

اولویت بندی تجهیزات بخش دیالیز به منظور ارتقای سطح اطمینان با استفاده از تصمیم گیری چندمعیاره فازی

فرشته اصغری قره لر^۱، منصور صوفی^۲، مهدی فدایی اشکیکی^۳، مهدی همایون فر^۴

چکیده:

قابلیت اطمینان به درصد کامیابی تجهیزات در طول دوره فعالیت آنها باز می گردد. قابلیت اطمینان تجهیزات بیمارستانی پس از انتخاب و تهیه، در طول عمر فعالیت وابسته به نگهداری و بهره برداری مناسب است. هدف پژوهش حاضر ارائه مدلی کارآمد برای اولویت بندی تجهیزات بیمارستانی برای قرارگیری در برنامه نگهداری و تعمیرات است. چرا که یکی از مهم ترین موارد مؤثر در حفظ قابلیت اطمینان تجهیزات نگهداری این تجهیزات در سطح عملکرد مناسب است. این پژوهش از منظر هدف کاربردی، روش جمع آوری اطلاعات پیمایشی و دلفی فازی است. تجزیه و تحلیل اطلاعات در مورد وزن دهی شاخص ها از طریق مقایسات زوجی و تجزیه تحلیل سلسله مراتبی فازی و در اولویت بندی تجهیزات از طریق مدل تاپسیس بهبود یافته فازی صورت گرفته است. نتایج نشان می دهد اولویت تجهیزات بخش دیالیز به عنوان جامعه نمونه با توجه با شاخص های اصلی ارزش، ماهیت، میزان و شرایط فعالیت تجهیز و نیز ۹ زیر شاخص فرعی این شاخص های اصلی، بدین شرح است. اولویت اول مربوط به یوپی اس، دوم ریورس اسمز و سوم دستگاه دیالیز.

واژگان کلیدی: تصمیم گیری چندمعیاره فازی، تاپسیس توسعه یافته فازی، اولویت بندی، 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 مراقبت های بهداشتی باید دسترسی عادلانه و مناسب مراقبت از بیماران مزمن را فراهم کند (Daga et al, 2023)؛ بنابراین بیمارستان ها و سازمان های بهداشتی و درمانی باید اطمینان داشته باشند که دستگاه های پزشکی گران قیمت آنها امن، دقیق، قابل اعتماد و در سطح عملکردی مورد نیاز هستند (Perl et al, 2023). در حالی که مطابق آمارهای منتشر شده جهانی، متأسفانه بار خالص بیمارهای کلیوی درمان نشده روز به روز 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)

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

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

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, 2022; García-Sanz-Calcedo et al, 2023)؛ بنابراین، عملکرد هرچه بهتر مدیریت تجهیزات بیمارستانی در این شرایط حائز اهمیت است. کمبود منابع و ریسک بالا از هر جهت 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 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

^۱نگارش 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 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 MCDM¹ 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 مالاهان و بیس استفاده می‌شود که به این روش، تاپسیس بهبودیافته می‌گویند (Sadabadi et al, 2022; Ignacio et al, 2018 & Jafarnejad, 2014)

تاپسیس بهبودیافته² از تکنیک‌های جدید تصمیم‌گیری چندمعیاره است که هدف آن رتبه‌بندی گزینه‌های پژوهش بر اساس مجموعه‌ای از معیارها است. این روش توسط آقای نیو³ 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 به‌طور مداوم تنظیم کنند تا از قابلیت اطمینان و ایمنی بالا دستگاه‌های پزشکی حیاتی خود اطمینان حاصل کنند. به ارزیابی بحرانی دارای 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](#)).

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 سلسله مراتبی (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) 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^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، نزدیک‌ترین همسایگی k^۳ 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).

عوامل متعددی ممکن است تعیین اولویت‌های تجهیزات پزشکی را به درستی به چالش کشند. از این رو، یک سیستم پشتیبانی تصمیم نیز ممکن است برای کمک به اولویت‌بندی درخواست‌های تجدید دستگاه‌های پزشکی مفید باشد. در مطالعه جیکلاکندیر و همکار، یک مدل منطق فازی با وزن ورودی با استفاده از محیط برنامه‌نویسی متلب برای کمک به مهندسين 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 منطبق 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 تصمیم‌گیرندگان، 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

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

¹ Electre Tri-nC

² quality function deployment

³ Fuzzy Dematel- Analytical Network Process

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

چهارچوب اجرای پژوهش

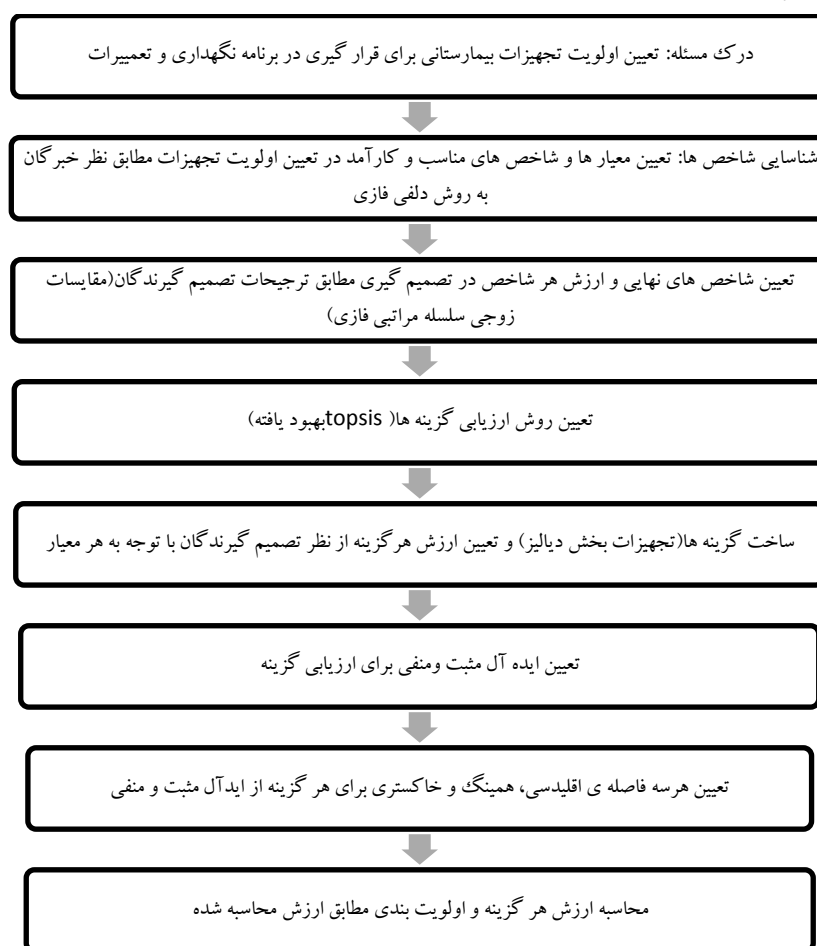
هدف این پژوهش یافتن اولویت و جایگاه هر تجهیز در بخش دیالیز برای قرارگیری در برنامه نگهداری و تعمیرات سیستم بیمارستانی است. از منظر روش‌شناسی، تحقیق حاضر از حیث هدف، پژوهشی کاربردی است؛ از نظر جمع‌آوری داده‌ها، توصیفی از زمان است و از حیث روش، مدل‌سازی تحلیلی - ریاضی است. برای حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره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

