Research Article

Journal of Hospital

https://jhosp.tums.ac.ir

Identifying And Ranking The Risks Of Using Artificial Intelligence Systems In Hospital Waste Management Using A Multi-Criteria Decision-Making Approach

A Case Study Of Hospitals Affiliated With Zahedan University Of Medical Sciences

Shahraki.Mohammadreza[*1], Esmaeili.Hamidreza[2]

1- Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

2- Master's student, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Sistan and Baluchistan, Zahedan, Iran.

Received Date: 2024.1.3

Accepted Date: 2024.7.24

***Corresponding Author Email:**
mr.shahraki@eng.usb.ac.ir

Abstract

Background and purpose: Artificial intelligence (AI) plays a crucial role in the optimal management of hospital waste, particularly in predicting the volume and type of waste generated. This study aims to identify and rank the risks associated with the use of AI systems in hospital waste management by employing a multi-criteria decision-making approach.

Methods: This descriptive, cross-sectional study was conducted in 2023 (1402 in the Iranian calendar) at two hospitals, Ali Ibn Abitaleb and Khatam al-Anbiah, in Zahedan. Ten hospital staff members were selected as expert participants for the Delphi panel. The Shannon entropy method was utilized for risk weighting, and the TOPSIS method was applied to rank the identified risks.

Results: Kendall's coordination coefficient was used to assess the level of consensus among the Delphi panel members, with the coefficient values for the first, second, and third Delphi rounds being 6.3, 7.1, and 7.3, respectively. The indicators were weighted using the Shannon entropy method, based on three criteria: impact intensity (0.3), probability of occurrence (0.4), and detection probability (0.32). The TOPSIS method was then employed to rank the identified risks, with the most significant risks being the need for necessary infrastructure (0.847), the requirement for accurate and complete data (0.751), and budget constraints (0.749.(

Conclusion: By applying multi-criteria decision-making methods, healthcare managers can effectively identify and prioritize the risks associated with using AI systems in hospital waste management, enabling them to focus on strengthening waste management practices based on these priorities.

Keywords: Artificial Intelligence, Hospital Waste, Risk Ranking, Multi-Criteria Decision Making

Copyright©2024 Scientific Association of Hospital Affairs, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-22]

پژوهشی

فصلنامه بیمارستان

https://jhosp.tums.ac.ir

شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چند شاخصه (مطالعه موردی: بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی زاهدان)

محمدرضا شهرکی[1]، حمیدرضا اسماعیلی[2]

۱- دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۵/۳

* **نویسنده مسئول مقاله:**
mr.shahraki@eng.usb.ac.ir

چکیده:

زمینه و هدف: یکی از کاربردهای اصلی هوش مصنوعی در حوزه مدیریت بهینه پسماندهای بیمارستانی است که به پیش‌بینی حجم و نوع پسماندها می‌پردازد. هدف این مطالعه، شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه از نوع توصیفی و مقطعی است که در سال ۱۴۰۲ در دو بیمارستان علی ابن ابیطالب و خاتم‌الانبیاء شهرستان زاهدان صورت گرفته است. تعداد ۱۰ نفر از پرسنل این دو بیمارستان به عنوان اعضای خبره پنل دلفی انتخاب گردیدند که به منظور وزن‌دهی ریسک‌ها از روش آنتروپی شانون و جهت رتبه‌بندی ریسک‌ها از روش تاپسیس استفاده گردید.

نتایج: در این مطالعه به‌منظور تعیین میزان اتفاق‌نظر میان اعضای پنل دلفی، از ضریب هماهنگی کندال استفاده شد. نتیجه ضریب کندال برای مرحله اول، دوم و سوم دلفی به ترتیب برابر با ۶/۳، ۷/۱ و ۷/۳ بود. وزن‌دهی شاخص‌ها با استفاده از مراحل روش آنتروپی شانون و بر اساس سه شاخص شدت تأثیر (۰/۳)، احتمال وقوع (۰/۴) و احتمال کشف (۰/۳۲) انجام پذیرفت. سپس جهت رتبه‌بندی ریسک‌های شناسایی‌شده بر اساس روش تاپسیس مهم‌ترین ریسک‌ها به ترتیب زیرساخت‌های لازم (۰/۸۴۷)، نیاز به داده‌های دقیق و کامل (۰/۷۵۱) و بودجه (۰/۷۴۹) بودند.

نتیجه‌گیری: مدیران مراکز بهداشتی و درمانی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه قادر خواهند بود تا به شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی بپردازند و با توجه به اولویت‌ها، جهت تقویت مدیریت پسماندها بپردازند.

کلیدواژه: هوش مصنوعی، پسماند بیمارستانی، رتبه‌بندی، ریسک، تصمیم‌گیری چند شاخصه

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-22]

مقدمه

پسماندهای بیمارستانی به دلیل خطرات زیست‌محیطی بالقوه و خطرات بهداشت عمومی از اهمیت بالایی برخوردار هستند. سازمان بهداشت جهانی (WHO)[1] از پسماندهای بیمارستانی به‌عنوان زباله‌های ویژه یاد کرده که جزء خطرناک‌ترین زباله‌های ایجادشده در جوامع هستند. پسماند-های بیمارستانی شامل تمام زباله‌های تولیدشده در مراکز تحقیقاتی، مراکز دارویی، آزمایشگاه‌های مرتبط با پزشکی و مراکز مراقبت‌های بهداشتی و همچنین زباله‌های ناشی از خوددرمانی می‌شود (۱). یکی از مسائل مهمی که بر سلامت انسان و محیط تأثیر می‌گذارد، دفع مقادیر زیاد پسماندهای بهداشتی (HCW)[2] است. انواع مختلف پسماندهای بهداشتی شامل خون، بافت‌های انسانی یا حیوانی، بیماری‌های عفونی، پسماندهای اتاق بیماران مبتلا به بیماری‌های مسری و واکسن-های دور ریخته‌شده است (۲). روش‌های مختلفی برای دفع پسماندهای بهداشتی مانند دفن بهداشتی، سوزاندن، مایکروویو، استریلیزاسیون توسط اتوکلاو، ضدعفونی شیمیایی، کپسوله‌سازی، فشرده‌سازی، پلیمریزاسیون معکوس و تجزیه در اثر حرارت پلاسما وجود دارد. انتخاب یک روش مؤثر و ایمن دفع پسماندهای بهداشتی برای سلامت انسان و محیط زیست ضروری است (۳). مدیریت پسماند مراقبت‌های بهداشتی نشان‌دهنده کیفیت خدمات ارائه‌شده توسط مراکز بهداشتی و درمانی است (۴).

