مجله طب نظامی
دوره ۲۷، شماره ۵، آذر و دی ۱۴۰۴
صفحات: ۲۹۶۹-۲۹۶۵
10.30491/jmm.2025.1006880.1343

راهکارهای اجرایی و توصیه‌های عملی جهت ایجاد یک مدل هوش مصنوعی کارآمد برای پیش‌بینی پذیرش بیماران کووید-۱۹ در بخش مراقبت‌های ویژه و مدت اقامت آن‌ها

Implementation Guidelines and Practical Recommendations for Developing an Efficient Artificial Intelligence Model to Predict Intensive Care Unit Admission of COVID-19 Patients and their Length of Stay

سید سلمان ذکریایی
Seyed Salman Zakariaee

گروه فیزیک پزشکی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران
Department of Medical Physics, Faculty of Paramedical Sciences, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran

نامه به سردبیر

پس از اولین اطلاعیه ها در خصوص شیوع بیماری کروناویروس جدید (کووید-۱۹) در دسامبر ۲۰۱۹، بیش از ۷۰۴ میلیون مورد ابتلا به کووید-۱۹ و ۷ میلیون مرگ برای این افراد تا به امروز گزارش شده است (۱۸ فروردین ۱۴۰۴) (۱). ویروس کووید-۱۹ دارای تظاهرات بالینی ناهمگن و متغیری است که می تواند منجر به نتایج متفاوت و وخیمی برای بیماران شود. تظاهرات بالینی آن از بدون علامت تا عوارض شدید و در برخی موارد مرگ متغیر است. برای بسیاری از بیماران با علائم خفیف، تظاهرات بالینی بیماری به سرعت به عوارض شدید از جمله سندرم دیسترس تنفسی حاد (ARDS)، نارسایی چند عضوی و غیره تبدیل می‌شود که منجر به بستری شدن بیماران در بخش مراقبت‌های ویژه (ICU) می‌شود. تقریباً ۲۰ درصد از بیماران کووید-۱۹ با سن بیشتر از ۸۰ سال به مراقبت بیمارستانی نیاز دارند و نیاز به مراقبت ICU بیماران کووید-۱۹ بسته به محل مطالعه و ویژگی‌های جامعه مورد مطالعه از ۵ تا ۳۲ درصد متغیر است. میزان مرگ و میر بیماران با تظاهرات شدید به ۵۰ درصد می‌رسد (۲).

تغییرپذیری علائم بالینی و تشدید سریع بیماری، منجربه افزایش تقاضا برای بستری و دریافت خدمات مراقبتی ICU شده است. در شرایط عادی بیش از ۵۰ درصد از منابع ICU اشغال هستند (۳،۴) و در زمان شیوع همه‌گیری‌هایی مانند کووید-۱۹ محدودیت‌های بسیاری در منابع پزشکی و تخت‌های بیمارستانی وجود خواهد داشت. میزان دسترسی به امکانات ICU در طول همه‌گیری کووید-۱۹ توسط Ma و Vervoort در سال ۲۰۲۰ بررسی شد (۵). این مطالعه اطلاعات مربوط به ۱۸۲ کشور و منطقه را ارائه داد که دسترسی افراد جامعه از صفر تا ۵۹/۵ تخت به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت متغیر بود. حداقل ۹۶ کشور و منطقه دسترسی کمتر از ۵ تخت ICU به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت را داشتند. در کشورهای با درآمد متوسط و پایین، دسترسی به تخت‌های ICU از صفر (مانند مناطق نائورو، جزایر سلیمان و سودان جنوبی) تا ۲۱/۳ تخت (قزاقستان) به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت گزارش شد. برای کشورهای با درآمد بالا، این آمار از صفر (لیختن‌اشتاین و پالائو) تا ۵۹/۵ تخت (موناکو) به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت متغیر بود. در آفریقا، دسترسی به تخت‌های ICU از صفر (سودان جنوبی) تا ۱۰/۶ تخت (مصر) به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت گزارش شد. به غیر از سیشل (۶/۳)، آفریقای جنوبی (۸/۹) و مصر (۱۰/۶)، تمام کشورهای آفریقایی دسترسی کمتر از ۵ تخت ICU به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت داشتند.

