طراحی الگوریتم بهینهٔ تشخیص سریع بیماری کووید۱۹ بر پایهٔ اینترنت اشیا

سیده زهره حسینی[۱]، رضا رادفر[*۲]، امیراشکان نصیری‌پور[۳] و علی رجب‌زاده قطری[۴]

گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکدهٔ مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

گروه مدیریت تکنولوژی، دانشکدهٔ مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

گروه مدیریت خدمات بهداشتی و درمانی، دانشکدهٔعلوم و فناوری‌های پزشکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

گروه مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ مدیریت صنعتی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

چکیده

توسعهٔ فناوری اطلاعات و استفاده از آن در نظام‌های بهداشتی، اقدامات بسیاری برای محافظت و ارتقای سلامت انسان انجام داده‌است، بااین‌حال، جهان همچنان با تهدیدهای طولانی‌مدت و تکرار مجدد بیماریهای عفونی روبه‌روست. بیماری هدف در این پژوهش باتوجه‌به اهمیت و فراگیری آن، کووید۱۹ است. روش پژوهش از نظر طرح‌واره، تفسیری و از لحاظ راهبردی، اکتشافی است. بر اساس نوع گردآوری داده‌ها، از نوع پژوهش‌های کیفی و باتوجه‌به توسعهٔ الگوریتم‌ها، روش پژوهش مبتنی‌بر علم طراحی است. این پژوهش در یک فرایند هفت‌مرحله‌ای انجام شد. ویژگی‌های اینترنت اشیا در پژوهش حاضر با نظر خبرگان استخراج، و ویژگی‌های به‌دست‌آمده در آزمایش الگوریتم «k نزدیک‌ترین همسایگی» بر روی داده‌ها برای تعیین بهترین الگو ایجاد شد. نتایج ارزیابی الگوریتم پیشنهادی برای پیش‌بینی بیماری کووید۱۹، دقت بالاتر از ۹۸ درصد را نشان دادند. همچنین، حساسیت بالاتر از ۹۸ درصد که برای تشخیص بیماری کووید۱۹ اهمیت بالایی دارد و نشان‌دهندهٔ کم‌بودن موارد منفی کاذب در نتایج آزمون است، در این الگوریتم به‌دست‌آمد.

کلیدواژه‌ها: اینترنت اشیاء، اینترنت اشیا، بیماری‌های واگیر، کووید۱۹، یادگیری ماشین، هوش مصنوعی

Designing an Optimal Diagnosis Algorithm Based on IoT for Covid 19

Seyedeh Zohreh Hosseini[1], Reza Radfar[2*], Amir Ashkan Nasiripour[3] and Ali Rajabzadeh Ghatary

Ph.D Student in IT Management, Management and Economics Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Professor, Management and Economics Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Associate Professor, Medical Sciences and Technologies Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Professor, Industrial Management Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Abstract

The development of information technology and its use in the health system has taken many measures to protect and promote human health; however, the world still faces long-term threats and recurrence of infectious diseases.

Understanding the dynamics of infectious diseases is important in controlling the disease, because the network and the mode of impact of infectious diseases are very complex. The management of infectious diseases can also be considered as a complex, social system due to the fact with many complexities (such as dimensions, parameters, interactions, behaviors and rules), for this reason, the approach of the present study is a multifaceted understanding of the spread of infectious diseases. To design the present model, an intelligent system with a combination of mathematical, machine learning and epidemiological

[*] نویسندهٔ عهده‌دار مکاتبات

[*] Corresponding author

• تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۱ • تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۱۲ • تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۲۴ • نوع مطالعه: کاربردی

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.3.87]

dimensions is proposed. The disease studied in this study, due to its importance and prevalence, is Covid 19. In this study, with the approach of complex systems and using the Internet of Things and machine learning methods, an algorithm was presented that uses environmental, individual variables to predict the probability of disease in an individual. Therefore, this research can improve the prevention of infectious diseases by filling some of the gaps in 3 sections: 1- Re-emergence of infectious diseases and the potential of IoT and AI, 2- Speed of dissemination and importance of real-time tracking, and 3- Budget and cost. The evaluation of the algorithm in this study was determined by two criteria of sensitivity and specificity.

The results of the proposed algorithm for predicting Covid 19 disease showed an accuracy of more than 98%. Sensitivity. Above 98% was also obtained. Which is very important for the diagnosis of Covid disease 19 and shows the low number of false negatives in the test results. Therefore, the proposed model, combined with the Internet of Things and machine learning, can cause early diagnosis and prevent the spread of the Covid-19 disease with high specificity and sensitivity.

Keywords: IoT, Infectious Diseases, Covid19, Machine Learning, Artificial Intelligence

۱- مقدمه

منافع ملی ما ناگزیر با سلامت مردم در سراسر جهان مرتبط است. سرمایه‌گذاری در بهداشت، مانند آموزش‌وپرورش، سرمایه‌گذاری در سرمایهٔ انسانی است که می‌تواند به شکستن چرخهٔ فقر و بی‌ثباتی سیاسی و همچنین، سلامت جامعه به توسعهٔ اقتصادی ملی و جهانی کمک کند؛ بنابراین، در شکل‌گیری ثبات و رفاه یک ملت یا منطقه نقش زیادی دارد **[1]**.

برخلافِ پیشرفت‌های شگرف علم پزشکی در زمینه‌های پیش‌گیری و درمان بیماری‌های واگیر، هنوز هم بیماری‌های عفونی با قابلیت ایجاد همه‌گیری به‌عنوان بزرگترین چالش بهداشتی در سراسر جهان مطرح هستند **[2] [3]**. همه‌گیری بیماری‌های عفونی بیش‌از هر علت دیگری باعث مرگ انسان‌ها در تاریخ شده‌است **[4]**.

در دنیایی که از طریق جابه‌جایی مردم و کالاها، بیشتر از هر زمان دیگری به‌هم‌پیوسته است، شیوع بیماری همه‌گیر نشان‌دهندهٔ یک چالش مهم مراقبت‌های بهداشتی است. این روزها تحرک اجتماعی و مکانی پیشرفت کرده و انتشار جغرافیاییِ بیماری‌ها را به‌طور فزاینده‌ای آسان کرده‌است. پاتوژن‌های نوظهور نیز می‌توانند به‌سرعت ظاهر شوند و گسترش یابند **[5]**.

توسعهٔ فناوری اطلاعات و استفاده از آن در سامانه‌های بهداشتی، می‌تواند راه‌حلی تازه در برابر تهدیدات بیماری‌های عفونی باشد **[4]** .

چالش‌های بهداشتی بی‌شک مهم‌ترین موانع توسعهٔ پایدار جهانی است و با مشکلات اجتماعی و اقتصادی مختلف و ناکافی بودن منابع بزرگ می‌شود. دسترسی محدود به مراقبت‌های بهداشتی مانع عمده‌ای برای پایداری اجتماعی و اقتصادی در سراسر جهان است **[6]**.

بنابراین، برای مدیریّت همه‌گیری کووید۱۹ در مناطق مختلف، تشخیص زودهنگام، مدیریت مناسب بیماران مشکوک به این بیماری، شناسایی و جداسازی فوری منبع عفونت، قطع مسیر انتقال و جلوگیری از انتقال ویروس از بیماران بالقوه یا ناقلان بسیار مهم است **[7]**.

دلیل فقدان هرگونه راهبرد درمانی ویژه، پیش‌گیری و فاصله اجتماعی به‌عنوان بهترین راهبرد دفاعی ممکن در برابر بیماری همه‌گیر کووید۱۹ در زمان نگارش این مقاله مشخص شده‌است. بااین‌وجود، نیاز به فاصلهٔ اجتماعی، دولت‌های سراسر جهان را وادار به افزایش قرنطینه کرده‌است و این یک عارضهٔ بزرگ در اقتصاد جهانی است. طبق تخمین‌های ارائه‌شده، همه‌گیر کووید۱۹ این امکان را دارد که طی دو سال باعث سقوط بیش از ۵.۵ تریلیون دلار آمریکا در اقتصاد جهانی شود **[8]**.

در ایران باتوجه‌به جمعیت، بودجهٔ کل بهداشت و درمان دولت بسیار پایین است (۲.۳ درصد از تولید ناخالص داخلی)، بنابراین، ایرانی‌ها بیش از ۴۲٪ از هزینه‌های سلامتی خود را از پس‌انداز شخصی خود پرداخت می‌کنند. از آمار در مقایسه با سایر اقتصادهای نوظهور (۷.۷ درصد) پایین‌تر است **[9]**.

ایران از نظر نابرابری در دسترسی به مراقبت‌های بهداشتی نیز با چالش‌های خاصی روبه‌روست. مطابق شاخص متوسط کشوری سال ۱۳۹۸، به‌ازای هر هزار نفر در ایران، فقط ۱.۷۲ تخت و ۰.۱ پزشک عمومی در بیمارستان‌های دولتی و خصوصی وجود داشته‌است **[10]**.

این در حالی است که بالاترین میزان سرانهٔ تخت به‌ازای هر هزار نفر، در سال ۲۰۲۰ برای کرهٔ جنوبی برابر ۱۲ و برای میانگین جهانی برابر سه تخت بوده‌است **[11]**. علاوه‌بر این کمبود کارکنان بهداشت و درمان نیز یکی از

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.3.87]

معضلات بزرگ کشور است. میانگین تعداد پرستار در کشور، ۰.۹ نفر به‌ازای هر تخت بیمارستانی است **[12]**.

برای مدیریّت انتقال عفونت در دنیا روش‌های مختلفی وجود دارد که هرکدام از آنها نقاط قوت و ضعف ویژهٔ خود را دارند. روش‌ها به‌طور معمول، بر اساس اهدافی که مدنظر است، تعیین می‌شوند **[13]**.

اینترنت اشیا[1] یا **IoT** یک فناوری است که قابلیت ارسال داده از طریق شبکه‌های ارتباطی، اعم از اینترنت یا اینترانت برای هر چیزی (انسان، حیوان یا اشیا) را فراهم می‌کند و در حوزه‌های مختلف پزشکی مانند سامانه‌های مراقبت از راه دور بیماران، سامانه‌های هشداردهندهٔ اورژانس، برنامه‌های تناسب اندام، مدیریّت دارو و بیماری‌های مزمن، مدیریّت سالمندان و... استفاده می‌شود **[14]**.

استفاده از الگوهای ریاضی و شبیه‌سازی در سال‌های اخیر کمک زیادی به شناخت رفتار روش شیوع بیماری‌ها کرده‌است. این شناخت در به‌کارگیری روش‌های مناسب در برخورد با شیوع بیماری‌ها نیز بسیار مؤثر بوده‌است. ترکیب الگوهای ریاضی با استفاده از اینترنت اشیا یک روش بسیار کارآمد برای مطالعهٔ رفتار سیستم در شیوع بیماری‌هاست **[15]**.

