سامانه‌های پردازشی و ارتباطی چندرسانه‌ای هوشمند
Intelligent Multimedia Processing and Communication Systems (IMPCS)

Winter 2024, 5 (4), 15-27

DOI: 10.71856/impcs.2024.903521

Received: 25 Sep 2024

Accepted: 5 Nov 2024

مقاله پژوهشی

A Recommender Model based on Bayesian Theory for Detection of COVID-19 on the Internet of Things Ecosystem

Zahra Ghorbankhani[1], Mani Zarei[1*], Rahil Hosseini[1]

1. MSc, Computer Engineering, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. zghorbankhani@yahoo.com
2. Assistant Professor, Department of Computer Engineering, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*_Corresponding Author_, m.zarei@srbiau.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Computer Engineering, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Rahil.Hosseini@iau.ac.ir

Abstract

Introduction: Utilizing artificial intelligence (AI) techniques in healthcare with recommending techniques is highly effective in improving the smart health system, accelerating the control of mutated versions of viral diseases such as COVID-19, and reducing treatment costs. Therefore, using data mining techniques in the Internet of Things (IoT) ecosystem can be considered a reliable recommender system to identify people suffering from viral diseases such as COVID-19 in AI-assisted healthcare societies. Although the COVID-19 disease does not cause the death of humans at the moment, it still has a longer treatment period, and it is still catastrophic in elderly people or people with underlying diseases.

Method: In this article, a recommender AI-assisted model is proposed based on Bayesian theory to detect COVID-19 in the IoT ecosystem. For this purpose, the factors affecting the coronavirus epidemic are discussed, and the data set of 50,000 patients is used to identify the disease of COVID-19 in different people. The data mining techniques used in this article include the Bayesian theory model, the proposed hybrid Bayesian boosting model, the nearest neighbor model, and the logistic regression model as machine learning methods.

Results: The Bayesian recommendation model in this research, can calculate the probability of contracting COVID-19 disease in new people with higher accuracy than the nearest neighbor and logistic regression models. By Referring to the performance evaluation results for the Bayesian theory model, Bayesian boosting proposed hybrid model, nearest neighbor model, and logistic regression model we conclude that the Bayesian belief model with 87% and its enhanced model with 98% have the highest accuracy.

Discussion: The results measured in the algorithms show that the Bayesian theory recommender model, considering five features related to the symptoms of COVID-19 in the training data, calculated the probability of COVID-19 in new people with higher accuracy than the two nearest neighbor and logistic regression models. Considering that the focus of this research was on the accuracy of the proposed model, combining it with the decision tree model, which is named the Bayesian reinforcement model in this research, has been able to increase a significant percentage of accuracy. In addition, it compares the results by implementing two other models: nearest neighbor and logistic regression. Considering that the time index is one of the key components, the methods that have been introduced have been able to predict the probability of contracting COVID-19 in the fastest time.

Keywords: IoT, Bayesian theory model, Data mining, COVID-19, Bayesian boosting.

سامانه‌های پردازشی و ارتباطی چندرسانه‌ای هوشمند
Intelligent Multimedia Processing and Communication Systems (IMPCS)
انجمن علمی تجارت الکترونیکی ایران
واحد زنجان

ارائه یک مدل توصیه‌گر مبتنی‌بر تئوری بیزی برای شناسایی کووید-۱۹ در زیست‌بوم اینترنت اشیا

تاریخ دریافت: ۰۴/ ۰۷/ ۱۴۰۳ دورهٔ پنجم، زمستان ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۵/ ۰۸/ ۱۴۰۳ شمارهٔ چهارم، صص: ۱۵-۲۷

زهرا قربانخانی[۱]، مانی زارعی[۲*]، راحیل حسینی[۳]

۱. کارشناسی‌ارشد، گروه کامپیوتر، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. zghorbankhani@yahoo.com
۲. استادیار، گروه کامپیوتر، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسندهٔ مسئول) m.zarei@srbiau.ac.ir
۳. دانشیار، گروه کامپیوتر، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. Rahil.Hosseini@iau.ac.ir

چکیده: شیوع یک بیماری با قابلیت انتشار بالا باعث‌می‌شود تا عوامل پیشگیرانه کم‌تأثیر بوده و اپیدمی زودهنگام رخ‌دهد. استفاده از هوش مصنوعی در حوزه سلامت و بهره‌مندی از تکنیک‌های توصیه‌گر از تأثیرگذاری بالایی در ارتقای سیستم سلامت هوشمند برخوردارند که منتج به تسریع در کنترل نسخه‌های جهش‌یافته بیماری‌های ویروسی نظیر کووید-۱۹ و کاهش هزینه‌های درمانی می‌شود. بنابراین، استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی در زیست‌بوم اینترنت اشیا می‌تواند یک سیستم توصیه‌گر قابل اعتماد در حوزه سلامت جوامع هوشمند به منظور شناسایی افراد مبتلا به بیماری‌های ویروسی نظیر کووید-۱۹ تلقی‌گردد. اگرچه بیماری کووید-۱۹ در حال حاضر باعث مرگ انسان‌ها نمی‌شود، اما هنوز دوره درمان طولانی‌تری دارد و همچنین در افراد سالخورده و یا افراد با بیماری‌های زمینه‌ای همچنان فاجعه‌آفرین است. در این مقاله یک مدل توصیه‌گر مبتنی‌بر تئوری بیزی برای شناسایی کووید-۱۹ در زیست‌بوم اینترنت اشیا پیشنهاد می‌گردد. برای این منظور ابتدا به عوامل تأثیرگذار در بیماری همه‌گیر کرونا پرداخته‌می‌شود و از مجموعه داده حاصل از ۵۰۰۰۰ بیمار برای شناسایی ابتلا به بیماری کووید-۱۹ در افراد مختلف استفاده‌می‌شود. تکنیک-های داده‌کاوی استفاده شده در این مقاله شامل مدل تئوری بیزی، مدل ترکیبی پیشنهادی بیزی‌بوستینگ، مدل نزدیک‌ترین همسایه و مدل رگرسیون لجستیک به عنوان روش‌های یادگیری ماشین است. نتایج حاصل از مقایسه این چهار روش نشان‌می‌دهد مدل باور بیزی به میزان ٪۸۷ و مدل تقویت‌شده آن با ٪۹۸، بیشترین میزان دقت را به خود اختصاص‌داده‌اند.

واژه‌های کلیدی: اینترنت اشیا، مدل توصیه‌گرتئوری بیزی، داده‌کاوی، بیماری کرونا، کووید-۱۹.

۱. مقدمه

تا پیش از این در تصور عموم برآن بود که تنها انسان‌ها می‌توانند به شبکه اینترنت متصل‌شوند و از قابلیت‌های آن بهره‌ببرند. اما با پیشرفت‌های چشمگیر در زمینه اینترنت، کامپیوتر و به‌طور کلی تکنولوژی، دنیای ارتباطات نیز دچار تحول عظیمی شد. زیست‌بوم[۱] اینترنت اشیا[۲] یک شبکه جهانی پویا است که دارای قابلیت خودتنظیمی بر مبنای پروتکل‌های ارتباطی استاندارد را دارد. در زیست‌بوم اینترنت اشیا، ویژگی‌های فیزیکی و مجازی از طریق دستگاه‌های ارتباطی هوشمند با یکدیگر ارتباط برقرارکرده و به تبادل اطلاعات با یکدیگر می‌پردازند. فناوری اینترنت‌اشیا یک رویکرد صالح و ساختاری را برای رسیدگی به جنبه‌های ارائه خدمات مراقبت‌های بهداشتی از نظر سلامت همراه و نظارت از راه دور بیمار فراهم‌کرده است. اینترنت اشیا مقدار داده بی‌سابقه را تولیدکرده، که می‌تواند با استفاده از محاسبات ابری و نیز محاسبات مه پردازش‌شوند. با گسترش و توسعه مراکز زیرساختی و پراهمیت، جذب نیروی انسانی برای ارائه خدمات بهتر امری انکارناپذیر است. نیروهای انسانی در هر رتبه و جایگاهی مسئولیت‌هایی را به عهده دارند که توسط مدیران آن‌ها کنترل و ارزیابی می‌شوند. بسیاری از مراکز خدماتی و تحقیقاتی که نیازمند نیروی با تجربه و متخصص هستند، امکان ریسک و خطرپذیری کمتری در بروز خطاهای انسانی دارند [۱]. اینترنت اشیا به عنوان یک فناوری توانمند در انجام خدمات انسانی می‌تواند در این مراکز کمک قابل‌توجهی به کاهش خطاهای انسانی داشته‌باشد. در هر بیمارستان، رسیدگی به وضعیت بیماران اعم از بررسی شرایط و علائم سلامت آن‌ها و یا شرایط ظاهری بیماران، کنترل بهداشت محیطی و خدمات دارویی آن‌ها، هماهنگی‌های مربوط به نحوه ملاقات بیماران، از وظایف پرستاران در محیط‌های درمانی محسوب‌می‌شود. افزایش هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی و بروز بسیاری از بیماری‌ها در سرتاسر جهان و همچنین تشخیص و شناسایی در محیط درمان نیازمند مجموعه‌هایی از اندازه‌گیری برای نتایج مؤثر است که تنها با مراجعه به کلینیک امکان‌پذیر نیست. لذا مستلزم تبدیل مراقبت‌های بهداشتی از یک سیستم بیمارستانی به یک محیط فردمحور شده‌است [۲]. زیست‌بوم اینترنت اشیا و رایانش ابری به یک بستر قدرتمند برای نظارت بر بیماران در مکان دورافتاده و ارائه اطلاعات بهداشتی مداوم به پزشکان و سرپرستان تبدیل‌شده‌اند [۳].

