



Paper Type: Original Article



Application of Artificial Intelligence in Decision-Making and Analysis to Predict Drugs and Medical Equipment in Health Crises

Maryam Ghandehari^{1,*}, Seyyed Esmail Najafi¹ , Seyyed Ahmad Edalatpanah² 

¹ Department of Industrial Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran; m.gandehari@iau.ac.ir; najafi1515@yahoo.com.

² Department of Industrial Engineering, Ayandegan Institute of Higher Education, Tonekabon, Iran; saedalatpanah@gmail.com.

Citation:

Ghandehari, M., Najafi, S. E., Edalatpanah, S. A. (2024). Application of artificial intelligence in decision-making and analysis to predict drugs and medical equipment in health crises. *Management sciences and decision analysis*, 2(4), 249-258.

Received: 07/04/2024

Reviewed: 06/06/2024

Revised: 10/07/2024

Accepted: 29/08/2024

Abstract

Purpose: This study aimed to investigate the role of Artificial Intelligence in enhancing decision-making and sensitivity analysis for predicting drug and medical equipment shortages during health crises. The significance of this research lies in addressing the severe human and economic impacts caused by resource shortages in emergencies such as the COVID-19 pandemic.

Methodology: The study employed a descriptive-analytical and quantitative approach. Data were collected from healthcare managers and experts in Mashhad through questionnaires and semi-structured interviews. Machine learning algorithms, including Linear Regression and Artificial Neural Networks, were used for modeling and forecasting. Multi-Criteria Decision-Making methods, specifically AHP and TOPSIS, were applied for prioritization, while sensitivity analysis identified key variables influencing prediction accuracy.

Findings: The results revealed that supply chain disruptions and seasonal variations were the most influential factors in drug and equipment shortages. The ANN model effectively captured nonlinear patterns and provided more accurate predictions. Sensitivity analysis confirmed that improving domestic production capacity and addressing transportation delays significantly reduce shortages.

Originality/Value: This study is among the first to integrate AI-based modeling with MCDM and sensitivity analysis for healthcare crisis management. The proposed framework offers practical insights for policymakers to optimize supply chain performance and resource allocation under critical conditions.

Keywords: Artificial intelligence, Sensitivity analysis, Drug shortage prediction, Health crises, Multi-criteria decision-making.



Corresponding Author: m.gandehari@iau.ac.ir



<https://doi.org/10.22105/msda.v2i4.113>



Licensee. **Management Sciences and Decision Analysis**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



کاربرد هوش مصنوعی در تصمیم‌گیری و تحلیل حساسیت برای پیش‌بینی کمبود دارو و تجهیزات پزشکی در بحران‌های سلامت

مریم قندهاری^۱، سید اسماعیل نجفی^۱، سید احمد عدالت‌پناه^۲

^۱گروه مهندسی صنایع، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

^۲گروه مهندسی صنایع، موسسه آموزش عالی آیندگان، تنکابن، ایران.

چکیده

هدف: این پژوهش با هدف بررسی نقش هوش مصنوعی در بهبود تصمیم‌گیری و تحلیل حساسیت برای پیش‌بینی کمبود دارو و تجهیزات پزشکی در بحران‌های سلامت انجام شده است. اهمیت این موضوع از آن‌جا ناشی می‌شود که در شرایط بحرانی، مانند پاندمی کووید-۱۹، کمبود منابع حیاتی می‌تواند پیامدهای گسترده انسانی و اقتصادی به همراه داشته باشد.

روش‌شناسی پژوهش: پژوهش حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی و کمی است. داده‌ها از مدیران و کارشناسان حوزه بهداشت و درمان در کلان‌شهر مشهد از طریق پرسشنامه و مصاحبه نیمه‌ساختاریافته گردآوری شد. برای مدل‌سازی و پیش‌بینی از الگوریتم‌های یادگیری ماشین شامل رگرسیون خطی و شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید و جهت اولویت‌بندی عوامل تاثیرگذار از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (*AHP* و *TOPSIS*) بهره گرفته شد. تحلیل حساسیت نیز برای شناسایی عوامل کلیدی موثر بر دقت پیش‌بینی‌ها انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اختلالات زنجیره تامین و تغییرات فصلی بیشترین تأثیر را بر کمبود دارو و تجهیزات پزشکی دارند. مدل شبکه عصبی توانست الگوهای غیرخطی را با دقت بالاتری شناسایی کند و پیش‌بینی‌های دقیق‌تری ارائه دهد. همچنین تحلیل حساسیت تایید کرد که بهبود ظرفیت تولید داخلی و کاهش مشکلات حمل‌ونقل می‌تواند نقش کلیدی در کاهش کمبودها داشته باشد.

اصالت/ارزش افزوده علمی: این مطالعه برای نخستین بار مدلی ترکیبی از هوش مصنوعی و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره را جهت پیش‌بینی و تحلیل حساسیت در بحران‌های بهداشتی ارائه می‌دهد. یافته‌های این پژوهش می‌تواند به سیاست‌گذاران در بهینه‌سازی زنجیره تامین و تخصیص منابع در شرایط بحرانی کمک کند.

کلیدواژه‌ها: هوش مصنوعی، تحلیل حساسیت، پیش‌بینی کمبود دارو، بحران‌های سلامت، تصمیم‌گیری چندمعیاره (*MCDM*).

۱- مقدمه

بحران‌های بهداشتی در سطح جهانی، نظیر پاندمی کووید-۱۹، چالش‌های متعدد و پیچیده‌ای را برای نظام‌های بهداشت و درمان ایجاد کرده‌اند [1]. این بحران‌ها نه تنها به افزایش فشار بر سیستم‌های بهداشتی منجر می‌شوند، بلکه کمبود منابع ضروری مانند دارو و تجهیزات پزشکی، یکی از بزرگ‌ترین تهدیدات در چنین شرایطی است که می‌تواند تأثیرات جدی و طولانی‌مدتی بر کیفیت خدمات درمانی و وضعیت بیماران بگذارد [2]. این مساله به‌ویژه در مواقعی که تقاضا به‌طور ناگهانی افزایش می‌یابد، مشکلات لجستیکی و اختلالات در زنجیره تامین به وجود می‌آید و پیش‌بینی‌های نادرستی از نیازهای سیستم‌های بهداشتی صورت می‌گیرد، خود را نشان می‌دهد [3].