امروزه باتوجه‌به مهم‌بودن مسئلهٔ سلامت در حوزهٔ بیماری‌های واگیر، وجود سامانه‌ای به‌منظور پیش‌بینی و مدیریّت همه‌گیری‌ها لازم است و نقش سامانهٔ مدیریتی در این بین اهمیت زیادی دارد، زیرا با پیش‌گیری از شیوع همه‌گیری، می‌تواند علاوه‌بر ارزش بالای انسانی در جوامع، سودآوری اقتصادی نیز برای نظام‌های سلامت داشته‌باشد **[16] [17]**.

تعیین اولویت‌های پژوهشی یکی از موضوعات مهم در نظام پژوهش‌های سلامت است؛ به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه که توانایی اختصاص منابع مالی برای هر طرح پژوهشی وجود ندارد. بررسی‌ها در ایران نشان می‌دهد که بیماری‌های عفونی و واگیردار جزء مهم‌ترین چالش‌های کشور است، در همین راستا بررسی‌ای که با هدف تعیین اولویت‌های پژوهش‌های سلامت انجام شده‌است، بیماری‌های عفونی و واگیردار اولین اولویت نهادها و دانشگاه‌های ایران از میان نه اولویت اشاره‌شده در پژوهش‌ها بوده‌است **[18]**. علاوه‌بر این، بیشترین میزان ابتلا و مرگ‌ومیر بیماری‌های عفونی در کشورهای درحال‌توسعه رخ می‌دهد **[19]**.

در حال حاضر بسیاری از مردم خدمات موردانتظار خود را در حوزه سلامت دریافت نمی‌کنند. بسیاری از کشورها نیز با چالش ارائهٔ خدمات کافی و مناسب سلامت روبه‌رو هستند. از جملهٔ این چالش‌ها می‌توان به فاصلهٔ فیزیکی بین پزشکان و بیماران، تعداد کم متخصصان کارآزموده در حوزهٔ سلامت، پیچیدگی بیش‌از حد ارتباط بین سامانه‌های جزیره‌ای پزشکی و هزینه‌های تجهیزات و زیربناهای حوزهٔ سلامت اشاره کرد. به‌علاوه شیوع بالای بیماری‌های مزمن در جوامع توسعه‌یافته و درحال‌توسعه، ضرورت استفاده از روش‌های جدید، مؤثر و بر پایه فناوری را آشکار می‌سازد **[20]**.

در کشورهای درحال‌توسعه، استفاده از تلفن‌های همراه فراوانی بالایی دارد. به همین دلیل برنامه‌های مراقبت‌های بهداشتی به نام سلامت همراه۲ که شامل تلفیق رایانه‌های سیار، حسگرهای پزشکی و دستگاه‌های قابل‌حمل هستند، در حال ظهور و گسترش است. همچنین، طی چند سال آینده، تلفن‌های هوشمند برای افراد بی‌سواد در کشورهای درحال‌توسعه مقرون‌به‌صرفه خواهدشد. به‌تازگی، کارهایی نیز برای توسعهٔ برنامه‌های سلامت همراه انجام شده‌است که برای افراد کم‌سواد قابل‌استفاده باشند **[6]**.

داده‌های تلفن همراه برای نظارت بر الگوی تحرک در زمان واقعی ارزشمند است. چنین اطلاعاتی ظرفیّت زیادی در الگوسازی و مدیریّت همه‌گیر شناختی دارد، درحالی‌که به‌دست‌آوردن اطلاعات تحرک افراد با روش‌های سنتی به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه با تغییر سریع محیط شهری و منابع محدود برای انجام بررسی‌های سفر اغلب غیرقابل‌اعتماد و دشوار است **[21]**.

اگرچه در سال‌های آیندهٔ نسل پنجم ارتباطات سیار همراه با نرخ انبوه افزایش داده در مقایسه با نسل‌های قبلی منتشر خواهدشد، بااین‌وجود، اینترنت اشیا برای برنامه‌های مدیریت سلامت می‌تواند به قدیمی‌ترین نسل اینترنت (نسل دوم) تکیه کند، این یک ویژگی مهم برای کشورهای درحال‌توسعهٔ جهان است **[22]**.

به‌عنوان‌مثال، بررسی‌ها در بخش مراقبت‌های بهداشتی در هند نشان می‌دهد که مراقبت‌های بهداشتی با اینترنت اشیا می‌تواند زندگی میلیون‌ها انسان را در نواحی روستایی و دورافتاده نجات دهد **[23]**.

علاوه‌بر داده‌های اینترنت اشیا، هوش مصنوعی نیز می‌تواند نقش قابل‌توجهی در بهبود سلامت در کشورهای درحال‌توسعه داشته‌باشد. هوش مصنوعی شکلی از محاسبات است که به ماشین‌ها اجازه می‌دهد تا با انجام

[1] Internet of Things

[2] mHealth

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.3.87]

عملکردهای شناختی، مشابه روشی که انسان‌ها انجام می‌دهند، به ورودی کنش یا واکنش نشان دهند. در رویکرد هوش مصنوعی، داده‌های جمع‌آوری‌شده با استفاده از حس‌گرهای اینترنت اشیا به مرکز پردازش فرستاده می‌شود؛ محلی که ماشین‌ها برای تجزیه‌وتحلیل، تفسیر و حل یک مشکل طراحی شده‌اند. در یادگیری ماشین که بخشی از هوش مصنوعی است، رایانه یاد می‌گیرد چگونه به یک نتیجهٔ خاص واکنش نشان دهد و در آینده می‌داند که به همان روش عمل کند. این امر حتی در کشورهای درحال‌توسعه که منابع، هزینه مراقبت‌های بهداشتی و سایر محدودیت‌ها از ارائهٔ مراقبت بهینه جلوگیری می‌کند، نیز قابل‌اجراست **[24]**.

علاوه‌بر این موارد، در وضعیت کنونی جهان، دسترسی به دارو هنوز یک محدودیت (مالی) در کشورهای درحال‌توسعه است، بنابراین، استفاده از هوش مصنوعی برای قطع انتقال ممکن است به بهترین راهبرد بلندمدت مقرون‌به‌صرفه تبدیل شود **[24]**. به همین دلیل تمرکز ما در این مقاله به استفاده از هوش مصنوعی برای پیش‌بینی بیماری کووید۱۹ و کمک به قطع زنجیره انتقال است.

۲- روش کار

روش پژوهش از نظر طرح‌واره، تفسیری و از لحاظ راهبردی اکتشافی است؛ از نظر اجرا نیز در دستهٔ توصیفی- تجویزی طبقه‌بندی می‌شود.

ضمن‌این‌که بر اساس نوع گردآوری، داده‌ها از نوع پژوهش‌های کیفی بوده و باتوجه‌به ارائهٔ الگوریتم، روش پژوهش در این پژوهش مبتنی‌بر علم طراحی **[25]** است.

مجموعهٔ اطلاعات مندرج در این پژوهش با جستجو در کتابخانه‌های برخط دانشگاه‌های معتبر دنیا و مطالعهٔ مقالات مرتبط و همچنین، پایگاه‌داده‌های بهداشت جهانی با رعایت کامل معیارهای پژوهش‌نویسی و اصول امانت‌داری گردآوری شده‌است.

قلمروی موضوعی مقالات با محوریت پیشگیری از شیوع بیماری‌های واگیر با استفاده از رویکردهای آماری، ریاضی، اینترنت اشیا و یادگیری ماشین بوده و بیماری هدف کووید۱۹ است.

ابزارهای مورداستفاده در این مقاله عبارت‌اند از: فیش‌برداری الکترونیکی از منابع کتابخانه‌ای و همچنین نمونه‌برداری از مجموعه مقالات حوزهٔ مطالعه و ابزار پرسش‌نامه.

در پژوهش از روش فراترکیب **[25]** برای شناسایی فاکتورهای موثر اینترنت اشیا برای کنترل شیوع بیماری و از الگوی **SIR** *مک کندریک و کرماک*۱ (۲۰۱۶)**[26]** برای ردیابی بیماری استفاده شده‌است. همچنین، برای تعیین نهایی متغیرهای مؤثر در الگو از روش دلفی (۱۹۷۸) **[27]** استفاده شده‌است. در پایتون نسخه ۳.۸ نیز، از کتابخانه‌های تخصصی برای رسم نمودارها و نتایج استفاده شد.

این پژوهش در هفت بخش اصلی اجرا شده‌است نمودار(۱).

(نمودار- ۱): فرآیند هفت‌مرحله‌ای روش تشخیص بیماری‌های واگیردار با استفاده از اینترنت اشیا

Diagram-1: The Seven-step process for diagnosing infectious diseases using IoT

۲-۱- مرور نظام‌مند

کلیدواژه‌های تشخیص، اینترنت اشیا، بیماری‌های واگیر، پیش‌گویی، پیش‌بینی، الگوسازی کمی، یادگیری ماشین و هوش مصنوعی در هر دو زبان فارسی و انگلیسی به‌عنوان موضوع اصلی جستجو بودند. ما از شش ابزار کتابخانه‌ای عمده یعنی **PubMed**، **ScienceDirect**، **Springer Library**، **IEEE Explorer**، **CiteSpace**، **VOSviewer**، **Google scholar** و بانک نشریات فارسی (جهاد دانشگاهی[۲]، مگ ایران[۱] وسیویلیکا[۲]) و پایگاه‌های

[1] Kermack-McKendrick epidemic model
[2] SID

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-06-22]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.3.87]

سلامت بین‌المللی و کتابخانه‌های دیجیتال برخط استفاده کردیم تا به‌طور عینی داده‌ها پیش‌بینی حوزهٔ بیماری‌های واگیردار را در نشریات مرتبط تحلیل کنیم. سپس، مقالات مهم پیش‌بینی بیماری‌های واگیر از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۰ شناسایی و خلاصه آنها، مطالعه شد. در این مطالعه ۱۹۰ سند که دارای معیارهای ورود بودند استخراج شد. این نشریات در ۸۶ مجله و ۱۱ نوع سند مختلف منتشر شده‌است و بیشترین انواع موردمطالعه یعنی ۱۶۹ عدد (۸۹٪) مقاله بوده‌است.

این جستجو و تجزیه‌وتحلیل در سال ۲۰۲۱ تکرار و ۱۳۰ سند جدید (۲۰۲۰ و ۲۰۲۲) شناسایی شد که نشان‌دهندهٔ رشد معنادار در مقالات مرتبط با موضوع پژوهش در این دوره است و در مجموع ۳۲۰ سند مناسب بررسی در نرم‌افزار مندلی[3] بایگانی شدند. مرور نظام‌مند به روش بررسی انتقادی[4] انجام و در نهایت ۱۴۰ مقاله در مرحلهٔ بعد تجزیه و تحلیل شد نمودار(۲).