با گسترش استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در حوزه‌های گوناگون، مدیریت پسماندهای بیمارستانی نیز از این پیشرانه‌های فناورانه بهره‌برداری می‌کند (۵). سیستم‌های هوش مصنوعی، با توانایی‌های خود در تحلیل داده‌ها، پیش‌بینی رخدادها و تصمیم‌گیری‌های هوشمندانه، در مدیریت پسماندهای بیمارستانی می‌توانند بهبود قابل‌توجهی را به دنبال داشته باشند؛ اما به علت ویژگی‌های خاص بیمارستان‌ها و وجود انواع ریسک‌های مرتبط با پسماندها، استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در این حوزه نیازمند شناسایی و رتبه‌بندی صحیح ریسک‌های مرتبط است (۶). مدیریت پسماندها مبتنی بر هوش مصنوعی در بیمارستان‌ها شامل استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی مانند یادگیری ماشین، بینایی کامپیوتر و تجزیه و تحلیل داده‌ها برای افزایش کارایی و اثربخشی فرآیندهای مدیریت پسماند است (۷). چندین کشور توسعه‌یافته از جمله اتریش، آلمان، نیوزیلند، ایالات متحده آمریکا، بریتانیا، ژاپن، سنگاپور، سوئیس، کره جنوبی و کانادا، قبلاً شروع به استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی برای به حداکثر رساندن استفاده از منابع، بهره‌وری و فرصت‌های بازیافت کرده‌اند (۸).

با وجود روش‌های نوین جهت مدیریت پسماندهای بیمارستانی در بسیاری از مناطق کشور دفع این پسماندهای خطرناک همچنان به روش سنتی صورت می‌گیرد. دفع نادرست پسماندهای بیمارستانی، علاوه بر آلودگی‌های زیست‌محیطی و آب‌های زیرزمینی، خطر گسترش برخی از بیماری‌ها را در پی دارد. مدیریت نادرست پسماندهای بیمارستانی و عفونی به شیوه‌های کنونی در کشور می‌تواند عواقب و پیامدهای جبران‌ناپذیری به دنبال داشته باشد (۹). پسماندهای بهداشتی، کلیه پسماندهای تولیدشده توسط واحدهای تأمین و حفظ سلامت، مؤسسات تحقیقاتی و آزمایشگاه‌ها را در برمی‌گیرد. به‌عبارت‌دیگر، به کلیه پسماندهای عفونی و زیان‌آور ناشی از بیمارستان‌ها، مراکز بهداشتی و درمانی، آزمایشگاه‌های تشخیص طبی و سایر مراکز مشابه گفته می‌شود. پسماندهای بهداشتی دسته‌ای از

[1] WHO: World Health Organization
[2] HCW: Health-Care Waste

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-22]

پسماندها را تشکیل می‌دهند که حاوی مواد بالقوه مضر هستند و می‌توانند باعث مخاطراتی برای سلامتی افراد در معرض آن شوند (۱۰). شناسایی، جمع‌آوری، جداسازی، ذخیره‌سازی، حمل‌ونقل مناسب و دفع و همچنین جنبه‌های مهم مرتبط از جمله ضدعفونی، حفاظت از پرسنل و آموزش، بخشی از مدیریت مؤثر پسماندهای پزشکی و بهداشتی هستند. رسیدگی نادرست به پسماندهای بیمارستان‌ها ممکن است خطری برای سلامتی در بین کادر پزشکی، متصدیان پسماند، بیماران و محیط اطراف ایجاد کند (۱۱).

صفوهی[1] و همکاران (۲۰۱۳) در ارزیابی خطر پسماندهای بهداشتی در بیمارستان شهر باتنای الجزایر، با استفاده از تجزیه‌وتحلیل مقدماتی خطر و ماتریس ارزیابی ریسک، بیان نمودند که پسماندهای عفونی و پسماندهای آناتومیکی، انسان را در معرض خطرهای زیادی قرار می‌دهند (۱۲). منصوری و همکاران (۲۰۱۸) در ارزیابی ریسک بیمارستان فاطمه زهرا (س) ساری عنوان کردند که در ابزار ارزیابی سریع منحصربه‌فرد، نمره به‌دست‌آمده توسط بیمارستان ۱۵/۸۲ درصد بود که وضعیت مدیریت پسماند را عالی نشان می‌دهد و در مدل آنالیز مقدماتی خطر و آنالیز حالت شکست و اثرات، ۲۳ حالت خطا مشاهده شد که ۹ خطا دارای عدد اولویت ریسک بالای ۱۰۰ بود. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که مخلوط کردن پسماندهای تیز و برنده با سایر پسماندها، ریختن پسماندهای غیرعفونی و شبه‌خانگی در سطل‌های عفونی و بالعکس، از ریسک بالایی برخوردار بوده و نیاز به اقدامات اصلاحی دارند (۱۳).

دفع غیر ایمن پسماندهای بهداشتی نه‌تنها باعث آلودگی محیط‌زیست می‌شود؛ بلکه باعث شیوع بیماری‌های عفونی مانند هپاتیت، اچ‌آی‌وی/ ایدز، وبا، تیفوئید و عوارض تنفسی نیز می‌گردد که عمدتاً به دلیل استفاده مجدد از تجهیزات پزشکی دفع‌شده یا از بین بردن مواد زائد است (۱۴). برنامه-ریزی و اجرای مدیریت پسماند باعث کاهش خطرات بهداشتی و زیست‌محیطی می‌شود. علاوه بر این، مدیریت خوب پسماندهای پزشکی در یک بیمارستان به یک تیم مدیریت پسماند اختصاصی، مدیریت خوب، برنامه‌ریزی دقیق، سازمان‌دهی صحیح، قانون اساسی، تأمین مالی کافی و مشارکت کامل کارکنان آموزش‌دیده بستگی دارد (۱۵). کشورهای درحال‌توسعه در اجرای صحیح سیاست‌های مدیریت پسماند با چالش‌های بزرگی روبرو هستند. به طور مثال هیئت‌های کنترل آلودگی ایالات مختلف در هند تأکید کردند که عدم تخصیص بودجه توسط مدیریت بیمارستان در فعالیت‌های مدیریت پسماند چالش اصلی است (۱۶). دومین چالش، نیروی انسانی غیرماهر هستند که پسماندهای عفونی را مدیریت می‌کنند، بسیاری از آن‌ها آگاهانه یا ناآگاهانه جان خود را به خطر انداخته و برخی اوقات پسماندهای عفونی را بدون هیچ‌گونه محافظت مناسبی بازیافت می‌کنند. چالش سوم، فناوری منسوخ استفاده‌شده برای از بین بردن پسماندها است، زیرا سوزاندن به‌عنوان روش دفع اولیه گازهای مضر و خاکستر مضر تولید می‌کند. چالش چهارم، شیوه‌های ناکافی مدیریت و تفکیک HCW در زمان تولید است که کل پسماندها را به پسماندهای عفونی تبدیل می‌کند (۱۷).