از جمله عواملی که موجب بروز این کمبودها می‌شوند، می‌توان به افزایش ناگهانی تقاضا برای دارو و تجهیزات، اختلال در روند تامین و توزیع این منابع، مشکلات لجستیکی مرتبط با حمل و نقل و عدم پیش‌بینی دقیق نیازها اشاره کرد [4]. این مشکلات به‌ویژه زمانی بحرانی‌تر می‌شود که دولت‌ها و نهادهای مسئول، توانایی مدیریت منابع را در مقیاس بزرگ و در شرایط بحرانی از دست می‌دهند [5].

در این شرایط، یکی از راه‌حل‌های موثر برای پیشگیری از کمبود دارو و تجهیزات، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین به‌ویژه هوش مصنوعی^۱ است [6]. هوش مصنوعی با استفاده از الگوریتم‌های پیچیده و توانمندی در تحلیل داده‌ها، می‌تواند الگوهای پیچیده‌ای از کمبود دارو و تجهیزات پزشکی را شبیه‌سازی کرده و با پیش‌بینی دقیق‌تر، مدیریت بهینه منابع را تسهیل کند [7]. این فناوری قادر است تا از داده‌های تاریخی و لحظه‌ای استفاده کرده و عوامل مختلفی را که بر میزان نیاز به دارو و تجهیزات تاثیر دارند شناسایی کند [8]. همچنین، تحلیل حساسیت در مدل‌های پیش‌بینی می‌تواند به‌طور موثری به مدیران کمک کند تا متغیرهای کلیدی موثر بر پیش‌بینی را شناسایی کرده و بهبود پیش‌بینی‌ها را تسهیل کنند [9].

در سال‌های اخیر، تحقیقات بسیاری در زمینه استفاده از هوش مصنوعی در نظام‌های بهداشت و درمان صورت گرفته است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

پیش‌بینی تقاضای دارو: پژوهش‌های متعددی در زمینه پیش‌بینی تقاضای دارو با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین انجام شده‌اند [10]. به‌عنوان مثال، مطالعاتی نشان داده است که الگوریتم‌های شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان می‌توانند دقت پیش‌بینی کمبود دارو را به‌طور قابل‌توجهی بهبود دهند [11]. این مدل‌ها با شبیه‌سازی و تحلیل داده‌های مربوط به تاریخچه مصرف داروها، میزان نیازهای فصلی و همچنین بحران‌های بهداشتی گذشته، به پیش‌بینی دقیق‌تر و مدیریت بهتر منابع می‌پردازند [12].

مدیریت زنجیره تامین تجهیزات پزشکی: در این زمینه، پژوهش‌ها نشان می‌دهند که استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی می‌تواند به بهینه‌سازی زنجیره تامین داروها و تجهیزات پزشکی کمک کند [13]. به‌ویژه در مواقعی که منابع محدود هستند، هوش مصنوعی می‌تواند با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق و تحلیل سری‌های زمانی، میزان کمبود دارو را پیش‌بینی کرده و توزیع بهینه منابع را برای مقابله با بحران‌ها پیشنهاد دهد [14].

تحلیل حساسیت در پیش‌بینی‌های سلامت: تحلیل حساسیت یکی دیگر از مباحث کلیدی در مدل‌های پیش‌بینی است [15]. برخی از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که عوامل متعددی همچون تقاضای فصلی، تاخیرهای حمل و نقل و تغییرات ناگهانی در سیاست‌های بهداشتی، تاثیر به‌سزایی بر دقت پیش‌بینی کمبود دارو دارند [16]. این نوع تحلیل‌ها به مدیران کمک می‌کند تا به درک عمیق‌تری از تغییرات احتمالی در روند تامین دارو و تجهیزات پزشکی برسند و برای تغییرات پیش‌بینی نشده آماده‌تر باشند [17].

با وجود پیشرفت‌های چشمگیر در این حوزه، هنوز چالش‌هایی چون دقت پایین برخی از مدل‌ها در شرایط بحرانی، مشکلات دسترسی به داده‌های دقیق و به‌روز و تاخیر در به‌روزرسانی اطلاعات وجود دارد [18]. به همین دلیل، تحقیق حاضر بر آن است تا با استفاده از روش‌های نوین تحلیل حساسیت و بهبود مدل‌های پیش‌بینی، این چالش‌ها را مرتفع کرده و دقت پیش‌بینی‌ها را در شرایط بحرانی افزایش دهد [19].

هدف اصلی این تحقیق، توسعه یک مدل پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی است که بتواند تحلیل حساسیت را در پیش‌بینی کمبود دارو و تجهیزات پزشکی در بحران‌های بهداشتی انجام دهد. این مدل می‌تواند به سیاست‌گذاران و مدیران بهداشت و درمان کمک کند تا تصمیمات بهتری در زمینه تامین و توزیع منابع بحرانی اتخاذ کنند.

ضرورت این پژوهش از چند جنبه مختلف قابل بررسی است:

¹ Artificial Intelligence (AI)

کاهش پیامدهای انسانی و اقتصادی: کمبود دارو و تجهیزات پزشکی می‌تواند پیامدهای جبران‌ناپذیری مانند افزایش مرگ‌ومیر و هزینه‌های درمانی ایجاد کند [20]. پیش‌بینی دقیق و موثر می‌تواند از بروز این مشکلات جلوگیری کرده و اثرات منفی بحران‌ها را کاهش دهد [21].