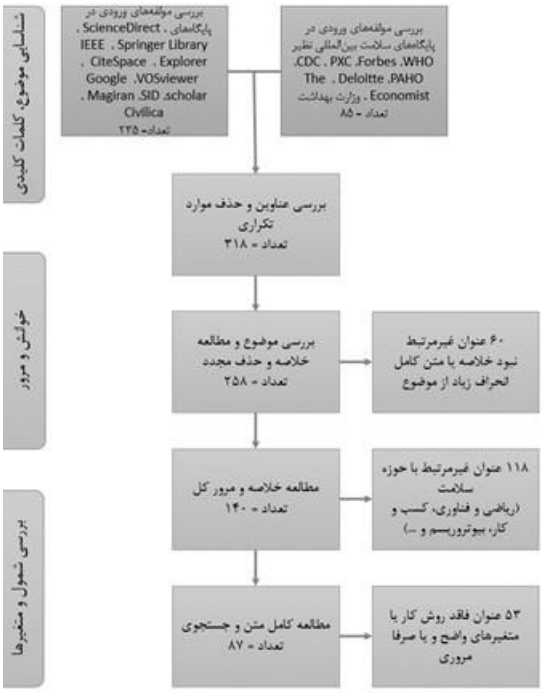
۲-۲- بررسی داده‌ها و انتخاب الگوی ریاضی پایه

انتخاب نوع بیماری: نخستین قدم در مدیریّت همه‌گیری یک بیماری در جامعه، انجام بررسی همه‌گیر شناختی است؛ زیرا با انجام بررسی همه‌گیرشناختی می‌توان وضعیت گسترش بیماری را در جامعه توصیف کرد.

در این پژوهش نیز باتوجه‌به موارد زیر بیماری کووید۱۹[5] به‌عنوان بیماری هدف برای مقابله و ردیابی انتخاب شد.

راهبرد درمانی: به دلیل فقدان راهبرد درمانی خاص، فاصلهٔ اجتماعی به‌عنوان بهترین راهبرد دفاعی ممکن در برابر بیماری همه‌گیر کووید۱۹ در زمان نگارش این پژوهش مشخص شده‌است.

تأثیر اقتصادی: با وجود ضرورت فاصلهٔ اجتماعی، دولت‌های سراسر جهان وادار به اعمال سیاست قرنطینه شده‌اند؛ که این یک عارضهٔ بزرگ در اقتصاد جهانی است. تمام خدمات غیرضروری مجبور به تعطیلی شده‌اند، و باعث شده‌است که در عمل، تمام بخش‌های صنعتی با اختلالات قابل‌توجهی در زنجیرهٔ تأمین روبرو شوند و در نتیجه، میلیاردها نفر را در معرض خطر ازدست‌دادن شغل خود قرار دهند. علاوه‌بر این، شیوع سریع کووید۱۹ دولت‌ها را مجبور کرده‌است تجارت بیشتر کالاها را از مرزهای کشور محدود کنند.



(نمودار- ۲): فرایند بررسی انتقادی برای مقالات مرتبط با پژوهش

Diagram-2: Critical review process in related articles

منابع داده: دلیل دیگر برای انتخاب کووید۱۹ در پژوهش حاضر، امکان دسترسی برخط به داده‌های جهانی بیماری است. باتوجه‌به اهمیت بیماری، هر روز داده‌ها در پایگاه‌های جهانی مرتبط منتشر و تحلیل می‌شوند. از طرفی پژوهش‌های زیادی بر روی این بیماری انجام شده‌است. داده‌های کلان بیماری در این پژوهش با استفاده از پایگاه داده‌های جهانی به‌صورت رایگان به‌دست‌آمدند.

• انتخاب صفت

انتخاب متغیرها (انتخاب صفت) به انتخاب زیرمجموعه‌ای از مجموعه نمونه اصلی اشاره دارد که در الگوریتم پیش‌بینی‌کننده در دسترس است.

برای پیش‌بینی بیماری‌های عفونی، کمیت، کیفیت و به‌موقع‌بودن داده‌ها به‌عنوان چالش‌های مهم هستند. تعداد کمی از داده‌های همه‌گیر شناختی به‌طور مداوم گزارش می‌شوند، به‌طور گسترده‌ای به اشتراک گذاشته‌می‌شوند و برای تصمیم‌گیری در طول واکنش‌های شیوع، در دسترس هستند.

همچنین، باتوجه‌به‌این‌که الگوریتم پژوهش از داده‌هایی که بر روی آنها آموزش‌دیده، یاد می‌گیرد، ارائهٔ

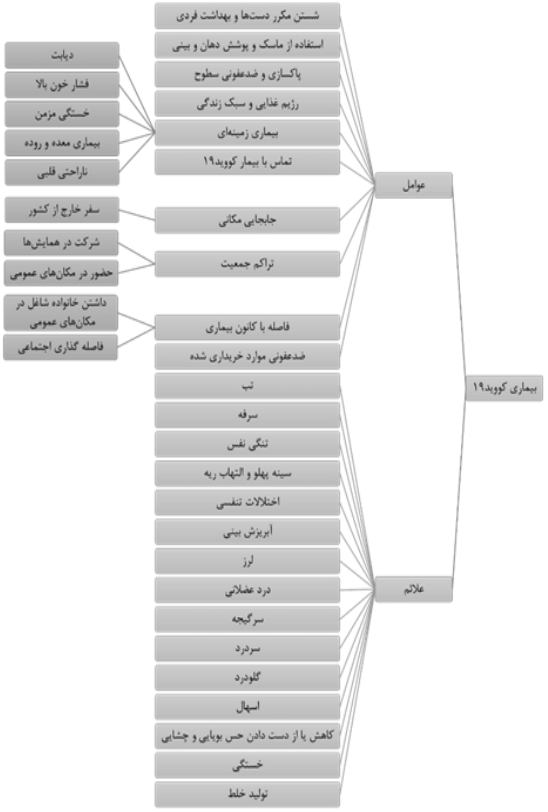
[1] Magiran
[2] Civilica
[3] Mendely
[4] critical review
[5] COVID-19

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-06-22]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.3.87]

داده‌های معتبر و درست به الگو برای یادگیری، مأموریت اصلی این قسمت از پژوهش است باتوجه‌به‌این‌که عوامل بسیاری می‌توانند به‌عنوان فاکتورهای بیماری‌زایی کووید۱۹ و علائم بیماری درنظرگرفته‌شوند، در مرحلهٔ بعد انتخاب ویژگی، با هدف پیش‌بینی بیماری بر روی مقالات انجام شد و ۳۱ ویژگی برای راهیابی به مرحلهٔ بعد استخراج شدند (نمودار- ۳).

• انتخاب الگوی پایه

الگوی **SIR** الگوی جداسازی است که در همه‌گیرشناسی برای الگوسازی گروهی از افراد استفاده می‌شود که می‌توانند بیماری را در صورت تعامل به دیگران منتقل کنند **[28]**. این الگو توسط کرماک و مک‌کندریک در سال ۱۹۲۷ میلادی ارائه شد.



نمودار ۳: ویژگی‌های استخراج‌شده با هدف پیش‌بینی کووید۱۹
Diagram-3: Extracted properties for Covid 19

فرض مورداستفاده در این الگو به شرح زیر است:

اگر کل جمعیت شامل **N** نفر باشد و جمعیت آسیب‌پذیر در تماس نزدیک با جمعیت آلوده در زمان **t** بزرگ‌تر از صفر، باشند، **S** و **I** دوطرفه در یک جمعیت متجانس هستند، در الگوی **SIR** کل جمعیت به سه زیرگروه به‌هم‌پیوستهٔ انحصاری تقسیم می‌شود: آسیب‌پذیر با نماد **S**[1] آلوده با نماد **I**[2] و بهبودیافته یا حذف‌شده با نماد **R**[3] **[29]**.

بر اساس جدیدترین مقالات، الگوی **SIR** برای پیش‌بینی (موارد ابتلا، موارد در معرض و موج بعدی) انتخاب شده‌است؛ بنابراین، برای هدف پژوهش حاضر که پیش‌بینی و پیشگیری از کووید۱۹ است، بسیار مناسب است. همچنین، الگوی **SIR** برخلافِ سادگی، نتایج بهتری نسبت به دیگر الگوها دارد. حتی اگر هیچ رابطه‌ای بین متغیرهای پیش‌بینی‌کننده در یک الگو وجود نداشته‌باشد، باز هم استفاده از متغیرهای کمتر، سودمند است**[30]** . الگوهای پیچیده یا الگوهای ریاضی که از تعداد بالایی از متغیرها استفاده می‌کنند، به‌طورمعمول، از برازش بیش‌ازحد رنج می‌برند. در نتیجه، الگوها در مجموعه‌داده‌های آموزشی عملکرد خوب، اما در اعتبارسنجی و تنظیمات دنیای واقعی دقت کمتری دارند، زیرا خطای درون داده‌ها (نوفه) را به‌جای سیگنال یا روابط بین متغیرها یاد می‌گیرند.

این نشان می‌دهد که پیش‌بینی با استفاده از الگوهای پیچیده ممکن است کمتر از الگوهای ساده، معتبر باشد**[31]** .

بنابراین، در این مرحله از مطالعات، الگوی ریاضی **SIR** به‌عنوان الگوی پایه بر اساس هدف مطالعه برگزیده‌شد.

۳-۲- چهارچوب مفهومی روش تشخیصی

در این مرحله الگوی مفهومی با نگرش سیستمی طراحی شد و زیرسامانه‌های آن به‌خوبی مشخص شدند.

چهارچوب پیشنهادی در این پژوهش سه فناوری پیشرفتهٔ اینترنت اشیا، الگوسازی ریاضی و هوش مصنوعی را در سه‌لایه داده، تجزیه‌وتحلیل و کاربرد و تجسم ادغام و استفاده می‌کند.

برتری مهم رویکرد سیستمی در الگو این است که نخست، باعث می‌شود بر اساس داده‌های موجود در مورد عوامل تأثیر در مقیاس‌های مختلف، شیوع بیماری را در یک سطح خاص پیش‌بینی کرد. دوم، روی تصمیم‌گیری‌های کلان و سیاست‌ها نیز در زمان واقعی تأثیر دارد.

برای طراحی اولیه، پیش‌فرض‌های پژوهش به شرح زیر بیان شد:

[1] Susceptible
[2] Infected
[3] Recoverd

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-06-22]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.3.87]

• برخی از افراد مستعد واکسینه می‌شوند.
• امکان ردیابی تماس همه افرادی که با افراد آلوده تماس داشته‌اند، وجود دارد.
• افراد برای تأیید وضعیت بیماری خود قرنطینه می‌شوند.
• تنها راه انتقال از طریق تماس فردبه‌فرد نیست.
• مصونیت می‌تواند به دلایلی در طول زمان از بین رفته و ازاین‌رو فرد واکسینه‌شده را به‌عنوان حساس یا آلوده نشان دهد.
• بیماری کووید۱۹ گاهی اوقات باعث مرگ می‌شود و بنابراین، افراد عفونی می‌توانند از بین بروند.
• افراد بهبودیافته می‌توانند دوباره آلوده یا حساس شوند.
• دورهٔ نهفتگی کووید۱۹ مشابه سارس و مرس شش روز است.