ارطغرول[2] و کاراکاس اوغلو[3] (۲۰۰۸) در مطالعه خود توضیح دادند که مشکلات مرتبط با مکان تأسیسات پسماندهای بهداشتی ماهیت چند شاخصه دارد. درنظرگرفتن شاخص‌های مناسب در کنار شاخص‌های اساسی، برای انتخاب مکان استقرار تأسیسات دفع پسماندهای بهداشتی، تصمیم-

[1] Sefouhi

[2] Ertugrul
[3] Karakasoglu

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-22]

گیری را بهبود می‌بخشد (۱۸). شهر پزشکی ملک عبدالعزیز عربستان یک سیستم مدیریت زباله مبتنی بر هوش مصنوعی را پیاده‌سازی کرد که از الگوریتم‌های یادگیری ماشینی برای طبقه‌بندی و تفکیک زباله‌ها استفاده می‌کند. این سیستم به دفع مناسب زباله کمک می‌کند و کارایی مدیریت زباله را بهبود می‌بخشد (۱۹). بیمارستان عمومی چانگی[1] نیز برای خودکارسازی تفکیک زباله و بهینه‌سازی مسیرهای جمع‌آوری زباله، یک سیستم مدیریت زباله مبتنی بر هوش مصنوعی را پیاده‌سازی کرد و از فناوری‌های هوش مصنوعی برای بهینه-سازی مدیریت زباله و فرایندهای بازیافت استفاده نمود. با تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در مورد حجم زباله، روش‌های دفع و نرخ بازیافت، سیستم‌های هوش مصنوعی به شناسایی مناطق برای بهبود و بهینه‌سازی منابع کمک می‌کنند (۲۰). ارائه یک رویکرد تصمیم‌گیری چند شاخصه جامع برای دفع پسماندهای بیمارستانی با استفاده از هوش مصنوعی و در نهایت کمک رساندن به جامعه و محیط‌زیست، برای کم‌تر قرار گرفتن پسماندهای بهداشتی در معرض عموم و کاهش استفاده از منابع طبیعی مانند زمین، آب و انتشار کربن مفید خواهد بود (۲۱). هوش مصنوعی با خودکار کردن وظایف تکراری و بهینه‌سازی مسیرهای جمع‌آوری پسماند، کارایی را بهبود می‌بخشد و منجر به صرفه‌جویی در هزینه و بهینه‌سازی منابع می‌شود که از مزیت‌های پیاده‌سازی هوش مصنوعی در مدیریت پسماند است. دوم، هوش مصنوعی با استفاده از الگوریتم‌های تشخیص تصویر برای طبقه‌بندی انواع مختلف پسماندها، حصول اطمینان از مدیریت و دفع مناسب، تفکیک دقیق پسماندها را امکان‌پذیر می‌کند. سوم، مزیت تجزیه‌وتحلیل داده‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، بیمارستان‌ها را قادر می‌سازد تا در مورد استراتژی‌های مدیریت پسماند، تخصیص منابع و طرح‌های کاهش ضایعات تصمیم‌گیری آگاهانه بگیرند، بنابراین اثربخشی عملیاتی را به حداکثر می‌رسانند (۲۲).

در یک نمونه از مطالعات داخلی نیز فرزادکیا و همکاران (۱۳۹۴) در شهر کرج بیان داشتند که عمده‌ترین نقاط ضعف در بخش مدیریت پسماندها مربوط به عناصر تولید، جداسازی و جمع‌آوری دفع پسماند بود (۲۳). در مطالعه دیگری زاهدی و همکاران (۱۴۰۲) عوامل فناوری اطلاعات، فرهنگ سازمانی، ساختار و منابع انسانی را در بیمارستان میلاد تهران، مهم‌ترین عوامل موفقیت در استقرار هوش مصنوعی در بیمارستان شناسایی نمودند (۲۴).

هدف این مطالعه، شناسایی و رتبه‌بندی ریسک-های استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی با استفاده از رویکرد تصمیم-گیری چند شاخصه می‌باشد. علی‌رغم اهمیت این موضوع در سلامت جامعه، متأسفانه مطالعات و پژوهش‌های کمی در این خصوص در ایران صورت گرفته است. مرور مطالعات پیشین، نمایی از مهم‌ترین مشکلات بیمارستان‌ها در بحث مدیریت پسماندها در سراسر کشور ارائه می‌دهد. بر این اساس، این مطالعه می‌تواند به مدیران بیمارستان‌ها و مسئولین بهداشتی در مسیر برخورد واقع‌بینانه با این مسئله در خصوص سلامت جامعه کمک کند. در این تحقیق، ابتدا انواع ریسک‌های استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی شناسایی می‌شوند. سپس شاخص‌های مختلفی که در رتبه‌بندی و مدیریت ریسک‌های استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی مورداستفاده قرار می-گیرند، بررسی می‌شوند. سپس با استفاده از این شاخص‌ها، ریسک‌های مختلف، رتبه‌بندی می‌شوند. در این مطالعه بیمارستان‌های خاتم‌الانبیاء و علی ابن ابی‌طالب از دانشگاه

[1] Changi

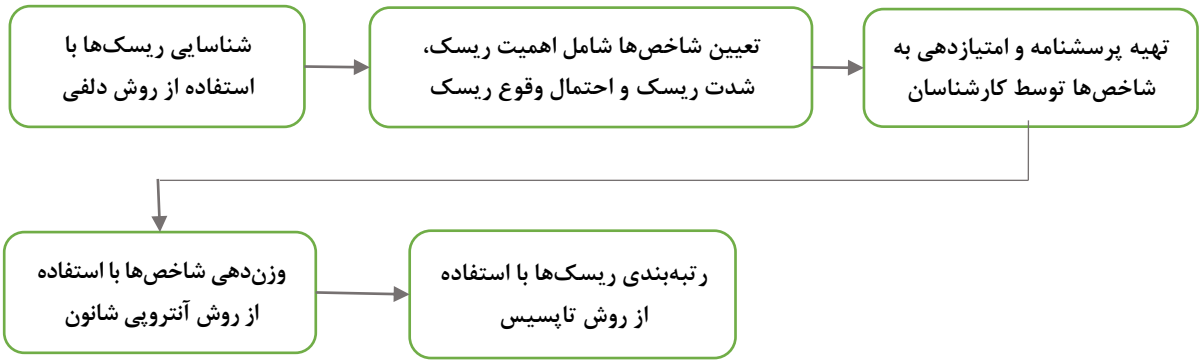
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-22]

علوم پزشکی زاهدان در خصوص ریسک‌های ناشی از استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی به‌عنوان نمونه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

مواد و روش‌ها

روش تحقیق با توجه به ماهیت موضوع و هدف، توصیفی و مقطعی است که در سال ۱۴۰۲ در دو بیمارستان علی ابن ابیطالب و خاتم‌الانبیاء شهرستان زاهدان صورت گرفته است.