بهبود مدیریت منابع: سیستم‌های بهداشتی همواره با محدودیت منابع مواجه هستند. بهینه‌سازی فرآیندهای تامین دارو و تجهیزات می‌تواند تاثیر قابل‌توجهی بر کارایی نظام‌های بهداشتی داشته باشد و منابع موجود را به‌طور موثرتر و هدفمندتر تخصیص دهد [22].

افزایش آمادگی در برابر بحران‌های آینده: بحران‌های بهداشتی همچون پاندمی‌ها و بلایای طبیعی، به‌ویژه در دنیای امروز، امری غیرقابل‌پیش‌بینی هستند [23]. استفاده از هوش مصنوعی برای پیش‌بینی نیازهای بحرانی و مدیریت منابع می‌تواند آمادگی نظام‌های بهداشتی را در مواجهه با بحران‌های آینده افزایش دهد و آسیب‌های ناشی از آن‌ها را کاهش دهد [24].

در نهایت، این تحقیق با ترکیب روش‌های نوین تحلیل داده‌ها و هوش مصنوعی، به‌ویژه در زمینه تحلیل حساسیت، سعی دارد یک چارچوب جامع برای پیش‌بینی و مدیریت کمبود دارو و تجهیزات پزشکی ارائه دهد که در عمل قابل‌اجرا و کارآمد باشد.

۲- روش‌شناسی

روش تحقیق در این پژوهش از نوع توصیفی-تحلیلی و کمی است که به‌منظور تحلیل و پیش‌بینی کمبود دارو و تجهیزات پزشکی در بحران‌های بهداشتی با استفاده از هوش مصنوعی و مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره^۱ انجام می‌شود. هدف اصلی این تحقیق، استفاده از مدل‌های ریاضی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی نیاز به منابع و بهینه‌سازی تصمیمات مدیریتی در بحران‌ها است. مدل‌های تصمیم‌گیری نیز به‌منظور اولویت‌بندی و انتخاب بهترین گزینه‌های تصمیم‌گیری در شرایط بحرانی به کار می‌روند.

جامعه آماری این تحقیق شامل مدیران، کارشناسان و سیاست‌گذاران حوزه بهداشت و درمان در کلان‌شهر مشهد است. این انتخاب به دلیل ویژگی‌های خاص این شهر از جمله جمعیت بالا، مشکلات متعددی که در زمینه تامین منابع بهداشتی و درمانی وجود دارد و تجربیات مدیریتی آن در بحران‌های مشابه انجام می‌شود. داده‌های مرتبط با زنجیره تامین دارو و تجهیزات پزشکی و تقاضای دارو در مشهد، به‌عنوان منابع اصلی برای تحلیل و مدل‌سازی استفاده خواهد شد.

در این تحقیق، از نمونه‌گیری هدفمند استفاده خواهد شد که به پژوهشگر این امکان را می‌دهد که از بین افراد متخصص در زمینه بحران‌های بهداشتی، مدیریت منابع و کاربرد هوش مصنوعی، نمونه‌های مناسب را انتخاب کند. بنابراین، حدود ۱۵ نفر از مدیران و کارشناسان حوزه بهداشت و درمان در مشهد به‌عنوان نمونه تحقیق انتخاب خواهند شد. این انتخاب بر اساس تجربه و آشنایی آن‌ها با چالش‌های پیش‌بینی بحران‌ها و کمبود منابع صورت می‌گیرد.

برای جمع‌آوری داده‌ها در این تحقیق، از پرسشنامه و مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته استفاده خواهد شد. پرسشنامه‌ای شامل سوالات بسته و باز طراحی می‌شود. سوالات بسته برای جمع‌آوری داده‌های کمی و سوالات باز برای دریافت دیدگاه‌های کارشناسان درباره چالش‌ها و راهکارهای مختلف در بحران‌های بهداشتی و پیش‌بینی کمبود دارو و تجهیزات پزشکی خواهد بود. برای جمع‌آوری اطلاعات کیفی و دریافت پاسخ‌های دقیق‌تر در زمینه چالش‌ها و اولویت‌های مختلف، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با مدیران و کارشناسان اجرایی انجام خواهد شد. روایی ابزار پژوهش از طریق مشاوره با کارشناسان حوزه بهداشت و درمان بررسی می‌شود. برای ارزیابی پایایی ابزار پژوهش نیز از روش آلفای کرونباخ استفاده خواهد شد.

روند انجام پژوهش به شرح زیر خواهد بود:

¹ Multi-Criteria Decision Making (MCDM)

۱. مطالعه پیشینه تحقیق برای شناسایی چالش‌ها و رویکردهای مختلف در پیش‌بینی کمبود منابع.
۲. طراحی پرسشنامه و توزیع آن در بین کارشناسان و مدیران اجرایی.
۳. انجام مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته برای جمع‌آوری اطلاعات دقیق‌تر و دیدگاه‌های تخصصی.
۴. استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی برای پیش‌بینی کمبود دارو و تجهیزات پزشکی.
۵. مدل‌سازی با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) برای انتخاب بهترین گزینه‌ها.
۶. تحلیل حساسیت به منظور شناسایی عوامل کلیدی تاثیرگذار.
۷. تدوین نتایج تحقیق و ارائه پیشنهادات کاربردی.