بنابراین، طبقه‌بندی ریسک در مراحل اولیه پذیرش بیمار نقش مهمی در مدیریت بیمار و تخصیص منابع پزشکی دارد. هوش مصنوعی (AI) یک فناوری جدید و غیر تهاجمی است که می‌تواند یک مدل پیش‌بینی خطر کارآمد برای مشکلات بالینی ارائه دهد. در چندین مطالعه، مدل‌های پیش‌بینی هوش مصنوعی

*نویسنده مسئول: **سید سلمان ذکریایی**. پست الکترونیک: salman_zakariaee@yahoo.com
دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۴/۲۰ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۷/۰۵

برای پیش‌بینی احتمال پذیرش ICU و مدت اقامت در ICU بیماران کووید-۱۹ توسعه یافته‌اند. در مطالعه Ahmed و همکاران در سال ۲۰۲۴، عملکرد مدل‌های هوش مصنوعی برای پیش‌بینی پذیرش بیماران در ICU ارزیابی شد (۶). در این مطالعه اطلاعات جمعیت‌شناختی، داده‌های آزمایشگاهی و سابقه پزشکی بیمارانی که با علائم کووید-۱۹ به اورژانس یک بیمارستان در جنوب شرقی آمریکا مراجعه کرده بودند، به صورت گذشته‌نگر بررسی شد. نتایج این مطالعه نشان داد که الگوریتم XGBoost با استفاده از یک مجموعه از پارامترهای انتخاب شده، دارای حساسیت ۱۰۰ درصد، ویژگی ۷۸/۴ درصد، درستی ۸۰ درصد و AUC برابر با ۸۹/۲ درصد است. در یک مطالعه دیگر، عملکرد هشت مدل RF، SVM، k-NN، XGBoost، MLP، LR، Extra trees (ET) و Gradient boosting برای پیش‌بینی پذیرش در ICU بیماران مبتلا به کووید-۱۹، توسط Islam و همکاران ارزیابی شد (۷). در این مطالعه، یک مجموعه داده بالینی حاوی ۱۵۶ بیمار مبتلا به کووید-۱۹ به صورت گذشته‌نگر بررسی شد. نتایج نشان داد که RF، ET، k-NN و LR به ترتیب چهار مدل برتر برای پیش‌بینی پذیرش بیماران در بخش مراقبت‌های ویژه بودند. مدل توسعه‌یافته با ادغام الگوریتم‌های RF، ET و k-NN با حساسیت ۸۴/۴۸ درصد، ویژگی ۸۴/۴۷ درصد، درستی کلی ۸۴/۴۸ درصد و دقت وزنی ۸۴/۴۵ درصد بهترین عملکرد را داشت.