در این تحقیق، با ارائه یک سیستم توصیه‌گر[۳] در بستر اینترنت اشیا، داده‌ها از بیماران جمع‌آوری‌می‌شود و نحوه تعامل افراد در این زیست‌بوم بررسی‌می‌شود. بیشتر تحقیقات در زمینه نظارت بر مراقبت‌های بهداشتی با استفاده از حسگرهای جمع‌آوری اطلاعات سلامت متمرکز است. برای شناسایی بهتر مشکلات سلامتی، از حسگرهای بدنی و حسگرهای محیطی استفاده‌می‌شود. این حسگرها تحت شبکه حسگر بی‌سیم[۴] با یکدیگر ارتباط برقرارمی‌کنند. سپس این داده‌ها به پردازشگر محلی[۵] (گوشی هوشمند، تبلت و...) جهت پیش پردازش ارسال‌می‌شوند. داده‌ها برای ذخیره‌سازی به‌وسیله نسل چهارم یا نسل پنجم اینترنت به ابر منتقل‌می‌شوند. بیمار، پزشک، داروخانه، اورژانس، بیمارستان، پرستار، آزمایشگاه و.... عاملان[۶] تشکیل‌دهنده در زیست‌بوم اینترنت اشیا می‌باشند که با توجه به احراز هویت به اطلاعات ذخیره‌شده در این سیستم دسترسی دارند. بنابراین منظور از تحقیق، طراحی یک سیستم سلامت‌محور توصیه‌گر برای شناسایی بیماری کووید-۱۹[۷] مبتنی‌بر اجزای زیست‌بوم کلان سیستم اینترنت اشیا است [۴]. استفاده از واژه زیست‌بوم بدین منظور است که در یک سیستم سلامت در بستر اینترنت اشیا، عاملان مختلفی در ارتباط هستند و به تبادل اطلاعات با یکدیگر می‌پردازند [۵]. حسگرها اطلاعات بیولوژیکی را جمع‌آوری می‌کنند و به پردازشگر محلی سمت بیمار ارسال‌می‌کنند و پزشک یک عامل مهم از این زیست‌بوم است و با اطلاعاتی که از بیمار خود بر بستر اینترنت اشیا دریافت‌می‌کند می‌تواند بیماری را دقیق‌تر شناسایی و یا روند شیوع آن را پیش‌بینی کند. بنابراین در این زیست-بوم، هر عاملی آمادگی لازم را در دریافت اطلاعات آتی و بازخورد مناسب با آن داراست. طی بررسی‌های صورت‌گرفته در این مسئله و مقایسه روش‌های شناسایی صورت‌گرفته در سیستم سلامت مجهز به اینترنت اشیا، روش شبکه باور بیزی[۸] عملکرد قابل‌قبولی نشان‌داده‌است. بنابراین در رابطه با این تحقیق، برای شناسایی و دریافت اطلاعات آتی هر عامل از عاملان قبل خود، از مدل شبکه‌های باور بیزی استفاده-شده‌است. برای اثبات عملکرد، در حوزه بیماری کرونا مطالعه شده‌است. با توجه به شیوع وگسترش بیماری کووید-۱۹ یا کرونا ویروس در سراسر دنیا، این مقاله با طراحی و پیاده‌سازی مدل طبقه‌بندی‌کننده باور بیزی درصدد شناسایی احتمال افراد مبتلا به کرونا برآمده و همچنین توصیه‌های پزشکی در این زمینه ارائه‌کرده‌است. در این مقاله، از مدل باور بیزی به نام مدل توصیه‌گر یادشده است. لازم به ذکر است، مدل توصیه‌گر با هدف توصیه پزشکی هنگام شناسایی احتمالی بیماری کرونا، معرفی شده است.

پژوهش‌های پیشین تنها به جنبه شناسایی و تشخیص بیماری‌ها پرداخته‌اند [۶]. در این پژوهش علاوه‌بر ارائه یک مدل توصیه‌گر به منظور شناسایی و بیماری کووید-۱۹ و افزایش دقت پیش‌بینی بیماری از مدل باور بیزی و ترکیب آن با مدل درخت تصمیم، با عنوان بیزی بوستینگ[۹] در زیست‌بوم کلان سیستم اینترنت اشیا استفاده‌می‌شود. هر عامل از زیست‌بوم آمادگی لازم را در دریافت اطلاعات از عاملان قبل خود و تعامل مناسب را با آن‌ها دارد. نتایج مقاله نشان‌می‌دهد مدل باور بیزی و بیزی بوستینگ در پیش‌بینی و شناسایی بیماری کووید-۱۹ از دقت بالایی برخوردار هستند.

۲. پیشینه پژوهش

سندهو و همکاران [۷] یک سیستم محاسبات ابری مؤثر پیشنهادی ارائه داده‌اند، که بیماران مبتلا به کووید ویروس مرس را با استفاده از شبکه باور بیزی پیش‌بینی‌می‌کند و ارزیابی ریسک مبتنی‌بر موقعیت

جغرافیایی را برای کنترل شیوع آن ارائه می‌کند. نکته کلیدی در این مقاله، استفاده از سیستم موقعیت‌یابی جغرافیایی برای نشان‌دادن هر یک از کاربران کووید مرس در نقشه گوگل است تا کاربران احتمالی آلوده بتوانند در اسرع وقت قرنطینه شوند. در این مقاله یک سیستم ابری سیار پیشنهاد شده‌است که اطلاعات شخصی و همچنین علائم کووید مرس را بر روی ابر ذخیره‌می‌کند. شبکه باور بیزی برای تشخیص اولیه کاربران استفاده‌می‌شودو کاربران را به آلوده یا غیرآلوده طبقه‌بندی‌می‌کند. برای کاربر احتمالاً آلوده، تحلیل اولیه سیستم پیشنهادی، طبقه‌بندی‌می‌کند تا آزمایش‌های آزمایشگاهی بیشتری برای تأیید عفونت‌های کووید مرس انجام‌گیرد. در طبقه‌بندی دو مرحله‌ای باور بیزی برای این مسئله، استقلال شرطی در بین ویژگی-های کووید مرس برای پیش‌بینی دقیق پیشنهاد شده‌است. الگوریتم‌های طبقه‌بندی مختلف مانند نزدیک‌ترین همسایه[10]، رگرسیون خطی[11] و شبکه عصبی نیز برای مقایسه آن‌ها با شبکه باور بیزی دومرحله‌ای پیشنهادی پیاده‌سازی شده‌اند، شبکه باور بیزی دو مرحله‌ای پیشنهادی بهتر از همه الگوریتم‌ها عمل‌کرد.

ورما و همکاران [8] جنبه جدیدی از یک مدل پیشنهادی با یک معماری لایه‌ای سیستم نظارت بر بیمار از راه دور در خانه هوشمند مبتنی‌بر مه ارائه‌کرده‌اند. این سیستم قادر به ثبت رویدادهای مختلف بیمار به شیوه‌ای کارآمد است. هدف اصلی این مدل نظارت بر بیمارانی است که نیاز به مراقبت‌های ویژه از راه دور با استفاده از فناوری اینترنت اشیا با محوریت مه دارند. رویکرد لایه‌ای پیشنهادی برای نظارت بر بیمار از راه دور هوشمند مبتنی‌بر مه از پنج لایه تشکیل‌شده‌است. مجموعه داده‌های مختلف برای طبقه‌بندی یک رویداد به دو کلاس رویداد عادی و رویداد غیرعادی، تشکیل‌شده‌اند. در این مسئله، طبقه‌بندی‌کننده باور بیزی دومرحله‌ای در نظر گرفته‌می‌شود که شامل مجموعه مهمی از ویژگی‌ها برای پیش‌بینی صحیح رویداد است. الگوریتم‌های طبقه‌بندی مختلف مانند شبکه عصبی[12] نزدیکترین همسایه و رگرسیون خطی نیز برای مقایسه با روش مبتنی‌بر شبکه باور بیزی پیشنهادی پیاده‌سازی شده‌اند، طوری که کاربرد شبکه باور بیزی در محیط نظارت بلادرنگ می‌تواند به‌صورت تجربی توجیه‌شود. بنابراین در نتایج نشان‌داده‌شده شبکه باور بیزی عملکرد خوبی نسبت به دیگر طبقه‌بندی‌ها دارد.

ورما و همکاران [9] یک چارچوب جدید نظارت بر استرس دانش‌آموزان مبتنی‌بر اینترنت اشیا برای پیش‌بینی شاخص استرس دانش‌آموز در یک زمینه خاص پیشنهاد می‌کند. شبکه باور بیزی برای طبقه‌بندی رویداد استرس به عنوان طبیعی یا غیرطبیعی با استفاده از قرائت‌های فیزیولوژیکی جمع‌آوری‌شده از حسگرهای پزشکی در لایه مه استفاده می‌شود. برای محاسبه شاخص استرس دانش‌آموزان، یک مدل شبکه بیزی پویا زمانی دومرحله‌ای تشکیل‌شده است. پس از محاسبه شاخص استرس دانش‌آموزان، تصمیمات در قالب مکانیسم تولید هشدار با تحویل اطلاعات حساس به زمان، به مراقب یا پزشک ارسال‌می‌شود. بر اساس نتایج حاصل از مجموعه داده‌ها، می‌توان دریافت که از نظر ارزیابی آماری شبکه باور بیزی بسیار کارآمدتر از سایر تکنیک‌های طبقه‌بندی است. دقت در شبکه باور بیزی ٪۹۲ بوده-است درحالی‌که سایر طبقه‌بندی‌کننده‌ها، یعنی نزدیک‌ترین همسایه، شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان به ترتیب به دقت ٪۹۰، ٪۸۸ و ٪۸۵ رسیده‌اند.

بی حاتیا و همکاران [10] یک معماری لایه‌ای ابر و مه[13] برای نظارت بر مراقبت‌های بهداشتی از راه دور مبتنی‌بر اینترنت اشیا در دفتر هوشمند ارائه‌کرده‌است. مدل پیشنهادی جنبه‌های مختلفی از محیط اداری را از نظر رویدادهای مختلف دربرمی‌گیرد. هر رویداد در مقیاس شدت برای تعیین تأثیر بر سلامت فرد مورد تجزیه و تحلیل قرارمی‌گیرد. علاوه بر این، نمونه‌های زمانی برای رویدادهای مختلف از نظر شاخص شدت استخراج‌می‌شوند. به عنوان یک محیط کاربردی، محیط مراقبت بهداشتی پیش‌بینی‌کننده با امکان‌سنجی تولید هشدار خودکار، در صورت شدت سلامت، پیشنهادشده‌است. این معماری، شامل پنج لایه می‌باشد. به منظور به تصویر کشیدن اعتبار سیستم بر روی پلتفرم ابری، یک سناریوی کاربردی از نظر پایش پیش‌بینی موقت شدت سلامت در داخل دفتر هوشمند با استفاده از مدل پیش‌بینی موقتی نایو بیز، ارائه‌می‌شود. در نتیجه، این مقاله یک سیستم جدید پیش‌بینی شدت سلامت از راه دور و سیستم تولید هشدار را بر اساس مراقبت‌های بهداشتی تلفن همراه ارائه‌می‌کند. نتایج مقایسه با دیگر مدل‌های طبقه‌بندی‌کننده پیشرفته ارائه‌شده‌است. بر اساس نتایج، مشاهده‌می‌شود که در سناریوی فعلی، مدل طبقه‌بندی مبتنی بر بیزی عملکرد برتری نسبت به سایر تکنیک‌ها دارد. نزدیک‌ترین همسایه ٪۹۴، شبکه عصبی مصنوعی ٪۹۳، ماشین بردار پشتیبان ٪۹۰ و مدل طبقه‌بندی‌کننده بیزی توانست به دقت بهتری، نزدیک به ٪۹۶ دست-یابد.

