فصلنامه مهندسی مدیریت نوین
سال دهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۳

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

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

چکیده:

قابلیت اطمینان به درصد کامیابی تجهیزات در طول دوره فعالیت آنها باز می‌گردد. قابلیت اطمینان تجهیزات بیمارستانی پس از انتخاب و تهیه، در طول عمر فعالیت وابسته به نگهداری و بهره‌برداری مناسب است. 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. این پژوهش از منظر هدف کاربردی، روش جمع‌آوری اطلاعات پیمایشی و دلفی فازی است. تجزیه‌وتحلیل 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. 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 ریورس اسمز و سوم دستگاه دیالیز.

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

مقدمه

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، قابل‌اعتماد 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

[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) msoufi45@gmail.com
[۳]. استادیار گروه مدیریت، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
[۴]. استادیار گروه مدیریت، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

تاریخ وصول ۱۴۰۲/۸/۲۲ **تاریخ پذیرش ۱۴۰۳/۴/۱۶**

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 تصفیهٔ 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 ازهرجهت 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 برنامهٔ مدیریت نگهداری و تعمیرات (نت) استفاده نمود؟

مبانی نظری پژوهش

بهبود خدمات درمانی مستلزم افزایش قابلیت اطمینان تجهیزات بیمارستانی است. عملکرد هرچه بهتر تجهیزات برایند شرایط مناسب تجهیز و رفتار مناسب کاربر با تجهیز است. مه فاد و همکاران (Mahfoud et al, 2016) و تورک‌زاد وبهشتی‌نیا (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 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 میشابی(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

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

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 تقدم‌وتأخر هر اقدام در سیستم نگهداری و تعمیرات باید به چه ترتیب باشد؛ تصمیماتی است که باید باتوجه‌به شرایط گرفته شود تا علاوه بر حفظ هر تجهیز به‌صورت منفرد، ریسک عمومی سیستم را به‌صورت 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 به‌سادگی 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 به‌خوبی 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 به‌عنوان راه‌حل، به طور هم‌زمان از ایدئال منفی دور و به ایدئال مثبت نزدیک‌ترین نقاط باشند. در روش تاپسیس برای محاسبهٔ فاصله، از فرمول فاصلهٔ اقلیدسی استفاده می‌کنند، اما اگر بین معیارها همبستگی وجود داشته باشد برای دقت بیشتر از فرمول فاصلهٔ مالاهان و بیس استفاده می‌شود که به این روش، تاپسیس بهبودیافته می‌گویند (Sadabadi et al, 2022; Ignacio et al, 2018 & Jafarnejad, 2014).

تاپسیس بهبودیافته[2] از تکنیک‌های جدید تصمیم‌گیری چندمعیاره است که هدف آن رتبه‌بندی گزینه‌های پژوهش بر اساس مجموعه‌ای از معیارها است. این روش توسط آقای نیو[3] 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

[1] Multi Criteria Decision Making
[2] Improve TOPSIS
[3] Niu

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 متخصصه را برای طبقه‌بندی دستگاه‌های پزشکی با توجه به اهمیت آنها پیشنهاد می‌کند(Mahfoud et al, 2016) .

ترک زاد و همکار با هدف ایجاد رقابت بین ارائه دهندگان مراقبت های 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 حرفه ای 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 جمع آوری و رتبه های 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 سلسله مراتبی (AHP) به دست می آید و در نتیجه دستگاه هایی با وزن بحرانی بالاتر نسبت به دستگاه هایی با وزن بحرانی کمتر اولویت بیشتری برای نگهداری دارند(Hutagalung & Hasibuan, 2019).

ایزدپناه و همکارن(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 داده اند. که کلیه بیمارستان‌های کشور را برمبنای 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 بیماری های تنفسی در مکزیک به عنوان پروتکلی برای برنامه ریزی نگهداری پیشگیرانه مناسب برای تجهیزات پزشکی در طول سال پیشنهاد کرده اند. این شاخص در نمونه ای 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 می کنند :(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 می کنند (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، نامبرده اند. 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 سلسله مراتبی (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[1] (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[2]، نزدیک ترین همسایگی k [3]و نایوی بیض [4] 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).

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

[1] Multi-Attribute Utility Theory
[2] Decision Trees
[3] K-Nearest Neighbors
[4] Naive Bayes

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 می کنند که یک روش کمک تصمیم‌گیری چند معیاره را با استفاده از روش الکتره تری ان سی[1] 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 جدول۱ 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[2]	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[3]	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[1]	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[2] ,ANP	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

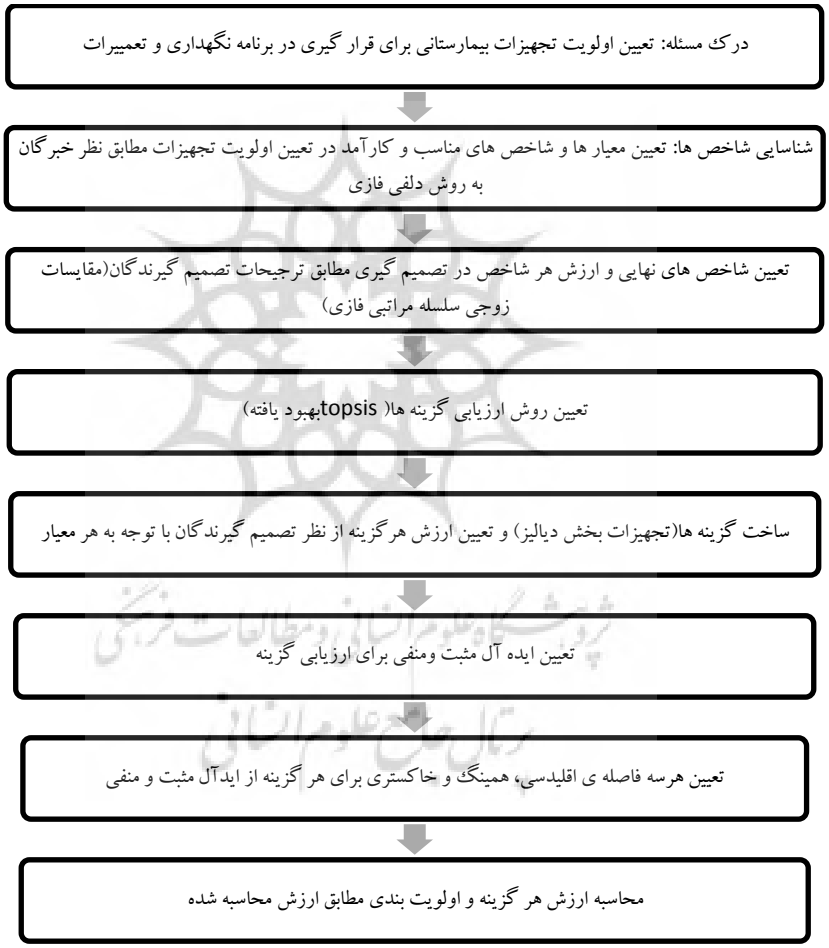
هدف این پژوهش یافتن اولویت و جایگاه هر تجهیز در بخش دیالیز برای قرارگیری در برنامه نگهداری و تعمیرات سیستم بیمارستانی است. از منظر روش‌شناسی، تحقیق حاضر از حیث هدف، پژوهشی کاربردی است؛ از نظر جمع‌آوری داده‌ها، توصیفی در مقطعی از زمان است و از حیث روش، مدل‌سازی تحلیلی – ریاضی است. برای حل مسائل تصمیم‌گیری 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

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

[2] Neutrosophic logic,

از گزینه‌ها را 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 سه‌فاز صورت پذیرفت. اول کتابخانه که به‌منظور 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 توسعه‌یافته اولویت جامعه آماری متشکل از تجهیزات پزشکی ضروری بخش دیالیز مطابق دستورالعمل‌ها و استانداردهای ابلاغی از طرف بهداشت و درمان است تعیین گردید.

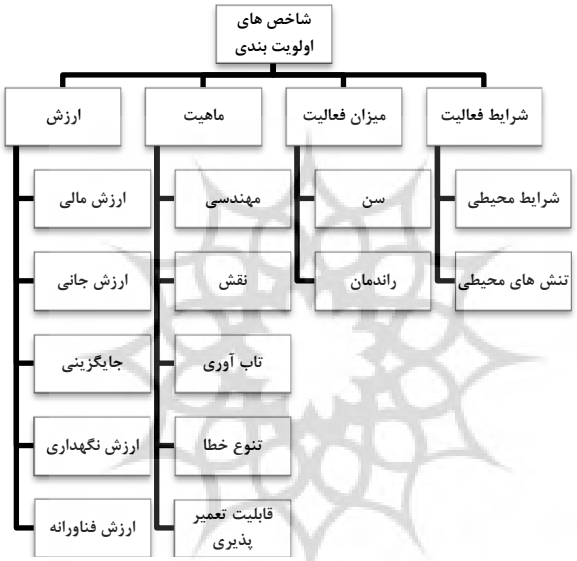


شکل ۱. روند انجام پژوهش

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

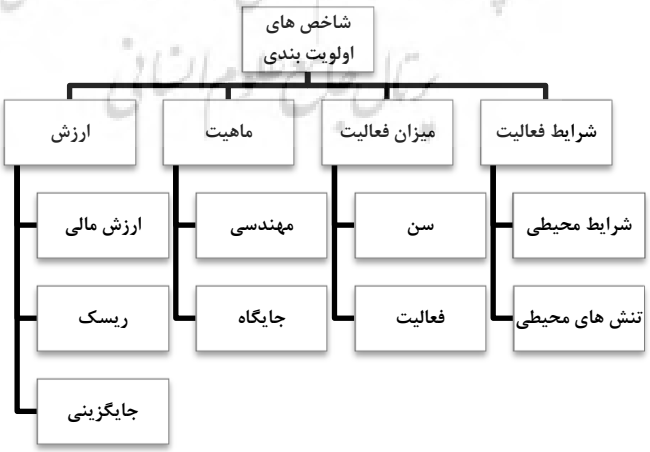
در این پژوهش از پنج گروه متخصص و فعال در حوزه مدیریت تجهیزات در بیمارستان شامل ۳ مهندس تجهیزات پزشکی، یک مهندس الکترونیک و ابزاردقیق و مهندس برق، ۴ کاردان رشته مهندسی و ۵ مدیر بیمارستانی در

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 به‌منظور 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 پایای 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 نشان‌داده‌شده 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 زیرشاخص‌ها به‌صورت شکل (۲) تغییر یافتند.