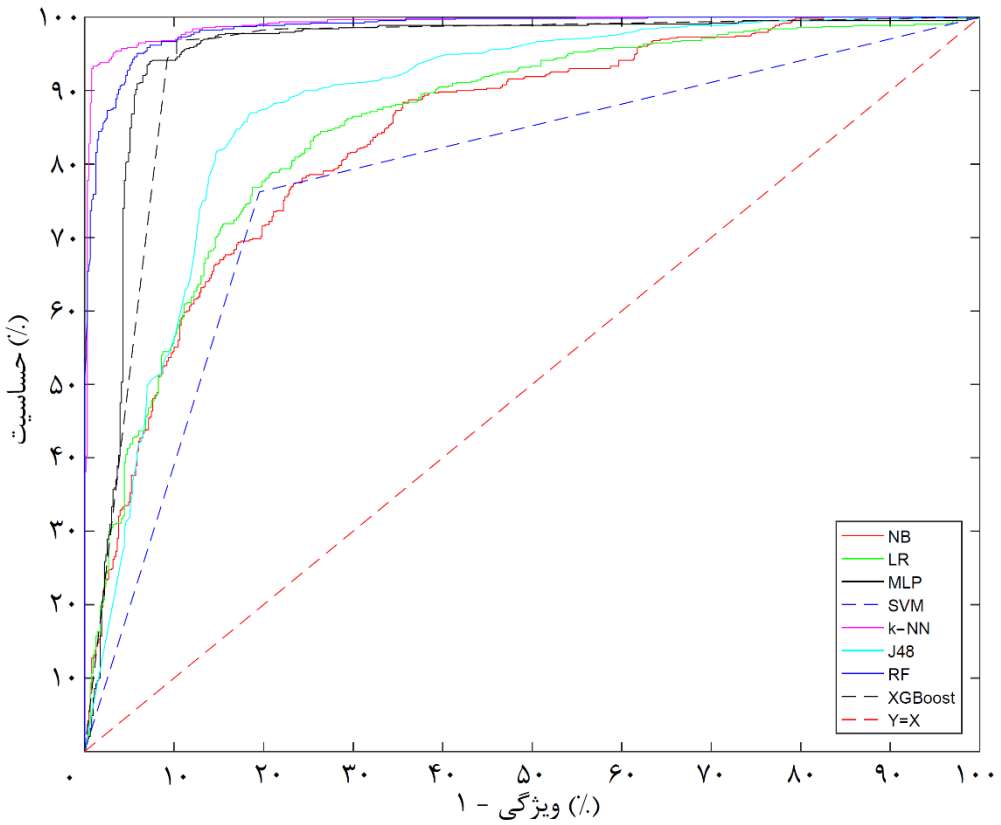
در این مطالعات فاکتورهای پیش‌آگهی مرتبط با شدت بیماری، پذیرش در ICU و مدت اقامت در ICU بیماران شامل سن، بیماری‌های زمینه‌ای و نتایج آزمایشگاهی گزارش شده است. این مدل‌ها بر اساس برخی از فاکتورهای جمعیت شناسی، تظاهرات بالینی، بیماری‌های زمینه‌ای و نتایج آزمایشگاهی آموزش دیده‌اند. نبود اطلاعات رادیولوژیکی و عدم استفاده از مجموعه داده جامع برای توسعه این مدل‌ها، محدودیت اصلی مطالعات انجام شده است (۲).

لذا در یک مطالعه در سال ۲۰۲۵ (۲)، مدل‌های هوش مصنوعی مختلف برای ایجاد یک مدل موثر برای پیش‌بینی پذیرش ICU و مدت زمان اقامت در ICU بیماران کووید-۱۹ ارزیابی شد. در این مطالعه برای آموزش و ارزیابی مدل‌های توسعه یافته از مجموعه داده جامع‌تری نسبت به مطالعات گذشته شامل اطلاعات جمعیت‌شناسی، تظاهرات بالینی، نتایج آزمایشگاهی و یافته‌های تصویربرداری استفاده شد. یکی از برتری‌های این مطالعه استفاده از یافته‌های تصویربرداری به عنوان مجموعه داده آموزش مدل-های هوش مصنوعی بود. نقش تصویربرداری برش نگاری کامپیوتری (CT) در بالین به عنوان یک روش تشخیصی ضروری برای تشخیص، نظارت و مدیریت بیماران کووید-۱۹ به خوبی پذیرفته شده است. مطالعات پیشگام نشان دادند که کمیت نمره شدت درگیری ریوی در تصاویر CT (CT-SS)، به طور معنی‌داری با شدت بیماری، احتمال بستری شدن در ICU و مرگ و میر بیماران مرتبط است (۸،۹). لذا می‌تواند یک فاکتور پیش آگهی کارآمد برای پیش‌بینی احتمال پذیرش ICU و مدت زمان اقامت در ICU بیماران کووید-۱۹ باشد و عملکرد مدل‌های هوش مصنوعی را بهبود بخشد.