در این تحقیق در ابتدا شناسایی ریسک‌های استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی بر اساس مطالعات پیشین و روش دلفی بر اساس نظرات خبرگان صورت می‌پذیرد. در مرحله بعدی برای رتبه‌بندی ریسک‌ها لازم است تا شاخص‌های رتبه‌بندی تعیین و سپس اهمیت و وزن آن‌ها مشخص شوند. در انتها با استفاده از وزن‌های به دست آمده برای شاخص‌ها، رتبه‌بندی ریسک‌ها صورت می‌گیرد (شکل ۱).



شکل ۱- فرآیند ارزیابی ریسک‌های استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی

برای شناسایی ریسک‌های استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی بر اساس مطالعات پیشین و روش دلفی بر اساس نظرات خبرگان، تعداد ۱۰ نفر از پرسنل شاغل در این دو بیمارستان که در هر دو زمینه هوش مصنوعی و پسماندهای بیمارستانی، خبره به حساب می‌آمدند، به روش سرشماری به عنوان اعضای پنل دلفی انتخاب گردیدند. افراد خبره موردنظر، دارای مدرک کارشناسی یا بالاتر و دارای آگاهی لازم در زمینه هوش مصنوعی و مدیریت پسماندهای بیمارستانی بودند.

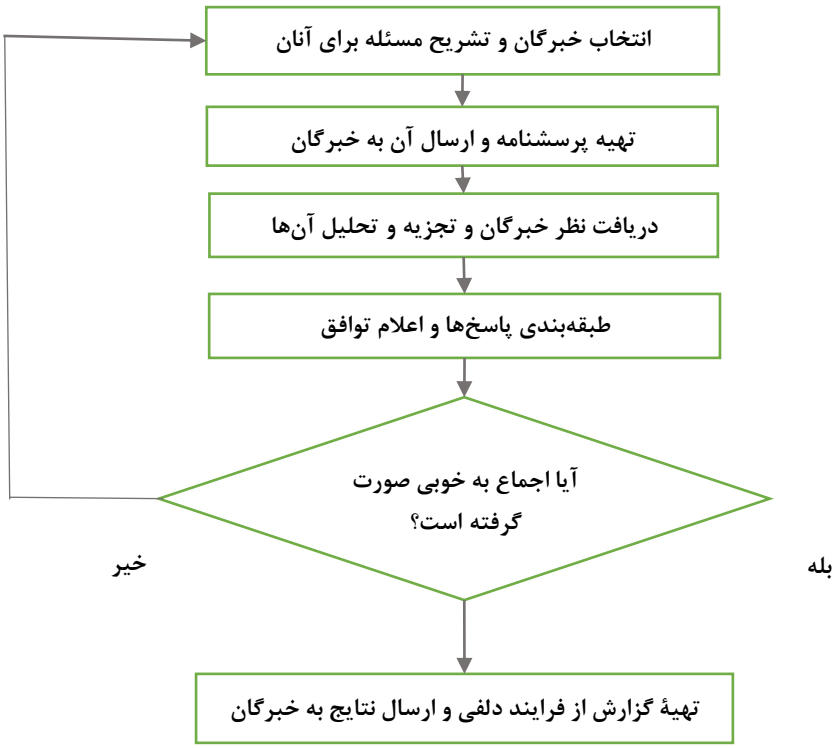
شناسایی ریسک‌های استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی با استفاده از روش دلفی صورت پذیرفت. روش دلفی یک چارچوب فرایند پیش‌بینی در ارزیابی ریسک است که بر اساس نتایج دوره‌های متعدد پرسش‌نامه ارسال‌شده به خبرگان به‌عنوان پنل دلفی است. پس از هر دور، خلاصه‌ای از دور به خبرگان پنل دلفی ارائه می‌شود و به هر متخصص اجازه می‌دهد تا پاسخ‌های خود را با توجه به پاسخ گروه تنظیم کند (۲۵). در ابتدا بر اساس مطالعات پیشین و نظرات کارشناسان تعداد ریسک استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی شناسایی گردید. سپس لیست ریسک‌ها برای تعیین میزان اهمیت آن‌ها، در اختیار اعضای پنل دلفی قرار گرفت. علاوه بر این از آنان خواسته شد که نظرات خود را درباره ریسک‌هایی که در این لیست قرار نگرفته است، ارائه کنند. در دور دوم دلفی، مجموعه ریسک‌های که در دور اول انتخاب

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-22]

یا پیشنهاد شده بودند، به‌علاوه نمره‌های دور اول، در اختیار اعضای پنل قرار گرفت. در دور سوم، نظر اعضای پنل درباره ریسک‌هایی که در دوره‌های اول و دوم مهم تشخیص داده شده بودند، دوباره دریافت شد. انجام روش دلفی پس از انجام دور سوم و دستیابی به‌اتفاق نظر بر اساس مقیاس کندال پایان یافت. در این پژوهش برای تعیین میزان اتفاق‌نظر میان اعضای پنل، از ضریب هماهنگی کندال استفاده شد. ضریب هماهنگی کندال نشان می‌دهد که افرادی که ریسک‌ها را بر اساس اهمیت آن‌ها مرتب کرده‌اند، به طور اساسی شاخص‌های مشابهی را برای قضاوت درباره اهمیت هریک از مقوله‌ها به کار برده‌اند و از این لحاظ با یکدیگر اتفاق‌نظر دارند. ضریب هماهنگی کندال از رابطه (۱) محاسبه می‌گردد.

$$w = \frac{s}{\frac{1}{12}k^2(n^3 - n)} \qquad (۱)$$

نتیجه ضریب کندال برای مرحله اول، دوم و سوم دلفی به ترتیب برابر با ۶/۳، ۷/۱ و ۷/۳ بوده که چون این میزان در مرحله دوم و سوم از ۷ بیش‌تر است و نتایج این دو مرحله نزدیک به هم است، در دور سوم، روش دلفی پایان‌یافته و نتایج آن قابل استناد است.