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

پس از مشخص‌شدن 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 به‌صورت 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

شاخص-های اصلی	وزن با AHP	زیرشاخص‌ها	وزن با AHP	حاصل‌ضرب اوزان شاخص‌های اصلی و فرعی	اوزان نرمال
ارزش	۰.۵۶۷۷	ارزش مالی	۰.۱۲۷۶	۰.۰۷۲۴	۰.۰۸
		ریسک	۰.۷۴۰۳	۰.۴۲۰۲	۰.۴۴
		قابلیت جایگزینی	۰.۱۲۷۶	۰.۰۷۲۴	۰.۰۸
ماهیت	۰.۱۱۲۶	طراحی مهندسی	۰.۶۰۱۸	۰.۰۶۷۷	۰.۰۷
		جایگاه استقرار	۰.۳۶	۰.۰۴۰۵	۰.۰۴
میزان فعالیت	۰.۱۵۵۵	سن	۰.۳۰۰۵	۰.۰۴۶۷	۰.۰۵
		حجم فعالیت	۰.۶۹۱۳	۰.۱۰۷۵	۰.۱۱
شرایط فعالیت	۰.۱۳۲۵	تنش	۰.۵۸۶۵	۰.۰۷۷۷	۰.۰۸
		شرایط	۰.۳۹۰۶	۰.۰۵۱۷	۰.۰۵
		جمع	۰.۹۵۷		۱

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 (-)		
تخت بستری	۰.۷۵	۰.۴	۰	۰.۱	۰	۰	۱	۰.۸	۰.۲۵
دستگاه همودیالیز	۱	۰.۹	۰.۵	۱	۰.۹۴	۰.۷	۰.۵	۰.۱	۰
مانیتور علائم حیاتی	۱	۰.۶	۰.۲۵	۱	۰.۵۸	۰.۱	۰.۷۵	۰.۴	۰
پایه مانیتور	۰.۵	۰.۰۵	۰	۰.۳	۰.۰۴	۰	۱	۰.۹۵	۰.۵
دستگاه ریورس اسمزیس (RO)	۱	۰.۹۵	۰.۵	۱	۱	۰.۹	۰.۲۵	۰	۰

اکتروشک	۱	۰.۶	۰.۲۵	۱	۰.۹۶	۰.۷	۱	۰.۴۵	۰
ترالی اکتروشک	۰.۲۵	۰	۰	۰.۵	۰.۱۲	۰	۱	۰.۸۵	۰.۲۵
الکتروکاردیوگراف	۱	۰.۴۷	۰.۲۵	۰.۹	۰.۵	۰.۱	۱	۰.۵	۰
ترالی الکتروکاردیوگراف	۰.۲۵	۰	۰	۱	۰.۰۲	۰	۱	۰.۸۵	۰.۲۵
ساکشن پرتابل	۱	۰.۵	۰	۰.۹	۰.۵۸	۰.۳	۱	۰.۶۵	۰
لارنگوسکوپ	۰.۷۵	۰.۲	۰	۰.۳	۰.۰۲	۰	۱	۰.۹۵	۰.۵
پالس اکسیمتر پرتابل	۱	۰.۴	۰	۰.۹	۰.۴۲	۰.۱	۱	۰.۶	۰
فشارسنج دیواری	۰.۷۵	۰.۳	۰	۰.۵	۰.۱۴	۰	۱	۰.۹	۰.۵
یوپی‌اس	۱	۰.۷	۰.۲۵	۱	۰.۹۸	۰.۷	۱	۰.۵۵	۰.۲۵
پاروان	۰.۵	۰.۰۵	۰	۰.۱	۰	۰	۱	۱	۰.۷۵
ترالی اورژانس	۰.۲۵	۰	۰	۰.۱	۰	۰	۱	۰.۹۵	۰.۵
ترالی پانسمان	۰.۲۵	۰	۰	۰.۱	۰	۰	۱	۰.۹۵	۰.۵
کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری	۰.۷۵	۰.۳	۰	۱	۰.۶۸	۰.۳	۱	۰.۹	۰.۵
پایه سرم پرتابل	۰.۵	۰.۰۵	۰	۰.۱	۰	۰	۱	۰.۹۵	۰.۵
خروجی برق	۰.۵	۰.۰۵	۰	۱	۰.۸۶	۰.۳	۱	۰.۹۵	۰.۵
خروجی اکسیژن	۰.۷۵	۰.۱۵	۰	۱	۰.۸۶	۰.۳	۱	۰.۸	۰.۲۵
برانکارد	۰.۷۵	۰.۲۵	۰	۰.۵	۰.۱	۰	۱	۱	۰.۷۵
ست معاینه تشخیصی	۰.۵	۰.۰۵	۰	۰.۱	۰	۰	۱	۰.۹۵	۰.۵
∑	۱۲.۸۷۵	۴.۰۳۰۹	۰.۷۵	۱۲.۴۲	۶.۸۵۲۸	۲.۶۷	۲۰.۸۷۵	۱۴.۳۷	۳.۶۸۷۵
Min	۰.۲۵	۰	۰	۰.۱	۰	۰	۰.۲۵	۰	۰
Max	۱	۰.۹۵	۰.۵	۱	۱	۰.۹	۱	۱	۰.۷۵

جدول ٤. آرای تلفیق شده خبرگان برای زیرشاخص‌های ماهیت

ماهیت	طراحی			جایگاه		
تخت بستری	۰.۵	۰.۱	۰	۰.۵	۰.۱	۰
دستگاه همودیالیز	۱	۰.۹۸	۰.۷	۱	۱	۰.۷۵
مانیتور علائم حیاتی	۱	۰.۶۲	۰.۱	۱	۰.۸	۰.۲۵
پایه مانیتور	۰.۵	۰.۱	۰	۰.۷۵	۰.۱۵	۰
دستگاه ریورس اسمزیس (RO)	۱	۰.۹۸	۰.۷	۱	۱	۰.۷۵
اکتروشک	۱	۰.۵۸	۰.۱	۱	۰.۸۵	۰.۵

ترالی اکتروشک	۰.۵	۰.۱۲	۰	۰.۵	۰.۱۵	۰
الکتروکاردیو گراف	۱	۰.۵۴	۰.۱	۱	۰.۷	۰.۲۵
ترالی الکترو کاردیو گراف	۰.۵	۰.۰۸	۰	۰.۵	۰.۱۵	۰
ساکشن پرتابل	۱	۰.۴۸	۰	۱	۰.۷	۰.۲۵
لارنگوسکوپ	۰.۱	۰	۰	۰.۷۵	۰.۴۵	۰
پالس اکسیمتر پرتابل	۰.۷	۰.۲۸	۰	۱	۰.۶۵	۰.۲۵
فشارسنج دیواری	۰.۵	۰.۰۸	۰	۱	۰.۶	۰
یو پی اس	۱	۰.۵۲	۰.۱	۱	۱	۰.۷۵
پاروان	۰.۷	۰.۱	۰	۰.۲۵	۰	۰
ترالی اورژانس	۰.۵	۰.۰۸	۰	۰.۵	۰.۱۵	۰
ترالی پانسمان	۰.۵	۰.۰۸	۰	۰.۵	۰.۱	۰
کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری	۰.۷	۰.۲	۰	۱	۰.۶	۰.۲۵
پایه سرم پرتابل	۰.۵	۰.۰۸	۰	۰.۵	۰.۰۵	۰
خروجی برق	۰.۷	۰.۲۲	۰	۱	۱	۰.۷۵
خروجی اکسیژن	۰.۷	۰.۲۲	۰	۱	۰.۹۵	۰.۵
برانکارد	۰.۷	۰.۱۶	۰	۰.۷۵	۰.۲۵	۰
ست معاینه تشخیصی	۰.۱	۰	۰	۰.۵	۰.۱	۰
∑	۱۱.۹۶	۳.۷۵۱۲	۱.۰۲	۱۵.۵	۸.۷۷۵	۳.۰۶۲۵
Min	۰.۱	۰	۰	۰.۲۵	۰	۰
Max	۱	۰.۹۸	۰.۷	۱	۱	۰.۷۵