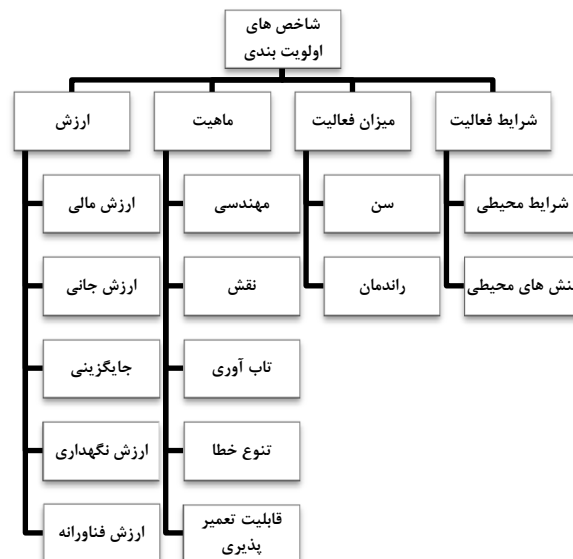


شکل ۱. روند انجام پژوهش

تجزیه و تحلیل داده‌ها

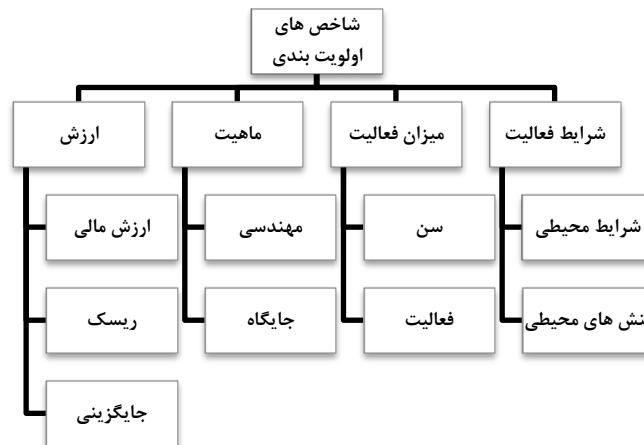
در این پژوهش از پنج گروه متخصص و فعال در حوزه مدیریت تجهیزات در بیمارستان شامل ۳ مهندس تجهیزات پزشکی، یک مهندس الکترونیک و ابزار دقیق و مهندس برق، ۴ کاردان رشته مهندسی و ۵ مدیر بیمارستانی در

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 زیرشاخص‌ها به صورت شکل (۲) تغییر یافتند.



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

پس از مشخص شدن شاخص ها و زیرشاخص ها، برای تعیین اوزان شاخص ها از روش تحلیل سلسله مراتبی 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 جمع نظرات خبرگان را نشان می دهد از میانگین هندسی استفاده شد. سپس مراحل فرایند تاپسیس بهبودیافته فازی انجام شد که نتایج آن در جداول ذیل آمده است.

جدول ۳. اوزان شاخص ها و زیرشاخص ها

شاخص های اصلی	وزن با AHP	زیرشاخص ها	وزن با AHP	حاصل ضرب اوزان شاخص های 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 زیرشاخص های هر شاخص که با میانگین هندسی محاسبه شده است، ارائه می گردد.

جدول ۳. آرای تلفیق شده خبرگان برای زیرشاخص های ارزش

امکان جایگزینی (-)			ریسک خرابی			ارزش مالی			
۰.۲۵	۰.۸	۱	۰	۰	۰.۱	۰	۰.۴	۰.۷۵	تخت بستری
۰	۰.۱	۰.۵	۰.۷	۰.۹۴	۱	۰.۵	۰.۹	۱	دستگاه همودیالیز
۰	۰.۴	۰.۷۵	۰.۱	۰.۵۸	۱	۰.۲۵	۰.۶	۱	مانیتور علائم حیاتی
۰.۵	۰.۹۵	۱	۰	۰.۰۴	۰.۳	۰	۰.۰۵	۰.۵	پایه مانیتور
۰	۰	۰.۲۵	۰.۹	۱	۱	۰.۵	۰.۹۵	۱	دستگاه ریورس اسمز (RO)