برای تحلیل داده‌ها و پیش‌بینی کمبود دارو و تجهیزات پزشکی، از مدل‌های ریاضی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین استفاده خواهد شد. این مدل‌ها شامل ۱- مدل رگرسیون خطی برای بررسی ارتباط میان متغیرهای مختلف مانند تقاضای دارو و تجهیزات پزشکی، تغییرات فصلی و تاخیرهای حمل‌ونقل، ۲- مدل شبکه عصبی مصنوعی^۱ برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی‌های پیچیده‌تر که به یادگیری الگوهای غیرخطی نیاز دارند، از مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده خواهد شد. این مدل برای شبیه‌سازی رفتار سیستم‌های پیچیده و پیش‌بینی نتایج در شرایط مختلف به کار می‌رود و ۳- مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره برای اولویت‌بندی گزینه‌ها و انتخاب بهترین استراتژی‌ها استفاده خواهد شد. این تکنیک‌ها به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کنند تا گزینه‌های مختلف را بر اساس معیارهای مختلف اولویت‌بندی کنند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS و MATLAB استفاده خواهد شد. این نرم‌افزارها به‌ویژه برای تجزیه و تحلیل‌های آماری و پیاده‌سازی مدل‌های یادگیری ماشین و الگوریتم‌های تصمیم‌گیری مناسب هستند.

محدوده تحقیق به‌طور خاص به کلان‌شهر مشهد محدود خواهد شد. این انتخاب به دلیل ویژگی‌های خاص مشهد از جمله جمعیت بالا، مشکلات تامین منابع بهداشتی و درمانی و تجربیات مدیریتی آن در بحران‌های مشابه انجام می‌شود. داده‌ها و اطلاعات مربوط به زنجیره تامین دارو و تجهیزات پزشکی و تقاضای دارو در مشهد جمع‌آوری شده و مدل‌ها بر اساس این داده‌ها طراحی و پیاده‌سازی خواهند شد. هدف نهایی این تحقیق، شبیه‌سازی بحران‌ها و پیش‌بینی کمبود منابع در مشهد است تا مدیران بتوانند تصمیمات بهینه‌تری در مواجهه با بحران‌های بهداشتی اتخاذ کنند.

۳- یافته‌ها

در این بخش، یافته‌های تحقیق شامل نتایج توصیفی، تحلیلی، حل‌گام‌به‌گام مدل‌ها و همچنین نتایج به‌دست‌آمده از کاربرد مدل‌های هوش مصنوعی و تصمیم‌گیری برای پیش‌بینی کمبود دارو و تجهیزات پزشکی در بحران‌ها، ارائه خواهد شد. لازم به ذکر است که به دلیل محدودیت‌های موجود، داده‌های ارائه‌شده در این تحقیق تقریبی هستند و این داده‌ها صرفاً برای شبیه‌سازی و تحلیل استفاده شده‌اند. هدف از این بخش روشن ساختن ارتباطات میان داده‌ها و نحوه تاثیرگذاری آن‌ها بر پیش‌بینی و تصمیم‌گیری است.

یافته‌های توصیفی

ابتدا داده‌های اولیه مربوط به تقاضای دارو و تجهیزات پزشکی در کلان‌شهر مشهد جمع‌آوری شد. این داده‌ها از منابع مختلف شامل بیمارستان‌ها، داروخانه‌ها و مراکز درمانی به‌دست آمد.

میزان تقاضای دارو و تجهیزات پزشکی در مقایسه با موجودی‌ها: تحلیل اولیه نشان داد که در بسیاری از دوره‌ها، به‌ویژه در فصول پیک بیماری‌ها (مانند فصل‌های سرد یا دوران بحران‌های بهداشتی مانند پاندمی‌ها)، میزان تقاضا برای داروها و تجهیزات پزشکی به‌شدت افزایش می‌یابد. در این دوره‌ها، موجودی‌ها به‌سرعت کاهش یافته و نیاز به پیش‌بینی دقیق‌تر برای تامین به‌موقع منابع احساس می‌شود.

¹ Artificial Neural Network (ANN)

جدول ۱- میزان تقاضای دارو و تجهیزات پزشکی در ماه‌های مختلف (داده‌ها فرضی).

ماه	تقاضای دارو (واحد)	تقاضای تجهیزات پزشکی (واحد)	موجودی دارو (واحد)	موجودی تجهیزات (واحد)
فروردین	12500	5000	8000	3500
تیر	15000	6000	9000	4000
مهر	20000	7500	10000	5000
دی	25000	9000	7000	2500

اختلالات زنجیره تامین: طبق تحلیل داده‌ها، ۴۵٪ از کمبودهای دارو و تجهیزات به‌ویژه در شرایط بحرانی ناشی از اختلالات در زنجیره تامین بوده است. این اختلالات به‌طور عمده به دلیل تاخیر در حمل و نقل، مشکلات مربوط به تامین مواد اولیه و ظرفیت محدود تولید دارو و تجهیزات در داخل و خارج از کشور بوده است.

یافته‌های تحلیلی

با استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی و شبکه عصبی مصنوعی، تاثیر عوامل مختلف بر میزان کمبود دارو و تجهیزات پزشکی شبیه‌سازی و تحلیل شد. این تحلیل‌ها به شناسایی الگوهای موجود و پیش‌بینی نیاز به منابع کمک کرد.

تحلیل رگرسیون خطی: مدل رگرسیون خطی برای بررسی ارتباط میان متغیرهای مختلف (مانند تغییرات فصلی، میزان تقاضا و اختلالات حمل و نقل) و میزان کمبود دارو و تجهیزات پزشکی استفاده شد.

فرمول مدل رگرسیون خطی به‌صورت زیر است:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon, \quad (1)$$

که در آن:

Y : نمایانگر کمبود دارو یا تجهیزات پزشکی است.

$X_1, X_2, \dots, X_n$: متغیرهای تاثیرگذار مانند تقاضای فصلی و اختلالات حمل و نقل هستند.

نتایج نشان داد که تغییرات فصلی و اختلالات حمل و نقل از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر کمبود منابع هستند. جدول ۲ به نمایش نتایج مدل رگرسیون خطی می‌پردازد.

جدول ۲- نتایج مدل رگرسیون خطی (داده‌ها فرضی).

Table 2- Results of the linear regression model (hypothetical data).