جدول ۵. آرای تلفیق شده خبرگان برای زیرشاخص‌های میزان فعالیت

میزان فعالیت	سن		۰.۰۵	حجم		۰.۱۱
تخت بستری	۰.۵	۰.۲	۰	۰.۷۵	۰.۱۵	۰
دستگاه همودیالیز	۰.۷۵	۰.۴	۰	۱	۰.۹	۰.۵
مانیتور علائم حیاتی	۰.۷۵	۰.۴	۰	۱	۰.۴۵	۰
پایه مانیتور	۰.۷۵	۰.۱۵	۰	۰.۷۵	۰.۲۵	۰
دستگاه ریورس اسمزیس(RO)	۱	۰.۴۳۷۵	۰	۱	۰.۸۵	۰.۵
اکترو شک	۰.۷۵	۰.۳	۰	۰.۵	۰.۱۵	۰
ترالی اکتروشک	۰.۵	۰.۱	۰	۰.۵	۰.۰۵	۰

الکتروکاردیو گراف	۰.۷۵	۰.۳	۰	۰.۵	۰.۱۵	۰
ترالی الکترو کاردیو گراف	۰.۵	۰.۱	۰	۰.۵	۰.۰۵	۰
ساکشن پرتابل	۰.۵	۰.۲۵	۰	۰.۵	۰.۱۵	۰
لارنگوسکوپ	۰.۵	۰.۰۵	۰	۰.۵	۰.۰۵	۰
پالس اکسیمتر پرتابل	۰.۷۵	۰.۲۵	۰	۱	۰.۳	۰
فشارسنج دیواری	۰.۵	۰.۲	۰	۰.۷۵	۰.۳	۰
یو پی اس	۱	۰.۴	۰	۱	۰.۸	۰.۲۵
پاروان	۰.۵	۰.۰۵	۰	۰.۲۵	۰	۰
ترالی اورژانس	۰.۵	۰.۰۵	۰	۰.۲۵	۰	۰
ترالی پانسمان	۰.۵	۰.۰۵	۰	۰.۲۵	۰	۰
کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری	۱	۰.۴۵	۰	۰.۵	۰.۰۵	۰
پایه سرم پرتابل	۰.۵	۰.۰۵	۰	۰.۷۵	۰.۱۵	۰
خروجی برق	۰.۷۵	۰.۲	۰	۱	۰.۶۵	۰.۲۵
خروجی اکسیژن	۰.۷۵	۰.۲	۰	۰.۵	۰.۱	۰
برانکارد	۰.۵	۰.۲	۰	۰.۷۵	۰.۲۵	۰
ست معاینه تشخیصی	۰.۵	۰.۰۵	۰	۰.۲۵	۰	۰
∑	۱۰.۵	۱.۴۳۶۴	۰	۱۱.۰۶۳	۳.۲۳۵	۰.۶۲۵
Min	۰.۵	۰.۰۵	۰	۰.۲۵	۰	۰
Max	۱	۰.۴۵	۰	۱	۰.۹	۰.۵

جدول٦. آرای تلفیق شده خبرگان برای زیرشاخص‌های شرایط فعالیت

شرایط فعالیت	تنش		۰.۰۸	شرایط		۰.۰۵
تخت بستری	۰.۷۵	۰.۳۵	۰	۰.۵	۰.۱۵	۰
دستگاه همودیالیز	۱	۰.۶۵	۰	۰.۵	۰.۱۵	۰
مانیتور علائم حیاتی	۰.۷۵	۰.۲	۰	۰.۵	۰.۱	۰
پایه مانیتور	۰.۷۵	۰.۳	۰	۰.۲۵	۰	۰
دستگاه ریورس اسمزیس(RO)	۰.۷۵	۰.۳	۰	۱	۰.۵	۰
اکترو شک	۱	۰.۵	۰	۰.۵	۰.۱	۰
ترالی اکتروشک	۱	۰.۵	۰	۰.۵	۰.۰۵	۰
الکتروکاردیو گراف	۱	۰.۳۵	۰	۰.۵	۰.۰۵	۰
ترالی الکترو کاردیو گراف	۱	۰.۳۵	۰	۰.۲۵	۰	۰

ساکشن پرتابل	۱	۰.۴	۰	۰.۵	۰.۱	۰
لارنگوسکوپ	۰.۵	۰.۱۵	۰	۰.۵	۰.۰۵	۰
پالس اکسیمتر پرتابل	۱	۰.۳۵	۰	۰.۵	۰.۱	۰
فشارسنج دیواری	۱	۰.۵۵	۰	۰.۵	۰.۰۵	۰
یو پی اس	۱	۰.۶	۰	۱	۰.۵۵	۰.۲۵
پاروان	۰.۲۵	۰	۰	۰.۲۵	۰	۰
ترالی اورژانس	۰.۵	۰.۱	۰	۰.۲۵	۰	۰
ترالی پانسمان	۰.۵	۰.۰۵	۰	۰.۲۵	۰	۰
کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری	۰.۷۵	۰.۳	۰	۱	۰.۲۵	۰
پایه سرم پرتابل	۰.۷۵	۰.۲۵	۰	۰.۲۵	۰	۰
خروجی برق	۱	۰.۴۵	۰	۰.۷۵	۰.۱۵	۰
خروجی اکسیژن	۱	۰.۳۵	۰	۰.۵	۰.۱	۰
برانکارد	۰.۷۵	۰.۴	۰	۰.۲۵	۰	۰
ست معاینه تشخیصی	۰.۵	۰.۰۵	۰	۰.۲۵	۰	۰
∑	۱۶	۳.۱۳	۰	۶.۸۱۲۵	۰.۷۴۲۵	۰.۰۶۲۵
Min	۰.۲۵	۰	۰	۰.۲۵	۰	۰
Max	۱	۰.۶۵	۰	۱	۰.۵۵	۰.۲۵

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)								
	ارزش مالی()		**0.08**	ریسک خرابی(۴۴)		**0.44**	امکان جایگزینی (-)(۰.۰۸)		**0.08**
تخت بستری	**۰.۰۵۳۳**	۰.۰۳۳۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۱۶	۰.۰۵۳۳
دستگاه همودیالیز	۰.۰۸	۰.۰۷۵۸	۰.۰۸	۰.۴۴	۰.۴۱۳۶	۰.۳۴۲۲	۰.۰۵۳۳	۰.۰۷۲	۰.۰۸
مانیتور علائم حیاتی	۰.۰۸	۰.۰۵۰۵	۰.۰۴	۰.۴۴	۰.۲۵۵۲	۰.۰۴۸۹	۰.۰۲۶۷	۰.۰۴۸	۰.۰۸
پایه مانیتور	۰.۰۲۶۷	۰.۰۰۴۲	۰	۰.۰۹۷۸	۰.۰۱۷۶	۰	۰	۰.۰۰۴	۰.۰۲۶۷
دستگاه ریورس اسمزیس(**RO**)	۰.۰۸	۰.۰۸	۰.۰۸	۰.۴۴	۰.۴۴	۰.۴۴	۰.۰۸	۰.۰۸	۰.۰۸
اکترو شک	۰.۰۸	۰.۰۵۰۵	۰.۰۴	۰.۴۴	۰.۴۲۲۴	۰.۳۴۲۲	۰	۰.۰۴۴	۰.۰۸
ترالی اکتروشک	۰	۰	۰	۰.۱۹۵۶	۰.۰۵۲۸	۰	۰	۰.۰۱۲	۰.۰۵۳۳
الکتروکاردیو گراف	۰.۰۸	۰.۰۳۹۶	۰.۰۴	۰.۳۹۱۱	۰.۲۲	۰.۰۴۸۹	۰	۰.۰۴	۰.۰۸

ترالی الکترو کاردیو گراف	۰	۰	۰	۰.۴۴	۰.۰۰۸۸	۰	۰	۰.۰۱۲	۰.۰۵۳۳
ساکشن پرتابل	۰.۰۸	۰.۰۴۲۱	۰	۰.۳۹۱۱	۰.۲۵۵۲	۰.۱۴۶۷	۰	۰.۰۲۸	۰.۰۸
لارنگوسکوپ	۰.۰۵۳۳	۰.۰۱۶۸	۰	۰.۰۹۷۸	۰.۰۰۸۸	۰	۰	۰.۰۰۴	۰.۰۲۶۷
پالس اکسیمتر پرتابل	۰.۰۸	۰.۰۳۳۷	۰	۰.۳۹۱۱	۰.۱۸۴۸	۰.۰۴۸۹	۰	۰.۰۳۲	۰.۰۸
فشارسنج دیواری	۰.۰۵۳۳	۰.۰۲۵۳	۰	۰.۱۹۵۶	۰.۰۶۱۶	۰	۰	۰.۰۰۸	۰.۰۲۶۷
یو پی اس	۰.۰۸	۰.۰۵۸۹	۰.۰۴	۰.۴۴	۰.۴۳۱۲	۰.۳۴۲۲	۰	۰.۰۳۶	۰.۰۵۳۳
پاروان	۰.۰۲۶۷	۰.۰۰۴۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ترالی اورژانس	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰۴	۰.۰۲۶۷
ترالی پانسمان	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰۴	۰.۰۲۶۷
کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری	۰.۰۵۳۳	۰.۰۲۵۳	۰	۰.۴۴	۰.۲۹۹۲	۰.۱۴۶۷	۰	۰.۰۰۸	۰.۰۲۶۷
پایه سرم پرتابل	۰.۰۲۶۷	۰.۰۰۴۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰۴	۰.۰۲۶۷
خروجی برق	۰.۰۲۶۷	۰.۰۰۴۲	۰	۰.۴۴	۰.۳۷۸۴	۰.۱۴۶۷	۰	۰.۰۰۴	۰.۰۲۶۷
خروجی اکسیژن	۰.۰۵۳۳	۰.۰۱۲۶	۰	۰.۴۴	۰.۳۷۸۴	۰.۱۴۶۷	۰	۰.۰۱۶	۰.۰۵۳۳
برانکارد	۰.۰۵۳۳	۰.۰۲۱۰	۰	۰.۱۹۵۶	۰.۰۴۴	۰	۰	۰	۰
ست معاینه تشخیصی	۰.۰۲۶۷	۰.۰۰۴۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰۴	۰.۰۲۶۷