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

جدول ۴. آرای تلفیق شده خبرگان برای زیرشاخص‌های ماهیت

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

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

جدول ۵. آرای تلفیق شده خیرگان برای زیرشاخص های میزان فعالیت

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

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

جدول ۶. آزای تلفیق شده خبرگان برای زیرشاخص‌های شرایط فعالیت

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

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

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

جدول ۷. نرمال سازی فازی و نرمال موزون زیرشاخص های شاخص ارزش

نرمال وزین شاخص ارزش (تکنیک فازی)									
0.08	امکان جایگزینی (-) (۰.۰۸)(0.44	ریسک خرابی(۴۴)		0.08	ارزش مالی()		
۰.۰۵۳۳	۰.۰۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۳۳۷	۰.۰۵۳۳	تخت بستری
۰.۰۰۸	۰.۰۷۲	۰.۰۵۳۳	۰.۳۴۲۲	۰.۴۱۳۶	۰.۴۴	۰.۰۰۸	۰.۰۷۵۸	۰.۰۰۸	دستگاه همودیالیز
۰.۰۰۸	۰.۰۴۸	۰.۰۲۶۷	۰.۰۴۸۹	۰.۲۵۵۲	۰.۴۴	۰.۰۰۴	۰.۰۵۰۵	۰.۰۰۸	مانیتور علائم حیاتی
۰.۰۲۶۷	۰.۰۰۴	۰	۰	۰.۰۱۷۶	۰.۰۹۷۸	۰	۰.۰۰۴۲	۰.۰۲۶۷	پایه مانیتور
۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	۰.۴۴	۰.۴۴	۰.۴۴	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	دستگاه ریورس اسمزیس (RO)
۰.۰۰۸	۰.۰۴۴	۰	۰.۳۴۲۲	۰.۴۲۲۴	۰.۴۴	۰.۰۰۴	۰.۰۵۰۵	۰.۰۰۸	اکتروشک
۰.۰۵۳۳	۰.۰۱۲	۰	۰	۰.۰۵۲۸	۰.۱۹۵۶	۰	۰	۰	ترالی اکتروشک
۰.۰۰۸	۰.۰۰۴	۰	۰.۰۴۸۹	۰.۲۲	۰.۳۹۱۱	۰.۰۰۴	۰.۰۳۹۶	۰.۰۰۸	الکتروکاردیو گراف

۰.۰۵۳۳	۰.۰۱۲	۰	۰	۰.۰۰۸۸	۰.۴۴	۰	۰	۰	ترالی الکترو کاردیو گراف
۰.۰۰۸	۰.۰۲۸	۰	۰.۱۴۶۷	۰.۲۵۵۲	۰.۳۹۱۱	۰	۰.۰۴۲۱	۰.۰۰۸	ساکشن پرتابل
۰.۰۲۶۷	۰.۰۰۰۴	۰	۰	۰.۰۰۸۸	۰.۰۹۷۸	۰	۰.۰۱۶۸	۰.۰۵۳۳	لارنگوسکوپ
۰.۰۰۸	۰.۰۳۲	۰	۰.۰۴۸۹	۰.۱۸۴۸	۰.۳۹۱۱	۰	۰.۰۳۳۷	۰.۰۰۸	پالس اکسیمتر پرتابل
۰.۰۲۶۷	۰.۰۰۰۸	۰	۰	۰.۰۶۱۶	۰.۱۹۵۶	۰	۰.۰۲۵۳	۰.۰۵۳۳	فشارسنج دیواری
۰.۰۵۳۳	۰.۰۳۶	۰	۰.۳۴۲۲	۰.۴۳۱۲	۰.۴۴	۰.۰۰۴	۰.۰۵۸۹	۰.۰۰۸	یو پی اس
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰۴۲	۰.۰۲۶۷	پاروان
۰.۰۲۶۷	۰.۰۰۰۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	ترالی اورژانس
۰.۰۲۶۷	۰.۰۰۰۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	ترالی پانسمان
۰.۰۲۶۷	۰.۰۰۰۸	۰	۰.۱۴۶۷	۰.۲۹۹۲	۰.۴۴	۰	۰.۰۲۵۳	۰.۰۵۳۳	کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری
۰.۰۲۶۷	۰.۰۰۰۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰۴۲	۰.۰۲۶۷	پایه سرم پرتابل
۰.۰۲۶۷	۰.۰۰۰۴	۰	۰.۱۴۶۷	۰.۳۷۸۴	۰.۴۴	۰	۰.۰۰۴۲	۰.۰۲۶۷	خروجی برق
۰.۰۵۳۳	۰.۰۱۶	۰	۰.۱۴۶۷	۰.۳۷۸۴	۰.۴۴	۰	۰.۰۱۲۶	۰.۰۵۳۳	خروجی اکسیژن
۰	۰	۰	۰	۰.۰۴۴	۰.۱۹۵۶	۰	۰.۰۲۱۰	۰.۰۵۳۳	برانکارد
۰.۰۲۶۷	۰.۰۰۰۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۰۴۲	۰.۰۲۶۷	ست معاینه تشخیصی

جدول ۸. نرمال‌سازی فازی و نرمال‌موزون زیرشاخص‌های شاخص ماهیت

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

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

جدول ۹. نرمال سازی فازی و نرمال موزون زیرشاخص های شاخص میزان فعالیت

بی مقیاس وزین میزان فعالیت (تکنیک فازی)					
میزان فعالیت	سن		0.05	حجم	
	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
تخت بستری	۰	۰.۰۱۸۷	۰	۰.۰۷۳۳	۰.۰۱۸۳
دستگاه همودیالیز	۰.۲۵	۰.۰۴۳۷	۰	۰.۱۱	۰.۱۱
مانیتور علائم حیاتی	۰.۲۵	۰.۰۴۳۷	۰	۰.۱۱	۰.۰۵۵
پایه مانیتور	۰.۲۵	۰.۰۱۲۵	۰	۰.۰۷۳۳	۰.۰۳۰۶
دستگاه ریورس اسمزیس (RO)	۰.۰۵	۰.۰۴۸۴	۰	۰.۱۱	۰.۱۰۳۹
اکترو شک	۰.۲۵	۰.۰۳۱۳	۰	۰.۰۳۶۷	۰.۰۱۸۳
ترالی اکتروشک	۰	۰.۰۰۶۳	۰	۰.۰۳۶۷	۰.۰۰۶۱
الکتروکاردیو گراف	۰.۲۵	۰.۰۳۱۳	۰	۰.۰۳۶۷	۰.۰۱۸۳
ترالی الکترو کاردیو گراف	۰	۰.۰۰۶۳	۰	۰.۰۳۶۷	۰.۰۰۶۱
ساکشن پرتابل	۰	۰.۰۲۵	۰	۰.۰۳۶۷	۰.۰۱۸۳
لارنگوسکوپ	۰	۰	۰	۰.۰۳۶۷	۰.۰۰۶۱
پالس اکسیمتر پرتابل	۰.۲۵	۰.۰۲۵	۰	۰.۱۱	۰.۰۳۶۷
فشارسنج دیواری	۰	۰.۰۱۸۸	۰	۰.۰۷۳۳	۰.۰۳۶۷
یو پی اس	۰.۰۵	۰.۰۴۳۸	۰	۰.۱۱	۰.۰۹۷۸