۴-۲- تعیین متغیرها و انتخاب دیتاست

عوامل زیادی وجود دارد که باید در پیش‌بینی بیماری کووید۱۹ درنظرگرفته‌شود. به‌عنوان‌مثال، بیماری‌های زمینه‌ای و جغرافیا یک کلمهٔ کلیدی مشترک با فرکانس بالا در پژوهش‌ها هستند، و ممکن است جزء عوامل بیماری‌زا باشند. برخی از عوامل وجود دارد که اغلب در الگوهای پیش‌بینی بیماریهای عفونی دربارهٔ آن بحث می‌شود، از جمله رفتارهای انسانی و تحرک جمعیت **[32]**. همچنین، به‌تازگی به برخی از عوامل جدید نیز در الگو توجه شده‌است. به‌عنوان مثال، بیشتر مقاله‌ها رفتارهای فردی را در الگوهای پیش‌بینی درنظرگرفتند، برخی از آنها از شبکهٔ اجتماعی برای تخمین انتقال بیماری‌های عفونی استفاده کردند**[33]** .

باتوجه‌به دشواری اولیه تشخیص کووید۱۹ در بیولوژی و پاتوبیولوژی، حتی در آزمایش‌های PCR **[34]**، انتخاب فاکتورهای مناسب برای بهبود قابلیت اطمینان و اعتبار پیش‌بینی در پژوهش حاضر بسیار موردتوجه بوده‌است.

باتوجه‌به نوع پژوهش، متغیر موردمطالعه ما بیماری است که دارای دو صفت، دو ویژگی سالم و بیمار است، بنابراین، متغیر وابسته در این پژوهش ابتلا به کووید۱۹ است. متغیرهای مستقل، عوامل و علائمی هستند که روی شناسایی بیماری تأثیر دارند این متغیرها در مرحلهٔ نخست از مقالات استخراج شدند و در مرحلهٔ دوم متغیرهای استخراج‌شده، در قالب پرسش‌نامه در اختیار خبرگان قرار گرفتند تا به‌درستی برای یادگیری ماشین انتخاب شوند.

پس از مشخص‌کردن متغیرهای نهایی، مرحلهٔ یافتن، یا ایجاد دیتاست انجام شد. مراحل یادشده به‌ترتیب در ادامه شرح داده می‌شود.

• تعیین متغیرها به روش دلفی

در این قسمت برای استخراج متغیرهای مستقل از روش دلفی استفاده کردیم، باتوجه‌به‌اینکه هدف از طراحی سامانهٔ تشخیص و پیشگیری خودکار است، بهترین افرادی که می‌توانند برای نزدیک‌کردن تفکر سامانه به تفکر متخصصان تصمیم بگیرند، انتخاب شدند (جدول ۱).

در این مرحله کاهش ابعاد با استفاده از نظر خبرگان در چهار مرحله نشست مجازی انجام شد و با استخراج مجموعه‌ای از متغیرهای اصلی، تعداد متغیرها کاهش پیدا کرد. این مرحله با حساسیت بالا انجام شد؛ زیرا از آن برای فیلترکردن ویژگی‌های نامربوط یا زاید از مجموعه‌دادهٔ انتخاب استفاده می‌شود.

مراحل دلفی شامل طراحی پرسش‌نامه، انتخاب خبرگان، توزیع و گردآوری پرسش‌نامه‌های هر دور نشست، دست‌یابی به‌اتفاق نظر و پایان دورهای نشست انجام شدند. در این پژوهش برای تعیین میزان اتفاق‌نظر میان اعضای گروه دلفی از ضریب هماهنگی کندال استفاده شده‌است.

(جدول- ۱): ویژگی‌های اعضای گروه دلفی
(Table-1): Characteristics of Delphi members

نوع تخصص و سابقه کاری و پژوهشی مرتبط	تعداد افراد	سابقه (به سال)		
		بیشترین	کمترین	میانگین
دکتری تخصصی همه‌گیرشناختی	۵	۲۰	۵	۷
کارشناس ارشد اپیدمیولوژی	۲	۱۲	۵	۵
پزشک عمومی	۹	۲۵	۶	۱۲
دکتری تخصصی ویروس‌شناسی	۴	۱۷	۵	۱۰
کارشناس ارشد ویروس‌شناسی	۱	۸	۸	۸
دکتری تخصصی میکروبیولوژی	۲	۱۰	۵	۷.۵

• انتخاب مجموعه‌دادگان

داده‌های بزرگ از دستگاه‌های متصل، حسگرهای تعبیه‌شده و اینترنت اشیا، جمع‌آوری می‌شوند. در این مرحله داده‌های ساخت‌یافتهٔ مناسب با متغیرهای

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-06-22]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.3.87]

تعیین‌شده جستجو کردیم. داده‌های ساخت‌یافته مشابه زبان ماشین هستند و در قالب خود بسیار سازمان‌دهی شده‌اند، بنابراین، عملیات جستجو و بازیابی اطلاعات را تسهیل می‌کند **[35]**.

جستجو برای پیداکردن دیتاست موردنظر هم‌زمان با جمع‌آوری داده‌های بیماران به مدت تقریبیِ شش ماه انجام شد. در این مدت با بیش از هشت نهاد بین‌المللی و همچنین، شش نویسنده مسئول مقالات مرتبط مکاتبه کردیم. دیتاست که دارای همه متغیرها باشد با مکاتبه با اعضای پایگاه‌داده HDX (وابسته به دفتر هماهنگی امور بشردوستانهٔ سازمان ملل متحد) دریافت شد و شامل ۵۴۳۵ رکورد با ویژگی‌های موردتأیید خبرگان در پژوهش استفاده شد.

۲-۵- انتخاب روش یادگیری

• انتخاب الگوریتم

الگوریتم انتخابی به عوامل مختلفی از جمله اندازه، کیفیت و ماهیت داده بستگی دارد. روش یادگیری همچنین، به هدف بستگی دارد، زیرا هر رویکرد یادگیری ماشین داده‌ها را متفاوت نشان می‌دهد.

مطالعات مقالات مربوط به بیماری‌های عفونی از ژانویه ۲۰۱۹ تا دسامبر ۲۰۲۰ نشان می‌دهد روش‌های یادگیری نظارت‌شده برای تشخیص الگوی بیماری‌های عفونی در حال ظهور و پیش‌بینی ابتلا به کووید۱۹ استفاده شده‌اند. همچنین، الگوریتم‌های درخت تصمیم و نزدیک‌ترین همسایگی و بردار پشتیبان تصمیم بیشترین کاربرد را دارند در این پژوهش، مسئلهٔ پیش‌بینی خطر ابتلا به بیماری، با یادگیری دیتاست بیماران، تجربیات زندگی واقعی و پیش‌بینی و بازخورد آن انجام می‌شود. بر همین اساس ما برای توسعهٔ پژوهش و دستیابی به الگو، از الگوریتم کاربردی روش دسته‌بندی یعنی **k** نزدیک‌ترین همسایگی (**KNN**) استفاده کردیم.

روش **KNN** یک روش ناپارامتری است که در داده‌کاوی، یادگیری ماشین و در تشخیص الگو از آن استفاده می‌شود. نشانگر **k** در الگوریتم، تعداد نزدیک‌ترین همسایه‌هایی است که برای گرفتن «رأی» درنظرگرفته‌می‌شود. انتخاب مقادیر مختلف برای **k** می‌تواند نتایج طبقه‌بندی متفاوتی را برای یک شیء نمونه ایجاد کند. برخلاف روش شبکه‌های بیزی[1]، الگوریتم **KNN** نیازی به درنظرگرفتن مقادیر احتمال ندارد**[36]** و **[37]**.

باتوجه‌به‌این‌که در دیتاست، موارد مستعد و آلوده وجود دارند، یادگیری بر اساس دو دسته الگوی **I** یا **S/R** در الگوریتم انجام شد. در این مرحله هر بیست بعد (متغیر) در الگوریتم محاسبه شده و با تست مقادیر مختلف **k**، بهترین مقدار **k** همسایگی به‌دست‌آمد.

• انتخاب زبان توسعهٔ الگو

همچنین، امروزه بیشتر سامانه‌های یادگیری ماشین به دلیل بسیاری از زیربناهای ریاضی یادگیری ماشین که به‌صورت کتابخانه در دسترس هستند، به زبان پایتون نوشته می‌شوند؛ بنابراین، برای توسعهٔ الگو از پایتون نسخه ۳.۸ استفاده شد.

۲-۶- به‌کارگیری روش یادگیری

پس از انتخاب الگوی پایه و الگوریتم یادگیری، برای پیاده‌سازی الگو مراحل زیر انجام شد:

• پاک‌سازی، عادی‌سازی و تبدیل داده‌ها

در این مرحله قالب‌بندی و تبدیل داده‌ها انجام شد. در مرحلهٔ اول جستجو برای رکوردهای ناقص انجام شد. سپس باتوجه‌به ویژگی خاص داده‌های مراقبت بهداشتی، تبدیل داده‌ها انجام شد، برای مثال، یک الگوریتم یادگیری ماشین باید ورودی تشخیص دیابت را به‌عنوان یک عدد صحیح " [۲ برای نداشتن دیابت] " و " [۱ برای بیمار بودن دیابت] " دریافت کند که در دیتاست "نوع" مشخص‌شده یعنی «دارد» یا «ندارد».

بنابراین، همه ویژگی‌های استفاده‌شده در داده‌ها از متن به اعداد صحیح تبدیل شدند تا برای ماشین قابل‌خواندن باشند.

همچنین، مقدار «۱» برای آلوده و مقدار «۲» برای بهبودیافتهٔ/مستعد در الگوی **SIR** به ماشین داده‌شد.

یکی از موضوعات مهم در یادگیری ماشین موضوع تغییر مقیاس داده‌هاست، که به‌طور معمول، به‌وسیلهٔ دو روش استانداردسازی و عادی‌سازی انجام می‌شود. تغییر مقیاس در بیشتر روش‌ها و فنونِ چندمتغیره[2] به کار می‌رود. به‌این‌ترتیب بزرگی یا کوچکی هریک از ویژگی‌ها مبنا و ملاک انتخاب یا نقش آن متغیر در الگوسازی نبوده و همهٔ متغیرها دارای اهمیتی برحسب وزن‌ها یا ضرایبی که توسط الگو ایجاد می‌شوند، خواهندبود**[38]** . عادی‌سازی ما در این مرحله به کمک تبدیلی صورت می‌گیرد که باعث شود، تغییرات داده‌ها در فاصله [۱,۱] قرار بگیرد. به‌این‌ترتیب دامنه تغییرات داده‌ها برابر با یک واحد (**R=2**) است.