زهره کریمی و همکاران [11] در پژوهشی به عقیده‌کاوی نظرات دیجی‌کالا با استفاده از روش نیمه‌نظارتی مبتنی‌بر ماشین بردار پشتیبان پرداخته‌اند. آن‌ها یک رویکرد نیمه‌نظارتی جهت تحلیل نظرات فارسی کاربران که از داده‌های بدون برچسب فراوان همراه با تعداد کمی از داده‌های برچسب‌دار در مرحله آموزش بهره‌گرفته‌اند. با توجه به مقادیر نتایج معیارهای عملکرد، روش نیمه‌نظارتی ماشین بردار پشتیبان در مقایسه با روش نظارتی ماشین بردار پشتیبان عملکرد بهتری داشته‌است. مهدی بازرگانی و همکاران [12] یک روش جدید برای کشف نزدیکترین همسایگی در سیستم‌های توصیه‌گر مبتنی‌بر فیلترینگ مشارکتی ارائه‌کردند. در روش پیشنهادی از معیارهای شباهت جهت کشف کاربران مشابه با کاربر جدید استفاده می‌شود. از چالش‌های سیستم‌های توصیه‌گر مبتنی بر فیلترینگ مشارکتی می-توان به فاکتورهای شباهت و تشخیص همسایگی اشاره‌کرد. این مقاله از روش نزدیکترین همسایه به منظور تشخیص همسایگان مشابه به

کاربر جدید بر مبنای فاصله استفاده‌می‌کند. نتایج نشان‌داده‌است دقت مدل پیشنهادی در تشخیص تشابه و پیش‌بینی بیشتر بوده‌است.

در جدول۱ نتایج معیارهای عملکرد در پژوهش‌های پیشین آمده است. در این پژوهش علاوه‌بر تمرکز بر موضوع داده‌کاوی، با ایجاد بستر اینترنت اشیا و ارتباط هر عامل با عاملان قبل خود در این زیست‌بوم، می‌توان عاملان را در مواجهه با مسائل مختلف و پیش‌بینی اطلاعاتی که در آینده پیش‌رو دارند، آگاهی بخشید.

۳. معماری لایه‌ای اینترنت‌اشیا

مطالعه موردی شناسایی احتمال ابتلا به کرونا و آمادگی پزشک به‌وسیله مدل توصیه‌گر تئوری بیزی، با هدف طراحی زیست‌بوم اینترنت اشیا در حوزه سلامت و آمادگی عاملان در دریافت اطلاعات، انجام‌شده‌است. لذا در ادامه به تشریح معماری اینترنت اشیا و الگوریتم‌های طبقه‌بندی در آن می‌پردازیم.

جدول ۱- مقایسه معیارهای عملکرد در پژوهش‌های پیشین

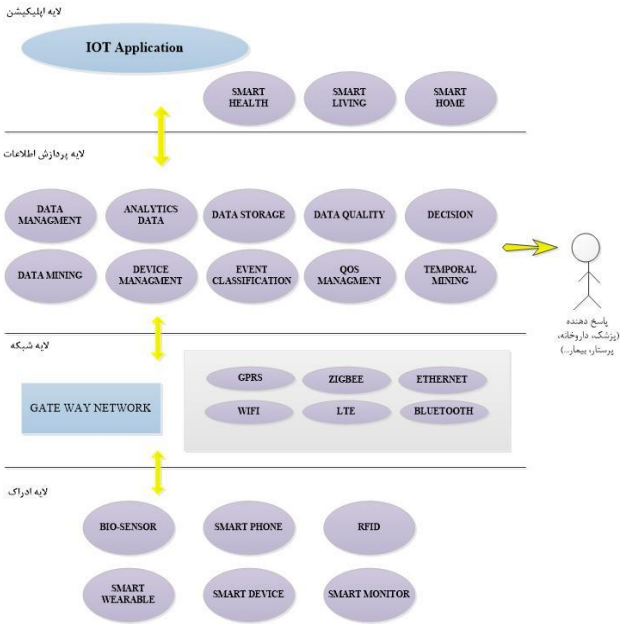
نام و مرجع	مدل یادگیری ماشین	دقت (%)	امتیاز اف ۱ (%)	فراخوانی (%)	صحت (%)
سندهو و همکاران [۷]	بیزی	۸۳,۱	۸۲	۸۰	۸۰
ورما و همکاران [۸]		۸۶,۴	۸۴	۸۴	۸۵
بی حاتیا و همکاران [۹]		۹۲,۶	۹۷	–	–
ورما و همکاران [۱۰]		۹۵,۵	۹۳,۳	–	–
زهره کریمی و همکاران [۱۱]	ماشین بردار پشتیان نیمه نظارتی	۷۵,۶۵	۷۷,۳۱	۷۵,۶۵	۷۹,۵
مهدی بازرگانی و همکاران [۱۲]	نزدیکترین همسایه	۵۳	۵۳	۵۴	–

۱,۳. لایه ادراک

لایه ادراک[۱۴] در معماری اینترنت اشیا، پایین‌ترین سطح است و دستگاه‌ها در این لایه قرارمی‌گیرند. این لایه شامل انواع حسگرهای پایش محیطی، شناسه امواج رادیویی سیستم موقعیت‌یاب جهانی و دوربین‌ها و ... غیره می‌باشد مانند دستگاه‌های پزشکی در این پژوهش شامل حسگرها که اطلاعات بیولوژیکی افراد را مانند دمای بدن، اندازه‌گیری تنفس، و... را جمع‌آوری‌می‌کنند. حسگرهای پزشکی شامل حسگرهای تعبیه‌شده در محیط و پوشیدنی می‌باشند، تا وضعیت سلامت بیماران را در زمان واقعی نظارت‌کنند. داده‌های تولیدی توسط حسگرها نیاز دارند برای تجزیه و تحلیل به لایه بالاتر تحویل داده‌شوند [۱۳].

۲,۳. لایه شبکه

لایه بعدی، لایه شبکه[۱۵] است که مسیریابی داده‌ها و انتقال به مراکز داده را از طریق اینترنت انجام‌می‌دهد. در این لایه، پلتفرم‌های رایانش ابری، دروازه‌های اینترنت، ابزارهای سوئیچینگ و مسیریابی با استفاده از برخی فن‌آوری‌های نوین مانند WiFi، LTE، بلوتوث، نسل پنجم تلفن‌های همراه، Zigbee و ... کارمی‌کنند. در این لایه تشخیص و تصحیح خطا، کنترل پیام‌های مربوط به مسیریابی، انتشار و اشتراک هم انجام‌می‌گیرد. دروازه‌های شبکه به عنوان واسطه بین گره‌های مختلف اینترنت اشیا با جمع آوری، فیلتر کردن و انتقال داده‌ها به/از حسگرهای مختلف عمل‌می‌کنند. به‌طور کلی این لایه از معماری اینترنت اشیا، مسئول اتصال وسایل هوشمند، دستگاه‌های شبکه و سرورها است. در این طرح پیشنهادی داده‌های تولیدشده توسط حسگرها با فناوری بلوتوث و با استاندارد مشخصی به پردازشگر محلی یا به عبارتی لایه مه، ارسال‌می‌شوند. این پردازشگر محلی می‌تواند تلفن همراه یا هر وسیله قابل‌حملی باشد. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از رسانه‌های ارتباطی بی‌سیم مثل شبکه‌های تلفن همراه 5G برای ذخیره‌سازی به محیط ابری منتقل‌می‌شوند [۱۴].



شکل۱- معماری چهار لایه اینترنت اشیا در مدل پیشنهادی

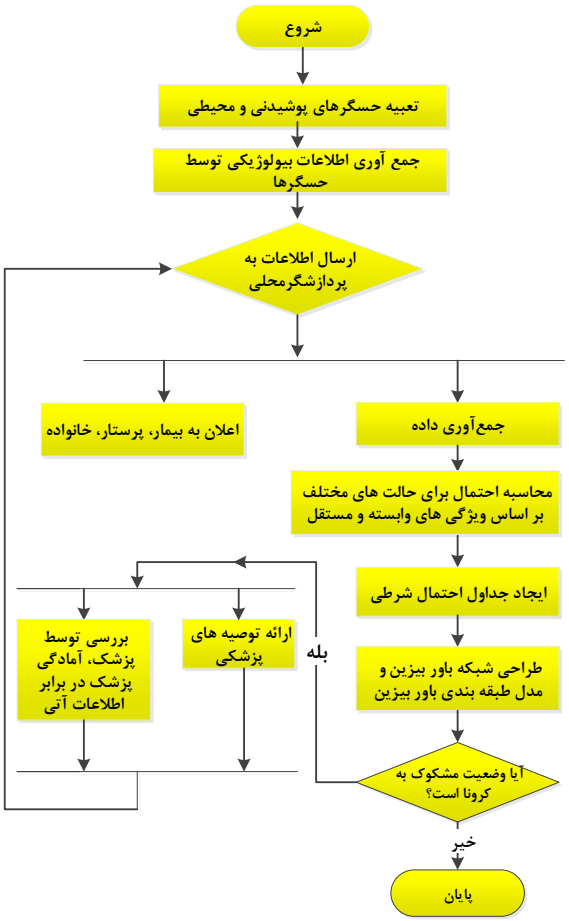
۳,۳. لایه پردازش اطلاعات

دستگاه‌ها در سیستم اینترنت اشیا، زمانی که به یکدیگر متصل هستند و با یکدیگر ارتباط دارند انواع مختلف خدمات را انجام می‌دهند. علاوه بر این، لایه مذکور قابلیت بازیابی، پردازش و محاسبه اطلاعات را دارد و می‌تواند خودکار و براساس نتایج محاسباتی، تصمیم‌گیری‌کند. محاسبات مه و ابر در این لایه است. در طراحی زیست‌بوم پیشنهادی، تلفن هوشمند به عنوان لایه مه پس از دریافت داده‌های تولیدشده توسط حسگرها، داده‌ها را پیش‌پردازش می‌کند و با طبقه‌بندی اطلاعات اعلان‌های مورد نیاز را به بیمار ارسال‌می‌کند. سپس اطلاعات

برای پردازش بیشتر و همچنین ذخیره اطلاعات به محیط ابر منتقل-می‌شود.