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

جدول ۱۰. نرمال‌سازی فازی و نرمال‌موزون زیرشاخص‌های شاخص شرایط

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

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

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	۰.۰۰۱۵	۰.۰۰۳۵	۰.۰۷۸۱	۰.۰۰۰۶	۰.۰۰۰۶	۰.۰۰۲۴	۰.۰۰۲۵	۰.۰۰۱۲۵	۰.۰۰۱۸
	۰	۰	۰.۰۷۸۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ایدئال مثبت	۰.۰۰۶۲	۰.۰۳۵۴	۰.۰۰۱	۰.۰۰۵۹	۰.۰۰۲۶	۰.۰۰۴۸	۰.۰۰۹۹	۰.۰۰۵	۰.۰۰۷۳
	۰.۰۵۳۳	۰.۱۴۸۳	۰	۰.۰۴۸۰	۰.۰۰۹۸	۰.۰۱۵۷	۰.۰۸۸	۰.۰۱۶۶	۰.۲
مجموع فاصله	ζ_1^+								
تحت بستری	۰.۰۴۹۲	۰.۱۴۷۱	۰.۰۴۴۲	۰.۰۴۶۵	۰.۰۰۹۲	۰.۰۱۲۹	۰.۰۸۳۹	۰.۰۱۲۹	۰.۷۹۹۵
دستگاه همودیالیز	۰.۰۳۴۱	۰.۰۸۴۸	۰.۰۴۵۱	۰.۰۳	۰.۰۰۵۱	۰.۰۱۱۵	۰.۰۵۵۹	۰.۰۱۱۷	۰.۸۴۲۲
مانیتور علائم حیاتی	۰.۰۳۹۴	۰.۱۱۹	۰.۰۰۲۱	۰.۰۴۰	۰.۰۰۶۶	۰.۰۱۱۵	۰.۰۷۹۸	۰.۰۱۳۸	۰.۸۳۰۴
پایه مانیتور	۰.۰۵۲	۰.۱۴۴	۰.۰۰۷۳	۰.۰۴۶۵	۰.۰۰۹	۰.۰۱۲۹	۰.۰۸۲۸	۰.۰۱۳۲	۰.۸۱۱
دستگاه ریورس اسمزیس (RO)	۰.۰۳۳۷	۰.۰۸۱۳	۰.۰۰۰۶	۰.۰۲۹۸	۰.۰۰۵۱	۰.۰۱۱	۰.۰۵۶۵	۰.۰۱۳۲	۰.۸۶۰۶

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

۰.۸۴۰۹	۰.۱۹۶۶	۰.۰۱۱۹	۰.۰۸۴۷	۰.۰۱۱۸	۰.۰۰۵۷	۰.۰۴۰۳	۰.۰۰۲۶	۰.۰۸۴۳	۰.۰۳۹۴	اکترو شک
۰.۸۱۲۶	۰.۱۹۷۷	۰.۰۱۱۹	۰.۰۸۵۸	۰.۰۱۳۸	۰.۰۰۹۲	۰.۰۴۶۳	۰.۰۰۴۷	۰.۱۴	۰.۰۵۲۸	ترالی اکتروشک
۰.۸۲۷۱	۰.۱۹۷۷	۰.۰۱۲۵	۰.۰۸۴۷	۰.۰۱۱۸	۰.۰۰۶۸	۰.۰۴۰۵	۰.۰۰۲۷	۰.۱۲۱۷	۰.۰۴۰۳	الکتروکاردیو گراف
۰.۸۱۲۷	۰.۱۹۹۴	۰.۰۱۲۵	۰.۰۸۵۸	۰.۰۱۳۸	۰.۰۰۹۲	۰.۰۴۶۶	۰.۰۰۴۷	۰.۱۳۷۱	۰.۰۵۲۸	ترالی الکترو کاردیو گراف
۰.۸۲۷۹	۰.۱۹۶۶	۰.۰۱۲۲	۰.۰۸۴۷	۰.۰۱۲۵	۰.۰۰۶۸	۰.۰۴۳۳	۰.۰۰۳	۰.۱۰۹	۰.۰۴۸۱	ساکشن پرتابل
۰.۸۰۹۷	۰.۱۹۷۷	۰.۰۱۴۵۸	۰.۰۸۵۸	۰.۰۱۴۳	۰.۰۰۸۵	۰.۰۴۷۸	۰.۰۰۷۳	۰.۱۴۴۴	۰.۰۵۰۵	لارنگوسکوپ
۰.۸۲۳۵	۰.۱۹۶۶	۰.۰۱۲۵	۰.۰۸۱۴	۰.۰۱۲۱	۰.۰۰۶۹	۰.۰۴۴۹	۰.۰۰۲۹	۰.۱۲۳۴	۰.۰۴۸۷۴	پالس اکسیمتر پرتابل
۰.۸۱۴۷	۰.۱۹۷۷	۰.۰۱۱۷	۰.۰۸۲۲	۰.۰۱۲۹	۰.۰۰۸۱	۰.۰۴۶۶	۰.۰۰۷۲	۰.۱۳۹۶	۰.۰۴۹۸	فشارسنج دیواری
۰.۸۶۵۵	۰.۱۴۵۷	۰.۰۱۱۷	۰.۰۶۲۵	۰.۰۱۱۱	۰.۰۰۵۱	۰.۰۴۰۶	۰.۰۰۴۲	۰.۰۸۳۹	۰.۰۳۸۷	یو پی اس
۰.۸۰۶	۰.۱۹۹۴	۰.۰۱۶۲	۰.۰۸۷۲	۰.۰۱۴۳	۰.۰۰۹۶	۰.۰۴۶۱	۰.۰۱۰۲	۰.۱۴۷۱	۰.۰۵۲	پاروان
۰.۸۰۷	۰.۱۹۹۴	۰.۰۱۵	۰.۰۸۷۲	۰.۰۱۴۳	۰.۰۰۹۲	۰.۰۴۶۶	۰.۰۰۷۳	۰.۱۴۷۱	۰.۰۵۲۸	ترالی اورژانس
۰.۸۰۶۹	۰.۱۹۹۴	۰.۰۱۵۴	۰.۰۸۷۲	۰.۰۱۴۳	۰.۰۰۹۲	۰.۰۴۶۶	۰.۰۰۷۳	۰.۱۴۷۱	۰.۰۵۲۸	ترالی پانسمان
۰.۸۲۷۶	۰.۱۹۲۱	۰.۰۱۳۲	۰.۰۸۵۸	۰.۰۱۱	۰.۰۰۶۹	۰.۰۴۵۵	۰.۰۰۷۲	۰.۱۰۵۶	۰.۰۴۹۹	کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری
۰.۸۰۸۹	۰.۱۹۹۴	۰.۰۱۳۵	۰.۰۸۳۹	۰.۰۱۴۳	۰.۰۰۹۳	۰.۰۴۶۶	۰.۰۰۷۳	۰.۱۴۷۱	۰.۰۵۲	پایه سرم پرتابل
۰.۸۳۴۹	۰.۱۹۴۸	۰.۰۱۲۱	۰.۰۶۴۲	۰.۰۱۲۵	۰.۰۰۵۱	۰.۰۴۵۴	۰.۰۰۷۳	۰.۱۰۲	۰.۰۵۲	خروجی برق
۰.۸۲۸۳	۰.۱۹۶۶	۰.۰۱۲۵	۰.۰۸۵۲	۰.۰۱۲۵	۰.۰۰۵۶	۰.۰۴۵۴	۰.۰۰۴۶	۰.۱۰۲	۰.۰۵۰۸	خروجی اکسیژن
۰.۸۱۲۳	۰.۱۹۹۴	۰.۰۱۲۷	۰.۰۸۲۸	۰.۰۱۲۹	۰.۰۰۸۸	۰.۰۴۵۷	۰.۰۱۰۲	۰.۱۴۰۵	۰.۰۵۰۲	برانکارد
۰.۸۰۶۷	۰.۱۹۹۴	۰.۰۱۵۴	۰.۰۸۷۲	۰.۰۱۴۳	۰.۰۰۹۲	۰.۰۴۷۸	۰.۰۰۷۳	۰.۱۴۷۱	۰.۰۵۲	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	۰.۰۰۱۵۵	۰.۰۰۳۵	۰.۰۷۸۱	۰.۰۰۰۶	۰.۰۰۰۶	۰.۰۰۰۲	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	۰.۰۰۰۵	۰.۰۰۹۹	۰.۰۰۵	۰.۰۰۷۳