در این مطالعه، پایگاه داده مراکز درمانی شهرستان ایلام از تاریخ ۱۹ دی ماه ۱۳۹۸ تا ۱۱ بهمن ماه ۱۳۹۹ به صورت گذشته‌نگر بررسی شد. در طول این مدت ۶۸۵۴ بیمار مشکوک به کووید-۱۹ به مراکز درمانی این شهرستان مراجعه کرده بودند. از این ۶۸۵۴ فرد ارجاعی، ۱۸۵۳ مورد به عنوان بیمار مبتلا به کووید-۱۹، ۲۴۷۲ نفر به عنوان افراد سالم و ۲۵۲۹ نفر بدون تشخیص قطعی گزارش شده بودند. فقط بیماران مبتلا به کووید-۱۹ در مطالعه وارد شدند و بیماران غیر کرونایی، بیماران غیر بستری، بیمارانی با زمان بستری قبل از ۱۹ دی ماه ۱۳۹۸ یا بعد از ۱۱ بهمن ماه ۱۳۹۹، بیماران با سن کمتر از ۱۸ سال، بیماران دارای نقص اطلاعات بیش از ۷۰ درصد و افراد بدون داده CT قفسه سینه و وضعیت مشخص از مطالعه حذف گردیدند. برای هر بیمار در این پایگاه داده بیمارستانی، ۸ ویژگی از اطلاعات جمعیت شناختی، ۲۱ ویژگی از تظاهرات بالینی، ۱۳ ویژگی از بیماری‌های زمینه‌ای، ۲۸ ویژگی از نتایج آزمایشگاهی و یافته‌های رادیولوژیکی (CT-SS) در زمان پذیرش بیمار جمع‌آوری شده بود. پیامدهای مورد بررسی به‌صورت پذیرش در ICU و مدت اقامت فرد در ICU تعریف شد. برای جلوگیری از برازش بیش از حد مدل‌های هوش مصنوعی و تعیین اهمیت پیش آگهی هر کدام از اطلاعات جمع‌آوری شده در پیش‌بینی احتمال پذیرش ICU و مدت زمان اقامت در ICU بیماران، انتخاب ویژگی با استفاده از الگوریتم Boruta انجام شد. با توجه به ماهیت پارامترهای خروجی مورد بررسی در این مطالعه (پذیرش در ICU به صورت دسته‌بندی و مدت زمان اقامت در ICU به صورت کمی)، مهمترین و مرتبط‌ترین پارامترها برای هر کدام به صورت جداگانه تعیین شد. بر اساس مهمترین ویژگی‌های انتخاب شده در این مرحله، دو دسته از مدل‌های هوش مصنوعی به صورت جداگانه برای پیش‌بینی احتمال پذیرش ICU و مدت زمان اقامت در ICU بیماران ایجاد گردید. برای پیش‌بینی پذیرش در ICU، هشت مدل درخت تصمیم‌گیری J48 (J48)، ماشین بردار پشتیبان (SVM)، پرسپترون چند لایه (MLP)، k نزدیک‌ترین همسایگی (k-NN)، Naïve Bayes (NB)، رگرسیون لجستیک (LR)، Random Forest (RF) و eXtreme gradient boosting (XGBoost) توسعه داده شد. برای پیش‌بینی مدت زمان اقامت بیماران در ICU از مدل‌های Gaussian processes (GP)، رگرسیون خطی (LinR)، MLP، SVM، k-NN، locally weighted learning (LWL)، M5-Prime (M5P)، لیست تصمیم‌گیری مبتنی بر M5 برای مسائل رگرسیون با استفاده از الگوریتم‌های تجزیه و

تسخیر (M5Rules) و RF استفاده شد.