جدول ۸. نرمال‌سازی فازی و نرمال موزون زیرشاخص‌های شاخص ماهیت

ماهیت	ماتریس بی مقیاس وزین ماهیت(تکنیک فازی)					
	طراحی(۰.۰۷)			جایگاه(۰.۰۴)		
تخت بستری	۰.۰۳۱۱	۰.۰۰۷۱	۰	۰.۰۱۳۳	۰.۰۰۴	۰
دستگاه همودیالیز	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۰۴	۰.۰۴	۰.۰۴
مانیتور علائم حیاتی	۰.۰۷	۰.۰۴۴۲	۰.۰۱	۰.۰۴	۰.۰۳۲	۰.۰۱۳۳
پایه مانیتور	۰.۰۳۱۱	۰.۰۰۷۱	۰	۰.۰۲۶۷	۰.۰۰۶	۰
دستگاه ریورس اسمزیس(**RO**)	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۰۴	۰.۰۴	۰.۰۴
اکترو شک	۰.۰۷	۰.۰۴۱۴	۰.۰۱	۰.۰۴	۰.۰۳۴	۰.۰۲۶۷
ترالی اکتروشک	۰.۰۳۱۱	۰.۰۰۸۶	۰	۰.۰۱۳۳	۰.۰۰۶	۰
الکتروکاردیو گراف	۰.۰۷	۰.۰۳۸۶	۰.۰۱	۰.۰۴	۰.۰۲۸	۰.۰۱۳۳
ترالی الکترو کاردیو گراف	۰.۰۳۱۱	۰.۰۰۵۷	۰	۰.۰۱۳۳	۰.۰۰۶	۰

ساکشن پرتابل	۰.۰۷	۰.۰۳۴۳	۰	۰.۰۴	۰.۰۲۸	۰.۰۱۳۳
لارنگوسکوپ	۰	۰	۰	۰.۰۲۶۷	۰.۰۱۸	۰
پالس اکسیمتر پرتابل	۰.۰۴۶۷	۰.۰۲	۰	۰.۰۴	۰.۰۲۶	۰.۰۱۳۳
فشارسنج دیواری	۰.۰۳۱۱	۰.۰۰۵۷	۰	۰.۰۴	۰.۰۲۴	۰
یو پی اس	۰.۰۷	۰.۰۳۷۱	۰.۰۱	۰.۰۴	۰.۰۴	۰.۰۴
پاروان	۰.۰۴۶۷	۰.۰۰۷۱	۰	۰	۰	۰
ترالی اورژانس	۰.۰۳۱۱	۰.۰۰۵۷	۰	۰.۰۱۳۳	۰.۰۰۶	۰
ترالی پانسمان	۰.۰۳۱۱	۰.۰۰۵۷	۰	۰.۰۱۳۳	۰.۰۰۴	۰
کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری	۰.۰۴۶۷	۰.۰۱۴۲	۰	۰.۰۴	۰.۰۲۴	۰.۰۱۳۳
پایه سرم پرتابل	۰.۰۳۱۱	۰.۰۰۵۷	۰	۰.۰۱۳۳	۰.۰۰۲	۰
خروجی برق	۰.۰۴۶۷	۰.۰۱۵۷	۰	۰.۰۴	۰.۰۴	۰.۰۴
خروجی اکسیژن	۰.۰۴۶۷	۰.۰۱۵۷	۰	۰.۰۴	۰.۰۳۸	۰.۰۲۶۷
برانکارد	۰.۰۴۶۷	۰.۰۱۱۴	۰	۰.۰۲۶۷	۰.۰۱	۰
ست معاینه تشخیصی	۰	۰	۰	۰.۰۱۳۳	۰.۰۰۴	۰

جدول ۹. نرمال‌سازی فازی و نرمال موزون زیرشاخص‌های شاخص میزان فعالیت

بی مقیاس وزین میزان فعالیت (تکنیک فازی)						
میزان فعالیت	سن		0.05	حجم		0.11
تخت بستری	۰	۰.۰۱۸۷	۰	۰.۰۷۳۳	۰.۰۱۸۳	۰
دستگاه همودیالیز	۰.۰۲۵	۰.۰۴۳۷	۰	۰.۱۱	۰.۱۱	۰.۱۱
مانیتور علائم حیاتی	۰.۰۲۵	۰.۰۴۳۷	۰	۰.۱۱	۰.۰۵۵	۰
پایه مانیتور	۰.۰۲۵	۰.۰۱۲۵	۰	۰.۰۷۳۳	۰.۰۳۰۶	۰
دستگاه ریورس اسمزیس(**RO**)	۰.۰۵	۰.۰۴۸۴	۰	۰.۱۱	۰.۱۰۳۹	۰.۱۱
اکترو شک	۰.۰۲۵	۰.۰۳۱۳	۰	۰.۰۳۶۷	۰.۰۱۸۳	۰
ترالی اکتروشک	۰	۰.۰۰۶۳	۰	۰.۰۳۶۷	۰.۰۰۶۱	۰
الکتروکاردیو گراف	۰.۰۲۵	۰.۰۳۱۳	۰	۰.۰۳۶۷	۰.۰۱۸۳	۰
ترالی الکترو کاردیو گراف	۰	۰.۰۰۶۳	۰	۰.۰۳۶۷	۰.۰۰۶۱	۰
ساکشن پرتابل	۰	۰.۰۲۵	۰	۰.۰۳۶۷	۰.۰۱۸۳	۰
لارنگوسکوپ	۰	۰	۰	۰.۰۳۶۷	۰.۰۰۶۱	۰
پالس اکسیمتر پرتابل	۰.۰۲۵	۰.۰۲۵	۰	۰.۱۱	۰.۰۳۶۷	۰
فشارسنج دیواری	۰	۰.۰۱۸۸	۰	۰.۰۷۳۳	۰.۰۳۶۷	۰
یو پی اس	۰.۰۵	۰.۰۴۳۸	۰	۰.۱۱	۰.۰۹۷۸	۰.۰۵۵

پاروان	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ترالی اورژانس	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ترالی پانسمان	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری	۰.۰۵	۰.۰۵	۰	۰.۰۳۶۷	۰.۰۰۶۱	۰
پایه سرم پرتابل	۰	۰	۰	۰.۰۷۳۳	۰.۰۱۸۳	۰
خروجی برق	۰.۰۲۵	۰.۰۱۸۸	۰	۰.۱۱	۰.۰۷۹۴	۰.۰۵۵
خروجی اکسیژن	۰.۰۲۵	۰.۰۱۸۸	۰	۰.۰۳۶۷	۰.۰۱۲۲	۰
برانکارد	۰	۰.۰۱۸۸	۰	۰.۰۷۳۳	۰.۰۳۰۶	۰
ست معاینه تشخیصی	۰	۰	۰	۰	۰	۰

جدول ۱۰. نرمال‌سازی فازی و نرمال موزون زیرشاخص‌های شاخص شرایط

	نرمال وزین شرایط (تکنیک فازی)					
شرایط فعالیت	تنش		0.08	شرایط		0.05
تخت بستری	۰.۰۵۳۳	۰.۰۴۳۱	۰	۰.۰۱۶۷	۰.۰۱۳۶	۰
دستگاه همودیالیز	۰.۰۸	۰.۰۸	۰	۰.۰۱۶۷	۰.۰۱۳۶	۰
مانیتور علائم حیاتی	۰.۰۵۳۳	۰.۰۲۴۶	۰	۰.۰۱۶۷	۰.۰۰۹۱	۰
پایه مانیتور	۰.۰۵۳۳	۰.۰۳۶۹	۰	۰	۰	۰
دستگاه ریورس اسمزیس(**RO**)	۰.۰۵۳۳	۰.۰۳۶۹	۰	۰.۰۵	۰.۰۴۵۵	۰
اکترو شک	۰.۰۸	۰.۰۶۱۵	۰	۰.۰۱۶۷	۰.۰۰۹۱	۰
ترالی اکتروشک	۰.۰۸	۰.۰۶۱۵	۰	۰.۰۱۶۷	۰.۰۰۴۵	۰
الکتروکاردیو گراف	۰.۰۸	۰.۰۴۳۱	۰	۰.۰۱۶۷	۰.۰۰۴۵	۰
ترالی الکترو کاردیو گراف	۰.۰۸	۰.۰۴۳۱	۰	۰	۰	۰
ساکشن پرتابل	۰.۰۸	۰.۰۴۹۲	۰	۰.۰۱۶۷	۰.۰۰۹۰	۰
لارنگوسکوپ	۰.۰۲۶۷	۰.۰۱۸۵	۰	۰.۰۱۶۷	۰.۰۰۴۵	۰
پالس اکسیمتر پرتابل	۰.۰۸	۰.۰۴۳۱	۰	۰.۰۱۶۷	۰.۰۰۹۰	۰
فشارسنج دیواری	۰.۰۸	۰.۰۶۷۷	۰	۰.۰۱۶۷	۰.۰۰۴۵	۰
یو پی اس	۰.۰۸	۰.۰۷۳۸	۰	۰.۰۵	۰.۰۵	۰.۰۵
پاروان	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ترالی اورژانس	۰.۰۲۶۷	۰.۰۱۲۳	۰	۰	۰	۰
ترالی پانسمان	۰.۰۲۶۷	۰.۰۰۶۲	۰	۰	۰	۰
کپسول اکسیژن ۴۰	۰.۰۵۳۳	۰.۰۳۶۹	۰	۰.۰۵	۰.۰۲۲۷	۰