۴،۳. لایه اپلیکیشن

این لایه بالاترین لایه معماری اینترنت اشیا در مدل پیشنهادی است و در آن صحت، یکپارچگی و محرمانه‌بودن داده‌ها تضمین‌می‌گردد. درواقع لایه اپلیکیشن، خدمات مبتنی‌بر نیازهای کاربر ارائه‌می‌دهد. .این لایه شامل برنامه اینترنت اشیاست که وظیفه تحویل انواع مختلف خدمات خاص به کاربران مختلف را به‌عهده‌دارد. (شکل ۱)



شکل۲. فلوچارت مدل توصیه‌گر بیزی در مدل پیشنهادی

۴. روش پیشنهادی پژوهش

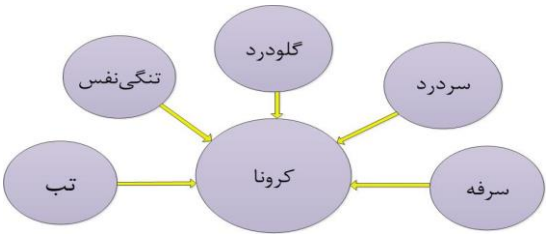
در زیست‌بوم اینترنت اشیا، استفاده از الگوریتم‌های داده‌کاوی می‌تواند در شناسایی بیماری احتمالی افراد مفید باشد. در این بخش فرایند داده‌کاوی پیشنهادی برای شناسایی احتمال ابتلا به بیماری کرونا توضیح داده‌می‌شود. بنابراین، ابتدا به عوامل تأثیرگذار در بیماری همه‌گیر کرونا پرداخته‌می‌شود، سپس بر اساس علائم ۵۰۰۰۰ بیمار، برای شناسایی ابتلا به بیماری از روش مدل تئوری بیزی، مدل ترکیبی پیشنهادی بیزی‌بوستینگ، مدل نزدیک‌ترین همسایه و مدل رگرسیون لجستیک[۱۶]، به عنوان روش‌های یادگیری ماشین استفاده‌می‌شود.

مراحل مدلسازی طرح پیشنهادی عبارت است از ۱) انتخاب یک مجموعه داده که در ان افراد به دو دوسته: کرونا مثبت، کرونا منفی تقسیم‌می‌شوند. از بین داده‌های جمع‌آوری‌شده ویژگی‌ها و علائم بیماری کووید-۱۹ یعنی سردرد، تب، گلودرد، تنگی‌نفس، سرفه استخراج و در فایل اکسل دسته‌بندی‌شده‌اند. ۲) محاسبه احتمال حالت‌های مختلف بر اساس علائم بیماری کرونا ۳) ایجاد جداول شرطی براساس ویژگی‌های وابسته و مستقل ۴) طراحی شبکه باور بیزی ۵) سازگارکردن مدل باور بیزی ۶) محاسبه معیارهای عملکرد ۷) دریافت خروجی از پیاده‌سازی مدل باور بیزی و استفاده از آن به عنوان ورودی داده به مدل درخت تصمیم ۸) تقسیم‌بندی مجموعه داده به دو بخش آموزش و آزمایش ۹) محاسبه معیارهای عملکردی با استفاده از مدل درخت تصمیم.

۱،۴. طبقه بندی باور بیزی

یکی از فرمول‌های احتمال، فرمول احتمال بیز است که می‌توانیم به کمک آن احتمال برچسب کلاس یک نمونه از داده را تخمین‌بزنیم. استفاده از این قانون برای طبقه‌بندی دقت، سرعت خوبی را در پایگاه داده‌های بزرگ به همراه دارد. در این روش فرض بر این است که تأثیر مقدار صفت خاصه بر روی برچسب کلاس مستقل از مقادیر دیگر صفات خاصه است و این موضوع استقلال شرطی[۱۷] کلاس نامیده-می‌شود [۱۵]. همان‌طور که گفته‌شد، شبکه باور بیزی یک مدل گرافیکی بر اساس احتمالات می‌باشد. مدل توصیه‌گرتئوری بیزی، یا شبکه باور بیزی بر مبنای احتمالات شرطی می‌باشد که وابستگی میان متغیرهای تصادفی را در ساختار گراف نشان‌می‌دهد. این گراف شامل نودها (متغیرهای تصادفی) و یال‌های گراف (روابط احتمالی بین متغیرها) را نشان‌می‌دهد [۱۶]. فقدان یال در شبکه بیزن نشانگر گره مستقل از هم می‌باشد. هر نود یا متغیر دارای توزیع احتمال خاص خود در فضای پارامتری می‌باشد. در روش بیزی مجهولات متغیرهای تصادفی می‌باشند، که دارای یک جواب ثابت نیستند، بلکه یک تابع احتمال برای مجهول به‌دست‌می‌آید که احتمال مقادیر مختلف برای مجهول را محاسبه‌می‌کند. از آنجا که شبکه بیزی برای شرایط مدل احتمالی در نظر گرفته‌می‌شود، بنابراین به استدلال‌های تحت شرایط نامشخص (عدم قطعیت) کمک‌می‌کند.

در روش بیزی با محاسبه احتمال شرطی، احتمال رخداد یک فرضیه با توجه به شواهد و اطلاعات قبلی محاسبه‌می‌شود، سپس تصمیم‌می‌گیرد. در آمار، جدول احتمال شرطی[۱۸] برای مجموعه‌ای از متغیرهای تصادفی گسسته و وابسته به یکدیگر تعریف‌می‌شود تا احتمالات شرطی یک متغیر را نسبت به بقیه نشان‌دهد [۱۵]. در شبکه باور بیزی هر متغیر دارای یک جدول احتمال شرطی است. شکل۳ ارتباط بین متغیرهای وابسته و مستقل در شبکه باور بیزی پیشنهادی را نشان‌می‌دهد. در این گراف کرونا متغیر وابسته است و مواردی نظیر سرفه، سردرد، گلودرد، تنگی نفس و تب از جمله متغیرهای مستقل محسوب می‌شوند.



شکل ۳- گراف متغیرهای مستقل و وابسته در شبکه باور بیزی. کرونا متغیر وابسته و سایر موارد در مجموعه داده‌های کووید-۱۹ متغیرهای مستقلند

قانون بیزی به‌طور کلی در محاسبه احتمال پسین طبق رابطه (۱) [۸] است:

$$P(H|X) = \frac{P(X|H)P(H)}{P(X)} \qquad (۱)$$

این احتمال برابر است احتمال وقوع پیشامد H به شرط X در احتمال وقوع پیشامد H تقسیم بر احتمال پیشامد X.

۲,٤. الگوریتم درخت تصمیم در تقویت مدل پیشنهادی

درخت تصمیم[۱۹] در داده‌کاوی مدلی است که برای نمایش طبقه‌بندی کننده‌ها و رگرسیون‌ها استفاده می‌شود. این درخت از تعدادی گره و شاخه تشکیل‌شده‌است. در درخت تصمیمی که عمل طبقه‌بندی را انجام می‌دهد، برگ‌ها بیانگر کلاس‌ها هستند. در هر یک از گره‌های دیگر (گره‌های غیربرگ) با توجه به یک یا چند صفت خاصه تصمیم‌گیری صورت می‌گیرد. درواقع درخت تصمیم ساختاری است که قادر به تقسیم‌بندی یک مجموعه بزرگ از داده‌ها به بخش‌های متوالی از مجموع نمونه‌های کوچک‌تراست که قواعد تصمیم ساده در هر کدام از آن بخش‌های کوچک‌تر اعمال گردیده‌است [۱۷]. درخت تصمیم از بهره اطلاعات به عنوان معیار انتخاب ویژگی خود استفاده-می‌کند. این معیار به مفهوم آنتروپی وابسته است. آنتروپی درواقع سطح عدم‌قطعیت را در گروهی از نمونه‌ها مشخص می‌کند. فرمول محاسبه آنتروپی مطابق رابطه (۲) است [۱۵]:

$$INFo(D) = -\sum_{i=0}^{m} Pi \log_2(\ p_i\ ) \qquad (۲)$$

در این رابطه پارامتر D مجموعه داده مورد نظر را نشان‌می‌دهد. مجموعه D شامل نمونه‌هایی از صفر تا m کلاس مختلف است. و در این رابطه p احتمال رخداد iام است. برای محاسبه بهره اطلاعات بر اساس ویژگی خاص (A) از رابطه (۳) [۱۵] استفاده‌می‌شود:

$$Gain(A) = Info(D) - Info_A(D) \qquad (۳)$$

که در آن $Info(D)$ آنتروپی قبل از تقسیم گره و $Info_A(D)$ آنتروپی بعد از تقسیم گره براساس ویژگی A می‌باشد. هدف استفاده از الگوریتم درخت تصمیم در این مقاله، ترکیب این مدل با مدل پیشنهادی باور بیزی در جهت تقویت دقت آن می‌باشد. ترکیب این دو مدل در این مقاله پژوهشی، بیزی بوستنیگ نامیده شده‌است. قابل ذکر است که با ترکیب این الگوریتم نتایج قابل ملاحظه‌ای بدست آمده شده است.

۳,٤. الگوریتم رگرسیون لجستیک

رگرسیون لجستیک یک روش مدل‌سازی آماری است که در طبقه بندی‌های شرطی استفاده می‌شود. این روش در واقع فرآیندی است که ارتباط بین متغیرها را تخمین می‌زند. این روش بسیاری از روش‌های مدل‌سازی و تحلیل چند متغیر را پوشش می‌دهد به این شکل که تمرکز بر روی ارتباط میان یک متغیر وابسته و چند متغیر مستقل می‌باشد. در این پژوهش با پیاده‌سازی این الگوریتم درصدد مقایسه نتایج آن با الگوریتم‌های مورد استفاده دیگر برآمده است.

٤,٤. الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه

الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه[۲۰] از زمانیکه توانست قدرت محاسباتی کامپیوترها را افزایش داد، محبوبیت پیدا کرد. از کاربردهای رایج این الگوریتم تشخیص الگو است. برای یک داده آزمایشی الگوریتم به دنبال K نمونه از نزدیک‌ترین نمونه‌ها می‌گردد. نزدیکی دو نمونه با بدست آوردن تشابه و یا فاصله میان این دو نمونه محاسبه می‌شود. هر نمونه می‌تواند از انواع داده‌ها تشکیل شده باشد که بایستی تشابه آنها بررسی شود. پس از یافتن K داده مشابه با نمونه آزمایشی، با رای اکثریت برچسب کلاس داده آزمایشی انتخاب می‌شود. چنانچه مقدار ۱ برای K تنظیم شود، کلاس نزدیک‌ترین داده به نمونه آزمایشی، به عنوان کلاس تخمینی در نظر گرفته می‌شود. اما به دلیل نویز و داده‌های پرت مقدار ۱ برای K مناسب نمی‌باشد. در این صورت پس از یافتن K همسایه، میانگین مقادیر حاصل از کلاس K، نمونه به عنوان برچسب نمونه کلاس آزمایشی برگزیده می‌شود. هرگاه مقدار یا مقادیری از کلاس از صفات خاصه در مجموعه داده اصلی یا آزمایشی ناقص باشند در محاسبه تشابه کم‌ترین و در محاسبه فاصله بیشترین فاصله برای این صفت خاصه در نظر گرفته می‌شود [۱۷]. برای محاسبه فاصله از رابطه (۴) [۱۷] استفاده می‌کنیم:

$$dist(X_1, X_2) = \sqrt{\sum (X_1, X_2)^2} \qquad (۴)$$

٥,٤ زمان اجرا

زمانی که یک الگوریتم به طول انجامیده است را زمان اجرا گویند؛ در این مقاله زمان اجرای الگوریتم‌ها محاسبه شده است.