	۰.۲	۰.۰۱۶۶	۰.۰۸۸	۰.۰۱۶	۰.۰۰۹۸	۰.۰۴۸	۰	۰.۱۴۸۳	۰.۰۵۳۳	
مجموع فاصله	Σ									
۰.۹۷۷۶	۰.۰۰۶۲	۰.۰۰۵۶	۰.۰۰۵۲	۰.۰۰۰۴	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۰۲	۰.۰۳۵۸	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۵۳	تخت بستری
۰.۹۱۲۲	۰.۰۰۶۲	۰.۰۱۰۰	۰.۰۵۴۱	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۶۴	۰.۰۲۹۹	۰.۰۳۸	۰.۰۷۷۹	۰.۰۳۲۷	دستگاه همودیالیز
۰.۹۶۶۱	۰.۰۰۴۴	۰.۰۰۳۷	۰.۰۱۰۵	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۳۲	۰.۰۰۸۵	۰.۰۱۴۶	۰.۰۳۱۲	۰.۰۱۷۲	مانیتور علائم حیاتی
۰.۹۸۷۵	۰.۰۰۱۱	۰.۰۰۰۵	۰.۰۰۶۵	۰.۰۰۰۴	۰.۰۰۱۲	۰.۰۰۰۲	۰.۰۱۰۱	۰.۰۰۶۳	۰.۰۰۱۹	پایه مانیتور
۰.۹۱۰۵	۰.۰۱۹۹	۰.۰۰۴۹	۰.۰۵۳۸	۰.۰۰۰۹	۰.۰۰۶۴	۰.۰۲۹۹	۰.۰۱۶	۰.۰۹۵۵	۰.۰۳۲۹	دستگاه ریورس اسمزیس (RO)
۰.۹۵۱۶	۰.۰۰۴۴	۰.۰۰۷۹	۰.۰۰۴۱	۰.۰۰۰۶	۰.۰۰۴۶	۰.۰۰۸۱	۰.۰۱۴۲	۰.۰۷۸۲	۰.۰۱۷۲	اکتروشک
۰.۹۸۵۷	۰.۰۰۲۹	۰.۰۰۷۹	۰.۰۰۰۳	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۲۱	۰.۰۱۱۶	۰.۰۱۱۲	۰.۰۰۰۹	ترالی اکتروشک
۰.۹۷۰۴	۰.۰۰۲۹	۰.۰۰۵۹	۰.۰۰۴۱	۰.۰۰۰۶	۰.۰۰۰۳	۰.۰۰۷۸	۰.۰۱۴۲	۰.۰۲۷۸	۰.۰۱۶۷	الکتروکاردیو گراف
۰.۹۸۳۹	۰.۰۰۱۱	۰.۰۰۵۹	۰.۰۰۰۳	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۱۹	۰.۰۱۱۶	۰.۰۲۰۵	۰.۰۰۰۹	ترالی الکترو کاردیو گراف
۰.۹۶۹۹	۰.۰۰۴۴	۰.۰۰۶۶	۰.۰۰۴۱	۰.۰۰۰۵	۰.۰۰۰۳	۰.۰۰۶۲	۰.۰۱۳۹	۰.۰۴۰۲	۰.۰۰۶۸	ساکشن پرتابل
۰.۹۸۹۳	۰.۰۰۲۹	۰.۰۰۲۶	۰.۰۰۰۳	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۱۶	۰.۰۰۰۳	۰.۰۱۰۱	۰.۰۰۶۲	۰.۰۰۳۵	لارنگوسکوپ
۰.۹۷۴۵	۰.۰۰۴۴	۰.۰۰۵۹	۰.۰۰۸۲	۰.۰۰۰۵	۰.۰۰۲۹	۰.۰۰۳۸	۰.۰۱۴	۰.۰۲۵۹	۰.۰۰۵۸	پالس اکسیمتر پرتابل
۰.۹۸۲۳	۰.۰۰۲۹	۰.۰۰۸۶	۰.۰۰۷۳	۰.۰۰۰۴	۰.۰۰۲۲	۰.۰۰۱۹	۰.۰۱۰۲	۰.۰۱۱۵	۰.۰۰۴۳	فشارسنج دیواری
۰.۹۰۳۹	۰.۱۱۷۵	۰.۰۰۹۳	۰.۰۳۰۴	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۶۴	۰.۰۰۷۷	۰.۰۱۲۲	۰.۰۷۸۶	۰.۰۱۷۷	یو پی اس
۰.۹۹۲۹	۰.۰۰۱۱	۰.۰۰۰۷	۰.۰۰۱۴	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۰۴	۰.۰۰۲۶	۰.۰۰۹۵	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۱۹	پاروان
۰.۹۹۲۷	۰.۰۰۱۱	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۱۴	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۱۹	۰.۰۱۰۱	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۰۹	ترالی اورژانس
۰.۹۹۲۸	۰.۰۰۱۱	۰.۰۰۱۶	۰.۰۰۱۴	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۱۹	۰.۰۱۰۱	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۰۹	ترالی پانسمان
۰.۹۶۹۴	۰.۰۱۰۶	۰.۰۰۴۹	۰.۰۰۰۳	۰.۰۰۰۹	۰.۰۰۲۹	۰.۰۰۳۲	۰.۰۱۰۲	۰.۰۴۳۲	۰.۰۰۴۴	کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری
۰.۹۹۰۴	۰.۰۰۱۱	۰.۰۰۴۳	۰.۰۰۵۲	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۱۹	۰.۰۱۰۱	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۱۹	پایه سرم پرتابل
۰.۹۶۱۱	۰.۰۰۶۶	۰.۰۰۷۲	۰.۰۲۹	۰.۰۰۰۵	۰.۰۰۶۴	۰.۰۰۳۴	۰.۰۱۰۱	۰.۰۴۷۴	۰.۰۰۱۹	خروجی برق
۰.۹۷۰۴	۰.۰۰۴۴	۰.۰۰۵۹	۰.۰۰۳۵	۰.۰۰۰۵	۰.۰۰۴۸	۰.۰۰۳۴	۰.۰۱۱۷	۰.۰۴۷۴	۰.۰۰۳۲	خروجی اکسیژن
۰.۹۸۴۵	۰.۰۰۱۱	۰.۰۰۶۳	۰.۰۰۶۵	۰.۰۰۰۴	۰.۰۰۱۳	۰.۰۰۲۹	۰.۰۰۹۵	۰.۰۱۰۹	۰.۰۰۰۴	برانکارد
۰.۹۹۳	۰.۰۰۱۱	۰.۰۰۱۶	۰.۰۰۱۴	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۰۳	۰.۰۱۰۱	۰.۰۰۰۲	۰.۰۰۱۹	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