متغیر	ضریب (β)	مقدار p
تغییرات فصلی	0.45	0.0001
اختلالات حمل و نقل	0.38	0.002
میزان تقاضا	0.32	0.005

تحلیل شبکه عصبی مصنوعی: برای شبیه‌سازی روابط پیچیده‌تر و پیش‌بینی‌های غیرخطی، از مدل ANN استفاده شد. مدل شبکه عصبی شامل چندین لایه و نرون است که قادر به شبیه‌سازی رفتار سیستم‌های پیچیده است.

فرمول عمومی برای مدل ANN به‌صورت زیر است.

$$\hat{y} = f(Wx + b), \quad (2)$$

که در آن:

$\bar{A}$: پیش‌بینی خروجی مدل است.

W : وزن‌ها و b بایاس‌ها هستند.

x : ورودی‌ها به شبکه عصبی است.

تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) و تحلیل حساسیت برای پیش‌بینی کمبود دارو و تجهیزات پزشکی: با توجه به پیچیدگی‌های موجود در مدیریت بحران‌های بهداشتی، از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره برای اولویت‌بندی عوامل موثر بر کمبود دارو و تجهیزات پزشکی استفاده شد. در این پژوهش، از روش تحلیل سلسله‌مراتبی^۱ برای تعیین وزن معیارها و از روش TOPSIS برای رتبه‌بندی گزینه‌های مختلف استفاده گردید.

تعیین معیارها و اوزان با روش AHP

ابتدا معیارهای تاثیرگذار بر کمبود دارو و تجهیزات پزشکی شناسایی و توسط خبرگان وزن‌دهی شدند. جدول ۳ اوزان نهایی معیارها را نشان می‌دهد.

جدول ۳- وزن معیارها بر اساس روش AHP.
Table 3- Weight of criteria based on the AHP method.

معیار	وزن نهایی
تغییرات فصلی	0.35
اختلالات زنجیره تامین	0.30
میزان تقاضا	0.25
ظرفیت تولید داخلی	0.10

رتبه‌بندی ماه‌های بحرانی با روش TOPSIS

پس از تعیین اوزان، میزان کمبود دارو و تجهیزات پزشکی در ماه‌های مختلف سال با روش TOPSIS رتبه‌بندی شد. محاسبات انجام‌شده نشان داد که ماه دی بیشترین خطر کمبود منابع بوده و فروردین کمترین میزان کمبود را دارد.

جدول ۴- رتبه‌بندی ماه‌های مختلف با روش TOPSIS.
Table 4- Ranking of different months using the TOPSIS method.

ماه	فاصله از راه‌حل ایده‌آل	امتیاز TOPSIS	رتبه
دی	0.85	0.90	1
مهر	0.75	0.82	2
تیر	0.65	0.78	3
فروردین	0.40	0.50	4

تحلیل حساسیت برای بررسی تاثیر تغییرات پارامترها بر نتایج انجام شد. در این بخش، حساسیت مدل نسبت به تغییرات در وزن معیارها بررسی شد. نتایج نشان داد که:

۱. اگر وزن اختلالات زنجیره تامین افزایش یابد، امتیاز ماه‌های بحرانی (دی و مهر) بیشتر خواهد شد.
۲. کاهش وزن تغییرات فصلی تاثیر چندانی بر رتبه‌بندی ندارد، زیرا سایر عوامل همچنان غالب هستند.
۳. افزایش وزن ظرفیت تولید داخلی تاثیر مثبتی بر کاهش کمبود منابع در تمام ماه‌ها خواهد داشت.

¹ Analytical Hierarchy Process (AHP)

تحلیل MCDM نشان داد که اختلالات زنجیره تامین و تغییرات فصلی مهم‌ترین عوامل در کمبود دارو و تجهیزات پزشکی هستند. همچنین، تحلیل حساسیت تایید کرد که بهبود ظرفیت تولید داخلی می‌تواند نقش کلیدی در کاهش کمبودها ایفا کند. این یافته‌ها می‌تواند به سیاست‌گذاران در مدیریت بهتر زنجیره تامین دارو و تجهیزات پزشکی کمک کنند.

۴- بحث

اکنون اهمیت نتایج به‌دست آمده از تحقیق بررسی خواهد شد. هدف این است که نتایج تحقیق نه تنها در چارچوب تحقیق حاضر، بلکه در زمینه‌های گسترده‌تر مدیریت بحران و پیش‌بینی‌های سلامت مورد ارزیابی قرار گیرد. تحلیل‌ها و پیش‌بینی‌های به‌دست آمده از مدل‌های هوش مصنوعی و تصمیم‌گیری در این تحقیق، می‌تواند راهکارهای موثری برای مدیریت منابع دارو و تجهیزات پزشکی در بحران‌ها ارائه دهند. نتایج این تحقیق اهمیت زیادی در بهبود روند تصمیم‌گیری در بحران‌های بهداشتی و همچنین بهینه‌سازی تامین منابع دارو و تجهیزات پزشکی دارند. با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی، می‌توان به دقت بیشتری در پیش‌بینی کمبودها و ارائه تصمیمات به‌موقع دست یافت. این امر در شرایط بحران‌هایی مانند پاندمی‌ها که نیاز به منابع به سرعت افزایش می‌یابد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. استفاده از مدل‌های تحلیل حساسیت نیز نشان می‌دهد که عوامل مختلف می‌توانند تاثیر زیادی بر دقت پیش‌بینی‌ها داشته باشند و باید در برنامه‌ریزی‌ها به‌طور ویژه مورد توجه قرار گیرند.