۵. ارزیابی روش پیشنهادی

در این مقاله با طراحی شبکه باور بیزی در محیط برنامه‌نویسی پایتون و با درنظرگرفتن پنج ویژگی، و حالت‌های مختلف این ویژگی‌ها، نتیجه ابتلا به کرونا مشخص‌شده‌است (اینکه شخص به بیماری کرونا مبتلا شده یا خیر). این کار با توجه به قانون بیزی و قانون احتمالات انجام شده است، لذا داده‌ها را می‌توان برای شناسایی احتمال اینکه افراد به بیماری کرونا مبتلا شده‌اند یا خیر نیز با استفاده از طراحی شبکه باور بیزی، طبقه‌بندی کرد. با درنظرگرفتن فاکتورهای مختلف برای

شناسایی بیماری کرونا برای هر بیمار می‌توان درصد احتمال آن شخص به بیماری کرونا را پیش‌بینی کرد. برای بهبود دقت مدل باور بیزی یک مرحله تقویتی پیشنهادشده‌است و در آن از مدل درخت تصمیم استفاده‌شده‌است که در ترکیب با مدل باور بیزی دقت پیش‌بینی افزایش می‌یابد. این مرحله تقویت را بیزی‌بوستینگ نامیده‌ایم.

داده‌ها در این تحقیق مربوط به مجموعه افرادی است که با درنظرگرفتن علائم بیماری، کرونا داشتن یا نداشتن آن‌ها پیش‌بینی شده‌است. این مجموعه داده در سایت کگل[۲۱] به‌صورت رایگان بارگذاری‌شده و برای دسترسی افراد آزاد است [۱۸]. این مجموعه داده شامل مجموعه‌ای از علائم کروناست که با استفاده از روش‌های انتخاب ویژگی، پنج ویژگی مهم و اثرگذار انتخاب‌شده‌است. انتخاب ویژگی مناسب به سرعت یادگیری مدل کمک‌می‌کند. از این مجموعه داده با توجه به انتخاب بازه‌های نمونه مختلف مورد نیاز استفاده‌شده‌است. همان‌طور که بیان‌شد، داده‌های بانک اطلاعاتی به روش ساده به قسمت آموزش و آزمایش تقسیم‌بندی‌شده که نسبت آن ۸۰٪ داده‌های آموزشی و ۲۰٪ داده‌های آزمایشی است. پیاده‌سازی در محیط برنامه‌نویسی پایتون انجام‌گرفته‌است. در این پژوهش با در نظر داشتن بازه‌های مختلف بیماران در بانک اطلاعاتی به بررسی و مقایسه نتایج الگوریتم‌های مورد استفاده، پرداخته شده است. به‌علاوه، شاخص زمان اجرای الگوریتم که یکی از مهمترین و کلیدی‌ترین شاخص‌های اندازه‌گیری است، نیز استفاده‌شده‌است. زمان اجرای هر الگوریتم در بازه‌های نمونه مختلف اندازه‌گیری شده‌است. در قانون احتمالات و بیزی، با ایجاد جداول شرطی برای هر متغیر وابسته و مستقل می‌توانیم درصد احتمال داشتن یا نداشتن هر متغیر را به‌دست آوریم. قابل‌ذکر است که طبق قانون احتمالات جمع مقادیر باید یک شود و همچنین درصد احتمالات باید بین بازه صفر و یک باشد. در جداول، با توجه به معیارهای ارزیابی عملکرد به بررسی نتایج الگوریتم‌های استفاده شده و بازه مختلف بیماران، پرداخته‌شده‌است.

در جدول ۲ معیارهای ارزیابی مدل باور بیزی یا مدل توصیه‌گرتئوری بیزی، در بازه‌های پنج هزار، پانزده هزار، بیست و پنج هزار، سی و پنج هزار و پنجاه هزار امده‌است. فراخوانی اندازه‌گیری‌شده در پیاده‌سازی مدل باور بیزی در نمونه داده‌های پنج هزار، پانزده هزار، بیست و پنج هزار، سی‌وپنج هزار وپنجاه هزار به ترتیب ٪۹۳، ٪۹۵، ٪۹۵، ٪۸۷ و ٪۹۳ است. دقت اندازه‌گیری‌شده در پیاده‌سازی مدل باور بیزی در نمونه داده‌های پنج هزار، پانزده هزار، بیست و پنج هزار، سی و پنج هزار و پنجاه هزار به ترتیب ٪۸۳، ٪۸۵، ٪۸۴، ٪۸۷ و ٪۸۷ است. امتیاز اف۱ اندازه‌گیری‌شده در پیاده‌سازی مدل باور بیزی در نمونه داده‌های پنج هزار، پانزده هزار، بیست و پنج هزار، سی و پنج هزار و پنجاه هزار به ترتیب ٪۸۳، ٪۸۲، ٪۸۰، ٪۸۳ و ٪۸۳ است. صحت اندازه‌گیری‌شده در پیاده‌سازی مدل باور بیزی در نمونه داده‌های پنج هزار، پانزده هزار، بیست و پنج هزار، سی و پنج هزار و پنجاه هزار به ترتیب ٪۸۵، ٪۷۳، ٪۷۰، ٪۷۴ و ٪۷۵ است.

جدول۳ زمان اجرای مدل باور بیزی در بازه متفاوت از بیماران است. با هدف گسترش پیاده‌سازی طبقه‌بندی مجموعه داده‌های کرونا و بهبود روش ارزیابی، به‌ویژه دقت مدل‌های یادگیری در پیش‌بینی بیماری کرونا، روش درخت تصمیم با ترکیب مدل باور بیزی درصدد افزایش دقت مدل بیزی است. همچنین با ارزیابی معیارهای عملکرد مدل، نتایج قابل‌ملاحظه است.

جدول۲ اندازه‌گیری معیارهای ارزیابی عملکرد مدل باور بیزی

تعداد نمونه	فراخوانی	دقت	امتیاز اف ۱	صحت
۵۰۰۰	۹۳	۸۳	۸۳	۸۵
۱۵۰۰۰	۹۵	۸۵	۸۲	۷۳
۲۵۰۰۰	۹۵	۸٤	۸۰	۷۰
۳۵۰۰۰	۸۷	۸۷	۸۳	۷٤
۵۰۰۰۰	۹۳	۸۷	۸۳	۷۵

جدول۳ محاسبه زمان اجرا در مدل باور بیزی

روش پیشنهادی	زمان اجرا(ثانیه) ۵۰۰۰ بیمار	زمان اجرا(ثانیه) ۱۵۰۰۰ بیمار	زمان اجرا(ثانیه) ۲۵۰۰۰بیمار	زمان اجرا(ثانیه) ۳۵۰۰۰بیمار	زمان اجرا(ثانیه) ۵۰۰۰۰بیمار
باور بیزی	۱۰,۹۷	۱۲,۱	۱۱,۸۳	۱۱,۵۵	۱٤,۹

جدول۴ اندازه‌گیری معیارهای ارزیابی عملکرد مدل بیزی‌بوستینگ

تعداد نمونه	فراخوانی	دقت	امتیاز اف ۱	صحت
۵۰۰۰	۹٤	۸۷	۹۲	۸۹
۱۵۰۰۰	۹۷	۹۷	۹٦	۹۷
۲۵۰۰۰	۹۵	۹٤	۹٦	۹۳
۳۵۰۰۰	۹٤	۹۸	۹۲	۹۱
۵۰۰۰۰	۹۵	۹۵	۹۷	۹۵

جدول۴ شامل معیارهای ارزیابی عملکرد مدل ترکیبی بیزی بوستینگ در بازه مختلف بیماران است. فراخوانی اندازه‌گیری‌شده در پیاده‌سازی مدل بیزی بوستینگ در نمونه داده‌های پنج هزار، پانزده هزار، بیست و پنج هزار، سی‌وپنج هزار وپنجاه هزار به ترتیب ۹۴٪، ۹۷٪، ۹۵٪، ۹۴٪ و ۹۵٪ است. دقت اندازه‌گیری‌شده در پیاده‌سازی مدل بیزی بوستینگ در نمونه داده‌های پنج هزار، پانزده هزار، بیست و پنج هزار، سی و پنج هزار و پنجاه هزار به ترتیب ۸۷٪، ۹۷٪، ۹۴٪، ۹۸٪ و ۹۵٪ است. امتیاز اف۱ اندازه‌گیری‌شده در پیاده‌سازی مدل بیزی بوستینگ در نمونه داده‌های پنج هزار، پانزده هزار، بیست و پنج هزار، سی و پنج هزار و پنجاه هزار به ترتیب ۹۲٪، ۹۶٪، ۹۶٪، ۹۲٪ و۹۷٪ است. صحت اندازه‌گیری‌شده در پیاده‌سازی مدل بیزی‌بوستینگ

در نمونه‌داده‌های پنج هزار، پانزده هزار، بیست و پنج هزار، سی و پنج هزار و پنجاه هزار به ترتیب ۸۹٪، ۹۷٪، ۹۳٪، ۹۱٪ و ۹۵٪ است.

جدول۵ زمان اجرای مدل ترکیبی پیشنهادی در بازه متفاوت از بیماران را نشان می‌دهد. پس از تعریف و پیاده‌سازی مدل‌های طبقه‌بندی باور بیزی و ترکیب آن با درخت تصمیم، به پیاده‌سازی روش نزدیک‌ترین همسایه پرداخته‌شده‌است. در ادامه به معیارهای ارزیابی عملکرد اندازه‌گیری‌شده توسط مدل نزدیک‌ترین همسایه پرداخته‌شده‌است.