ارزیابی عملکرد مدل‌های ایجاد شده نشان داد که برای پیش‌بینی احتمال پذیرش ICU بیماران کووید-۱۹، مدل k-NN بهترین عملکرد را در بین سایر مدل‌های بررسی شده دارد. حساسیت، ویژگی، درستی، دقت و AUC الگوریتم k-NN به ترتیب ۹۷ درصد، ۸۹/۷ درصد، ۹۳/۳ درصد، ۹۰/۴ درصد و ۹۹/۱ درصد بود. نمودار مقایسه عملکرد مدل k-NN نسبت به سایر مدل‌های بررسی شده در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل-۱. نمودار مقایسه عملکرد مدل‌های هوش مصنوعی جهت پیش‌بینی احتمال پذیرش ICU بیماران کووید-۱۹

همانطور که در شکل ۱ دیده می شود مدل k-NN بیشترین سطح زیر منحنی و بهترین عملکرد را نسبت به مدل‌های بررسی شده دارد. برای پیش‌بینی مدت اقامت در ICU بیماران کووید-۱۹، الگوریتم RF عملکرد بهتری نسبت به سایر الگوریتم‌ها داشت. عملکرد الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای پیش‌بینی مدت اقامت بیماران کووید-۱۹ در بخش مراقبت‌های ویژه در جدول ۱ مقایسه شده‌اند. ضریب همبستگی، میانگین خطای مطلق و ریشه میانگین مربعات خطای الگوریتم RF به ترتیب ۰/۴۲، ۲/۰۱ و ۴/۱۱ بود.

جدول-۱. عملکرد الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای پیش‌بینی مدت اقامت بیماران کووید-۱۹ در بخش مراقبت‌های ویژه

	فرآیندهای گاوسی	رگرسیون خطی	MLP	SVM	k-NN	LWL	M5 Rules	M5P	RF
ضریب همبستگی	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۱۸	۰/ ۱۳	۰/۳۷	۰/ ۲۱	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۴۲
میانگین خطای مطلق	۲/۳۵	۲/۳۵	۳/۵۸	۱/۶۳	۱/۹۱	۲/۲۱	۲/۱۷	۲/۱۹	۲/۰۱
ریشه میانگین مربعات خطا	۴/۲۳	۴/۲۵	۶/۹۱	۴/۷۵	۴/۲۸	۴/ ۴۸	۴/۲۰	۴/۲۳	۴/۱۱

راه‌کارهای اجرایی و توصیه‌های عملی

با توجه به اهمیت موضوع پیش‌بینی میزان نیاز بیماران به خدمات مراقبت‌های ویژه در بیماری‌ها و همه‌گیری‌هایی مانند کووید -۱۹ و محدودیت منابع بیمارستانی، مراحل پیشنهادی در این خلاصه سیاستی را می‌توان برای دوره‌های جدید شیوع بیماری، سایر سویه‌های ویروس کرونا و شیوع بیماری‌های جدید و مشابه (مانند شیوع بیماری جدید HMPV) استفاده نمود. برای ایجاد یک مدل کارآمد جهت پیش‌بینی احتمال پذیرش ICU و مدت زمان اقامت در ICU بیماران مراحل زیر توصیه می‌گردد.

۱) ایجاد یک پایگاه داده بیمارستانی جامع از اطلاعات جمعیت شناسی، بیماری‌های زمینه‌ای، تظاهرات بالینی، نتایج آزمایشگاهی و اطلاعات رادیولوژیکی برای بیماران ارجاعی به مراکز درمانی و

ثبت پذیرش بیماران در ICU و مدت اقامت آن‌ها برای تعداد حجم نمونه مناسب. با توجه به اینکه اطلاعات مذکور در حال حاضر در سیستم ثبت اطلاعات بیمارستان‌ها موجود است، استخراج اطلاعات و ایجاد این پایگاه داده بدون هیچ گونه هزینه اضافی در شرایط موجود از لحاظ زیرساختی، سخت‌افزاری و نرم‌افزاری ممکن می‌باشد.

۲) اعمال شرایط ورود و خروج به مطالعه و استخراج اطلاعات بیماران حائز شرایط.

۳) پالایش اطلاعات، حذف داده بیماران با نقص اطلاعات بیش از ۷۰ درصد و ترمیم اطلاعات بیماران دارای نقص کمتر از ۷۰ درصد.

۴) بررسی اهمیت هر کدام از اطلاعات برای پیش‌بینی متغیر خروجی.