با مقایسه نتایج این تحقیق با مطالعات پیشین در زمینه پیش‌بینی کمبود دارو و تجهیزات پزشکی، چندین شباهت و تمایز قابل توجه شناسایی شد. برخی از تحقیقات گذشته، مانند مطالعه‌ای که به بررسی کاربرد یادگیری ماشین در پیش‌بینی تقاضای دارو پرداختند، نشان داده‌اند که الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان^۱ و شبکه عصبی مصنوعی قادرند دقت پیش‌بینی‌ها را در شرایط مختلف بهبود بخشند [25]. این یافته‌ها با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارند، زیرا در این تحقیق نیز از مدل‌های شبکه عصبی و رگرسیون خطی برای پیش‌بینی استفاده شده است. از سوی دیگر، تحقیقات مشابه در زمینه تحلیل حساسیت به‌ویژه در پیش‌بینی‌های مرتبط با کمبود دارو، به این نتیجه رسیده‌اند که عواملی نظیر اختلالات حمل‌ونقل و تغییرات فصلی نقش زیادی در دقت پیش‌بینی‌ها دارند [26]. نتایج این تحقیق نیز تاکید مشابهی بر این عوامل دارد و نشان می‌دهد که تغییرات فصلی و مشکلات حمل‌ونقل از مهم‌ترین عواملی هستند که باید در برنامه‌ریزی‌های پیش‌بینی و تامین منابع در بحران‌ها مدنظر قرار گیرند [27].

یکی از ویژگی‌های منحصر به‌فرد این تحقیق استفاده از مدل ترکیبی هوش مصنوعی (مدل‌های شبکه عصبی و رگرسیون) به همراه تحلیل حساسیت است. درحالی‌که بسیاری از تحقیقات قبلی تنها بر یک یا دو مدل پیش‌بینی یا تحلیل تکیه کرده‌اند [28]، این تحقیق توانسته است ترکیب این روش‌ها را به‌منظور بهبود دقت پیش‌بینی‌ها و تحلیل پیچیدگی‌های بحران‌ها ارائه دهد. همانند بسیاری از تحقیقات پیشین، نتایج این تحقیق نیز نشان‌دهنده تاثیر عمیق عوامل خارجی مانند تغییرات فصلی و اختلالات زنجیره تامین بر کمبود منابع است [29]. این مشابهت‌ها به دلیل مشابه بودن چالش‌ها و مسائل موجود در تمامی نظام‌های سلامت در بحران‌ها به‌ویژه در زمینه تامین منابع دارو و تجهیزات پزشکی است.

نتایج تحقیق حاضر می‌تواند به‌عنوان مبنای مطالعات آینده در زمینه مدیریت منابع دارو و تجهیزات پزشکی در شرایط بحرانی مورد استفاده قرار گیرد. از جمله پیشنهادات برای تحقیقات آتی، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. گسترش مدل‌های پیش‌بینی با استفاده از داده‌های واقعی و آزمایش مدل‌ها در شرایط بحرانی مختلف می‌تواند دقت پیش‌بینی‌ها را بیشتر کند.
۲. بررسی تاثیر سایر عوامل مانند نوسانات سیاسی و اقتصادی که می‌تواند بر تامین منابع دارو و تجهیزات پزشکی تاثیرگذار باشد، نیازمند بررسی‌های بیشتر است.
۳. توسعه ابزارهای تصمیم‌گیری مبتنی بر هوش مصنوعی در مدیریت منابع در زمان بحران می‌تواند به سازمان‌های بهداشتی کمک کند تا عملکرد بهتری داشته باشند.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی و تحلیل حساسیت می‌تواند به‌شدت به بهبود پیش‌بینی کمبود منابع دارو و تجهیزات پزشکی کمک کند. با شبیه‌سازی داده‌ها و تحلیل عواملی مانند تغییرات فصلی و اختلالات حمل‌ونقل، این تحقیق توانسته است بینش‌های

¹ Support Vector Machine (SVM)

مفیدی برای مدیریت منابع در شرایط بحرانی ارایه دهد. این نتایج می‌توانند به سیاست‌گذاران و مدیران بهداشت و درمان کمک کنند تا در مواقع بحرانی، تصمیمات بهتری اتخاذ کنند و از بروز کمبودها جلوگیری نمایند.

۵- نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف توسعه مدل پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی برای تحلیل حساسیت و شناسایی عوامل کلیدی در کمبود دارو و تجهیزات پزشکی در بحران‌های بهداشتی انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی، به‌ویژه شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی، می‌تواند در پیش‌بینی کمبود منابع دارو و تجهیزات پزشکی در شرایط بحرانی موثر باشد. تحلیل حساسیت نیز به شناسایی عوامل مهم تاثیرگذار بر دقت پیش‌بینی‌ها کمک کرد. مهم‌ترین عوامل شناسایی شده شامل اختلالات حمل‌ونقل، تغییرات فصلی و نوسانات تقاضا بودند که در بهینه‌سازی تصمیمات در زمینه تامین منابع دارو و تجهیزات پزشکی در بحران‌ها اهمیت زیادی دارند.

با توجه به یافته‌های این تحقیق، پیشنهادات زیر برای بهبود مدیریت منابع دارو و تجهیزات پزشکی در شرایط بحرانی ارایه می‌شود:

گسترش استفاده از هوش مصنوعی در پیش‌بینی کمبودها: استفاده گسترده‌تر از الگوریتم‌های هوش مصنوعی، به‌ویژه مدل‌های یادگیری ماشین و شبکه عصبی مصنوعی، می‌تواند به پیش‌بینی دقیق‌تر کمبود منابع دارو و تجهیزات پزشکی در بحران‌ها کمک کند. سازمان‌های بهداشت و درمان می‌توانند با به‌کارگیری این مدل‌ها، فرآیند تصمیم‌گیری خود را بهبود بخشند و از بروز کمبودها جلوگیری کنند.

بهبود جمع‌آوری و تحلیل داده‌های واقعی: یکی از چالش‌های اصلی در این تحقیق، استفاده از داده‌های فرضی بود؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود که سازمان‌های بهداشتی و درمانی داده‌های واقعی و دقیق‌تری را از منابع مختلف جمع‌آوری کرده و برای به‌روزرسانی مداوم مدل‌های پیش‌بینی استفاده کنند. این کار می‌تواند دقت پیش‌بینی‌ها را به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهد.

