULTI ATTRIBUTE DECISION MAKING (F-MADM) (USING LFPP)*. Kuwait Chapter Arab. J. Bus. Manag. Rev, vol. 4, no. 3, 11–27.

- Li, R. Verhagen, W. Curran, R. (2020). *A systematic methodology for Prognostic and Health Management system architecture definition*. Reliability Engineering and System Safety , 193.
- Linnéusson ,G. H.C.Ng, A. , Aslam ,T. (2020). *A hybrid simulation-based optimization frame work supporting strategic maintenance development to improve production performance*. European Journal of Operational Research, 281, 402–414.
- Mahfoud, H. El Barkany, A. El Biyaali, A. (2016). *A Hybrid Decision-Making Model for Maintenance Prioritization in Health Care Systems*. American Journal of Applied Sciences, 13 (4). pp:439.450
- Maktoubian, J. Ansari, K. (2019). *An IoT architecture for preventive maintenance of medical devices in healthcare organizations*. Health and Technology, 9, 233–243.
- Maleki, M.R., Yarmohammadian, M.H., Mosadeghrad, A.M. and Keyvanara, M. (2020). *Equipment value index (EVS) for prioritizing medical equipment in hospitals*. International Journal of Health Care Quality Assurance, Vol. 33 No. 8, pp. 1009-1023.
- Maleki, M.R., Yarmohammadian, M.H., Mosadeghrad, A.M. and Keyvanara, M. (2020). *Equipment priority index (EPI) for prioritizing medical equipment in hospitals*. Journal of Biomedical Engineering and Medical Devices. Vol. 5 No. 1, pp. 1-7.
- Maleki, M.R., Yarmohammadian, M.H., Mosadeghrad, A.M. and Keyvanara, M. (2021). *Equipment priority index based on AHP method for prioritizing medical equipment in hospitals*. Journal of Medical Engineering & Technology, Vol. 45 No. 2, pp. 81-88
- Mohadi, M.M. Moini, H. Tavakoli Golpayegani, A. Nouri, A. Mousavi, S. Sh. Parsai, H. (1400). *A non-invasive and low-cost device to determine dialysis adequacy in dialysis machines*. Sadra Medical Sciences, 9(4), 367-374. [In persaian].
- Momeni, M. Sharifi Salim, A.R. (2010). *Multi-indicator decision making models and software*. Authors, Tehran. [In persaian].
- Nourani, M., Fatemi Ghomi, S.M.T. & Gholamian, M.R.(2020). *Equipment importance index (EIS) for prioritizing medical equipment in hospitals*. J Med Syst 44, 188 (2020).
- Perl, A. Brown, E. & others.(2023).*Home dialysis: conclusions from a Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Controversies Conference*. Kidney International, Volume 103, Issue 5, May, Pages 842-858.
- Pinho, M. Costa, A. Meneses, M. Manso, J. (2023). *A multiple criteria sorting method for supporting the maintenance management of medical ventilators: The case of Hospital da Luz Lisboa*. Socio-Economic Planning Sciences, Volume 86, April 2023, pp 1-28
- Raisi, A.R. Sattari, R. (2013, Khordad and Tir). *Assessing the requirements for the establishment of a preventive maintenance program from the point of view of hospital managers and medical equipment engineers of hospitals and headquarters units*. Health Information Management, 9th Volume / 2nd Number, 274-284. [In persaian]
- Sadabadi, S.A. Hadi-Vencheh,A. Jamshidi, A. Jalali, M. (2022). *An Improved Fuzzy TOPSIS Method with a New Ranking Index*. International Journal of Information Technology & Decision Making Vol. 21, No. 02, pp. 615-641.
- Safari, H. Khanmohammadi, A. (2016). *Multi-indicator decision making methods*. Tehran University Publications Institute, first edition, Tehran.[In persaian]
- Saleh, N. Sharawi, A. Abd Elwahed, M. Petti, A. Puppato, D. Balestra, G. (2015). *Preventive Maintenance Prioritization Index of Medical Equipment Using Quality Function Deployment*. IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics. Volume: 19, Issue: 3, May 2015. pp. 1029 – 1035.

- Singh, V. Kumar, V. Singh, V.B.(2023)" A hybrid novel fuzzy AHP-TOPSIS technique for selecting parameter-influencing testing in software development"*Decision Analytics Journal*, Volume 6, March 2023, 100159
- Soufi, M., Jafarnejad, A., & Bayati, A. (2014, November). *Priorizing Critical Barriers Of Computerized Maninyance Management System (CMMS) By Fuzzy Multi Attribute Decision Making (F-MADM) (USING LFPP)*. Kuwait Chapter of Arabian Journal of Business and Management Review, Vol. 4, No.3, 11-28.
- TAGHIPOUR SHARAREH, and BANJEVIC, DRAGAN. (2012). *Optimum inspection interval for a system under periodic and opportunistic inspections*. IIE Transactions, 932–948.
- Torkzad, A. and Beheshtinia, M.A. (2019). *Evaluating and prioritizing hospital service quality*. International Journal of Health Care Quality Assurance, Vol. 32 No. 2, pp. 332-346.

COPYRIGHTS

© 2023 by the authors. Licensee Advances in Modern Management Engineering Journal. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