شکل ۲- الگوریتم اجرای روش دلفی

ریسک‌های انتخابی برای رتبه‌بندی بر اساس روش دلفی به تعداد ۱۷ ریسک در پنج دسته ریسک‌های فنی، اقتصادی، اجتماعی، نظارتی و محیطی انتخاب شدند که در جدول ۱ نشان داده شده است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-22]

جدول ۱- ریسک‌های استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی

ریسک‌های اصلی	نماد	زیر ریسک‌ها
ریسک‌های فنی	A_1	مدیریت کارآمد
	A_2	*طراحی سبز
	A_3	**نیاز به داده‌های دقیق و کامل
	A_4	اشتباهات و نقص‌های ماشین
ریسک‌های اقتصادی	A_5	بودجه
	A_6	کاهش هزینه دفع
	A_7	کاهش هزینه درمان
ریسک‌های اجتماعی	A_8	آگاهی پرسنل
	A_9	همکاری بین‌بخشی
	A_{10}	مسائل اخلاقی
	A_{11}	آموزش و به‌روزرسانی پرسنل
ریسک‌های نظارتی	A_{12}	***بینش ملی
	A_{13}	نظارت و اجرای قانونی
	A_{14}	امنیتی
ریسک‌های محیطی	A_{15}	زیرساخت‌های لازم جهت هوشمندسازی
	A_{16}	انتخاب بهترین مکان دفع زباله
	A_{17}	برنامه‌ریزی جهت جمع‌آوری زباله

*طراحی سبز: منظور از این عبارت بیمارستان سبز می‌باشد که کمترین میزان دفع زباله‌ها را داشته و کمترین آسیب را به محیط‌زیست وارد می‌کند.

**نیاز به داده‌های دقیق و کامل: یک سیستم هوشمند جهت ارائه بهترین نتیجه، به دقیق‌ترین اطلاعات ورودی نیازمند است.

***بینش ملی: بینش به میزان آگاهی و درک افراد (بیماران) از هوشمندسازی اطلاق می‌گردد.

در مرحله دوم برای تجزیه‌وتحلیل و رتبه‌بندی ریسک‌های شناسایی شده، لازم است تا شاخص‌های رتبه‌بندی تعیین و سپس اهمیت و وزن آن‌ها مشخص شوند. در این مرحله ریسک‌های شناسایی‌شده بر اساس سه شاخص شدت تأثیر، احتمال وقوع و احتمال کشف ریسک که شاخص‌های اصلی در برآورد اثرات وقوع، وقوع ریسک در سیستم‌های مختلف می‌باشند، به‌صورت پرسش‌نامه در اختیار ۱۰ نفر از خبرگان جهت امتیازدهی طبق جدول ۲ قرار گرفت.

جدول ۲- طیف امتیازدهی به شاخص‌ها

میزان اثر	بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم	بسیار کم
امتیاز	۹	۷	۵	۳	۱

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-22]

به‌منظور اولویت‌بندی ریسک‌های استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی با استفاده از روش تاپسیس[1]، ابتدا با استفاده از روش آنتروپی شانون[2]، وزن شاخص‌های در نظر گرفته شده، تعیین و سپس ریسک‌ها بر اساس این شاخص‌ها اولویت‌بندی گردیدند.

روش آنتروپی شانون

روش آنتروپی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه برای محاسبه وزن شاخص‌ها می‌باشد. گام‌های این روش به شرح زیر می‌باشد (۲۶):

گام ۱- تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری بر اساس m گزینه (ریسک‌ها) و n شاخص بصورت رابطه (۲) نشان داده می‌شود که بیانگر ارزیابی گزینه m بر اساس شاخص n است.

$$A_{ij}=\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12}\cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22}\cdots & a_{2n} \\ a_{m1} & a_{m2}\cdots & a_{mn} \end{pmatrix} \qquad (۲)$$

گام ۲- محاسبه ماتریس تصمیم‌گیری نرمال (P_{ij}) که بر اساس رابطه (۳) صورت می‌گیرد.

$$P_{ij}=\frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}} \qquad (۳)$$

گام ۳- محاسبه مقدار آنتروپی برای هر شاخص (E_j) که بر اساس رابطه (۴) صورت می‌گیرد.

$$E_j=-k\sum_{i=1}^{m}[p_{ij}\ln p_{ij}]=\frac{1}{\ln(m)} \qquad (۴)$$

گام ۴- محاسبه مقدار عدم اطمینان (d_j) برای هر شاخص که توسط رابطه (۵) محاسبه می‌شود.

$$d_j=1-E_j \qquad (۵)$$

گام ۵- محاسبه وزن هر شاخص (W_j) که توسط رابطه (۶) تعیین می‌شود.

$$w_j=\frac{d_j}{\sum_{i=1}^{n} d_j} \qquad (۶)$$

روش تصمیم‌گیری چند شاخصه تاپسیس

روش تاپسیس توسط هوانگ و یون[3] (۱۹۸۱) پیشنهاد شد که یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه است. این روش بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی، باید کم‌ترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیش‌ترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد (۲۷). مراحل این روش به شرح زیر می‌باشد:

مرحله ۱- تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری (A_{ij}) که m گزینه را بر اساس n شاخص ارزیابی می‌کند.

$$A_{ij}=\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12}\cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22}\cdots & a_{2n} \\ a_{m1} & a_{m2}\cdots & a_{mn} \end{pmatrix} \qquad (۷)$$

مرحله ۲-در این مرحله بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری توسط رابطه (۸) انجام می‌شود.

$$n_{ij}=\frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}^{\,2}}} \qquad (۸)$$

مرحله ۳- ماتریس بی‌مقیاس مرحله ۲ با ضرب در ماتریس موزون حاصل از روش آنتروپی شانون با استفاده از رابطه (۹) به ماتریس بی‌مقیاس موزون (V) تبدیل می‌شود.

$$V=N\times W_{n\times n} \qquad (۹)$$

[1] TOPSIS
[2] Shannon entropy
[3] Hwang &Yoon

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-22]

$W_{n\times n}$ ماتریس قطری وزن‌ها است که از روش آنتروپی شانون به‌دست‌آمده است.

مرحله ۴- تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی

راه‌حل ایده‌آل مثبت (V_j^+)، بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس V و راه‌حل ایده‌آل منفی (V_j^-)، بدترین مقادیر هر شاخص ماتریس V بر اساس نوع شاخص است.