ما در این پژوهش از روش عادی‌سازی **Min-Max** برای تغییر مقیاس داده‌ها استفاده کردیم.

[1] Bayesian Network

[2] Multivariate Techniques

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.3.87]

برای بهینه‌سازی داده‌ها، عادی‌سازی کمترین-بیشترین[1] روی مجموعه‌دادگان انجام شد.

در روش یادگیری نظارت‌شده، داده‌های تست برای ارزیابی دقت نیز استفاده می‌شوند. باتوجه‌به نوع الگوریتم و پژوهش‌های مرتبط، در این مرحله، مجموعه تست شامل بیست درصد داده‌ها (۱۰۸۷ رکورد) و مجموعهٔ آموزش شامل هشتاد درصد (۴۳۴۷ رکورد) از دیتاست دسته‌بندی شدند.

- الگوریتم **KNN**

این الگوریتم در بیست بعد (به تعداد متغیرها) با کتابخانه **sklearn.neighbors** و **sklearn** روی دیتاست اجرا شد. در این مرحله بردار فاصله اقلیدسی (معادله-۱) همهٔ ویژگی‌ها بر اساس الگوی **SIR** رسم شد. کمترین فاصله **(d)** برای تعلق به دستهٔ بیمار یا مستعد/ بهبودیافته استفاده شد.

$$\mathbf{d(p,q)} = \sqrt{(\mathbf{p_1}-\mathbf{q_1})^2+(\mathbf{p_2}-\mathbf{q_2})^2+\cdots+(\mathbf{p_n}-\mathbf{q_n})^2} = \sqrt{\sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{n}}(\mathbf{p_i}-\mathbf{q_i})^2} \quad (1)$$

براین‌اساس کمترین **d** به گروه بیمار یا سالم/ مستعد برای دادهٔ جدید، نشان‌دهندهٔ بیماربودن و یا سالم/ مستعدبودن فرد است.

همچنین، باتوجه‌به‌اینکه ممکن است نتیجهٔ **k**های مختلف همسایگی برای داده‌های مختلف، متفاوت باشد، الگوریتم، برای **k**های مختلف از یک تا بیست همسایه محاسبه و با نتایج داده‌های تست مقایسه و بررسی شد.

در مرحلهٔ بعد با استفاده از تابع **accuracy** دقت برای **k**های متفاوت محاسبه شد و بهترین مقدار **k** به‌دست‌آمد.

۷-۲- ارزیابی و بهبود الگوریتم

عملکرد وظایف یادگیری ماشین بر اساس نمایش داده‌های داده شده متفاوت است. به‌عنوان‌مثال، در پروندهٔ یک بیمار که به‌وسیلهٔ سامانه هوش مصنوعی تجزیه‌وتحلیل می‌شود، الگوریتم بیمار را به‌طور مستقیم معاینه نمی‌کند، در عوض، داده‌ها به سامانه‌ای وارد می‌شوند که هر بخش از اطلاعات بیمار، به‌عنوان یک ویژگی شناخته‌می‌شود؛ بنابراین، هدف یک الگوریتم یادگیری ماشین تعمیم خوب است، نه کم‌تناسب و نه بیش‌ازحد حساس. تعمیم به الگویی اشاره دارد که با بیشینهٔ دقت برای شناسایی و تشخیص موارد جدید عمل کند.

باتوجه‌به توضیحات، برای ارزیابی نتایج، اثربخشی و عملکرد بهتر، از روش ماتریس ابهام **[39]** استفاده شد.

- ماتریس ابهام و مقادیر دقت[2]، حساسیت[3] و ویژگی[4]

بعد از فرایند آموزش، مهم‌ترین مسئله، ارزیابی الگوی آموزش‌دیده است. برای مسائلی از جنس دسته‌بندی به‌طور معمول، چند معیار استاندارد وجود دارد (حساسیت، ویژگی و دقت) که از آن‌ها استفاده می‌شود. اما قبل‌از محاسبهٔ این مقادیر باید چهار شاخص اصلی **TP**، **FP**، **TN, FN** محاسبه شوند**[40]**.

با استفاده از روش‌های دسته‌بندی، هدف، دست‌یابی به بالاترین دقت و صحت ممکن در دسته‌بندی و تشخیص دسته‌ها است. دقت پیش‌بینی به دقتی که عامل، وظیفهٔ طبقه‌بندی را انجام می‌دهد، اشاره دارد. در برخی از مسائل، تشخیص درست نمونه‌های مربوط به یکی از دسته‌ها برای ما اهمیت بیشتری دارد. در پژوهش حاضر، هدف شناسایی افراد مبتلا به بیماری کووید۱۹ است. افرادی که مبتلا به این بیماری هستند، می‌توانند بیماری را با سرعت بالا به افراد زیادی منتقل کنند. در این شرایط، تشخیص درست بیماران دارای اهمیت بسیار زیادی است.

به این معنا که خطا در تشخیص افراد سالم قابل‌چشم‌پوشی است؛ اما برای شناسایی افراد بیمار نمی‌توان این احتمال را به جان خرید. به‌عبارت‌دیگر، انتظار ما تشخیص تمام افراد بیمار است، بدون جاانداختن حتی یک مورد، حتی اگر فرد سالمی به‌اشتباه جزء افراد بیمار دسته‌بندی شود. در چنین مواقعی که دقت تشخیص یک دسته در مقایسه بادقت تشخیص کلی، اهمیت بیشتری دارد، مفهوم «ماتریس ابهام» برای ارزیابی روش مناسب است**[41]**.

در این پژوهش، بر اساس الگوی **SIR** تعلق به دستهٔ افراد بیمار، مثبت **(I)** و عدم‌تعلق به این دستهٔ منفی **(S/R)** درنظرگرفته‌شد. هر نمونه یا فردی در واقعیت، متعلق به یکی از رده‌های مثبت یا منفی است و از سوی دیگر، از هر الگوریتمی که برای دسته‌بندی داده‌ها استفاده شود، درنهایت، هر نمونه در یکی از این دو «دسته» دسته‌بندی خواهدشد؛ بنابراین، برای هر نمونه داده، یکی از چهار حالتی که در جدول (۲) آورده‌شده، ممکن است اتفاق بیفتد.

جدول یا ماتریس ابهام، نتایج حاصل از طبقه‌بندی را بر اساس اطلاعات واقعی موجود، نمایش می‌دهد. حال بر اساس این مقادیر می‌توان معیارهای مختلف ارزیابی دسته‌بندی و اندازه‌گیری دقت را تعریف کرد.

[1] Min-Max

[2] Accuracy
[3] Sensitivity
[4] Specificity

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-06-22]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.3.87]

(جدول- ۲): حساسیت و ویژگی و ماتریس ابهام

		دستهٔ پیش‌بینی‌شده	
		مثبت	منفی
بعد حساسیت	مثبت	TP	FN
بعد ویژگی	منفی	FP	TN

دسته واقعی

شاخص دقت بر اساس ماتریس ارائه‌شده در بالا، به شکل زیر دستورسازی و تعریف می‌شود[40] :

$$\text{Accuracy} = (TP + TN) / (TP + FN + FP + TN) \quad (۱)$$

شاخص دیگر، معیار حساسیت است که به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Sensitivity (TPR)} = TP / (TP + FN) \quad (۲)$$

شاخص ویژگی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود [40]:

$$\text{Specificity (TNR)} = TN / (TN + FP) \quad (۳)$$

در در این مرحله ماتریس ابهام و شاخص‌های دقت، حساسیت و ویژگی برای الگوریتم محاسبه شد.

- بهبود الگوریتم

فقط به این دلیل که یک الگوریتم خوب عمل می‌کند، به این معنی نیست که بهترین و تنها الگوریتم است. به‌عنوان‌مثال، در بسیاری از محیط‌های پزشکی، مثبت کاذب به‌اندازهٔ منفی کاذب بد نیست.

در این پژوهش ما تلاش کردیم که بیشینهٔ صحت را از نتایج به‌دست‌آوریم. به این منظور، الگوریتم یادگیری ماشین را تنظیم کردیم. تنظیم را می‌توان به‌عنوان فرایند بهینه‌سازی شاخص‌هایی دانست که بر الگو تأثیر می‌گذارند تا الگوریتم را قادر کند «بهترین» را انجام دهد، این تنظیم برای الگوریتم **KNN** با تغییر **k** انجام شد[37] .

۳- یافته‌ها

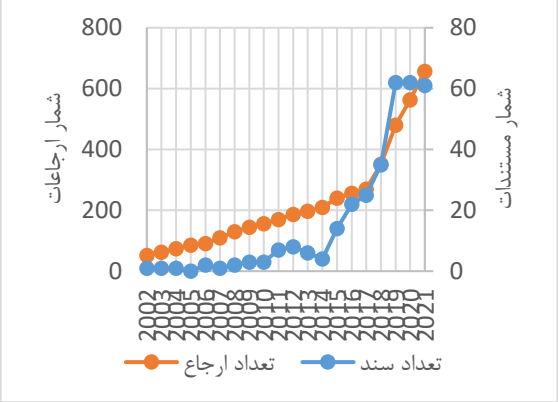
هدف این مقاله، پیش‌بینی بیماری کووید۱۹ بر اساس ویژگی‌های اختصاصی بیماری استخراج‌شده از نتایج خبرگان است. در این بخش، نتایج مراحل هفت‌گانهٔ اشاره‌شده در بخش دوم، ارائه می‌شود.

۳-۱- نتایج مراحل یک تا پنج روش پژوهش

نتایج مرور نظام‌مند نشان می‌دهد که اولین مقالهٔ مرتبط در سال ۲۰۰۲ منتشر شده‌است، این ممکن است به این دلیل باشد که شیوع سندرم حاد تنفسی (سارس) در سال ۲۰۰۲ شیوع یافته و تعداد افراد آلوده به بیشینهٔ ارزش در سال ۲۰۰۳ رسیدند. در آن زمان، وجود یک بیماری همه‌گیر سلامت عمومی و ثبات اقتصادی را در سراسر جهان به‌طور جدی تهدید کرده‌است. علاوه‌بر این، قابل‌توجه است که روند تعداد پیش‌بینی‌های انتشارات بیماری‌های عفونی از ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ اندکی افزایش می‌یابد. دلیل این امر ممکن است ظهور انواع بیماری‌های عفونی، مانند مرس باشد که به‌عنوان نوع ششم کروناویروس انسانی با میزان مرگ‌ومیر بالا در سال ۲۰۱۲ تعریف شده‌است [42]؛ بنابراین، تعداد فزاینده‌ای از متخصصان و پژوهشگران پس‌از این ظهور همه‌گیری، روی حوزه تمرکز می‌کنند. در همین حال، موارد اضطراری بیماری‌های عفونی جدید و نوظهور منجر به تقویت هرسالهٔ رشتهٔ علمی شده که منجر به انتشار بسیاری از مجلات در این حوزه و بنابراین، مشخص می‌شود که روند کلی تعداد انتشارات و تعداد استنادات در حال افزایش است. همچنین، رشد سریع مستندات از سال ۲۰۱۵، می‌تواند نشان‌دهندهٔ کاربردی‌شدن حوزه‌های مختلف فناوری اطلاعات مانند اینترنت اشیا و یادگیری ماشین در زمینهٔ سلامت عمومی و پیشگیری از بیماری‌های واگیردار باشد نمودار (۴).