N_3^+	max	Min	ζ_2^+	نام تجهیز
۰.۲۵۴۷	۰.۱۹۵۴	۰.۰۰۹۲	۰.۹۳۵	تخت بستری
۰.۳۲۲۶	۰.۱۹۵۴	۰.۰۰۴۲	۰.۹۵۳۴	دستگاه همودیالیز
۰.۲۸۳۶	۰.۱۹۶۵	۰.۰۰۱۷	۰.۹۴۳۹	مانیتور علائم حیاتی
۰.۲۶۱۱	۰.۱۹۹۴	۰.۰۰۶۷	۰.۹۳۷۲	پایه مانیتور
۰.۳۴۷۶	۰.۱۸۶۳	۰.۰۰۰۳	۰.۹۵۸۳	دستگاه ریورس اسمزیس (RO)
۰.۲۹۹۹	۰.۱۹۶۵	۰.۰۰۲۱	۰.۹۴۸۲	اکترو شک
۰.۲۶۲۸	۰.۱۹۷۷	۰.۰۰۴۷	۰.۹۳۷۷	ترالی اکتروشک
۰.۲۷۹۴	۰.۱۹۷۷	۰.۰۰۲۲	۰.۹۴۲۷	الکتروکاردیو گراف
۰.۲۶۳	۰.۱۹۹۴	۰.۰۰۴۷	۰.۹۳۷۸	ترالی الکترو کاردیو گراف
۰.۲۸	۰.۱۹۶۵	۰.۰۰۲۵	۰.۹۴۲۹	ساکشن پرتابل
۰.۲۵۹۶	۰.۱۹۷۷	۰.۰۰۶۷	۰.۹۳۶۷	لارنگوسکوپ
۰.۲۷۴۸	۰.۱۹۶۵	۰.۰۰۲۴	۰.۹۴۱۴	پالس اکسیمتر پرتابل
۰.۲۶۵۵	۰.۱۹۷۷	۰.۰۰۶۶	۰.۹۳۸۶	فشارسنج دیواری
۰.۳۵۵۵	۰.۱۱۸۵	۰.۰۰۴۱	۰.۹۵۹۷	یو پی اس
۰.۲۵۶۱	۰.۱۹۹۴	۰.۰۰۸۶	۰.۹۳۵۵	پاروان
۰.۲۵۶۹	۰.۱۹۹۴	۰.۰۰۶۷	۰.۹۳۵۸	ترالی اورژانس
۰.۲۵۶۷	۰.۱۹۹۴	۰.۰۰۶۷	۰.۹۳۵۷	ترالی پانسمان
۰.۲۸۰۱	۰.۱۹۱۹	۰.۰۰۶۷	۰.۹۴۲۹	کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری
۰.۲۵۸۸	۰.۱۹۹۴	۰.۰۰۶۷	۰.۹۳۶۴	پایه سرم پرتابل
۰.۲۸۹۵	۰.۱۹۴۸	۰.۰۰۴۲	۰.۹۴۵۵	خروجی برق
۰.۲۸۰۲	۰.۱۹۶۵	۰.۰۰۴۶	۰.۹۴۲۹	خروجی اکسیژن