مرحله ۵- محاسبه فاصله هر گزینه از راه‌حل ایده‌آل مثبت که توسط رابطه (۱۰) و فاصله هر گزینه از راه‌حل ایده‌آل منفی که از رابطه (۱۱) صورت می‌گیرد.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(V_{ij} - v_j^+)^2}, i = 1, 2, ..., m \quad (۱۰)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(V_{ij} - v_j^-)^2}, i = 1, 2, ..., m \quad (۱۱)$$

مرحله ۶- تعیین نزدیکی نسبی یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل (C_i) که توسط رابطه (۱۲) محاسبه می‌شود.

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (۱۲)$$

مرحله ۷- رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس مقدار C_i، به صورت نزولی از مقادیر C_i انجام می‌شود.

یافته‌ها

پس از شناسایی ریسک‌های استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی، امتیازدهی به این ریسک‌ها بر اساس شاخص‌های شدت تأثیر، احتمال وقوع و احتمال کشف ریسک توسط کارشناسان انجام شد. بدین ترتیب بر اساس ۱۷ ریسک شناسایی شده بر اساس به‌کارگیری روش دلفی به عنوان گزینه‌ها و سه شاخص شدت تأثیر، احتمال وقوع و احتمال کشف ریسک ماتریس تصمیم‌گیری تشکیل و با استفاده از مراحل روش آنتروپی شانون، وزن‌دهی شاخص‌ها انجام که نتایج حاصل در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- وزن شاخص‌ها بر اساس روش آنتروپی شانون

شاخص‌ها	احتمال کشف (C_3)	احتمال وقوع (C_2)	شدت تأثیر (C_1)
وزن‌ها	۰/۳۲	۰/۴	۰/۳

سپس طبق مراحل روش تاپسیس، رتبه‌بندی ریسک‌ها بر اساس وزن‌های محاسبه شده از روش آنتروپی شانون برای هر ریسک، محاسبه گردید. مقادیر C_i ریسک‌های شناسایی‌شده، جهت رتبه‌بندی به‌صورت صعودی به نزولی مرتب شدند و در نتیجه ریسک‌های با C_i بیش‌تر، در اولویت بالاتری قرار دارند که نتایج در جدول ۴ نشان داده شده است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-22]

جدول ۴- رتبه‌بندی ریسک‌های استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی

ریسک‌های اصلی	نماد	زیر ریسک‌ها	مقدار C_i	رتبه
ریسک‌های فنی	A_1	مدیریت کارآمد	۰/۷۲۵	۵
	A_2	طراحی سبز	۰/۶۹۵	۸
	A_3	نیاز به داده‌های دقیق و کامل	۰/۷۵۱	۲
	A_4	اشتباهات و نقص‌های ماشین	۰/۵۶۳	۱۲
ریسک‌های اقتصادی	A_5	بودجه	۰/۷۴۹	۳
	A_6	هزینه دفع	۰/۶۶۹	۹
	A_7	هزینه درمان	۰/۳۶۸	۱۷
ریسک‌های اجتماعی	A_8	آگاهی پرسنل	۰/۷۱۷	۶
	A_9	همکاری بین‌بخشی	۰/۴۰۸	۱۵
	A_{10}	مسائل اخلاقی	۰/۴۲۴	۱۳
	A_{11}	آموزش و به‌روزرسانی پرسنل	۰/۷۲۹	۴
ریسک‌های نظارتی	A_{12}	بینش ملی	۰/۳۹۰	۱۶
	A_{13}	نظارت و اجرای قانونی	۰/۷۱۵	۷
	A_{14}	امنیتی	۰/۵۸۱	۱۱
ریسک‌های محیطی	A_{15}	زیرساخت‌های لازم جهت هوشمندسازی	۰/۸۴۷	۱
	A_{16}	انتخاب بهترین مکان دفع زباله	۰/۵۸۲	۱۰
	A_{17}	برنامه‌ریزی جهت جمع‌آوری زباله	۰/۴۱۵	۱۴

اولویت‌بندی ریسک‌های استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی با استفاده از روش تاپسیس به شرح زیر به دست آمد.

$$A_{15}>A_3>A_5>A_{11}>A_1>A_8>A_{13}>A_2>A_6>A_{16}>A_{14}>A_4>A_{10}>A_{17}>A_9>A_{12}>A_7$$

اولویت‌بندی انجام‌شده بیانگر مهم‌ترین ریسک‌های استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی بر اساس سه شاخص شدت تأثیر، احتمال وقوع و احتمال کشف ریسک می‌باشد. پس از محاسبه میانگین مقدار C_i که عدد ۰/۶۰۷ به دست آمد، رتبه‌های ۱ تا ۹ بالاتر از این مقدار قرار گرفتند و لذا بر اساس مقدار C_i به دست آمده، مهم‌ترین ریسک‌ها در زمینه استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی رتبه‌بندی شدند. نتایج تحقیق نشان داد که:

۱. با توجه به این‌که زیرساخت‌های لازم جهت هوشمند-سازی با امتیاز ۰/۸۴۷ اولویت اول ریسک‌ها را به خود اختصاص داد. برای کاهش خطر مواجه‌شدن با این ریسک، فراهم آوردن امکانات زیرساختی مناسب سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی مثل تأمین منابع فنی سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، طراحی ساختار شبکه و ارتباطات و تدوین سیاست‌ها و راهکارهای مدیریتی ضرورت زیادی دارد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-22]

۲. نیاز به داده‌های دقیق و کامل با امتیاز ۰/۷۵۱ در دومین مرتبه اهمیت ریسک‌ها قرار گرفته است که نشان‌دهنده نقش بسیار مهم دسترسی به داده‌های دقیق و کامل در استفاده مؤثر از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی است؛ بنابراین باید داده‌های مربوط به نوع و حجم پسماندها، کیفیت و ترکیب پسماندها و پروسه‌ها و فرآیندهای مدیریت پسماندها، به موقع و دقیق و کامل جمع‌آوری و پردازش شوند.

۳. بودجه با امتیاز ۰/۷۴۹ رتبه سوم اولویت‌بندی ریسک‌ها را به خود اختصاص داده است، لذا لزوم توجه بیش‌تر به تأمین منابع مالی مناسب در استفاده مؤثر از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی را یادآور می‌شود. داشتن منابع مالی متناسب منجر به توسعه، نگهداری و به‌روزرسانی سیستم‌های مورد نیاز برای استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی می‌شود.

