



Developing a Decision Tree Algorithm for Rapid Diagnosis of Covid-19 Based on the Internet of Things¹

Seyedeh Zohreh Hosseini

Ph.D. Student in IT Management, Management and Economics Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. zohreh.hosseini@srbiau.ac.ir

Reza Radfar

Professor, Management and Economics Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (**Corresponding author**). r.radfar@srbiau.ac.ir

Amir Ashkan Nasiripour

Associate Professor, Medical Sciences and Technologies Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. nasiripour@srbiau.ac.ir

Ali Rajabzadeh Ghatary

Professor, Industrial Management Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. alirajabzadeh@modares.ac.ir

Abstract

Objectives: The development of information technology and its use in the health system have undertaken numerous measures for the protection and promotion of human health. However, long-term threats and the recurrence of infectious diseases are still the challenges in the world. Management of infectious diseases is of paramount importance in the global health system and is very complicated. Therefore, the aim of this research is designing a model to predict the covid-19 using artificial intelligence, which will ultimately be useful for rapid detection and control of Covid-19.

Methods: To design a proposed model to analyze the spread of infectious diseases, an intelligent system is presented by combining mathematical dimensions, machine learning, and epidemiology. In this research, the target disease is COVID-19 due to its importance and epidemic. Despite extensive research on this disease, each study focused on a specific area due to its extensive dimension, and no detailed study is available on the main aspects of the disease. The research method is interpretive and exploratory in terms of paradigm and strategy, respectively, and is classified as descriptive-prescriptive in terms of implementation. The research was carried out in a seven-step process.

Results: The results of the systematic review showed the rapid growth of documents since 2015, which can indicate the application of various fields of information technology such as the Internet of Things and machine learning in the field of public health and prevention of infectious diseases.

1. **Received:** 2022-06-30 ; **Revised:** 2022-08-06 ; **Accepted:** 2022-09-06 ; **Published online:** 2022-09-11

DOI: 10.22091/stim.2023.2372

© The Author(s).

Published by: University of Qom.

This is an open access article under the: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



In the algorithm, K values from 1 to 20 neighborhoods were calculated and the best accuracy was obtained at K equal to 2. Therefore, the accuracy of the algorithm is higher than 98% to predict the disease of Covid-19. After calculating the accuracy, the analysis of the confusion matrix showed that in K equal to 2, the sensitivity is 99% and the specificity is 92%.

Conclusions: A comparison of algorithm results shows that in addition to accuracy, sensitivity and specificity obtained for algorithm are higher than traditional methods of diagnosing infectious diseases. Also, due to not having unnecessary complex features that only increase the model implementation time, the algorithm runs in a few minutes, and therefore the detection speed is completely acceptable. High sensitivity (99%) was obtained in the DT algorithm, which is very important for the diagnosis of COVID-19 and indicates the minimum number of false negatives in the test results. Therefore, the proposed algorithm is practical for the purpose of identifying the maximum number of people infected with Covid-19.

Keywords: Artificial Intelligence, COVID-19, Infectious Diseases, Internet of Things, Machine Learning.



توسعه الگوریتم درخت تصمیم برای تشخیص سریع بیماری کووید ۱۹ برپایه اینترنت اشیاء^۱

سیده زهره حسینی

دانشجوی دکتری، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
zohreh.hoseini@srbiau.ac.ir

رضا رادفر

استاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
r.radfar@srbiau.ac.ir

امیراشکان نصیری پور

دانشیار، دانشکده علوم و فناوری‌های پزشکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
nasiripour@srbiau.ac.ir

علی رجبزاده قطری

استاد، دانشکده مدیریت صنعتی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. alirajabzadeh@modares.ac.ir

چکیده

هدف: چالش‌های بهداشتی بدون شک مهم‌ترین موانع توسعه پایدار جهانی است و با مشکلات اجتماعی و اقتصادی مختلف و ناکافی بودن منابع رشد می‌کند. در مقابل سلامت جامعه به توسعه اقتصاد ملی و جهانی کمک کرده و بنابراین در شکل‌گیری ثبات و رفاه یک ملت یا منطقه، نقش زیادی دارد. امروزه با توجه به مهم بودن مسئله سلامت در حوزه بیماری‌های واگیر، وجود سیستمی به منظور پیش‌بینی و کنترل همه‌گیری‌ها لازم است؛ زیرا با پیشگیری از شیوع همه‌گیری، می‌تواند علاوه بر ارزش بالای انسانی در جوامع، سودآوری اقتصادی نیز برای نظام‌های سلامت داشته باشد. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف توسعه الگوریتم هوش مصنوعی بر پایه ویژگی‌های بدست آمده از اینترنت اشیاء برای تشخیص سریع کووید ۱۹ انجام شده است.

روش: روش پژوهش حاضر از نظر پارادایم، تفسیری و از لحاظ استراتژی اکتشافی است. همچنین براساس نوع گردآوری داده‌ها از نوع پژوهش‌های کیفی بوده و با توجه به توسعه الگوریتم، روش تحقیق در این پژوهش مبتنی بر علم طراحی است. رویکرد تحقیق آینده‌نگر است، به طوری که مکانیزم انتقال بیماری و ویژگی‌های تاثیرگذار آن، ما را قادر به پیش‌بینی‌هایی در مورد بیماری و در نتیجه طرح استراتژی‌های کنترل بیماری و مراقبت‌های بهداشتی می‌نماید. **این** پژوهش در یک فرآیند ۷ مرحله‌ای انجام شد.