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

محاسبه فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل‌های منفی همینگ و خاکستری

$$\zeta_2(V, A^-) = 1 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |v_{ij} - v_n^-| \quad \text{فرمول (۷)}$$

$$N_3(X, A^+) = \frac{\min_i \min_j |v_j^- - x_{ij}| + \rho \max_i \max_j |v_j^- - x_{ij}|}{|v_j^- - x_{ij}| + \rho \max_i \max_j |v_j^- - x_{ij}|} \quad \text{فرمول (۸)}$$

جدول ۱۳. فواصل از ایده‌آل منفی مثبت همینگ و خاکستری

N-	max	min	ζ_2	نام تجهیز
۰.۶۱۸۹	۰.۰۲۷۵	۰.۰۰۰۶	۰.۹۹۴۳	تخت بستری
۰.۲۷۵۹	۰.۰۷۰۴	۰.۰۰۴۶	۰.۹۷۵۸	دستگاه همودیالیز
۰.۴۷۶۷	۰.۰۲۹۷	۰.۰۰۰۳	۰.۹۸۹۹	مانیتور علائم حیاتی
۰.۷۳۲	۰.۰۰۹۶	۰.۰۰۰۶	۰.۹۹۶۶	پایه مانیتور
۰.۲۷۳	۰.۰۸۲۷	۰.۰۰۳۸	۰.۹۷۵۵	دستگاه ریورس اسمزیس (RO)
۰.۳۹۰۵	۰.۰۷۰۸	۰.۰۰۳۴	۰.۹۸۵۶	اکترو شک
۰.۷۰۱۶	۰.۰۱۱۶	۰.۰۰۰۵	۰.۹۹۶۱	ترالی اکتروشک
۰.۵۰۷۵	۰.۰۲۶۸	۰.۰۰۲۳	۰.۹۹۱	الکتروکاردیو گراف
۰.۶۹۸۶	۰.۰۱۲۲	۰.۰۰۰۵	۰.۹۹۶	ترالی الکترو کاردیو گراف
۰.۵۰۲۵	۰.۰۳۹۵	۰.۰۰۳۰	۰.۹۹۰۹	ساکشن پرتابل
۰.۷۶۲۲	۰.۰۰۹۶	۰.۰۰۰۲	۰.۹۹۷۱	لارنگوسکوپ
۰.۵۴۷۵	۰.۰۲۵۱	۰.۰۰۲۹	۰.۹۹۲۴	پالس اکسیمتر پرتابل
۰.۶۵۸۹	۰.۰۰۹۷	۰.۰۰۱۵	۰.۹۹۵۲	فشارسنج دیواری
۰.۲۶۱۹	۰.۰۸۱۵	۰.۰۰۵۶	۰.۹۷۴	یو پی اس
۰.۸۴۲۴	۰.۰۰۷۷	۰.۰۰۰۲	۰.۹۹۸۳	پاروان
۰.۸۲۳۶	۰.۰۰۹۶	۰.۰۰۰۵	۰.۹۹۸	ترالی اورژانس
۰.۸۲۷۷	۰.۰۰۹۶	۰.۰۰۰۵	۰.۹۹۸۱	ترالی پانسمان
۰.۵۰۱۸	۰.۰۴۲۸	۰.۰۰۲۲	۰.۹۹۰۸	کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری
۰.۷۷۹	۰.۰۰۹۶	۰.۰۰۰۵	۰.۹۹۷۴	پایه سرم پرتابل