۴. آموزش و به‌روزرسانی پرسنل با امتیاز ۰/۷۲۹ در رتبه چهارم نشان می‌دهد که پرسنل آموزش‌دیده می‌توانند موج کاهش ریسک‌های سیستم‌های هوش مصنوعی شده و به بهبود دقت و قابلیت اطمینان سیستم‌های هوش مصنوعی در تشخیص و طبقه‌بندی پسماندهای بیمارستانی کمک کند. پرسنل آموزش دیده می‌توانند از سیستم‌های هوش مصنوعی برای اتخاذ تصمیمات آگاهانه‌تر در مورد مدیریت پسماند استفاده کنند.

۵. مدیریت کارآمد با امتیاز ۰/۷۲۵ و رتبه پنجم نشان از آن دارد که برای جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، تمیز کردن و آماده‌سازی داده‌های با کیفیت بالا برای سیستم‌های هوش مصنوعی ضروری است و می‌تواند به بهبود سیستم‌های هوش مصنوعی کمک کند. مدیریت کارآمد موجب می‌گردد سیستم‌های هوش مصنوعی مناسب، برای نیازهای خاص سازمان انتخاب و پیاده‌سازی شده و با نظارت و ارزیابی مستمر عملکرد، به شناسایی و رفع مشکلات احتمالی و بهینه‌سازی کمک کند.

۶. تأثیر آگاهی پرسنل با امتیاز ۰/۷۱۷ در ششمین رتبه نشان از اهمیت پرسنل آگاه در شناسایی و اصلاح خطاهای احتمالی در فرآیند مدیریت پسماند دارد. پرسنل آگاه می‌توانند توسط سیستم‌های هوش مصنوعی تصمیمات بهتری در مورد مدیریت پسماند اتخاذ کنند تا منجر به افزایش کارایی، ایمنی و پایداری فرآیند مدیریت پسماند شود.

این اولویت‌بندی ریسک‌ها می‌تواند به بیمارستان‌ها کمک کند تا در استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی، به مسائل حائز اهمیت بیش‌تر توجه نموده و با نظارت و بودجه‌بندی مناسب، این ریسک‌ها را به حداقل برسانند.

بحث

سازمان‌ها همواره در پی یافتن راه‌هایی جهت بهبود کیفیت خدمات خود هستند. هدف از این مطالعه، شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌باشد. در این راستا، پس از شناسایی ریسک‌های مختلف استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی در پنج دسته ریسک‌های فنی، اقتصادی، اجتماعی، نظارتی و محیطی، بر اساس روش دلفی و استفاده از نظرات متخصصان شناسایی شدند. شناسایی و ارزیابی ریسک‌ها می‌تواند به مدیران و تصمیم گیران کمک کند تا بهبودهای لازم را در طراحی، پیاده‌سازی و استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی ایجاد کنند.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-22]

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از به‌کارگیری روش دلفی تعداد ۱۷ ریسک مؤثر بر استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی انتخاب شدند. سپس رتبه-بندی این ریسک‌ها بر اساس با استفاده از روش‌های تصمیم-گیری چندشاخصه آنتروپی شانون و تاپسیس انجام شد. استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه، رویکرد مناسبی در شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌ها در بخش بهداشت و درمان است که تاکنون توسط محققین زیادی برای مسائل مختلف این حوزه استفاده شده است (۳۰-۲۸). نتایج نشان داد که به دلیل اهمیت وجود زیرساخت‌های لازم جهت هوشمند-سازی، این ریسک در اولویت اول برای استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی قرار گرفته است که نتیجه مشابهی با مطالعه برامبیلا[1] (۲۰۲۰) را ارائه می-دهد و نشان از اهمیت زیرساخت‌های لازم برای استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در سیستم‌های بهداشتی و درمانی است. همچنین نتایج این تحقیق بیانگر این است که اقدامات زیادی برای مدیریت زیرساخت‌ها باید انجام شود که بخشی از آن‌ها شامل تأمین منابع فنی، سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، طراحی ساختار شبکه و ارتباطات و سیاست‌ها و راهکارهای مدیریتی است (۳۱). در دومین مرتبه اهمیت، ریسک نیاز به داده‌های دقیق و کامل قرار دارد که نشان می‌دهد که استفاده مؤثر از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی نیازمند دسترسی به داده‌های دقیق و کامل است و شامل داده‌های مربوط به نوع و حجم پسماندها، داده‌های مربوط به کیفیت و ترکیب پسماندها و داده‌های مربوط به پروسه‌ها و فرآیندهای مدیریت پسماندها می‌شود. نتایج این تحقیق همراستا با مطالعه بقاپور و همکاران (۲۰۱۸) بوده و نشان می‌دهد که استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی نیازمند دسترسی به داده‌های دقیق و به موقع است (۳۲). ریسک تامین بودجه‌های مورد نیاز هوشمندسازی سومین دغدغه و ریسک استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی است و نشان می‌دهد که لازم است دسترسی به بودجه‌های کافی و منابع مالی به منظور توسعه، نگهداری و به‌روزرسانی سیستم‌ها و آموزش نیروهای انسانی فراهم شود. همچنین نتایج اولویت-بندی ریسک‌ها مشخص می‌سازد که ریسک‌های آموزش و به‌روزرسانی پرسنل، مدیریت کارآمد، آگاهی پرسنل و نظارت و اجرای قانونی در اولویت‌های ۴ تا ۷ قرار دارند. همچنین ریسک هزینه درمان، ریسک بینش ملی و ریسک همکاری بین‌بخشی کم‌ترین امتیاز را در این بررسی به خود اختصاص دادند.

نتیجه گیری

با توجه به رتبه‌بندی ریسک‌ها، توجه به زیرساخت‌های لازم جهت برای استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مدیریت پسماندهای بیمارستانی از طریق توسعه سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، توسعه یک جمع‌آوری و ثبت دقیق داده‌های مرتبط، تأمین به‌موقع و به مقدار لازم منابع جهت تهیه و استقرار تجهیزات و آموزش پرسنل می‌تواند از مهم‌ترین پیشنهادات بر اساس نتایج تحقیق باشد.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر طرح تحقیقاتی با کد اخلاق IR.USB.REC.1403.017 در دو بیمارستان خاتم الانبیاء و علی ابن ابی‌طالب شهر زاهدان می‌باشد. نویسندگان بر خود لازم می-دانند در وهله اول، از مدیریت و کادر درمان دو بیمارستان فوق و در وهله بعد، از افرادی که با کمال صبر و حوصله به پرسش‌نامه‌ها پاسخ دادند، کمال امتنان و سپاس را داشته باشند.