لیتری							
پایه سرم پرتابل	۰.۰۵۳۳	۰.۰۳۰۷	۰	۰	۰	۰	۰
خروجی برق	۰.۰۸	۰.۰۵۵۴	۰	۰.۰۳۳۳	۰.۰۱۳۶	۰	
خروجی اکسیژن	۰.۰۸	۰.۰۴۳۱	۰	۰.۰۱۶۷	۰.۰۰۹۱	۰	
برانکارد	۰.۰۵۳۳	۰.۰۴۹۲	۰	۰	۰	۰	
ست معاینه تشخیصی	۰.۰۲۶۷	۰.۰۰۶۲	۰	۰	۰	۰	

تعیین ایده‌آل‌های مثبت و منفی

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

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

اسبه فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل‌های مثبت اقلیدسی

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

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
	۰.۰۰۱۵	۰.۰۰۳۵	۰.۰۷۸۱	۰.۰۰۰۶	۰.۰۰۰۶	۰.۰۰۲۴	۰.۰۰۲۵	۰.۰۰۱۲۵	۰.۰۰۱۸
ایدئال منفی	۰	۰	۰.۰۷۸۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۰.۰۰۶۲	۰.۰۳۵۴	۰.۰۰۱	۰.۰۰۵۹	۰.۰۰۲۶	۰.۰۰۴۸	۰.۰۰۹۹	۰.۰۰۵	۰.۰۰۷۳
ایدئال مثبت	۰.۰۵۳۳	۰.۱۴۸۳	۰	۰.۰۴۸۰	۰.۰۰۹۸	۰.۰۱۵۷	۰.۰۸۸	۰.۰۱۶۶	۰.۲

شاخص‌ها	ζ_1^{+}								مجموع فاصله
تخت بستری	۰.۰۴۹۲	۰.۱۴۷۱	۰.۰۴۴۲	۰.۰۴۶۵	۰.۰۰۹۲	۰.۰۱۲۹	۰.۰۸۳۹	۰.۰۱۲۹	۰.۱۹۵۵	۰.۷۹۹۵
دستگاه همودیالیز	۰.۰۳۴۱	۰.۰۸۴۸	۰.۰۴۵۱	۰.۰۳	۰.۰۰۵۱	۰.۰۱۱۵	۰.۰۵۵۹	۰.۰۱۱۷	۰.۱۹۵۵	۰.۸۴۲۲
مانیتور علائم حیاتی	۰.۰۳۹۴	۰.۱۱۹	۰.۰۰۲۱	۰.۰۴۰	۰.۰۰۶۶	۰.۰۱۱۵	۰.۰۷۹۸	۰.۰۱۳۸	۰.۱۹۶۶	۰.۸۳۰۴
پایه مانیتور	۰.۰۵۲	۰.۱۴۴	۰.۰۰۷۳	۰.۰۴۶۵	۰.۰۰۹	۰.۰۱۲۹	۰.۰۸۲۸	۰.۰۱۳۲	۰.۱۹۹۴	۰.۸۱۱
دستگاه ریورس اسمزیس(**RO**)	۰.۰۳۳۷	۰.۰۸۱۳	۰.۰۰۰۶	۰.۰۲۹۸	۰.۰۰۵۱	۰.۰۱۱	۰.۰۵۶۵	۰.۰۱۳۲	۰.۱۸۶۹	۰.۸۶۰۶

[1] حرف کوچک زتا (zata) یا همانZ در الفبای یونایی است.

اکترو شک	۰.۰۳۹۴	۰.۰۸۴۳	۰.۰۰۲۶	۰.۰۴۰۳	۰.۰۰۵۷	۰.۰۱۱۸	۰.۰۸۴۷	۰.۰۱۱۹	۰.۱۹۶۶	۰.۸۴۰۹
ترالی اکتروشک	۰.۰۵۲۸	۰.۱۴	۰.۰۰۴۷	۰.۰۴۶۳	۰.۰۰۹۲	۰.۰۱۳۸	۰.۰۸۵۸	۰.۰۱۱۹	۰.۱۹۷۷	۰.۸۱۲۶
الکتروکاردیو گراف	۰.۰۴۰۳	۰.۱۲۱۷	۰.۰۰۲۷	۰.۰۴۰۵	۰.۰۰۶۸	۰.۰۱۱۸	۰.۰۸۴۷	۰.۰۱۲۵	۰.۱۹۷۷	۰.۸۲۷۱
ترالی الکترو کاردیو گراف	۰.۰۵۲۸	۰.۱۳۷۱	۰.۰۰۴۷	۰.۰۴۶۶	۰.۰۰۹۲	۰.۰۱۳۸	۰.۰۸۵۸	۰.۰۱۲۵	۰.۱۹۹۴	۰.۸۱۲۷
ساکشن پرتابل	۰.۰۴۸۱	۰.۱۰۹	۰.۰۰۳	۰.۰۴۳۳	۰.۰۰۶۸	۰.۰۱۲۵	۰.۰۸۴۷	۰.۰۱۲۲	۰.۱۹۶۶	۰.۸۲۷۹
لارنگوسکوپ	۰.۰۵۰۵	۰.۱۴۴۴	۰.۰۰۷۳	۰.۰۴۷۸	۰.۰۰۸۵	۰.۰۱۴۳	۰.۰۸۵۸	۰.۰۱۴۵۸	۰.۱۹۷۷	۰.۸۰۹۷
پالس اکسیمتر پرتابل	۰.۰۴۸۷۴	۰.۱۲۳۴	۰.۰۰۲۹	۰.۰۴۴۹	۰.۰۰۶۹	۰.۰۱۲۱	۰.۰۸۱۴	۰.۰۱۲۵	۰.۱۹۶۶	۰.۸۲۳۵
فشارسنج دیواری	۰.۰۴۹۸	۰.۱۳۹۶	۰.۰۰۷۲	۰.۰۴۶۶	۰.۰۰۸۱	۰.۰۱۲۹	۰.۰۸۲۲	۰.۰۱۱۷	۰.۱۹۷۷	۰.۸۱۴۷
یو پی اس	۰.۰۳۸۷	۰.۰۸۳۹	۰.۰۰۴۲	۰.۰۴۰۶	۰.۰۰۵۱	۰.۰۱۱۱	۰.۰۶۲۵	۰.۰۱۱۷	۰.۱۴۵۷	۰.۸۶۵۵
پاروان	۰.۰۵۲	۰.۱۴۷۱	۰.۰۱۰۲	۰.۰۴۶۱	۰.۰۰۹۶	۰.۰۱۴۳	۰.۰۸۷۲	۰.۰۱۶۲	۰.۱۹۹۴	۰.۸۰۶
ترالی اورژانس	۰.۰۵۲۸	۰.۱۴۷۱	۰.۰۰۷۳	۰.۰۴۶۶	۰.۰۰۹۲	۰.۰۱۴۳	۰.۰۸۷۲	۰.۰۱۵	۰.۱۹۹۴	۰.۸۰۷
ترالی پانسمان	۰.۰۵۲۸	۰.۱۴۷۱	۰.۰۰۷۳	۰.۰۴۶۶	۰.۰۰۹۲	۰.۰۱۴۳	۰.۰۸۷۲	۰.۰۱۵۴	۰.۱۹۹۴	۰.۸۰۶۹
کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری	۰.۰۴۹۹	۰.۱۰۵۶	۰.۰۰۷۲	۰.۰۴۵۵	۰.۰۰۶۹	۰.۰۱۱	۰.۰۸۵۸	۰.۰۱۳۲	۰.۱۹۲۱	۰.۸۲۷۶
پایه سرم پرتابل	۰.۰۵۲	۰.۱۴۷۱	۰.۰۰۷۳	۰.۰۴۶۶	۰.۰۰۹۳	۰.۰۱۴۳	۰.۰۸۳۹	۰.۰۱۳۵	۰.۱۹۹۴	۰.۸۰۸۹
خروجی برق	۰.۰۵۲	۰.۱۰۲	۰.۰۰۷۳	۰.۰۴۵۴	۰.۰۰۵۱	۰.۰۱۲۵	۰.۰۶۴۲	۰.۰۱۲۱	۰.۱۹۴۸	۰.۸۳۴۹
خروجی اکسیژن	۰.۰۵۰۸	۰.۱۰۲	۰.۰۰۴۶	۰.۰۴۵۴	۰.۰۰۵۶	۰.۰۱۲۵	۰.۰۸۵۲	۰.۰۱۲۵	۰.۱۹۶۶	۰.۸۲۸۳
برانکارد	۰.۰۵۰۲	۰.۱۴۰۵	۰.۰۱۰۲	۰.۰۴۵۷	۰.۰۰۸۸	۰.۰۱۲۹	۰.۰۸۲۸	۰.۰۱۲۷	۰.۱۹۹۴	۰.۸۱۲۳
ست معاینه تشخیصی	۰.۰۵۲	۰.۱۴۷۱	۰.۰۰۷۳	۰.۰۴۷۸	۰.۰۰۹۲	۰.۰۱۴۳	۰.۰۸۷۲	۰.۰۱۵۴	۰.۱۹۹۴	۰.۸۰۶۷