۵) در مواردی که عدم تعادل قابل توجهی در تعداد بیماران در کلاس‌های خروجی (دسته بیماران پذیرش شده و نشده در بخش‌های ICU) وجود دارد، از الگوریتم‌های آماری برای حذف اثر این عدم تعادل و جلوگیری از ایجاد سوگیری (Bias) در نتایج استفاده شود.

۶) ایجاد مدل‌های هوش مصنوعی با استفاده از ویژگی‌های انتخاب شده و مجموعه داده آموزش.

۷) تعیین عملکرد مدل‌های ایجاد شده با استفاده از داده‌های آزمون.

۸) تعیین بهترین مدل برای پیش‌بینی خروجی مطلوب با مقایسه عملکرد مدل‌های توسعه یافته.

۹) ارزیابی عملکرد و صحت سنجی بیرونی مدل انتخاب شده با استفاده از یک پایگاه داده خارجی.

۱۰) بر اساس دستورالعمل‌های تحقیقاتی، عملکرد مدل انتخاب شده به صورت آینده‌نگر ابتدا بر روی یک جامعه آماری محدود، سپس به صورت چند مرکزی و در نهایت به صورت کشوری ارزیابی شود. نتایج حاصل به عنوان راهنما و دستورالعمل جهت استفاده متولیان و سیاستگذاران امر سلامت برای اجرا در بیمارستان‌ها گزارش گردد.

توسعه مدل‌های هوش مصنوعی نیازمند دانش اولیه نسبت الگوریتم و ساختار مدل‌ها جهت استفاده بهینه از این ابزارها است. از طرف دیگر پایگاه داده‌ها همواره در برگیرنده اطلاعات با توزیع نامتعادل، ناقص، نویزی، بی ربط و ... است که جهت رفع آن‌ها فرآیندهای آماری و پیش پردازشی استانداردی وجود دارد. لذا توسعه مدل‌های هوش مصنوعی در زمینه‌های مختلف نیازمند همکاری متخصصین داده کاوی است. از این جهت استفاده از این روش‌های پیش‌آگهی برای افراد عادی جامعه دارای محدودیت‌های تخصصی می‌باشد.

با توجه به اینکه نتایج ارائه شده بر اساس یک مطالعه گذشته‌نگر حاصل شده است، عملکرد مدل در یک مطالعه آینده‌نگر در شیوع‌های جدید بیماری باید بررسی گردد. همچنین لازم به ذکر است که مدل پیشنهادی در این مطالعه براساس داده‌های یک شهرستان توسعه یافته و اعتبارسنجی آن باید در یک مطالعه چند مرکزی با حجم نمونه بیشتر انجام شود.

نتیجه‌گیری

در طول شیوع بیماری‌هایی مانند همه‌گیری کووید-۱۹، پیش‌بینی سیر بیماری برای تریاژ دقیق بیماران و تخصیص کارآمد منابع ضروری است. طبقه‌بندی خطر در مراحل اولیه پذیرش بیمار می‌تواند به طور قابل توجهی نتایج مراقبت‌های درمانی بیمار را بهبود بخشد و تا حد امکان سبب کاهش عوارض و مرگ و میر ناشی از بیماری شود. مدل‌های پیش‌بینی به‌عنوان یک ابزار حمایت از تصمیم‌گیری بالینی، ارائه‌دهندگان مراقبت‌های بهداشتی را قادر می‌سازد تا بیمارانی را که در معرض مخاطره بیشتری هستند و نیاز به مراقبت‌های ویژه دارند، پیش از تشدید بیماری شناسایی کنند. توسعه یک مدل کارآمد با استفاده از مجموعه داده موجود در سوابق الکترونیک سلامت (EHR) بیمارستان‌ها شامل اطلاعات جمعیت‌شناسی، بیماری‌های زمینه‌ای، تظاهرات بالینی، نتایج آزمایشگاهی و نتایج تصویربرداری امکان پیش‌بینی دقیق‌تر سیر پیشرفت بیماری، پذیرش ICU و مدت اقامت در ICU بیماران در زمان پذیرش را فراهم می‌کند. مدل k-NN توسعه یافته بر اساس این مجموعه داده جامع می‌تواند احتمال پذیرش ICU بیماران کووید-۱۹را با حساسیت۹۷ درصد، ویژگی۸۹/۷ درصد، درستی۹۳/۳ درصد، دقت ۹۰/۴ درصد و AUC برابر با ۹۹/۱ درصد تعیین کند. مدت اقامت بیماران کووید-۱۹ در بخش مراقبت‌های ویژه با ضریب همبستگی ۰/۴۲، میانگین خطای مطلق ۲/۰۱ و ریشه میانگین مربعات خطای ۴/۱۱ توسط الگوریتم RF قابل پیش‌بینی است.