[1] Brambilla

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-22]

References

1. WHO. Safe Management of Wastes from Healthcare Activities. (2017). Available online: https://apps.who.int/iris/handle/10665/ 259491 (accessed on 3 February 2021).
2. Yazdani M, Tavana M, Pamučar D, Chatterjee P. A rough based multi-criteria evaluation method for healthcare waste disposal location decisions. Computers & Industrial Engineering. 2020 May 1;143:106394.
3. Pamučar D, Puška A, Stević Ž, Ćirović G. A new intelligent MCDM model for HCW management: The integrated BWM–MABAC model based on D numbers. Expert Systems with Applications. 2021 Aug 1;175:114862.
4. Caniato M, Tudor T, Vaccari M. International governance structures for health-care waste management: A systematic review of scientific literature. Journal of environmental management. 2015 Apr 15;153:93-107.
5. Tjoa E, Guan C. A survey on explainable artificial intelligence (xai): Toward medical xai. IEEE transactions on neural networks and learning systems. 2020 Oct 20;32(11):4793-813.
6. Mokuolu OA, Akindele RS, Olawumi HO. Development of improved solid hospital waste management practices in a Nigerian Tertiary Hospital. Nigerian Journal of Technology. 2016 Jul 1;35(3):674-80.
7. Chen J, Huang S, BalaMurugan S, Tamizharasi GS. Artificial intelligence based e-waste management for environmental planning. Environmental Impact Assessment Review. 2021 Mar 1;87:106498.
8. Soni U, Roy A, Verma A, Jain V. Forecasting municipal solid waste generation using artificial intelligence models—a case study in India. SN Applied Sciences. 2019 Feb;1:1-0.
9. Zamparas M, Kapsalis VC, Kyriakopoulos GL, Aravossis KG, Kanteraki AE, Vantarakis A, Kalavrouziotis IK. Medical waste management and environmental assessment in the Rio University Hospital, Western Greece. Sustainable Chemistry and Pharmacy. 2019 Sep 1;13:100163.
10. Sawalem M, Selic E, Herbell JD. Hospital waste management in Libya: A case study. Waste management. 2009 Apr 1;29(4):1370-5.
11. Muduli K, Barve A. Barriers to green practices in health care waste sector: an Indian perspective. International Journal of Environmental Science and Development. 2012 Aug 1;3(4):393..
12. Sefouhi L, Kalla M, Bahmed L, Aouragh L. The risk assessment for the healthcare waste in the hospital of Batna city, Algeria. International journal of environmental science and development. 2013 Aug 1;4(4):442.
13. Mansouri T, Alimohammadi M, Nabizadeh Nodehi R, Yaghmaeian K, Azari A. Risk assessment of sari fatemeh zahra hospital using failure mode effect analysis, individualized rapid assessment tool, and preliminary hazard analysis. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2018 Jun 10;28(161):89-107.
14. Thakur V. Locating temporary waste treatment facilities in the cities to handle the explosive growth of HCWs during pandemics: A novel Grey-AHP-OCRA hybrid approach. Sustainable Cities and Society. 2022 Jul 1;82:103907.
15. Chew X, Khaw KW, Alnoor A, Ferasso M, Al Halbusi H, Muhsen YR. Circular economy of medical waste: novel intelligent medical waste management framework based on extension linear Diophantine fuzzy FDOSM and neural network approach. Environmental Science and Pollution Research. 2023 Apr 10:1-27.
16. Rai A, Kothari R, Singh DP. Assessment of available technologies for hospital waste management: A need for society. InWaste Management: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications 2020 (pp. 860-876). IGI Global.
17. Rajor A, Xaxa M, Mehta R. An overview on characterization, utilization and leachate analysis of biomedical waste incinerator ash. Journal of environmental management. 2012 Oct 15;108:36-41.
18. Ertuğrul İ, Karakaşoğlu N. Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2008 Nov;39:783-95.
19. Rodić L, Wilson DC. Resolving governance issues to achieve priority sustainable development goals

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-22]

related to solid waste management in developing countries. Sustainability. 2017 Mar 9;9(3):404.

20.Nanda S, Berruti F. Municipal solid waste management and landfilling technologies: a review. Environmental Chemistry Letters. 2021 Apr;19:1433-56.

21.Chauhan A, Singh A. A hybrid multi-criteria decision making method approach for selecting a sustainable location of healthcare waste disposal facility. Journal of Cleaner Production. 2016 Dec 15;139:1001-10.

22.Kaul V, Enslin S, Gross SA. History of artificial intelligence in medicine. Gastrointestinal endoscopy. 2020 Oct 1;92(4):807-12.

23.Farzadkia M, Golbaz S, Sajadi H S. Surveying Hospital Waste Management in Karaj in the year of 2013 . jhosp 2015; 14 (1) :105-115.

24.Zahedi M, Hosseini Sarkhosh S M. Feasibility Study of Implementing an Internet of Things (IoT) Project at Milad Hospital, Tehran. jhosp 2023; 22 (2) :39-52.

25.Hohma E, Boch A, Trauth R, Lütge C. Investigating accountability for Artificial Intelligence through risk governance: A workshop-based exploratory study. Frontiers in Psychology. 2023 Jan 25;14:1073686.

26.Odu GO. Weighting methods for multi-criteria decision making technique. Journal of Applied Sciences and Environmental Management. 2019 Sep 11;23(8):1449-57.

27.Hwang CL, Masud AS. Multiple objective decision making—methods and applications: a state-of-the-art survey. Springer Science & Business Media; 2012 Dec 6.

28.Dursun M, Karsak EE, Karadayi MA. Assessment of health-care waste treatment alternatives using fuzzy multi-criteria decision making approaches. Resources, Conservation and Recycling. 2011 Dec 1;57:98-107.

29.Liu HC, You JX, Lu C, Chen YZ. Evaluating health-care waste treatment technologies using a hybrid multi-criteria decision making model. Renewable and sustainable energy reviews. 2015 Jan 1;41:932-42.

30.Xiao F. A novel multi-criteria decision making method for assessing health-care waste treatment technologies based on D numbers. Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2018 May 1;71:216-25.

31.Brambilla A, Lindahl G, Dell'Ovo M, Capolongo S. Validation of a multiple criteria tool for healthcare facilities quality evaluation. Facilities. 2020 Sep 17;39(5/6):434-47.

32.Baghapour MA, Shooshtarian MR, Javaheri MR, Dehghanifard S, Sefidkar R, Nobandegani AF. A computer-based approach for data analyzing in hospital's health-care waste management sector by developing an index using consensus-based fuzzy multi-criteria group decision-making models. International Journal of Medical Informatics. 2018 Oct 1;118:5-15.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-22]