محاسبه فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل‌های منفی اقلیدسی

فرمول(۴)

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

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	۰.۰۰۱۵۵	۰.۰۰۳۵	۰.۰۷۸۱	۰.۰۰۰۶	۰.۰۰۰۶	۰.۰۰۲	۰.۰۰۲۵	۰.۰۰۱۳	۰.۰۰۱۸
	۰	۰	۰.۰۷۸۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ایدئال مثبت	۰.۰۰۶۲	۰.۰۳۵۴	۰.۰۰۱	۰.۰۰۶	۰.۰۰۲۶	۰.۰۰۵	۰.۰۰۹۹	۰.۰۰۵	۰.۰۰۷۳

	۰.۰۵۳۳	۰.۱۴۸۳	۰	۰.۰۴۸	۰.۰۰۹۸	۰.۰۱۶	۰.۰۸۸	۰.۰۱۶۶	۰.۲	
	ζ_1^-									مجموع فاصله
تخت بستری	۰.۰۰۵۳	۰.۰۰۲	۰.۰۳۵۸	۰.۰۰۲	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۴	۰.۰۰۵۲	۰.۰۰۵۶	۰.۰۰۶۲	۰.۹۷۷۶
دستگاه همودیالیز	۰.۰۳۲۷	۰.۰۷۷۹	۰.۰۳۸	۰.۰۲۹۹	۰.۰۰۶۴	۰.۰۰۸	۰.۰۵۴۱	۰.۰۱۰۰	۰.۰۰۶۲	۰.۹۱۲۲
مانیتور علائم حیاتی	۰.۰۱۷۲	۰.۰۳۱۲	۰.۰۱۴۶	۰.۰۰۸۵	۰.۰۰۳۲	۰.۰۰۸	۰.۰۱۰۵	۰.۰۰۳۷	۰.۰۰۴۴	۰.۹۶۶۱
پایه مانیتور	۰.۰۰۱۹	۰.۰۰۶۳	۰.۰۱۰۱	۰.۰۰۲	۰.۰۰۱۲	۰.۰۰۴	۰.۰۰۶۵	۰.۰۰۵	۰.۰۰۱۱	۰.۹۸۷۵
دستگاه ریورس اسمزیس(**RO**)	۰.۰۳۲۹	۰.۰۹۵۵	۰.۰۱۶	۰.۰۲۹۹	۰.۰۰۶۴	۰.۰۰۹	۰.۰۵۳۸	۰.۰۰۴۹	۰.۰۱۹۹	۰.۹۱۰۵
اکترو شک	۰.۰۱۷۲	۰.۰۷۸۲	۰.۰۱۴۲	۰.۰۰۸۱	۰.۰۰۴۶	۰.۰۰۶	۰.۰۰۴۱	۰.۰۰۷۹	۰.۰۰۴۴	۰.۹۵۱۶
ترالی اکتروشک	۰.۰۰۰۹	۰.۰۱۱۲	۰.۰۱۱۶	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۲	۰.۰۰۳	۰.۰۰۷۹	۰.۰۰۲۹	۰.۹۸۵۷
الکتروکاردیو گراف	۰.۰۱۶۷	۰.۰۲۷۸	۰.۰۱۴۲	۰.۰۰۷۸	۰.۰۰۳	۰.۰۰۶	۰.۰۰۴۱	۰.۰۰۵۹	۰.۰۰۲۹	۰.۹۷۰۴
ترالی الکترو کاردیو گراف	۰.۰۰۰۹	۰.۰۲۰۵	۰.۰۱۱۶	۰.۰۰۱۹	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۲	۰.۰۰۳	۰.۰۰۵۹	۰.۰۰۱۱	۰.۹۸۳۹
ساکشن پرتابل	۰.۰۰۶۸	۰.۰۴۰۲	۰.۰۱۳۹	۰.۰۰۶۲	۰.۰۰۳	۰.۰۰۵	۰.۰۰۴۱	۰.۰۰۶۶	۰.۰۰۴۴	۰.۹۶۹۹
لارنگوسکوپ	۰.۰۰۳۵	۰.۰۰۶۲	۰.۰۱۰۱	۰.۰۰۰۳	۰.۰۰۱۶	۰.۰۰۲	۰.۰۰۳	۰.۰۰۲۶	۰.۰۰۲۹	۰.۹۸۹۳
پالس اکسیمتر پرتابل	۰.۰۰۵۸	۰.۰۲۵۹	۰.۰۱۴	۰.۰۰۳۸	۰.۰۰۲۹	۰.۰۰۵	۰.۰۰۸۲	۰.۰۰۵۹	۰.۰۰۴۴	۰.۹۷۴۵
فشارسنج دیواری	۰.۰۰۴۳	۰.۰۱۱۵	۰.۰۱۰۲	۰.۰۰۱۹	۰.۰۰۲۲	۰.۰۰۴	۰.۰۰۷۳	۰.۰۰۸۶	۰.۰۰۲۹	۰.۹۸۲۳
یو پی اس	۰.۰۱۷۷	۰.۰۷۸۶	۰.۰۱۲۲	۰.۰۰۷۷	۰.۰۰۶۴	۰.۰۰۸	۰.۰۳۰۴	۰.۰۰۹۳	۰.۱۱۷۵	۰.۹۰۳۹
پاروان	۰.۰۰۱۹	۰.۰۰۲	۰.۰۰۹۵	۰.۰۰۲۶	۰.۰۰۰۴	۰.۰۰۲	۰.۰۰۱۴	۰.۰۰۰۷	۰.۰۰۱۱	۰.۹۹۲۹
ترالی اورژانس	۰.۰۰۰۹	۰.۰۰۲	۰.۰۱۰۱	۰.۰۰۱۹	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۲	۰.۰۰۱۴	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۱۱	۰.۹۹۲۷
ترالی پانسمان	۰.۰۰۰۹	۰.۰۰۲	۰.۰۱۰۱	۰.۰۰۱۹	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۲	۰.۰۰۱۴	۰.۰۰۱۶	۰.۰۰۱۱	۰.۹۹۲۸
کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری	۰.۰۰۴۴	۰.۰۴۳۲	۰.۰۱۰۲	۰.۰۰۳۲	۰.۰۰۲۹	۰.۰۰۹	۰.۰۰۳	۰.۰۰۴۹	۰.۰۱۰۶	۰.۹۶۹۴
پایه سرم پرتابل	۰.۰۰۱۹	۰.۰۰۲	۰.۰۱۰۱	۰.۰۰۱۹	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۲	۰.۰۰۵۲	۰.۰۰۴۳	۰.۰۰۱۱	۰.۹۹۰۴
خروجی برق	۰.۰۰۱۹	۰.۰۴۷۴	۰.۰۱۰۱	۰.۰۰۳۴	۰.۰۰۶۴	۰.۰۰۵	۰.۰۲۹	۰.۰۰۷۲	۰.۰۰۶۶	۰.۹۶۱۱
خروجی اکسیژن	۰.۰۰۳۲	۰.۰۴۷۴	۰.۰۱۱۷	۰.۰۰۳۴	۰.۰۰۴۸	۰.۰۰۵	۰.۰۰۳۵	۰.۰۰۵۹	۰.۰۰۴۴	۰.۹۷۰۴
برانکارد	۰.۰۰۴	۰.۰۱۰۹	۰.۰۰۹۵	۰.۰۰۲۹	۰.۰۰۱۳	۰.۰۰۴	۰.۰۰۶۵	۰.۰۰۶۳	۰.۰۰۱۱	۰.۹۸۴۵
ست معاینه تشخیصی	۰.۰۰۱۹	۰.۰۰۲	۰.۰۱۰۱	۰.۰۰۰۳	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۲	۰.۰۰۱۴	۰.۰۰۱۶	۰.۰۰۱۱	۰.۹۹۳

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

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

فرمول(۵)