نمودار ۴: شمار مستندات منتشر شده و ارجاعات در زمینه پیشگیری از بیماری‌های واگیر

Diagram-4: Number of published documents and references in the infectious diseases field



در مرحلهٔ چهارم پژوهش برای تعیین میزان اتفاق‌نظر میان اعضای خبرگان، از ضریب هماهنگی کندال استفاده شد. همچنین، برای تصمیم‌گیری دربارهٔ توقف یا ادامهٔ دورهای دلفی معیار، اتفاق‌نظری قوی میان اعضای پانل است که بر اساس مقدار ضریب هماهنگی کندال تعیین می‌شود. در صورت نبود چنین اتفاق‌نظری، ثابت‌ماندن این ضریب یا رشد ناچیز آن در دو دور متوالی نشان می‌دهد که افزایشی در توافق اعضا صورت نگرفته‌است و فرایند نظرخواهی باید متوقف شود. ضریب هماهنگی کندال برای پاسخ‌های اعضا، در دور سوم و چهارم ۰/۶۲۳ بود که باتوجه‌به اینکه تعداد اعضای نشست بیش از بیست نفر است، این میزان از ضریب کندال، به‌طور کامل معنادار به‌حساب می‌آید. متغیرهای نهایی با

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-06-22]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.3.87]

استفاده از تأیید ۲۳ نفر از خبرگان تعیین شدند جدول (۳).

(جدول- ۳): متغیرهای مستقل نهایی استخراج‌شده در پیش‌گیری و پیش‌بینی کووید۱۹ با استفاده از اینترنت اشیا

(Table-3): Final features extracted in the prevention and prediction of Covid-19 using the Iot

ردیف	ویژگی	میزان تأثیر
۱	Contact with COVID Patient	خیلی زیاد
۲	Abroad travel	خیلی زیاد
۳	Dry Cough	خیلی زیاد
۴	Sore throat	خیلی زیاد
۵	Breathing Problem	خیلی زیاد
۶	Running Nose	خیلی زیاد
۷	Fever	خیلی زیاد
۸	Asthma	خیلی زیاد
۹	Attended Large Gathering	خیلی زیاد
۱۰	Chronic Lung Disease	خیلی زیاد
۱۱	Headache	خیلی زیاد
۱۲	Wearing Masks	خیلی زیاد
۱۳	Diabetes	خیلی زیاد
۱۴	Visited Public Exposed Places	زیاد
۱۵	Hyper Tension	زیاد
۱۶	Sanitization from Market	زیاد
۱۷	Heart Disease	زیاد
۱۸	Family working in Public Exposed Places	زیاد
۱۹	Gastrointestinal	زیاد
۲۰	Fatigue	زیاد

۲-۳- نتایج اجرای الگوریتم

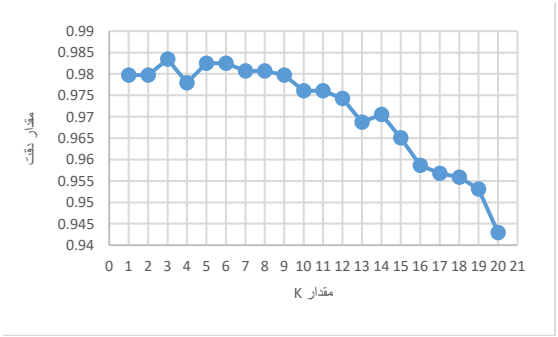
باتوجه‌به مناسب (تناسب؟) داده‌ها، در نتایج پاک‌سازی، هیچ ردیفی از داده‌ها حذف نشد و در نهایت ۵۴۳۴ رکورد پاک‌سازی شدند. همهٔ ویژگی‌های ردیف‌های به‌دست‌آمده در قالب خواندنی توسط ماشین تعریف شدند، باتوجه‌به نوع متغیر پژوهش حاضر که کیفی گسسته است، مقادیر بله یا خیر به‌ترتیب با عنوان «۱» و «۲» برای ورودی ماشین تعریف شد.

در مرحلهٔ بعد با هدف یادگیری نظارت‌شدهٔ داده‌ها در دو دسته تست (۱۰۸۷ رکورد) و یادگیری (۴۳۴۷ رکورد) تقسیم شدند.

الگوریتم **KNN** بر روی داده‌های آموزش و آزمون اجرا شد. مقادیر **k** از یک تا بیست همسایگی محاسبه شد و بهترین دقت در **k** برابر ۳ یعنی ۰.۹۸ به‌دست‌آمد (جدول- ۴ و نمودار-۵).

نمودار ۵ : نتایج مقادیر صحت برای *k* های مختلف

Diagram-5: Results of accuracy values for different k



۲-۳- نتایج ارزیابی الگوریتم

یکی از مهم‌ترین مراحل پس از طراحی و پیاده‌سازی یک الگوریتم، ارزیابی کارایی آن است. حساسیت و ویژگی دو شاخص مهم برای ارزیابی آماری عملکرد نتایج آزمون‌های طبقه‌بندی دودویی هستند، زمانی که بتوان داده‌ها را به دو گروه مثبت و منفی تقسیم کرد، عملکرد نتایج یک آزمایش که اطلاعات را به این دو دسته تقسیم می‌کند با استفاده از شاخص‌های حساسیت و ویژگی قابل اندازه‌گیری و توصیف است **[43]**. علاوه‌بر دقت پیش‌بینی، در برخی از مسائل، تشخیص درست نمونه‌های مربوط به یکی از دسته‌ها برای ما اهمیت بیشتری دارد. ارزیابی ما با دو معیار تعیین می‌شود. نخستین مورد این است که آیا این روش پیشنهادی قادر به شناسایی بیماری کووید۱۹ است یا خیر (ویژگی)؛ و دوم این‌که دقت آن چه میزان است (حساسیت)، به‌عبارت‌دیگر **T** مقیاس‌پذیر است یا خیر. شاخص حساسیت را نیز به‌اصطلاح بازخوانی[1] و شاخص ویژگی را نیز درستی[2] می‌نامند **[44]**.

در پژوهش حاضر، هدف شناسایی افراد مبتلا به بیماری کووید۱۹ است. افرادی که مبتلا به این بیماری هستند، می‌توانند بیماری را با سرعت بالا به افراد زیادی منتقل کنند. در این شرایط، تشخیص درست بیماران دارای اهمیت بسیار زیادی است.

به این معنا که خطا در تشخیص افراد سالم قابل‌چشم‌پوشی است؛ اما برای شناسایی افراد بیمار نمی‌توان این احتمال را نادیده گرفت. انتظار ما تشخیص تمام افراد بیمار است، بدون جاانداختن حتی یک مورد، حتی اگر فرد سالمی به‌اشتباه جز افراد بیمار دسته‌بندی شود. در چنین مواقعی که دقت و صحت تشخیص یک دسته در مقایسه با دقت و صحت تشخیص کلی، اهمیت بیشتری دارد، مفهوم «ماتریس ابهام» برای ارزیابی روشی مناسب است.

[1] Recall
[2] Precision

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-06-22]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.3.87]

ماتریس ابهام به‌طور معمول، برای ارزیابی الگوریتم‌های یادگیری باناظر استفاده می‌شود. هر ستون از ماتریس، نمونه‌ای از مقدار پیش‌بینی‌شده را نشان می‌دهد. درصورتی‌که هر سطر نمونه‌ای واقعی (درست) را در بر دارد **[44]** .

جدول ۴: مقادیر همسایگی، دقت، **TN**، **FN**، **FP** و **T**

Table-4: The values of k, accuracy, TN, FN, FP and TP

K	accuracy	TN	FN	FP	TP
1	0.97976	184	17	5	881
2	0.97976	175	8	14	890
3	0.98344	181	10	8	888
4	0.97792	175	10	14	888
5	0.98252	183	13	6	885
6	0.98252	183	13	6	885
7	0.98068	183	16	6	883
8	0.98068	183	15	6	883
9	0.97976	183	16	6	882
10	0.97608	179	16	10	882
11	0.97608	179	16	10	882
12	0.97424	177	16	12	882
13	0.96872	177	22	12	876
14	0.97056	177	20	12	878
15	0.96504	177	26	12	872
16	0.95861	168	24	21	874
17	0.95676	168	26	21	872
18	0.95584	164	23	25	875
19	0.95308	164	26	25	872
20	0.94296	151	24	38	874

در پروژهٔ حاضر، روی حساسیت تأکید بیشتری است، زیرا افراد مشکوک به ابتلا به کووید۱۹، باید به‌سرعت بدانند که به عفونت آلوده شده‌اند یا خیر، تا بتوانند خود را ایزوله کنند، تحت درمان قرار گیرند، و به افرادی که در تماس نزدیک با آنها قرار داشته‌اند، اطلاع دهند.

- ماتریس ابهام الگوریتم

برای به‌دست‌آوردن بهترین مقدار **k**، مقادیر دقت با هم مقایسه شدند، همان‌طورکه در نمودارش (۵) مشاهده می‌شود، بالاترین مقدار دقت برابر ۹۸ درصد به‌دست‌آمد. برای مقایسهٔ بهترین همسایگی علاوه‌بر بالاترین دقت، ماتریس ابهام رسم و تجزیه و تحلیل شد (جدول ۴ و شکل ۲).

همان‌طورکه در جدول (۴) مشخص است، بالاترین دقت در سه همسایگی است، باتوجه‌به حساسیت بیماری کووید۱۹ و اهمیت تشخیص صحیح موارد بیمار، دقتی مناسب‌تر است که بیشترین دقت و کمترین موارد منفی کاذب را داشته‌باشد. باتوجه‌به این نکته **k** برابر سه، به‌عنوان **k** نهایی انتخاب شد.

- محاسبهٔ حساسیت و ویژگی

باتوجه‌به‌اینکه در مرحلهٔ پیش **k** برابرِ سه، به‌عنوان الگوریتم نهایی انتخاب شد، مقادیر حساسیت و ویژگی (معادلهٔ ۳ و ۴) نیز برای همین الگوریتم محاسبه شد که نتایج آن به شرح زیر است:

$$\textbf{Sensitivity (TPR)} = \frac{888}{(888+10)} = 0.989 \qquad (۳)$$

$$\textbf{Specificity (TNR)} = \frac{181}{(181+8)} = 0.958 \qquad (۴)$$

۴- بحث و نتیجه‌گیری

تشخیص بیماری کووید۱۹ با محدودیت‌های زیادی مواجه است، زیرا علائم بالینی در این بیماری غیراختصاصی است و به‌راحتی قابل افتراق از سایر پنومونی‌های اکتسابی نیست. بنابراین یافته‌های رادیولوژیک و تست‌های آزمایشگاهی و روش‌های ترکیبی جدید در تشخیص و پیگیری بیماری نقش مهمی دارند (جدول ۵) **[34]**.