جدول۵ محاسبه زمان اجرا در مدل ترکیبی پیشنهادی

روش پیشنهادی	زمان اجرا(ثانیه) ۵۰۰۰ بیمار	زمان اجرا(ثانیه) ۱۵۰۰۰ بیمار	زمان اجرا(ثانیه) ۲۵۰۰۰ بیمار	زمان اجرا(ثانیه) ۳۵۰۰۰ بیمار	زمان اجرا(ثانیه) ۵۰۰۰۰ بیمار
مدل ترکیبی پیشنهادی	۹,۱۶	۱۳,۳۹	۱۳,۹۹	۱۵,۹۶	۴۳,۸۵

جدول۶ اندازه‌گیری معیارهای ارزیابی عملکرد مدل نزدیک‌ترین همسایه

تعداد نمونه	فراخوانی	دقت	امتیاز اف ۱	صحت
۵۰۰۰	۹۱	۷۸	۷۹	۷۰
۱۵۰۰۰	۶۸	۷۸	۶۹	۷۰
۲۵۰۰۰	۷۲	۸۳	۷۰	۶۷
۳۵۰۰۰	۷۰	۸۳	۷۹	۶۷
۵۰۰۰۰	۷۷	۸۱	۷۵	۷۴

جدول ۷ محاسبه زمان اجرا در مدل نزدیک‌ترین همسایه

روش پیشنهادی	زمان اجرا(ثانیه) ۵۰۰۰ بیمار	زمان اجرا(ثانیه) ۱۵۰۰۰ بیمار	زمان اجرا(ثانیه) ۲۵۰۰۰بیمار	زمان اجرا(ثانیه) ۳۵۰۰۰بیمار	زمان اجرا(ثانیه) ۵۰۰۰۰بیمار
مدل نزدیکترین همسایه	۱,۳۸	۱,۸۲	۴,۰۷	۶,۱۲	۱۱,۹۷

در جدول۶ معیارهای ارزیابی عملکرد مدل نزدیک‌ترین همسایه در بازه مختلف بیماران نشان داده شده است. فراخوانی اندازه‌گیری شده در پیاده‌سازی مدل نزدیک‌ترین همسایه در نمونه داده‌های پنج هزار، پانزده هزار، بیست و پنج هزار، سی‌وپنج هزار وپنجاه هزار به ترتیب ۹۱٪، ۶۸٪، ۷۲٪، ۷۰٪ و ۷۷٪ است. دقت اندازه‌گیری شده در پیاده‌سازی مدل نزدیک‌ترین همسایه در نمونه داده‌های پنج هزار، پانزده هزار، بیست و پنج هزار، سی و پنج هزار و پنجاه هزار به ترتیب ۷۸٪، ۷۸٪، ۸۳٪، ۸۳٪ و ۸۱٪ است. امتیاز اف۱ اندازه‌گیری شده در پیاده‌سازی مدل نزدیک‌ترین همسایه در نمونه داده‌های پنج هزار، پانزده هزار، بیست و پنج هزار، سی و پنج هزار و پنجاه هزار به ترتیب ۷۹٪، ۶۹٪ ، ۷۰٪، ۷۹٪ و ۷۵٪ است. صحت اندازه‌گیری شده در پیاده‌سازی مدل نزدیک‌ترین همسایه در نمونه داده‌های پنج هزار، پانزده هزار، بیست و پنج هزار، سی و پنج هزار و پنجاه هزار به ترتیب ۷۰٪، ۷۰٪، ۶۷٪، ۶۷٪ و ۷۴٪ می‌باشد.

جدول۸ اندازه‌گیری معیارهای ارزیابی عملکرد مدل رگرسیون لجستیک

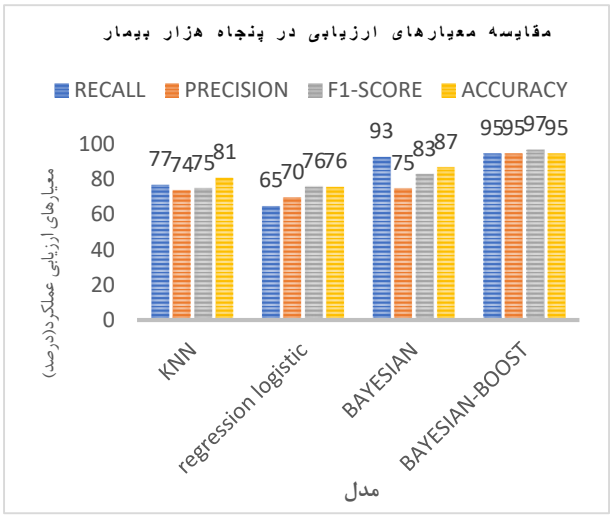
تعداد نمونه	فراخوانی	دقت	امتیاز اف ۱	صحت
۵۰۰۰	۵۵	۷۶	۶۱	۶۸
۱۵۰۰۰	۶۳	۷۹	۶۷	۷۰
۲۵۰۰۰	۷۷	۷۸	۶۹	۷۰
۳۵۰۰۰	۶۶	۷۷	۶۸	۷۱
۵۰۰۰۰	۶۵	۷۶	۷۶	۷۰

جدول ۹ محاسبه زمان اجرا در مدل رگرسیون لجستیک

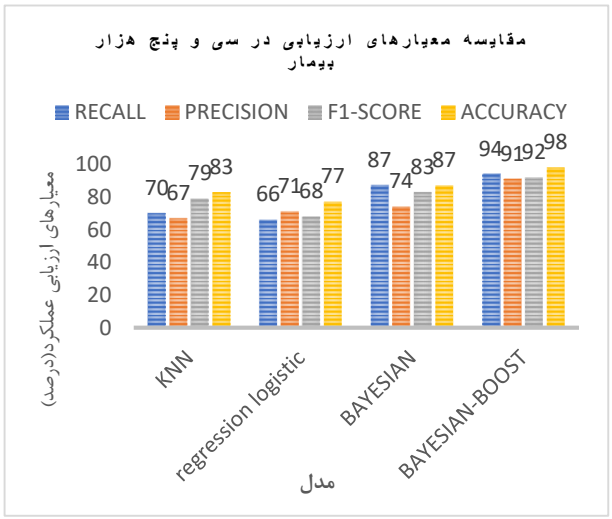
روش پیشنهادی	زمان اجرا(ثانیه) ۵۰۰۰ بیمار	زمان اجرا(ثانیه) ۱۵۰۰۰ بیمار	زمان اجرا(ثانیه) ۲۵۰۰۰بیمار	زمان اجرا(ثانیه) ۳۵۰۰۰بیمار	زمان اجرا(ثانیه) ۵۰۰۰۰بیمار
مدل رگرسیون لجستیک	۷,۲۴	۱۰,۸۹	۱۰,۹۰	۱۱,۴۰	۱۳,۴۴

جدول ۷ زمان اجرای مدل نزدیک‌ترین همسایه در بازه متفاوت از بیماران را نشان‌می‌دهد. برای پیاده‌سازی مدل رگرسیون لجستیک نیز در ابتدا داده‌های بانک اطلاعاتی به روش ساده به قسمت آموزش و آزمایش تقسیم‌بندی‌شده که نسبت آن ۸۰٪ داده‌های آموزشی و ۲۰٪ داده‌های آزمایشی است.

در جدول۸ به معیارهای ارزیابی عملکرد اندازه‌گیری‌شده توسط مدل رگرسیون لجستیک پرداخته‌شده‌است. فراخوانی اندازه‌گیری‌شده در پیاده‌سازی مدل رگرسیون لجستیک در نمونه داده‌های پنج هزار، پانزده هزار، بیست و پنج هزار، سی‌وپنج هزار وپنجاه هزار به ترتیب ۵۵٪، ۶۳٪، ۷۷٪، ۶۶٪ و ۶۵٪ می‌باشد. دقت اندازه‌گیری‌شده در پیاده‌سازی مدل رگرسیون لجستیک در نمونه‌داده‌های پنج هزار، پانزده هزار، بیست و پنج هزار، سی و پنج هزار و پنجاه هزار به ترتیب ۷۶٪، ۷۹٪، ۷۸٪، ۷۷٪ و ۷۶٪ می‌باشد. امتیاز اف۱ اندازه‌گیری‌شده در پیاده‌سازی مدل رگرسیون لجستیک در نمونه‌داده‌های پنج هزار، پانزده هزار، بیست و پنج هزار، سی و پنج هزار و پنجاه هزار به ترتیب ۶۱٪، ۶۷٪، ۶۹٪، ۶۸٪ و ۷۶٪ می‌باشد. صحت اندازه‌گیری‌شده در پیاده‌سازی مدل رگرسیون لجستیک در نمونه داده‌های پنج هزار، پانزده هزار، بیست و پنج هزار، سی و پنج هزار و پنجاه هزار به ترتیب ۶۸٪، ۷۰٪، ۷۰٪، ۷۱٪ و ۷۰٪ است. جدول ۹ زمان اجرای مدل رگرسیون لجستیک در بازه متفاوت از بیماران است.



شکل۴ مقایسه معیارهای ارزیابی در پنجاه هزار بیمار



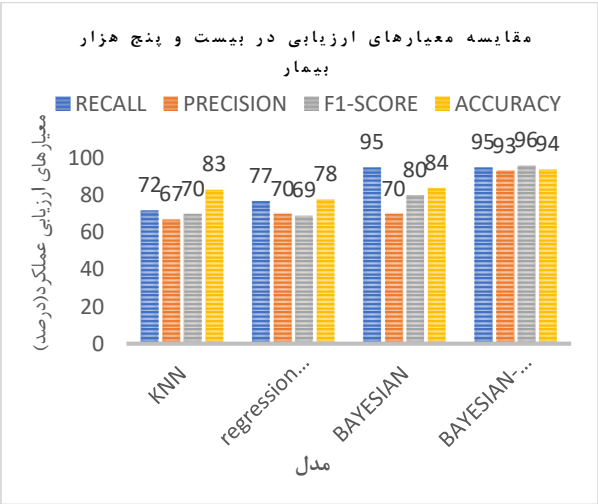
شکل۵ مقایسه معیارهای ارزیابی در سی و پنج هزار بیمار

۶. مقایسه پیاده‌سازی بر روی مجموعه داده کرونا

نتایج معیارهای ارزیابی هر کدام از روش‌های معرفی‌شده در بازه‌های متفاوت از بیماران در ادامه نشان‌داده‌می‌شود. با توجه به شکل ۴ دقت در مدل باور بیزی یا مدل توصیه‌گرتئوری بیزی ٪۸۷ درصد می‌باشد که در مدل بیزی بوستینگ این دقت به ٪۹۵ افزایش داده شده‌است. دقت مدل‌های نزدیک‌ترین همسایه و رگرسیون لجستیک به ترتیب ٪۸۱ و ٪۷۶ می‌باشد. همان‌طور که انتظارمی‌رود، مدل‌های باور بیزی و بیزی بوستینگ از دو مدل یادگیری ماشین دیگر عملکرد بالایی را داشته‌اند. همچنین با درنظرگرفتن معیارهای ارزیابی فراخوانی، صحت و امتیاز اف۱ در مدل باور بیزی در ۵۰۰۰۰ بیمار به‌ترتیب ٪۹۳، ٪۷۵ و ٪۸۳ می‌باشد. درمدل بیزی بوستینگ معیارهای اندازه‌گیری به ترتیب به ٪۹۵، ٪۹۵ و ٪۹۷ افزایش یافته است. همچنین معیارهای ارزیابی فراخوانی، صحت و امتیاز اف۱ در مدل نزدیک‌ترین همسایه و رگرسیون لجستیک، به ترتیب ٪۷۷، ٪۷۴، ٪۷۵ و ٪۶۵، ٪۷۰ و ٪۷۶ به‌دست‌آوردند.