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

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	۰.۹۳۵	۰.۰۰۹۲	۰.۱۹۵۴	۰.۲۵۴۷
دستگاه همودیالیز	۰.۹۵۳۴	۰.۰۰۴۲	۰.۱۹۵۴	۰.۳۲۲۶
مانیتور علائم حیاتی	۰.۹۴۳۹	۰.۰۰۱۷	۰.۱۹۶۵	۰.۲۸۳۶
پایه مانیتور	۰.۹۳۷۲	۰.۰۰۶۷	۰.۱۹۹۴	۰.۲۶۱۱
دستگاه ریورس اسمزیس(**RO**)	۰.۹۵۸۳	۰.۰۰۰۳	۰.۱۸۶۳	۰.۳۴۷۶
اکترو شک	۰.۹۴۸۲	۰.۰۰۲۱	۰.۱۹۶۵	۰.۲۹۹۹
ترالی اکتروشک	۰.۹۳۷۷	۰.۰۰۴۷	۰.۱۹۷۷	۰.۲۶۲۸
الکتروکاردیو گراف	۰.۹۴۲۷	۰.۰۰۲۲	۰.۱۹۷۷	۰.۲۷۹۴
ترالی الکترو کاردیو گراف	۰.۹۳۷۸	۰.۰۰۴۷	۰.۱۹۹۴	۰.۲۶۳
ساکشن پرتابل	۰.۹۴۲۹	۰.۰۰۲۵	۰.۱۹۶۵	۰.۲۸
لارنگوسکوپ	۰.۹۳۶۷	۰.۰۰۶۷	۰.۱۹۷۷	۰.۲۵۹۶
پالس اکسیمتر پرتابل	۰.۹۴۱۴	۰.۰۰۲۴	۰.۱۹۶۵	۰.۲۷۴۸
فشارسنج دیواری	۰.۹۳۸۶	۰.۰۰۶۶	۰.۱۹۷۷	۰.۲۶۵۵
یو پی اس	۰.۹۵۹۷	۰.۰۰۴۱	۰.۱۱۸۵	۰.۳۵۵۵
پاروان	۰.۹۳۵۵	۰.۰۰۸۶	۰.۱۹۹۴	۰.۲۵۶۱
ترالی اورژانس	۰.۹۳۵۸	۰.۰۰۶۷	۰.۱۹۹۴	۰.۲۵۶۹
ترالی پانسمان	۰.۹۳۵۷	۰.۰۰۶۷	۰.۱۹۹۴	۰.۲۵۶۷
کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری	۰.۹۴۲۹	۰.۰۰۶۷	۰.۱۹۱۹	۰.۲۸۰۱
پایه سرم پرتابل	۰.۹۳۶۴	۰.۰۰۶۷	۰.۱۹۹۴	۰.۲۵۸۸
خروجی برق	۰.۹۴۵۵	۰.۰۰۴۲	۰.۱۹۴۸	۰.۲۸۹۵
خروجی اکسیژن	۰.۹۴۲۹	۰.۰۰۴۶	۰.۱۹۶۵	۰.۲۸۰۲

برانکارد	۰.۹۳۷۸	۰.۰۰۸۶	۰.۱۹۹۴	۰.۲۶۳
ست معاینه تشخیصی	۰.۹۳۵۷	۰.۰۰۶۷	۰.۱۹۹۴	۰.۲۵۶۶
Min		۰.۰۰۰۳		
Max			۰.۱۹۹۴	

محاسبه فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل‌های منفی همینگ و خاکستری

فرمول(۷)

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

فرمول(۸)

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

جدول ۱۳. فواصل از ایده‌آل منفی مثبت همینگ و خاکستری

نام تجهیز	ζ_2^-	min	max	N-
تخت بستری	۰.۹۹۴۳	۰.۰۰۰۶	۰.۰۲۷۵	۰.۶۱۸۹
دستگاه همودیالیز	۰.۹۷۵۸	۰.۰۰۴۶	۰.۰۷۰۴	۰.۲۷۵۹
مانیتور علائم حیاتی	۰.۹۸۹۹	۰.۰۰۳	۰.۰۲۹۷	۰.۴۷۶۷
پایه مانیتور	۰.۹۹۶۶	۰.۰۰۰۶	۰.۰۰۹۶	۰.۷۳۲
دستگاه ریورس اسمزیس(**RO**)	۰.۹۷۵۵	۰.۰۰۳۸	۰.۰۸۲۷	۰.۲۷۳
اکترو شک	۰.۹۸۵۶	۰.۰۰۳۴	۰.۰۷۰۸	۰.۳۹۰۵
ترالی اکتروشک	۰.۹۹۶۱	۰.۰۰۰۵	۰.۰۱۱۶	۰.۷۰۱۶
الکتروکاردیو گراف	۰.۹۹۱	۰.۰۰۲۳	۰.۰۲۶۸	۰.۵۰۷۵
ترالی الکترو کاردیو گراف	۰.۹۹۶	۰.۰۰۰۵	۰.۰۱۲۲	۰.۶۹۸۶
ساکشن پرتابل	۰.۹۹۰۹	۰.۰۰۳۰	۰.۰۳۹۵	۰.۵۰۲۵
لارنگوسکوپ	۰.۹۹۷۱	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۹۶	۰.۷۶۲۲
پالس اکسیمتر پرتابل	۰.۹۹۲۴	۰.۰۰۲۹	۰.۰۲۵۱	۰.۵۴۷۵
فشارسنج دیواری	۰.۹۹۵۲	۰.۰۰۱۵	۰.۰۰۹۷	۰.۶۵۸۹
یو پی اس	۰.۹۷۴	۰.۰۰۵۶	۰.۰۸۱۵	۰.۲۶۱۹
پاروان	۰.۹۹۸۳	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۷۷	۰.۸۴۲۴
ترالی اورژانس	۰.۹۹۸	۰.۰۰۰۵	۰.۰۰۹۶	۰.۸۲۳۶
ترالی پانسمان	۰.۹۹۸۱	۰.۰۰۰۵	۰.۰۰۹۶	۰.۸۲۷۷
کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری	۰.۹۹۰۸	۰.۰۰۲۲	۰.۰۴۲۸	۰.۵۰۱۸
پایه سرم پرتابل	۰.۹۹۷۴	۰.۰۰۰۵	۰.۰۰۹۶	۰.۷۷۹

خروجی برق	۰.۹۸۸۳	۰.۰۰۱۴	۰.۰۴۶۷	۰.۴۴
خروجی اکسیژن	۰.۹۹۰۸	۰.۰۰۲۵	۰.۰۴۶۷	۰.۵۰۱۴
برانکارد	۰.۹۹۶	۰.۰۰۰۶	۰.۰۰۸۰	۰.۶۹۷۹
ست معاینه تشخیصی	۰.۹۹۸۱	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۹۶	۰.۸۳۱۳
Min		۰.۰۰۰۲		
Max			۰.۰۸۲۷	