در حال حاضر تست‌های سرولوژی با روش الایزا برای تشخیص سابقهٔ ابتلا به بیماری کووید۱۹ پیشنهاد می‌شوند. بااین‌وجود بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات همه‌گیرشناختی، تفسیر نتایج منفی به‌دست‌آمده از آزمایش‌های سرولوژیک قابل‌اعتماد نیست. به‌طور معمول، در افرادی که علائم شدید بیماری به‌صورت تب بالا، سرفهٔ خشک، درد یا فشار در ناحیه قفسه سینه و مشکلات تنفسی مانند تنگی یا کوتاه‌شدن نفس بروز می‌کند، انجام تست کرونا **RT-PCR** ضروری است تا در زمان مناسب مراقبت‌های مفید و درمان انجام پذیرد **[45]**.

آزمایش ژنتیکی **RT-PCR**، از طرف سازمان‌های بهداشت جهانی و مرکز کنترل بیماری‌های عفونی، به‌عنوان دقیق‌ترین روش تشخیصی کووید۱۹ معرفی شده‌است **[46]**.

اگرچه روش **RT-PCR** مزایای زیادی دارد، اما از معایب آن می‌توان به هزینه‌های بالای آزمایش و امکانات موردنیاز جهت انجام این آزمایش از جمله دستگاه‌های **PCR** اشاره کرد. از معایب دیگر می‌توان زمان‌بربودن این آزمایش از لحظهٔ نمونه‌برداری تا انتقال نمونه به آزمایشگاه تأییدشده و انجام آزمایش در آن محل اشاره کرد که چندین روز زمان می‌برد. علاوه‌بر این، مراحل آماده‌سازی و

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.3.87]

سنجش نمونه به نیروی انسانی آموزش‌دیده نیاز دارد. ازآنجاکه روش‌های **RT-PCR** مکان‌های هدف خاص را روی ژنوم ردیابی می‌کنند، اگر منبع هدف خاص در نمونه وجود نداشته‌باشد، نتایج منفی گزارش می‌شود. همهٔ این معایب استفادهٔ گسترده‌تر از این آزمایش را در طی همه‌گیری ویروس کرونا محدود می‌کند **[47]**.

(جدول- ۵): مقایسهٔ عملکرد روش‌های مختلف آزمایشگاهی برای تشخیص بیماری کووید۱۹

(Table-5): Comparing the performance of different laboratory methods for the covid-19 detection

روش تشخیصی	مدت زمان	ویژگی	حساسیت	مزایا	معایب
تشخیص بر مبنای اسیدنوکلئیک	۴ تا ۶ ساعت	٪۹۶	نامشخص	حساسیت بالا، امکان عملکرد در مقیاس بزرگ	نیاز به کارشناسان حرفه‌ای و آموزش‌دیده مجرب، تجزیه‌وتحلیل داده‌های دشوار، گران‌قیمت، دقت کمتر، نتایج منفی یا مثبت کاذب
تشخیص بر مبنای تعیین توالی ژن	نامشخص	نامشخص	نامشخص	شناسایی جهش	نیاز به کارشناسان حرفه‌ای و آموزش‌دیده مجرب، وقت‌گیر، هزینه‌بر و تجزیه‌وتحلیل پیچیده
تشخیص بر مبنای پادتن	۱۵ دقیقه	٪۶۳.۹۰	٪۶۶.۸۸	دردسترس‌بودن ، نیاز به تخصص کمتر	دشواری در تشخیص به‌موقع، تشخیص تنها پس از عفونت (بعد از ۳ تا ۶ روز برای IgM و ۸ روز برای IgG)
تشخیص بالینی	۲ روز	نامشخص	نامشخص	عدم نیاز به کیت تشخیصی و تجهیزات پیچیده	نیاز به متخصصان و پرسنل آموزش‌دیده، مشکلات تشخیص زودهنگام

باتوجه‌به موارد گفته‌شده و اهمیت بیماری از جنبه‌های مختلف (مانند جنبه‌های اجتماعی و اقتصادی) پیشگیری و تشخیص سریع بهترین راه‌حل برای کاهش اثرات سوء بر جوامع و به‌ویژه ایران است. به همین دلیل، پژوهش حاضر با پیشنهاد الگویی که در آن داده‌های به‌دست‌آمده از اینترنت اشیا در روش‌های یادگیری ماشین ترکیب می‌شوند، روی‌کردی ارائه کرده که داده‌های بزرگ تولیدشده به‌جای آن‌که موجب افزایش هزینه‌های بهداشتی و اختلافات شود، می‌توانند با فراهم‌کردن تشخیص سریع، بهترین تصمیم اقتصادی بلندمدت باشند که اقتصادهای درحال‌رشد مانند ایران می‌توانند به‌خوبی از آن بهره بگیرند.

همچنین، با همه‌گیرشدن پیچیدهٔ بیماری کووید۱۹، انتشار اطلاعات دقیق و به‌موقع در مورد این بیماری به‌طور ذاتی مهم شده‌است. با توجه چالش‌های تشخیص و ردیابی بیماری از سویی و فراگیربودن اتصال به اینترنت و دستگاه‌های هوشمند از سوی دیگر، الگوی پژوهش به‌عنوان یک طرح‌وارهٔ سنجش پویا مبتنی‌بر یادگیری ماشین برای استخراج مشاهدات در زمان واقعی از کاربران و ردیابی افراد بیمار پیشنهاد شده‌است. در این مقاله، ما چهارچوب پیشنهادی را به‌عنوان یک چشم‌انداز از سامانه‌های ردیابی و تشخیص مبتنی‌بر اینترنت اشیا ارائه کردیم، داده‌های بیماری از اشیای متصل در هر زمان و مکان به‌دست‌آمده و با الگوریتم **KNN** تجزیه و تحلیل می‌شوند تا وضعیت افراد مبتلا به کووید۱۹ را استنباط کنیم. این الگو می‌تواند با استنباط از داده‌های موجود، در زمینهٔ اطلاع‌رسانی به کارکنان خدمات بهداشتی درمانی، عموم مردم و تصمیم‌گیرندگان سلامت برای جلوگیری از گسترش کووید۱۹ و شناسایی افراد مستعد و آلوده کمک کند.

باتوجه‌به‌این‌که قابلیت اطمینان و دقت الگو در مقایسه با مطالعات مشابه بالاست **[48]** و در زمان کوتاهی اجرا می‌شود، می‌تواند برای استفاده در زمان واقعی اجرا شود.

همچنین، الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند به‌عنوان یک ابزار غربال‌گری اولیه برای موارد مشکوک به بیماری (به‌عنوان‌مثال، سابقه یا قرارگرفتن در معرض موارد تأیید شده) استفاده شوند تا بیماران در معرض خطر بیشتری بتوانند آزمایش‌های تأییدی انجام دهند یا قرنطینه شوند. الگوریتم و ویژگی‌هایی که در این مقاله پوشش داده شده‌است، می‌تواند به‌عنوان یک الگوی مرجع برای ردیابی کووید۱۹ در مراحل اولیه همه‌گیری استفاده شود و ازدحام فیزیکی بیماران را در محل بیمارستان و تأثیر همه‌گیری را کاهش دهد. همهٔ این موارد می‌تواند ما را برای بهبود روش‌های تشخیص در همه‌گیری‌ها و کاهش بار اقتصادی و بهداشتی بیماری‌های واگیر امیدوار کند.

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.3.87]

۵- مراجع 6-Refrence

[1] **N. A. o. Sciences, Informing** the *Critical* Issues in Health Future:, National Academy of Sciences, 2003 .

[2] WHO, Managing epidemics: key facts about major deadly diseases, Luxembourg: World Health Organization, 2018 .

[۳] مرکزکشوری مدیریت سلامت، "احتیاطات در کنترل عفونت بیماری‌های واگیر،" دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تبریز، تبریز، ۱۳۹۵.

[4] P. Edwards, "Epidemics: past, present and future –what are the risks?," ReCent medical news, 2017.

[5] J. Astill, R. Dara, E. Fraser و S. Shayan, "Detecting and predicting emerging disease in poultry with the implementation of new technologies and big data," Frontiers in Veterinary Science, pp. 1-43, 2018 .

[6] S. Madanian, D. T. Parry, D. Airehrour و M. Cherrington, "mHealth and big-data integration: promises for healthcare system in India," BMJ Health Care Inform, pp. 1-8, 2020 .

[7] V. V. Khanna, K. Chadaga, N. Sampathila, S. Prabhu, R. Chadaga و S. Umakanth , "Diagnosing COVID-19 using artificial intelligence: a comprehensive review," Network Modeling Analysis in Health Informatics and Bioinformatics, pp. 1-32, 2022 .

[8] V. Chamola, V. Hassija, V. Gupta و M. Guizani, "A Comprehensive Review of the COVID-19 Pandemic and the Role of IoT, COVID-19 Pandemic and the Role of IoT, Managing its Impact," IEEE Access, pp. 1-35, 2020 .

[9] م. نعمت‌شاهی، ح. ابراهیمی‌پور، ز. کیوانلو، م. خواجه دلویی و ع. کیخسروی، "بررسی بودجه بخش بهداشت و درمان طی برنامه‌های اول تا پنجم توسعه اجتماعی اقتصادی کشور،" راهبردهای مدیریت در نظام سلامت، pp. 85-87, 1399 .

[۱۰] ر. گل‌پیرا، م. قطبی، ف. بهتاج، م. پروان، ف. لطفی گلمیشه و ا. واحدی، "شناسنامه شاخص‌های آمار و اطلاعات بیمارستانی،" معاونت درمان وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، تهران، ۱۳۹۹.

[11] I. Redjeki, J. Phua, M. Farug, A. Kulkarni و "Critical Care Bed Capacity in Asian Countries and Regions," Critical Care Medicine, pp. 1-10, 2020 .

[۱۲] ع. عبادی، "کمتر از یک پرستار به ازای هر تخت بیمارستانی،" خبرگزاری تسنیم، تهران، ۱۴۰۰.

[13] E. S. Berner, "History of Health Information Technology in the U.S در ،Health IT Workforce Curriculum, Alabama, National Coordinator for Health Information Technology, 2017, pp. 1-77.

[14] C. Chakraborty, A. Banerjee, L. Garg, J. J. P . وC. Rodrigues, Internet of Medical Things for Smart Healthcare, Singapore: registered company Springer Nature Singapore, 2021 .