با توجه به شکل ۵، دقت در مدل باور بیزی ٪۸۷ درصد است که در مدل بیزی بوستینگ این دقت به ٪۹۸ افزایش یافته‌است. دقت مدل‌های نزدیک‌ترین همسایه و رگرسیون لجستیک به ترتیب ٪۸۳ و ٪۷۷ است. مدل‌های باور بیزی و بیزی بوستینگ از دو مدل یادگیری ماشین دیگر عملکرد بالایی را داشته‌اند. با درنظرگرفتن معیارهای ارزیابی فراخوانی، صحت و امتیاز اف۱ در مدل باور بیزی در این بازه نمونه ۳۵۰۰۰ بیمار، به‌ترتیب ٪۸۷، ٪۷۴ و ٪۸۳ است. درمدل بیزی بوستینگ معیارهای اندازه‌گیری به ترتیب به ٪۹۴، ٪۹۱ و ٪۹۲ افزایش یافته‌است. همچنین معیارهای ارزیابی فراخوانی، صحت و امتیاز اف۱ در مدل نزدیک‌ترین همسایه و رگرسیون لجستیک، توانسته‌اند به ترتیب ٪۷۰، ٪۶۷ ، ٪۷۹ و ٪۶۶، ٪۷۱ و ٪۶۸ را به‌دست‌آورند.

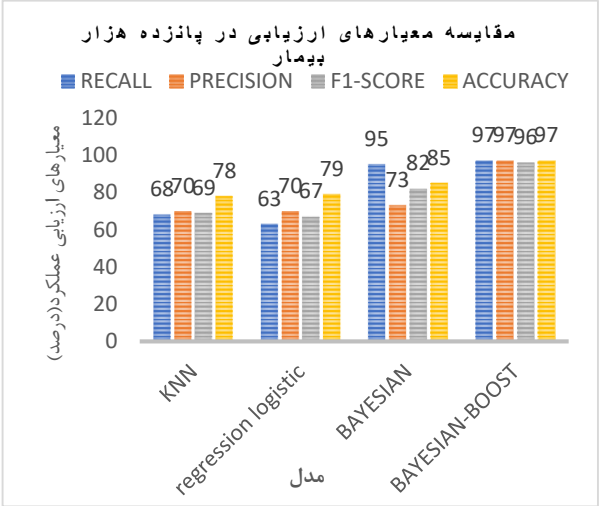
در شکل ۶ دقت در مدل باور بیزی ٪۸۴ درصد می‌باشد که در مدل بیزی بوستینگ این دقت به ٪۹۴ افزایش داده‌شده‌است. دقت مدل‌های نزدیک‌ترین همسایه و رگرسیون لجستیک به ترتیب ٪۸۳ و ٪۷۸ است. بنابراین، مدل‌های باور بیزی و بیزی بوستینگ از دو مدل یادگیری ماشین دیگر عملکرد بالایی را داشته‌اند. همچنین با در نظر گرفتن معیارهای ارزیابی فراخوانی، صحت و امتیاز اف۱ در مدل باور بیزی در این بازه نمونه ۲۵۰۰۰ بیمار، به ترتیب ٪۹۵، ٪۷۰ و ٪۸۰ است. در مدل بیزی بوستینگ معیارهای اندازه‌گیری به ترتیب به ٪۹۵، ٪۹۳ و ٪۹۶ افزایش یافته‌است. همچنین معیارهای ارزیابی فراخوانی، صحت و امتیاز اف۱ در مدل نزدیک‌ترین همسایه و رگرسیون لجستیک، توانسته‌اند به ترتیب ٪۷۲، ٪۶۷، ٪۷۰ و ٪۷۷ ،٪۷۰ و ٪۶۹ را به‌دست آورند.



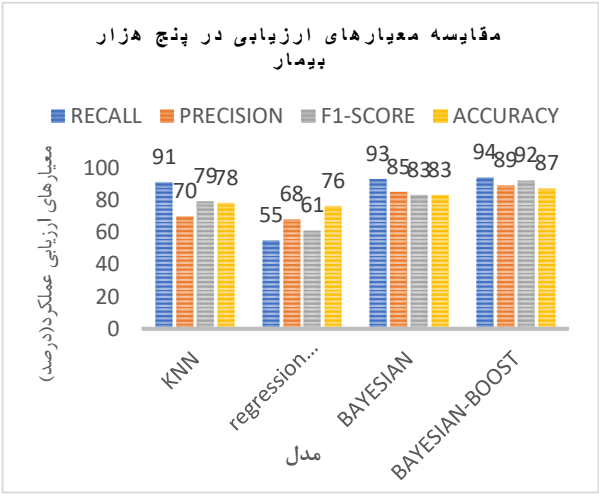
شکل۶ مقایسه معیارهای ارزیابی در بیست و پنج هزار بیمار

در شکل ۷، دقت در مدل باور بیزی، ٪۸۵ درصد است که در مدل بیزی بوستینگ این دقت به ٪۹۷ افزایش داده‌شده‌است. دقت مدل‌های نزدیک‌ترین همسایه و رگرسیون لجستیک به ترتیب ٪۷۸ و ٪۷۹ است. همان‌طور که انتظار می‌رود، مدل‌های باور بیزی و بیزی بوستینگ از دو مدل یادگیری ماشین دیگر عملکرد بالایی را داشته‌اند. همچنین با

درنظرگرفتن معیارهای ارزیابی فراخوانی، صحت و امتیاز اف۱ در مدل باور بیزی در این بازه نمونه ۱۵۰۰۰ بیمار به ترتیب ٪۹۵، ٪۷۳ و ٪۸۲ است. در مدل بیزی بوستینگ معیارهای اندازه‌گیری به ترتیب به ٪۹۷، ٪۹۷ و ٪۹۶ افزایش یافته‌است. همچنین معیارهای ارزیابی فراخوانی، صحت و امتیاز اف۱ در مدل نزدیک‌ترین همسایه و رگرسیون لجستیک، توانسته‌اند به ترتیب ٪۶۸، ٪۷۰، ٪۶۹ و ٪۶۳، ٪۷۰ و ٪۶۷ را به‌دست آورند.



شکل ۷ مقایسه معیارهای ارزیابی در پانزده هزار بیمار



شکل ۸ مقایسه معیارهای ارزیابی در پنج هزار بیمار

دقت در مدل باور بیزی، ٪۸۳ درصد است و در بیزی بوستینگ به ٪۸۷ افزایش یافته‌است.(شکل ۸) دقت مدل‌های نزدیک‌ترین همسایه و رگرسیون لجستیک به ترتیب ٪۷۸ و ٪۷۶ است. لذا، مدل‌های باور بیزی و بیزی بوستینگ عملکرد بهتری داشتند. با درنظرگرفتن معیارهای ارزیابی فراخوانی، صحت و امتیاز اف۱ در مدل باور بیزی در بازه نمونه ۵۰۰۰ بیمار، به ترتیب ٪۹۳، ٪۸۵ و ٪۸۳ است و در مدل بیزی بوستینگ به ترتیب به ٪۹۴، ٪۸۹ و ٪۹۲ افزایش یافته‌است. معیارهای ارزیابی فراخوانی، صحت و امتیاز اف۱ در مدل نزدیک‌ترین همسایه و رگرسیون لجستیک، به ترتیب ٪۹۱، ٪۷۰، ٪۷۹ و ٪۵۵، ٪۶۸ و ٪۶۱ است..

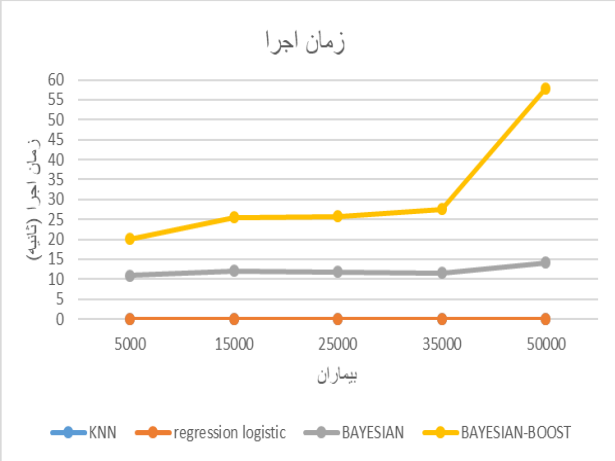
جدول ۱۰ نتایج دقت اندازه‌گیری‌شده در مدل باور بیزی و مدل ترکیبی بیزی بوستینگ است. مدل باور بیزی توانسته با درصد دقت قابل‌توجهی احتمال مبتلا به بیماری کرونا را در افراد پیش‌بینی‌کند. این مقاله با استفاده از مدل ترکیبی بیزی بوستینگ درصدد بهبود دقت مدل پیشنهادی باور بیزی برآمده‌است. قابل ذکر است که در بازه ۳۵۰۰۰ بیمار، درصد بالاتری از دقت برای هر دو مدل اندازه‌گیری شده‌است. جدول ۱۱ و شکل ۹ نیز زمان اجرای هر الگوریتم را بر حسب ثانیه نشان‌می‌دهند.