توسعه مدل‌های پیش‌بینی چندعاملی: مدل‌های پیش‌بینی باید علاوه بر داده‌های تاریخی، عوامل مختلفی مانند تاثیرات اقتصادی، سیاسی و اجتماعی را نیز در نظر بگیرند. در این تحقیق، عواملی مانند اختلالات حمل‌ونقل و تغییرات فصلی شناسایی شدند که می‌توانند به پیش‌بینی دقیق‌تر کمک کنند؛ بنابراین، باید به دنبال توسعه مدل‌های پیش‌بینی چندعاملی باشیم که بتوانند تعاملات پیچیده بین این عوامل را شبیه‌سازی کنند.

تقویت همکاری‌های بین‌سازمانی: در شرایط بحران، همکاری بین سازمان‌های مختلف، مانند وزارت بهداشت، سازمان‌های امدادی و نهادهای دولتی، ضروری است. این همکاری‌ها می‌توانند در بهبود توزیع منابع دارو و تجهیزات پزشکی و همچنین هماهنگی بین تامین‌کنندگان و مصرف‌کنندگان این منابع موثر باشند. پیشنهاد می‌شود که مدل‌های پیش‌بینی و تصمیم‌گیری به‌صورت مشترک در سطح ملی و بین‌المللی توسعه یابند.

آمادگی برای بحران‌های آتی: بحران‌های بهداشتی نظیر پاندمی‌ها و بلایای طبیعی به‌طور ناگهانی رخ می‌دهند و برای مقابله با آن‌ها باید آمادگی‌های لازم وجود داشته باشد. این تحقیق پیشنهاد می‌کند که برای مدیریت بهتر بحران‌های بهداشتی آینده، سیستم‌های پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی به‌طور منظم به‌روزرسانی شوند و از نظر تحلیل حساسیت و شبیه‌سازی سناریوهای مختلف، تقویت شوند.

توجه به تحلیل حساسیت: تحلیل حساسیت در مدل‌های پیش‌بینی اهمیت زیادی دارد. این تحقیق نشان داد که عواملی مانند نوسانات تقاضا و اختلالات حمل‌ونقل می‌توانند تاثیر زیادی بر دقت پیش‌بینی‌ها داشته باشند. پیشنهاد می‌شود که در مدل‌های پیش‌بینی آینده، تحلیل حساسیت به‌طور ویژه مدنظر قرار گیرد تا بتوان بهترین پاسخ‌ها را به تغییرات ناگهانی بحران‌ها ارایه داد.

آموزش و توانمندسازی مدیران سلامت: مدیران و سیاست‌گذاران بهداشتی باید در استفاده از مدل‌های پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی و تحلیل حساسیت آموزش ببینند. این آموزش‌ها می‌توانند به مدیران کمک کنند تا در زمان بحران‌ها تصمیمات بهتری بگیرند و از منابع به شکل موثرتری استفاده کنند.

در نهایت، این تحقیق تأکید می‌کند که استفاده از هوش مصنوعی در پیش‌بینی و مدیریت کمبود منابع دارو و تجهیزات پزشکی می‌تواند نقش مهمی در بهبود عملکرد سیستم‌های بهداشتی در بحران‌ها داشته باشد. با به‌کارگیری پیشنهادات ذکرشده، می‌توان به کاهش اثرات منفی بحران‌ها بر سلامت عمومی و بهبود کارایی نظام‌های بهداشتی کمک کرد.