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

Z	S ⁻	S ⁺	u ₁	ζ ⁺	ζ ⁻	u ₃	N ⁻	N ⁺	u ₂	ζ ₂ ⁻	ζ ₂ ⁺	نام تجهیز
۰.۲۸۰۰	۰.۵۸۵۸	۰.۴۷۴۴	۰.۵	۰.۲۳۳۴	۰.۲۳۳۴	۰.۶۷۶۲	۰.۵۳۲	۰.۲۵۴۷	۰.۵۱۴۸	۰.۹۹۱۹	۰.۹۳۵	تخت بستری
۰.۲۰۹۲	۰.۴۷۵۴	۰.۴۹۰۲	۰.۵	۰.۱۹۴۶	۰.۱۹۴۶	۰.۴۴۴۵	۰.۲۵۸۲	۰.۳۲۲۶	۰.۵۰۵۲	۰.۹۷۳۵	۰.۹۵۳۴	دستگاه همودیالیز
۰.۲۳۸۷	۰.۵۱۵۲	۰.۴۷۹۵	۰.۵	۰.۲۱۰۹	۰.۲۱۰۹	۰.۵۵۳۶	۰.۳۵۱۶	۰.۲۸۳۶	۰.۵۱۰۱	۰.۹۸۳	۰.۹۴۳۹	مانیتور علائم حیاتی
۰.۲۶۷۵	۰.۵۶۶۶	۰.۴۷۸۳	۰.۵	۰.۲۳۶۶	۰.۲۳۶۶	۰.۶۴۴۶	۰.۴۷۳۴	۰.۲۶۱۱	۰.۵۱۳۶	۰.۹۸۹۷	۰.۹۳۷۲	پایه مانیتور
۰.۱۹۳۱	۰.۴۵۶۹	۰.۴۹۳۷	۰.۵	۰.۱۷۵۲	۰.۱۷۵۲	۰.۳۹۴۸	۰.۲۲۶۸	۰.۳۴۷۶	۰.۵۰۲۷	۰.۹۶۸۶	۰.۹۵۸۳	دستگاه ریورس اسمزیس (RO)
۰.۲۲۳۹	۰.۴۹۴۴	۰.۴۸۳۴	۰.۵	۰.۲۰۲	۰.۲۰۲	۰.۵۰۲۱	۰.۳۰۲۴	۰.۲۹۹۹	۰.۵۰۷۹	۰.۹۷۸۷	۰.۹۴۸۲	اکترو شک
۰.۲۶۴۸	۰.۵۵۹۸	۰.۴۷۶۷	۰.۵	۰.۲۲۹۶	۰.۲۲۹۶	۰.۶۳۶۷	۰.۴۶۰۵	۰.۲۶۲۸	۰.۵۱۳۴	۰.۹۸۹۲	۰.۹۳۷۷	ترالی اکتروشک
۰.۲۴۳۲	۰.۵۲۲۷	۰.۴۷۹۳	۰.۵	۰.۲۱۵۷	۰.۲۱۵۷	۰.۵۶۸۵	۰.۳۶۸۱	۰.۲۷۹۴	۰.۵۱۰۸	۰.۹۸۴۲	۰.۹۴۲۷	الکتروکاردیو گراف
۰.۲۶۴۴	۰.۵۵۹۹	۰.۴۷۷۳	۰.۵	۰.۲۳۱۲	۰.۲۳۱۲	۰.۶۳۵۹	۰.۴۵۹۲	۰.۲۶۳	۰.۵۱۳۳	۰.۹۸۹۱	۰.۹۳۷۸	ترالی الکترو کاردیو گراف
۰.۲۴۲۴	۰.۵۲	۰.۴۷۷۸	۰.۵	۰.۲۱۰۴	۰.۲۱۰۴	۰.۵۶۶۲	۰.۳۶۵۴	۰.۲۸	۰.۵۱۰۷	۰.۹۸۴	۰.۹۴۲۹	ساکشن پرتابل
۰.۲۷۰۱	۰.۵۷۰۱	۰.۴۷۶۸	۰.۵	۰.۲۳۴۱	۰.۲۳۴۱	۰.۶۵۱۸	۰.۴۸۵۹	۰.۲۵۹۶	۰.۵۱۳۹	۰.۹۹۰۲	۰.۹۳۶۷	لارنگوسکوپ
۰.۲۴۸۴	۰.۵۲۹۸	۰.۴۷۷۱	۰.۵	۰.۲۱۵۱	۰.۲۱۵۱	۰.۵۸۵۸	۰.۳۸۸۷	۰.۲۷۴۸	۰.۵۱۱۴	۰.۹۸۵۵	۰.۹۴۱۴	پالس اکسیمتر پرتابل
۰.۲۶۰۸	۰.۵۵۲۶	۰.۴۷۷۳	۰.۵	۰.۲۲۷۷	۰.۲۲۷۷	۰.۶۲۴۶	۰.۴۴۱۷	۰.۲۶۵۵	۰.۵۱۲۹	۰.۹۸۸۳	۰.۹۳۸۶	فشارسنج دیواری
۰.۱۸۸۴	۰.۴۴۱۴	۰.۴۸۴۴	۰.۵	۰.۱۳۸۱	۰.۱۳۸۱	۰.۳۸۱۳	۰.۲۱۹۱	۰.۳۵۵۵	۰.۵۰۱۹	۰.۹۶۷۲	۰.۹۵۹۷	یو پی اس
۰.۲۷۶۴	۰.۵۸۳۵	۰.۴۷۷۸	۰.۵	۰.۲۴۱۹	۰.۲۴۱۹	۰.۶۶۸۸	۰.۵۱۷۳	۰.۲۵۶۱	۰.۵۱۴۵	۰.۹۹۱۴	۰.۹۳۵۵	پاروان
۰.۲۷۴۹	۰.۵۸۱	۰.۴۷۸۱	۰.۵	۰.۲۴۱۷	۰.۲۴۱۷	۰.۶۶۵۱	۰.۵۱۰۱	۰.۲۵۶۹	۰.۵۱۴۴	۰.۹۹۱۱	۰.۹۳۵۸	ترالی اورژانس

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

در جدول (۱۵) اولویت بندی نهایی تجهیزات به روش تاپسیس بهبود یافته.

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

نام تجهیز	Z	رتبه بندی
یو پی اس	۰,۱۸۸۴	۱
دستگاه ریورس اسمزیس	۰,۱۹۳۱	۲
دستگاه همودیالیز	۰,۲۰۹۲	۳
اکترو شک	۰,۲۲۳۹	۴
خروجی برق	۰,۲۳۲۹	۵
مانیتور علائم حیاتی	۰,۲۳۸۷	۶
خروجی اکسیژن	۰,۲۴۲۳	۷
کپسول اکسیژن ۴۰ لیتری	۰,۲۴۲۴	۸
ساکشن پرتابل	۰,۲۴۲۴	۹
الکتروکاردیو گراف	۰,۲۴۳۲	۱۰
پالس اکسیمتر پرتابل	۰,۲۴۸۴	۱۱
فشارسنج دیواری	۰,۲۶۰۸	۱۲
ترالی الکترو کاردیو گراف	۰,۲۶۴۴	۱۳
برانکارد	۰,۲۶۴۵	۱۴
ترالی اکتروشک	۰,۲۶۴۸	۱۵
پایه مانیتور	۰,۲۶۷۵	۱۶
لارنگوسکوپ	۰,۲۷۰۰	۱۷
پایه سرم پرتابل	۰,۲۷۱۵	۱۸
ترالی اورژانس	۰,۲۷۴۹	۱۹
ترالی پانسمان	۰,۲۷۵۲	۲۰
ست معاینه تشخیصی	۰,۲۷۵۵	۲۱

پاروان	۰,۲۷۶۴	۲۲
تخت بستری	۰,۲۸۰۰	۲۳

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 و نیز 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 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 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 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.

پیشنهادات

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 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 persaian]
- 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 persaian]
- 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 persaian]
- Atai, M. (2009). *Fuzzy multi-criteria decision making*. Shahrood University of Technology, Shahrood. [In persaian]
- Azar, A. Rajabi, A. (2011). *Applied decision making of MADM approach*. Negah Danesh, Tehran [In persaian].
- Bashiri, M. Hijazi, T. H. Mohtjeb, H. (۲۰۱۰). *A new approach in multi-criteria decision-making*. Shahid University, Tehran. [In persaian]
- 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 persaian]
- 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 persaian]
- 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 persaian]
- 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 persian].
- Momeni, M. Sharifi Salim, A.R. (2010). *Multi-indicator decision making models and software*. Authors, Tehran. [In persian].
- 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 persian]
- 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 persian]
- 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 Manynance 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/>).