جدول ۱۰ مقایسه دقت مدل‌های پیشنهادی در پژوهش

مدل	دقت مدل‌های پیشنهادی (درصد)				
	تعداد بیماران				
	۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	۲۵۰۰۰	۳۵۰۰۰	۵۰۰۰۰
بیزی بوستیگ	۸۷	۹۷	۹۴	۹۸	۹۵
باور بیزی	۸۳	۸۵	۸۴	۸۷	۸۷

جدول ۱۱ مقایسه زمان اجرا در مقاله پژوهشی

مدل / تعداد بیمار	بیزی بوستینگ	باور بیزی	رگرسیون لجستیک	نزدیک‌ترین همسایه
۵۰۰۰	۹,۱۶	۱۰,۹۷	۷,۲۴	۱,۳۸
۱۵۰۰۰	۱۳,۳۹	۱۲,۱۰	۱۰,۸۹	۱,۸۲
۲۵۰۰۰	۱۳,۹۹	۱۱,۸۳	۱۰,۹۰	٤,۰۷
۳۵۰۰۰	۱۵,۹٦	۱۱,۵۵	۱۱,٤۰	٦,۱۲
۵۰۰۰۰	٤۳,۸۵	۱٤,۰۹	۱۳,٤٤	۱۱,۹۷



شکل ۹ نمودار زمان اجرای الگوریتم‌ها

۷. پژوهش‌های آتی

کووید-۱۹ خسارات زیادی در زندگی انسان‌ها، تأثیرات اقتصادی و تحولات اجتماعی ایجاد رده‌است. تا مارس ۲۰۲۳، بیش از ۴۷۰ میلیون نفر طعمه این بیماری شدند که منجر به مرگ بیش از ۶ میلیون نفر شد [۴] . این بیماری همه‌گیر تأثیر مخرب زیادی بر سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی در سراسر جهان داشت و بسیاری از کشورها را با کمبود شدید تجهیزات پزشکی، تخت‌های بیمارستانی و متخصصان پزشکی مواجه‌کرد. تلفات اقتصادی این بیماری همه‌گیر به همان اندازه ویرانگر بود. بسیاری از مشاغل تعطیل شده و افراد شغل خود را از دست دادند. اقتصادهای سراسر جهان وارد رکود شد و زنجیره تأمین جهانی مختل‌شد؛ بنابراین, ظهور همه‌گیری کووید-۱۹ مؤید نقش حیاتی فناوری‌های مبتنی بر اینترنت اشیا در تقویت سیستم‌های سنتی مراقبت‌های بهداشتی برای کمک به کنترل شیوع ویروس‌های خطرآفرین است. این فناوری‌ها جمع‌آوری داده‌ها، نظارت از راه دور و قابلیت‌های تشخیص زودهنگام را ارائه می‌دهند تا سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی کارآمدتر و پایدارتری را که نتایج و ایمنی بیمار را در اولویت قرار می‌دهند، فعال‌کنند. فناوری‌های مجهز به اینترنت اشیا، مانند حسگرها، هوش مصنوعی، فناوری ارتباطات، محاسبات ابری و لبه‌ای و روباتیک پتانسیل قابل‌توجهی برای کنترل گسترش کووید-۱۹ دارند. آن‌ها برای تشخیص علائم اولیه عفونت، تسهیل مشاوره از راه دور، ردیابی تجهیزات پزشکی و خودکارسازی وظایف برای به حداقل رساندن خطر انتقال به‌کارمی‌روند. تحقیقات جامع برای ارزیابی ادبیات دانشگاهی موجود و طراحی یک زیست‌بوم اینترنت اشیا که بتواند ظرفیت سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی مرسوم را برای مبارزه با وقوع پیش‌بینی‌شده همه‌گیری‌های آینده تقویت‌کند، ضروری است. بنابراین، ادغام هوش مصنوعی با دستگاه‌های اینترنت اشیا مانند پوشیدنی‌ها و حسگرها می‌تواند دقت و سودمندی پیش‌بینی‌ها و تحلیل‌ها را افزایش دهد؛ ازجمله داده‌ها و بینش‌هایی را در زمان واقعی درباره انتقال کووید-۱۹ و عوامل خطر ارائه‌دهد، که منجر به رهیافت-های دقیق‌تر و کارآمدتر شود. توسعه سیستم‌های توصیه‌گر و پزشکیار با قابلیت همکاری بالا برای به اشتراک‌گذاری داده‌ها، هماهنگی مراقبت‌های بهداشتی، و توسعه یک سیستم مراقبت بهداشتی یکپارچه بسیار مهم است. استانداردهای تعامل‌پذیری می‌توانند با تسهیل ارتباط و همکاری بین ارائه‌دهندگان مراقبت‌های بهداشتی، شیوه‌های مراقبت-های بهداشتی را ارتقا دهند.

نتایج حاصل از این مقاله می‌تواند برای توسعه رویکردهای پزشکی شخصی برای درمان و مدیریت کووید-۱۹ استفاده‌شود. این شامل توسعه ابزارهای تشخیصی مبتنی بر هوش مصنوعی و استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌ها برای شناسایی زیر گروه‌هایی از بیماران است که ممکن است به درمان‌های خاص پاسخ متفاوتی بدهند. علاوه بر این، استفاده از چاپ سه بعدی برای ایجاد دستگاه‌های پزشکی سفارشی متناسب با نیازهای بیمار می‌تواند پزشکی شخصی‌سازی شده را بیشتر پیش ببرد.

۸. نتیجه‌گیری

نتایج اندازه‌گیری‌شده در الگوریتم‌های مورد استفاده در این مقاله نشان‌می‌دهد که مدل توصیه‌گر تئوری بیزی یادشده در این پژوهش، به‌دلیل طراحی شبکه باور بیزی و با درنظرداشتن پنج ویژگی مربوط به علائم کووید-۱۹ در داده‌های آموزشی، و البته با محاسبه درصد احتمال هر نمونه از حالت‌های مختلف این ویژگی توانسته احتمال ابتلا به بیماری کرونا در افراد جدید را با دقت بالاتری نسبت به دو مدل نزدیک‌ترین همسایه و رگرسیون لجستیک محاسبه‌کند. همچنین با درنظرگرفتن مدل ترکیبی بیزی‌بوستینگ احتمال ابتلا به کووید-۱۹ با دقت بالاتری پیش‌بینی شد. قابل‌ذکر است که در مدل باور بیزی، مدل درخت تصمیم با یادگیری بیشتری به پیش‌بینی بیماری کرونا پرداخته است. حریصانه بودن مدل درخت تصمیم و استفاده از احتمالات شرطی توانسته با قابلیت تفسیرپذیری بیشتر، به بهبود عملکرد مدل باور بیزی منجرشده‌است. مدل پیشنهادی باور بیزی و بیزی بوستینگ زمان اجرای بالاتری را نیز نسبت به دو مدل دیگر به خود اختصاص داده‌اند. بدیهی است که در مدل باور بیزی با طراحی شبکه و محاسبه احتمال ابتلا به کرونا در ۳۲ حالت مختلف از شش متغیر وابسته و مستقل و همچنین یا وجود دو مرحله‌ای بودن و ترکیب مدل باور بیزی با مدل درخت تصمیم، زمان بیشتری را دارند. در مجموع بایدگفت که با وجود به‌دست‌آوردن نتایج مطلوبتر از عملکرد، مدت زمان اجرای الگوریتم‌های پیشنهادی بیشتر است و در مقابل سرعت اجرا در دو مدل نزدیک‌ترین همسایه و رگرسیون لجستیک بالاتر است.

منابع

[1] P. Sunhare, R. R.Chowdhary, and M. K.Chattopadhyay. "Internet of things and data mining: An application oriented survey". *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, vol. 34, no. 6, pp.3569-3590. 2022

[2] M. Gholami, Sh. Damanabi, P. Rezaei Hachesu, and F. S. Ghyassi. "Evaluation of Nursing Information Systems using the HIS-Monitor Instrument: Nurses Perspectives". *Iranian Journal of Medical Informatics*, vol. 8, no. 1, 2019.

[3] E. M. Silva, and R. Jardim-Goncalves. "IoT ecosystems design: A multimethod, multicriteria assessment methodology". *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 7, no. 10, pp.10150-10159. 2020.

[4] D. Kumar, S. K. Sood, and K. S. Rawat. "IoT-enabled technologies for controlling COVID-19 Spread: A scientometric analysis using CiteSpace". *Internet of Things*, vol. 23, pp.100863. 2023

[5] W. Lindquist, S. Helal, A. Khaled, and W. Hutchinson. "IoTility: architectural requirements for enabling health IoT ecosystems". *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, vol. 9, no. 3, pp.1206-1218. 2019.

[6] M. Ndiaye, S. S. Oyewobi, A. M. Abu-Mahfouz, G. P. Hancke, A. M. Kurien, and K. Djouani, K. "IoT in the wake of COVID-19: A survey on contributions, challenges and evolution". *Ieee Access*, 8, pp.186821-186839. 2020

[7] R. Sandhu, S. K. Sood, and G. Kaur" An intelligent system for predicting and preventing MERS-CoV infection outbreak". *The Journal of supercomputing*, vol. 72, no. 8, pp.3033-305. 2016.

[8] P. Verma. and S. K. Sood, 2018." Fog assisted-IoT enabled patient health monitoring in smart homes". *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 5, no. 3, pp.1789-1796. 2018.

[9] P. Verma, and S. K. Sood. "A comprehensive framework for student stress monitoring in fog-cloud IoT environment: m-health Perspective". *Medical & biological engineering & computing*, vol. 57, no. 1, pp. 231-244. 2019.

[10] M. Bhatia and S.K. Sood. "Exploring temporal analytics in fog-cloud architecture for smart office healthcare". *Mobile Networks and Applications*, *24*(4), pp.1392-1410. 2019.

[11] Z. Karimi, H. Haghihi. "The Opinion Mining of Digikala Reviews by Semi-Supervised Support Vector Machine" *Intelligent Multimedia Processing and Communication Systems*, vol. 1, no. 11, pp. 51-61, 2023.

[12] M. Bazergani, M. and Homayounpour, Z. "Providing A New Method to Discover the Closest Neighborhood in Recommendation Systems Based on Collaborative Filtering" *Intelligent Multimedia Processing and Communication Systems*, vol. 1, no. 1, pp. 55-64, 2020.

[13] G. Latif , A. Shankar, J. M. Alghaz, V. Kalyanasundaram, C. S. Boopathi, and M. Arfan Jaffar. "I-CARES: advancing health diagnosis and medication through IoT". *Wireless Networks*. vol. 26, no. 4, pp. 2375-2389. 2020.

[14] P. Verma, S. K. Sood. "Cloud-centric IoT based disease diagnosis healthcare framework". *Journal of Parallel and Distributed Computing*. vol. 116, pp. 27-38. 2018.

[15] J. Han, M. Kamber, and J. Pei. "Data Mining Concepts and Techniques", Third Edition, Elsevier Publisher, USA, 2012.

[16] G.F. Cooper, and E. Herskovits, "A Bayesian method for the induction of probabilistic networks from data". *Machine learning*, vol. 9, no. 4, pp.309-347. 1992.

[17] M. Esmaeili, Azad University publisher, "Concepts and techniques of data mining". 2018.

[18] Kaggle. (March 2020-November 2021). Covid-19 Dataset for year 2020 & 2021. https://www.kaggle.com/datasets/mykeysid10/covid19-dataset-for-year-2020/data?select=covid_data_2020-2021.csv

پی‌نوشت

1. Ecosystem
2. Internet of Things
3. Recommender
4. Wireless Sensor Network
5. Local Processing Unit
6. Agents
7. COVID-19
8. Bayesian Belief Network
9. Bayesian boosting
10. K-nearest neighbors
11. Liner regression
12. Neural network
13. Fog-cloud architecture
14. Perception Layer
15. Network Layer
16. Logistic regression
17. Conditional Independence
18. Conditional probability table
19. Decision Tree
20. K-Nearest Neighbors Algorithm
21. Kaggle