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

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

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

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

حاسبه ارزش کل و رتبه‌بندی گزینه‌ها

فرمول(۱۲) $$Z_i = S_i^- \times (1 - S_i^+)$$

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	۰.۹۳۵	۰.۹۹۱۹	۰.۵۱۴۸	۰.۲۵۴۷	۰.۵۳۲	۰.۶۷۶۲	۰.۲۳۳۴	۰.۲۳۳۴	۰.۵	۰.۴۷۴۴	۰.۵۸۵۸	۰.۲۸۰۰
دستگاه همودیالیز	۰.۹۵۳۴	۰.۹۷۳۵	۰.۵۰۵۲	۰.۳۲۲۶	۰.۲۵۸۲	۰.۴۴۴۵	۰.۱۹۴۶	۰.۱۹۴۶	۰.۵	۰.۴۹۰۲	۰.۴۷۵۴	۰.۲۰۹۲
مانیتور علائم حیاتی	۰.۹۴۳۹	۰.۹۸۳	۰.۵۱۰۱	۰.۲۸۳۶	۰.۳۵۱۶	۰.۵۵۳۶	۰.۲۱۰۹	۰.۲۱۰۹	۰.۵	۰.۴۷۹۵	۰.۵۱۵۲	۰.۲۳۸۷
پایه مانیتور	۰.۹۳۷۲	۰.۹۸۹۷	۰.۵۱۳۶	۰.۲۶۱۱	۰.۴۷۳۴	۰.۶۴۴۶	۰.۲۳۶۶	۰.۲۳۶۶	۰.۵	۰.۴۷۸۳	۰.۵۶۶۶	۰.۲۶۷۵
دستگاه ریورس اسمزیس(**RO**)	۰.۹۵۸۳	۰.۹۶۸۶	۰.۵۰۲۷	۰.۳۴۷۶	۰.۲۲۶۸	۰.۳۹۴۸	۰.۱۷۵۲	۰.۱۷۵۲	۰.۵	۰.۴۹۳۷	۰.۴۵۶۹	۰.۱۹۳۱
اکترو شک	۰.۹۴۸۲	۰.۹۷۸۷	۰.۵۰۷۹	۰.۲۹۹۹	۰.۳۰۲۴	۰.۵۰۲۱	۰.۲۰۲	۰.۲۰۲	۰.۵	۰.۴۸۳۴	۰.۴۹۴۴	۰.۲۲۳۹
ترالی اکتروشک	۰.۹۳۷۷	۰.۹۸۹۲	۰.۵۱۳۴	۰.۲۶۲۸	۰.۴۶۰۵	۰.۶۳۶۷	۰.۲۲۹۶	۰.۲۲۹۶	۰.۵	۰.۴۷۶۷	۰.۵۵۹۸	۰.۲۶۴۸
الکتروکاردیو گراف	۰.۹۴۲۷	۰.۹۸۴۲	۰.۵۱۰۸	۰.۲۷۹۴	۰.۳۶۸۱	۰.۵۶۸۵	۰.۲۱۵۷	۰.۲۱۵۷	۰.۵	۰.۴۷۹۳	۰.۵۲۲۷	۰.۲۴۳۲
ترالی الکترو کاردیو گراف	۰.۹۳۷۸	۰.۹۸۹۱	۰.۵۱۳۳	۰.۲۶۳	۰.۴۵۹۲	۰.۶۳۵۹	۰.۲۳۱۲	۰.۲۳۱۲	۰.۵	۰.۴۷۷۳	۰.۵۵۹۹	۰.۲۶۴۴
ساکشن پرتابل	۰.۹۴۲۹	۰.۹۸۴	۰.۵۱۰۷	۰.۲۸	۰.۳۶۵۴	۰.۵۶۶۲	۰.۲۱۰۴	۰.۲۱۰۴	۰.۵	۰.۴۷۷۸	۰.۵۲	۰.۲۴۲۴
لارنگوسکوپ	۰.۹۳۶۷	۰.۹۹۰۲	۰.۵۱۳۹	۰.۲۵۹۶	۰.۴۸۵۹	۰.۶۵۱۸	۰.۲۳۴۱	۰.۲۳۴۱	۰.۵	۰.۴۷۶۸	۰.۵۷۰۱	۰.۲۷۰۱
پالس اکسیمتر پرتابل	۰.۹۴۱۴	۰.۹۸۵۵	۰.۵۱۱۴	۰.۲۷۴۸	۰.۳۸۸۷	۰.۵۸۵۸	۰.۲۱۵۱	۰.۲۱۵۱	۰.۵	۰.۴۷۷۱	۰.۵۲۹۸	۰.۲۴۸۴
فشارسنج دیواری	۰.۹۳۸۶	۰.۹۸۸۳	۰.۵۱۲۹	۰.۲۶۵۵	۰.۴۴۱۷	۰.۶۲۴۶	۰.۲۲۷۷	۰.۲۲۷۷	۰.۵	۰.۴۷۷۳	۰.۵۵۲۶	۰.۲۶۰۸
یو پی اس	۰.۹۵۹۷	۰.۹۶۷۲	۰.۵۰۱۹	۰.۳۵۵۵	۰.۲۱۹۱	۰.۳۸۱۳	۰.۱۳۸۱	۰.۱۳۸۱	۰.۵	۰.۴۸۴۴	۰.۴۴۱۴	۰.۱۸۸۴
پاروان	۰.۹۳۵۵	۰.۹۹۱۴	۰.۵۱۴۵	۰.۲۵۶۱	۰.۵۱۷۳	۰.۶۶۸۸	۰.۲۴۱۹	۰.۲۴۱۹	۰.۵	۰.۴۷۷۸	۰.۵۸۳۵	۰.۲۷۶۴
ترالی اورژانس	۰.۹۳۵۸	۰.۹۹۱۱	۰.۵۱۴۴	۰.۲۵۶۹	۰.۵۱۰۱	۰.۶۶۵۱	۰.۲۴۱۷	۰.۲۴۱۷	۰.۵	۰.۴۷۸۱	۰.۵۸۱	۰.۲۷۴۹

ترالی پانسمان	۰.۹۳۵۷	۰.۹۹۱۲	۰.۵۱۴۴	۰.۲۵۶۷	۰.۵۱۱۷	۰.۶۶۵۹	۰.۲۴۱۸	۰.۲۴۱۸	۰.۵	۰.۴۷۸۰	۰.۵۸۱۶	۰.۲۷۵۲
کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری	۰.۹۴۲۹	۰.۹۸۴	۰.۵۱۰۶	۰.۲۸۰۱	۰.۳۶۵۱	۰.۵۶۵۹	۰.۲۰۱۷	۰.۲۰۱۷	۰.۵	۰.۴۷۴۹	۰.۵۱۶۹	۰.۲۴۲۴
پایه سرم پرتابل	۰.۹۳۶۴	۰.۹۹۰۵	۰.۵۱۴	۰.۲۵۸۸	۰.۴۹۲۷	۰.۶۵۵۶	۰.۲۴۰۴	۰.۲۴۰۴	۰.۵	۰.۴۷۸۵	۰.۵۷۴۵	۰.۲۷۱۵
خروجی برق	۰.۹۴۵۵	۰.۹۸۱۴	۰.۵۰۹۳	۰.۲۸۹۵	۰.۳۳۱۳	۰.۵۳۳۶	۰.۲۰۲۵	۰.۲۰۲۵	۰.۵	۰.۴۷۹۱	۰.۵۰۵۱	۰.۲۳۲۹
خروجی اکسیژن	۰.۹۴۲۹	۰.۹۸۴	۰.۵۱۰۶	۰.۲۸۰۲	۰.۳۶۴۹	۰.۵۶۵۷	۰.۲۰۹۶	۰.۲۰۹۶	۰.۵	۰.۴۷۷۵	۰.۵۱۹۵	۰.۲۴۲۳
برانکارد	۰.۹۳۷۸	۰.۹۸۹۱	۰.۵۱۳۳	۰.۲۶۳	۰.۴۵۸۹	۰.۶۳۵۷	۰.۲۳۳	۰.۲۳۳	۰.۵	۰.۴۷۷۹	۰.۵۶۰۴	۰.۲۶۴۵
ست معاینه تشخیصی	۰.۹۳۵۷	۰.۹۹۱۲	۰.۵۱۴۴	۰.۲۵۶۶	۰.۵۱۳	۰.۶۶۶۶	۰.۲۴۱۸	۰.۲۴۱۸	۰.۵	۰.۴۷۸۰	۰.۵۸۲	۰.۲۷۵۵

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

جدول۱۵. اولویت تجهیزات بخش دیالیز برای قرارگیری در برنامه نت بیمارستان

رتبه بندی	Z	نام تجهیز
۱	۰,۱۸۸٤	یو پی اس
۲	۰,۱۹۳۱	دستگاه ریورس اسمزیس
۳	۰,۲۰۹۲	دستگاه همودیالیز
٤	۰,۲۲۳۹	اکترو شک
٥	۰,۲۳۲۹	خروجی برق
٦	۰,۲۳۸۷	مانیتور علائم حیاتی
۷	۰,۲٤۲۳	خروجی اکسیژن
۸	۰,۲٤۲٤	کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری
۹	۰,۲٤۲٤	ساکشن پرتابل
۱۰	۰,۲٤۳۲	الکتروکاردیو گراف
۱۱	۰,۲٤۸٤	پالس اکسیمتر پرتابل
۱۲	۰,۲٦۰۸	فشارسنج دیواری
۱۳	۰,۲٦٤٤	ترالی الکترو کاردیو گراف
۱٤	۰,۲٦٤٥	برانکارد
۱٥	۰,۲٦٤۸	ترالی اکتروشک
۱٦	۰,۲٦۷٥	پایه مانیتور
۱۷	۰,۲۷۰۰	لارنگوسکوپ
۱۸	۰,۲۷۱٥	پایه سرم پرتابل
۱۹	۰,۲۷٤۹	ترالی اورژانس
۲۰	۰,۲۷٥۲	ترالی پانسمان
۲۱	۰,۲۷٥٥	ست معاینه تشخیصی

۲۲	۰,۲۷۶٤	پاروان
۲۳	۰,۲۸۰۰	تخت بستری

نتایج و محدودیت‌ها

مطابق محاسبات انجام شده اولویت تجهیزات بخش دیالیز جهت قرارگیری در برنامه نگهداری و تعمیرات مطابق جدول ۱۵ تعیین گردید، همان‌طور که مشاهده می‌شود اولویت اول به دستگاه یوپی‌اس، اولویت دوم به دستگاه ریورس اسمز، اولویت سوم به دستگاه دیالیز و چهارم به دستگاه الکتروشک ونیز آخرین رده از اولویت به ترتیب به ست معاینه تشخیصی، پاروان و آخرین درجه اهمیت به تخت بستری می‌رسد.

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 ازآن‌جهت 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 تحت‌تأثیر 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 متوقف‌شدن 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 مشاهد 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.

پیشنهادات

باتوجه‌به 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 موردتوجه 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 parsaian]
- 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: Sarchesheme copper mining area). Renewable Natural Resources Research, 2(3 (serial 5)), 46-56. [In parsaian]
- 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 parsaian]
- Atai, M. (2009). *Fuzzy multi-criteria decision making*. Shahrood University of Technology, Shahrood. [In parsaian]
- Azar, A. Rajabi, A. (2011). *Applied decision making of MADM approach*. Negah Danesh, Tehran[In parsaian].
- Bashiri, M. Hijazi, T. H. Mohtjeb, H. (۱۰۱۰). *A new approach in multi-criteria decision-making*. Shahid University, Tehran. [In parsaian]
- 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 parsaian]
- 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 parsaian]
- 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. Shiehmorteza, 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 parsaian]
- 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 parsaian].
- Momeni, M. Sharifi Salim, A.R. (2010). *Multi-indicator decision making models and software*. Authors, Tehran. [In parsaian].
- 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 parsaian]
- 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 MakingVol. 21, No. 02, pp. 615-641.
- Safari, H. Khanmohammadi, A. (2016). *Multi-indicator decision making methods.* Tehran University Publications Institute, first edition, Tehran.[In parsaian]
- 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/).