استفاده از این مدل‌های کارآمد پیش آگهی در دوره‌های جدید شیوع بیماری، سایر سویه‌های ویروس کرونا و شیوع بیماری‌های جدید و مشابه (مانند شیوع بیماری جدید HMPV) برای تخصیص بهینه امکانات بخش‌های ICU ضروری است. پیشنهاد می‌شود سیاستگذاران حوزه سلامت و مدیران وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی مدل پیشنهادی را به‌صورت پایلوت در بخش‌های تریاژ اولیه چند بیمارستان مرجع اجرا نمایند.

تشکر و قدردانی: این گزارش حاصل یک طرح تحقیقاتی با کد اخلاق IR.ABADANUMS.REC.1402.108 در دانشگاه علوم پزشکی آبادان می‌باشد. بدین وسیله نویسنده از حمایت دانشگاه علوم پزشکی آبادان قدردانی می‌نماید.

تضاد منافع: نویسنده تصریح می‌کند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Worldometer COVID-19 Data. [accessed 7 Apr 2025]. Available from: https://www.worldometers.info/coronavirus/?zarsrc=130

2. Zakariaee SS, Naderi N, Kazemi-Arpanahi H. Development of machine learning prediction models to predict ICU admission and the length of stay in ICU for COVID-19 patients using a clinical dataset including chest computed tomography severity score data. Gazi Medical Journal. 2025;36(3):278-86. doi:10.12996/gmj.2025.4266

3. Sadeghi A, Eslami P, Moghadam AD, Pirsalehi A, Shojaee S, Vahidi M, et al. COVID-19 and ICU admission associated predictive factors in Iranian patients. Caspian Journal of Internal Medicine. 2020;11(Suppl 1):512-9. doi:10.22088/cjim.11.0.512

4. Shanbehzadeh M, Nopour R, Kazemi-Arpanahi H. Using decision tree algorithms for estimating ICU admission of COVID-19 patients. Informatics in Medicine Unlocked. 2022;30:100919. doi:10.1016/j.imu.2022.100919

5. Ma X, Vervoort D. Critical care capacity during the COVID-19 pandemic: global availability of intensive care beds. Journal of Critical Care. 2020;58:96-97. doi:0.1016/j.jcrc.2020.04.012

6. Ahmed A, Zengul FD, Khan S, Hearld KR, Feldman SS, Hall AG, et al. Developing a decision model to early predict ICU admission for COVID-19 patients: A machine learning approach. Intelligence-Based Medicine. 2024;9:1-13. doi:10.1016/j.ibmed.2024.100136

7. Islam KR, Kumar J, Tan TL, Reaz MBI, Rahman T, Khandakar A, et al. Prognostic model of ICU admission risk in patients with COVID-19 infection using machine learning. Diagnostics. 2022;12(9):1-19. doi:10.3390/diagnostics12092144

8. Zakariaee SS, Salmanipour H, Naderi N, Kazemi-Arpanahi H, Shanbehzadeh M. Association of chest CT severity score with mortality of COVID-19 patients: a systematic review and meta-analysis. Clinical and Translational Imaging. 2022;10(6):663-76. doi:10.1007/s40336-022-00512-w

9. Zakariaee SS, Naderi N, Rezaee D. Prognostic accuracy of visual lung damage computed tomography score for mortality prediction in patients with COVID-19 pneumonia: a systematic review and meta-analysis. Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine. 2022;53(1):64. doi:10.1186/s43055-022-00741-z