[۱۵] ب. عزیزی و ع. سیفی، "بررسی شرایط مهار بیماری کرونا بر اساس مدل پویایی شناسی همه‌گیری آن در ایران،" مجله علوم پزشکی رازی، pp. 115-128, 1399.

[16] Z. Altintas, Biosensors and Nanotechnology: Applications in Health Care Diagnostics, Berlin: John Wiley & Sons, Inc., 2018 .

[۱۷] س. حسن‌نژاددیوکلائی، "بررسی سیستم‌های دینامیکی بعضی مدل‌های ریاضی در بیماری‌های واگیردار و تجزیه و تحلیل آنها،" دانشکده فیزیک دانشگاه تهران، pp. 1-27, 1397.

[۱۸] پ. اولیاء، ف. بحرینی، م. ب. افتخاری، م. قانع و آ. فروزان، "تعیین اولویت‌های تحقیقاتی سلامت در ایران،" مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، pp. 9-20, 1390.

[19] WHO, Sex, gender and influenza, Geneva: World Health Organization, 2020 .

[۲۰] م. طباطبایی، اصول پیشگیری و مراقبت از بیماری‌ها، تهران: انتشارات روح قلم، ۱۳۹۵.

[21] e. Massaro, D. Kondor و c. Ratti, "Assessing the interplay between human mobility and mosquito borne diseases in urban environments," Scientific RepoRtS, pp. 1-13, 2019 .

[22] H. Zhu, P. Podesva, X. Liu, H. Zhang, T. Teply, Y. Xu, H. Chang, A. Qian, Y. Lei, Y. Li, A. Niculescu, C. Iliescu و P. Neuzil, "IoT PCR for pandemic disease detection and its spread monitoring," Sensors & Actuators: B. Chemical, pp. 1-7, 2020 .

[23] Á. M. Ramos, B. Ivorra و B. M. López, Mathematical models for introduction, spread and early detection on infectious diseases in veterinary epidemiology, Madrid: UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID, 2018 .

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.3.87]

[24] S. Agrebi و A. Larbi, "Use of artificial intelligence in infectious diseases در ", Artificial Intelligence in Precision Health, Singapore, Technopark El Gazala, 2020, pp. 415-532.

[۲۵] ع. رجب زاده قطری, س. حجتی نیک قدم و م. فریدماسوله, درآمدی بر پژوهش علم طراحی و فراتحلیل, تهران: انتشارات نگاه دانش, ۱۳۹۳.

[26] S. Bin, G. Sun و C.-C. Chen, "Spread of Infectious Disease Modeling and Analysis of Different Factors on Spread of Infectious Disease Based on Cellular Automata," International Journal of Environmental Research and Public Health, pp. 1-16, 2019 .

[۲۷] ف. ا. احمدی, خ. نصیریانی و پ. اباذری, "تکنیک دلفی: ابزاری در تحقیق," آموزش در علوم پزشکی, pp. 175-186, 1387.

[28] K. Farrahi, R. Emonet و M. Cebrian, "Predicting a Community's Flu Dynamics with Mobile Phone Data," HAL, pp. 1-9, 2015 .

[29] S. A. Alanazi, M. M. Kamruzzaman, M. Alruwaili, N. Alshammari, S. A. Alqahtani و A. Karime, "Measuring and Preventing COVID-19 Using the SIR Model and Machine Learning in Smart Health Care," Journal of Healthcare Engineering, pp. 1-12, 2020 .

[30] M. L. ´opez, A. Peinado و A. ´. Ortiz, "An Extensive Validation of a SIR Epidemic Model to Study the Propagation of Jamming Attacks against IoT Wireless Networks," Computer Networks, pp. 1-37, 2019 .

[31] P. L. Z. L. Y. Z. S. L. Zhifang Liao, "TW SIR: time window based SIR for COVID 19 forecasts," Scientiic Reports, pp. 1-15, 2020 .

[۳۲] م. بسکابادی و م. دوست پرست, "مدل‌بندی و داده‌کاری داده‌های جهانی بیماران ویروس کووید۱۹," طب اورژانس ایران, جلد ۷, p. 40, 1399.

[33] Tahmid Rashid و D. Wang, "CovidSens: a vision on reliable social sensing for COVID 19," Artificial Intelligence Review, pp. 1-25, 2020 .

[۳۴] ا. بخشی, م. اصلانی و پ. عابدی, "مروری بر چالش‌های نمونه‌گیری و تشخیص آزمایشگاهی بیماری کووید۱۹," مطالعات علوم پزشکی, pp. 157-178, 1400.

[35] " The Medical Internet of Things (MIoT)," Cyient Europe Ltd., London, 2017.

[36] H. H. Thary و K. A. Zidan, "A Framework Questionnaire for Diagnosing Infectious Disease Using Machine Learning Techniques," Materials Science and Engineering, pp. 130-148, 2021 .

[37] A. Panesar, Machine Learning and AI for Healthcare, Coventry: Library of Congress, 2020 .

[38] R. Alfred . و J. H. Obit, "The roles of machine learning methods in limiting the spread of deadly diseases: A systematic review," machineintelligencespace, pp. 1-12, 2021 .

[39] S. V.Stehman, "Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy," Remote Sensing of Environment, pp. 77-89, 1997 .

[40] J. Shreffler و M. R. Huecker, "Diagnostic Testing Accuracy: Sensitivity, Specificity, Predictive Values and Likelihood Ratios," StatPearls, pp. 1-8, 2021 .

[41] R. Parikh, A. Mathai, S. Parikh, G. C. Sekhar و R. Thomas, "Understanding and using sensitivity, specificity and predictive values," Indian J Ophthalmol, pp. 45-50, 2008 .

[42] W. Yang, J. Zhang و R. Ma, "The Prediction of Infectious Diseases: A Bibliometric Analysis," International Journal of Environmental Research and Public Health, pp. 1-19, 2020 .

[۴۳] س. روشن, ن. یعقوبی و ا. مومنی, "کاربست هوش مصنوعی در بخش دولتی," فصلنامه علوم مدیریت ایران, 1400, pp. 117-145.

[44] M. Balde, "Fitting SIR model to COVID-19 pandemic data and comparative forcasting with machin learning," SIR Model, pp. 1-20, 2020 .

[45] M. P. Cheng, J. Papenburg, M. Desjardins, S. Kanjilal, C. Quach, M. Libman, S. Dittrich و C. P. Yansouni, "Diagnostic Testing for Severe Acute Respiratory Syndrome-Related Coronavirus 2: A Narrative Review," Ann Intern Med, pp. 724-734, 2020 .

[۴۶] م. کلاهدوز, ع. طبیب‌زاده, م. طاهری‌زاده, آ. لعلی, م. خوانساری, ح. اژدرکش, ف. صفرنژادتمشکل, م. فعال, م. پناهی و م. کربلایی نیا, "مروری بر

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.3.87]

کروناویروس ۱۹: کنترل و پیشگیری،" مجله علوم پزشکی رازی، 1399 ,108-98 .pp.

[47] B. Diao, K. Wen, J. Chen, Y. Liu, Z. Yuan, C. Han, J. Chen, Y. Pan, L. Chen, Y. Dan, J. Wang, Y. Chen, G. Deng, H. Zhou و Y. Wu, "Diagnosis of Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 Infection by Detection of Nucleocapsid Protein," medRxiv, pp. 1-13, 2021 .

[48] G. Chowell, L. Sattenspiel, S. Bansal و C. Viboud, "Early sub-exponential epidemic growth: Simple models, nonlinear incidence rates, and additional mechanisms," Physics of Life Reviews, pp. 1-5, 2016 .

[49] B. Cantó, C. Coll و E. Sánchez, "Estimation of parameters in a structured SIR model," Advances in Difference Equations, pp. 1-13, 2017.

سیده زهره حسینی دانش‌نامهٔ کارشناسی و کارشناسی ارشد را از دانشگاه آزاد، در رشته زیست‌شناسی سلولی و مولکولی دریافت کرد و در حال حاضر دانشجوی دکترای تخصصی مدیریت فناوری اطلاعات دانشگاه علوم و تحقیقات است. زمینه‌های پژوهشی ایشان، بیوتکنولوژی و بیوانفورماتیک، طراحی کیت‌های تشخیص سریع بیماری‌ها و مدیریت بیماری‌های همه‌گیر است. همچنین، تا کنون دو کیت تشخیص سریع دارای شماره ثبت اختراع طراحی کرده‌است.

نشانی رایانامهٔ ایشان عبارت است از:

zohreh.hoseini@gmail.com

رضا رادفر دانش‌آموختهٔ دکتری تخصصی مدیریت صنعتی از دانشگاه علوم و تحقیقات است. ایشان در حال حاضر استاد تمام و مدیر گروه مدیریت صنعتی و تکنولوژی دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات است. زمینه‌های پژوهشی ایشان الگوسازی سیستمی، سیستم‌های پیچیده، علوم سیستم و داده و سیستم‌های نوآوری است. ایشان بیش از ۱۵۰ مقاله در نشریات داخلی و خارجی منتشر کرده‌است، همچنین، در سال ۱۳۸۸ استاد نمونه دانشکدهٔ مدیریت واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی شد.

radfar@gmail.com

امیراشکان نصیری‌پور دانش‌نامهٔ کارشناسی و کارشناسی ارشد را از دانشگاه علوم پزشکی ایران در رشته مدیریت خدمات بهداشتی و درمانی و دانش‌نامهٔ دکتری تخصصی را در رشته مدیریت بهداشت و درمان از دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات دریافت کرد. ایشان در حال حاضر دانش‌یار دانشکدهٔ علوم و فناوری‌های پزشکی و عضو گروه مدیریت خدمات بهداشتی و درمانی دانشگاه آزاد علوم و تحقیقات است. ایشان بیش از ۱۵۰ مقاله در نشریات معتبر داخلی و خارجی و همچنین، سه عنوان کتاب به چاپ رسانده و به عنوان پژوهشگر برتر دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات در سال ۱۳۸۷ انتخاب شده‌است.

نشانی رایانامهٔ ایشان عبارت است از:

drnp20@yahoo.com

علی رجب‌زاده قطری دانش‌نامهٔ کارشناسی را در رشتهٔ مدیریت صنعتی از دانشگاه صنعت نفت و دانش‌نامهٔ کارشناسی ارشد و دکترای خود را در رشتهٔ مدیریت بازرگانی- صنعتی و مدیریت تولید و عملیات از دانشگاه تربیت مدرس دریافت کرده‌است. ایشان بیش از ۱۵۰ مقاله در نشریات داخلی و خارجی و همچنین، بیش از ده عنوان کتاب منتشر کرده‌است. ایشان در حال حاضر استاد تمام و مدیر گروه مدیریت صنعتی دانشگاه تربیت مدرس و زمینه‌های تحقیقاتی ایشان شبیه‌سازی و هوش مصنوعی در کسب و کار است.

نشانی رایانامهٔ ایشان عبارت است از:

alirajabzadeh@gmail.com

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.3.87]