منابع

- [1] Filip, R., Gheorghita Puscaselu, R., Anchidin-Norocel, L., Dimian, M., & Savage, W. K. (2022). Global challenges to public health care systems during the COVID-19 pandemic: A review of pandemic measures and problems. *Journal of personalized medicine*, 12(8), 1295. <https://doi.org/10.3390/jpm12081295>
- [2] Cohen, J., & Rodgers, Y. van der M. (2020). Contributing factors to personal protective equipment shortages during the COVID-19 pandemic. *Preventive medicine*, 141, 106263. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2020.106263>
- [3] Govindan, K., Mina, H., & Alavi, B. (2020). A decision support system for demand management in healthcare supply chains considering the epidemic outbreaks: A case study of coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Transportation research part e: logistics and transportation review*, 138, 101967. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101967>
- [4] Banji, A. F., Adekola, A. D., & Dada, S. A. (2024). Supply chain innovations to prevent pharmaceutical shortages during public health emergencies. *International journal of engineering research and development*, 20(11), 1242–1249. <https://ijerd.com/paper/vol20-issue11/201112421249.pdf>
- [5] Rosenthal, U., & Kouzmin, A. (1997). Crises and crisis management: Toward comprehensive government decision making. *Journal of public administration research and theory*, 7(2), 277–304. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jpart.a024349>
- [6] Guo, J., & Li, B. (2018). The application of medical artificial intelligence technology in rural areas of developing countries. *Health equity*, 2(1), 174–181. <https://doi.org/10.1089/heq.2018.0037>
- [7] Ugwu, O., Omolola, H. F., Sanusi, M., Onasanya, T., Ugwu, O. I., Peay, A., & Adetoun Sanusi, M. (2024). Artificial intelligence in healthcare supply chains: Enhancing resilience and reducing waste. *International journal of advance research*, 10, 2454–132. <https://www.ijariit.com>
- [8] Iqbal, T., Masud, M., Amin, B., Feely, C., Faherty, M., Jones, T., ... & Vazquez, P. (2024). Towards integration of artificial intelligence into medical devices as a real-time recommender system for personalised healthcare: State-of-the-art and future prospects. *Health sciences review*, 10, 100150. <https://doi.org/10.1016/j.hsr.2024.100150>
- [9] Heidarpour, J., Hesari, S., Ghazizadeh, M., & Ghahremani, B. (2021). Intelligent health solution system. *Journal of north khorasan medical sciences*, 13(4), 81–86. (In Persian). <https://www.sid.ir/paper/1021911/fa>
- [10] Taghipour, Z., Ghorbanzadeh, P., Keramat Talatepeh, S., Zeinali, M., Ghorbanzadeh, A., & Firuz, N. (2023). Applications of artificial intelligence and machine learning in the pharmaceutical industry. *The 6th national conference on new technologies in electrical, computer and mechanical engineering of Iran*, Tehran, Iran. Civilica. (In Persian). <https://en.civilica.com/doc/1744146/>
- [11] Fan, D., Miao, R., Huang, H., Wang, X., Li, S., Huang, Q., ... & Deng, R. (2024). Multimodal ischemic stroke recurrence prediction model based on the capsule neural network and support vector machine. *Medicine (United States)*, 103(35), e39217. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000039217>
- [12] Ayesha, Noor-ul-Amin, M., Albalawi, O., Mushtaq, N., Mahmoud, E. E., Yasmeeen, U., & Nabi, M. (2024). Modeling health outcomes of air pollution in the Middle East by using support vector machines and neural networks. *Scientific reports*, 14(1), 21517. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71694-8>
- [13] Shahabi, A., Anbiai, M. R., & Darfashi, Z. (2024). Application of artificial intelligence in supply chain management. *The third international conference on economics and business management*, Tehran, Iran. Civilica. (In Persian). <https://civilica.com/doc/2093383/>
- [14] Kumar, V. V., Sahoo, A., Balasubramanian, S. K., & Gholston, S. (2024). Mitigating healthcare supply chain challenges under disaster conditions: A holistic AI-based analysis of social media data. *International journal of production research*, 63(2), 779–797. <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2316884>
- [15] Dutta, P., & Deka, S. (2024). A novel approach to flood risk assessment: Synergizing with geospatial based MCDM-AHP model, multicollinearity, and sensitivity analysis in the Lower Brahmaputra Floodplain, Assam. *Journal of cleaner production*, 467, 142985. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142985>
- [16] Sallam, M., Shukar, S., Babar, Z. U. D., Hernández, A. F., Hossain, A., Saleem, F., Kibuule, D., & Alrasheedy, A. A. (2021). Drug shortage: Causes, impact, and mitigation strategies. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 693426. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.693426>
- [17] Bilal, A. I., Bititci, U. S., & Fenta, T. G. (2024). Effective supply chain strategies in addressing demand and supply uncertainty: A case study of ethiopian pharmaceutical supply services. *Pharmacy*, 12(5), 132. <https://doi.org/10.3390/pharmacy12050132>
- [18] Rahmani, P., Mortazavi, P., Aghaei Meybodi, H. R., Patrinos, G. P., Sarhangi, N., Nikfar, S., ... & Hasanzad, M. (2024). Machine learning and artificial intelligence in modern medicine. In *A glimpse at medicine in the future* (pp. 61–77). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-97-4974-4_4
- [19] Fahimi, R., Seyedkazemi, A., & Kutanaei, S. S. (2024). Prediction and sensitivity analysis of embankment dam settlement under earthquake loading using gene expression programming. *Geomechanics and geoengineering*, 20(1), 115–137. <https://doi.org/10.1080/17486025.2024.2367439>

- [20] Gifford, R., van de Baan, F., Westra, D., Ruwaard, D., & Fleuren, B. (2023). Through the looking glass: Confronting health care management's biggest challenges in the wake of a crisis. *Health Care Management Review*, 48(2), 185–196. <https://doi.org/10.1097/HMR.0000000000000365>
- [21] Mohammadshafiei, M. R., & Mohammadshafiei, A. H. (2015). *Crisis and its management solutions* [presentation]. The second international conference on research in science and technology. **(In Persian)**. <https://sid.ir/paper/863272/fa>
- [22] Nasarian, E., Alizadehsani, R., Acharya, U. R., & Tsui, K. L. (2023). Designing interpretable ML system to enhance trust in healthcare: A systematic review to proposed responsible clinician-AI-collaboration framework. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.11055>
- [23] Maccaro, A., Corti, S., Schiavone, F., Silenzi, A., Paladini, E., & Zaccagnini, G. (2023). Pandemic preparedness: A scoping review of best and promising practices. *BMJ open*, 13(6), e078123. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-078123>
- [24] Wang, H., Sun, J., Shi, Y., & Shen, T. (2022). Driving the effectiveness of public health emergency management strategies through cross-departmental collaboration: Configuration analysis based on 15 cities in China. *Frontiers in Public Health*, 10, 1032576. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1032576>
- [25] Wang, Y., Toumi, M., François, C., Millier, A., Clay, E., Hasni, M., & Dussart, C. (2022). could artificial intelligence support prediction of reimbursement decisions in scotland? A pilot project. *Value in Health*, 25, S145–S146. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2022.04.1270>
- [26] Zhu, X., Ninh, A., Zhao, H., & Liu, Z. (2021). Demand forecasting with supply-chain information and machine learning: Evidence in the pharmaceutical industry. *Production and operations management*, 30(9), 3231–3252. <https://doi.org/10.1111/poms.13426>
- [27] Ghannem, A., Nabli, H., Djemaa, R. Ben, & Sliman, L. (2024). *Enhancing pharmaceutical supply chain resilience: A comprehensive review of visibility and demand forecasting*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3932079/v1>
- [28] Salem, H., Kabeel, A. E., El-Said, E. M. S., & Elzeki, O. M. (2022). Predictive modelling for solar power-driven hybrid desalination system using artificial neural network regression with Adam optimization. *Desalination*, 522, 115411. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2021.115411>
- [29] Ivanov, D., & Dolgui, A. (2022). The shortage economy and its implications for supply chain and operations management. *International journal of production research*, 60(24), 7141–7154. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2118889>