۱. **استناد به این مقاله:** حسینی، سیده زهره؛ رادفر، رضا؛ نصیری پور، امیراشکان؛ رجبزاده قطری، علی (۱۴۰۱). توسعه الگوریتم درخت تصمیم برای تشخیص سریع بیماری کووید ۱۹ برپایه اینترنت اشیاء. *علوم و فنون مدیریت اطلاعات*، ۸(۳)، ۳۸۷-۴۲۲. DOI: 10.22091/stim.2022.8367.1817

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۰۹؛ تاریخ اصلاح: ۱۴۰۱/۰۵/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۵؛ تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۶/۲۰

ناشر: دانشگاه قم
© نویسندگان.

ویژگی‌های اینترنت اشیاء در پژوهش حاضر با نظر خبرگان استخراج گردید و ویژگی‌های بدست آمده در آزمایش الگوریتم «درخت تصمیم» بر روی داده‌ها، برای تعیین بهترین مدل ایجاد شد.

یافته‌ها: نتایج مرور سیستماتیک رشد سریع مستندات از سال ۲۰۱۵ را نشان داد که می‌تواند نشان‌دهنده کاربردی شدن حوزه‌های مختلف فناوری اطلاعات مانند اینترنت اشیاء و یادگیری ماشین در زمینه سلامت عمومی و پیش‌گیری از بیماری‌های واگیر باشد. در الگوریتم مقادیر K از ۱ تا ۲۰ همسایگی محاسبه شد و بهترین دقت در K برابر ۲ بدست آمد. بنابراین، برای پیش‌بینی بیماری کووید-۱۹، دقت الگوریتم بالاتر از ۹۸ درصد است. پس از محاسبه دقت، تحلیل ماتریس ابهام نشان داد در K برابر ۲، حساسیت ۹۹ درصد و ویژگی ۹۲ درصد است.

نتیجه‌گیری: مقایسه نتایج الگوریتم نشان می‌دهد که علاوه بر دقت، حساسیت و ویژگی بدست آمده، بالاتر از روش‌های سنتی تشخیص بیماری‌های واگیردار است. همچنین به دلیل نداشتن ویژگی‌های پیچیده غیرضروری که صرفاً زمان پیاده‌سازی مدل را افزایش می‌دهند، الگوریتم در چند دقیقه ران شده و بنابراین سرعت تشخیص بسیار بالا است. حساسیت بالای ۹۹ درصد که نشان‌دهنده کم‌ترین موارد منفی کاذب است، در این پژوهش بدست آمد و بنابراین الگوریتم پیشنهادی برای شناسایی حداکثر افراد مبتلاء به کووید-۱۹ بسیار مناسب و کاربردی است.

کلیدواژه‌ها: کووید-۱۹، بیماری‌های واگیردار، الگوریتم درخت تصمیم، برای تشخیص بیماری، اینترنت اشیاء، یادگیری ماشین، هوش مصنوعی.

۱. مقدمه

منافع ملی ما ناگزیر با سلامت مردم در سراسر جهان مرتبط است. سرمایه‌گذاری در بهداشت، مانند آموزش و پرورش، سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی است که می‌تواند به شکستن چرخه فقر و بی‌ثباتی سیاسی کمک کند. همچنین سلامت جامعه به توسعه اقتصادی ملی و جهانی کمک می‌کند و بنابراین در شکل‌گیری ثبات و رفاه یک ملت یا منطقه نقش زیادی دارد (Sciences, 2003). همه‌گیری بیماری‌های عفونی بیش از هر علت دیگری باعث مرگ انسان‌ها در تاریخ شده است (Edwards, 2017). در دنیایی که از طریق جابجایی مردم و کالاها، بیشتر از هر زمان دیگری به هم پیوسته است، شیوع بیماری همه‌گیر نشان‌دهنده یک چالش مهم مراقبت‌های بهداشتی است. تحرک اجتماعی و مکانی پیشرفت کرده و انتشار جغرافیایی بیماری‌ها را به طور فزاینده‌ای آسان کرده است. پاتوژن‌های نوظهور می‌توانند به سرعت ظاهر شوند و گسترش یابند (Astill & et al., 2018). توسعه فناوری اطلاعات و استفاده از آن در سیستم بهداشتی، می‌تواند راه‌حلی جدید در برابر تهدیدات بیماری‌های عفونی باشد (Edwards, 2018).

اینترنت اشیاء^۱ در حوزه‌های مختلف پزشکی مانند سیستم‌های مراقبت از راه دور بیماران، سیستم‌های هشداردهنده اورژانس، برنامه‌های تناسب اندام، کنترل دارو، کنترل بیماری‌های مزمن، کنترل سالمندان و... مورد استفاده قرار می‌گیرد (Chakraborty & et al., 2021). استفاده از مدل‌های ریاضی و شبیه‌سازی در سال‌های اخیر کمک زیادی به شناخت رفتار سیستم شیوع بیماری‌ها کرده است. این شناخت در به‌کارگیری روش‌های مناسب در برخورد با شیوع بیماری‌ها بسیار موثر بوده است. ترکیب مدل‌های ریاضی با استفاده از اینترنت اشیاء یک روش بسیار کارآمد برای مطالعه رفتار سیستم در شیوع بیماری‌ها است (عزیزی و سیفی، ۱۳۹۹).

امروزه با توجه به مهم بودن مسئله سلامت در حوزه بیماری‌های واگیر، وجود سیستمی به منظور پیش‌بینی و کنترل همه‌گیری‌ها لازم است و نقش سیستم کنترلی در این بین اهمیت زیادی دارد؛ زیرا با پیشگیری از شیوع همه‌گیری، می‌تواند علاوه بر ارزش بالای انسانی در جوامع، برای نظام‌های سلامت سودآوری اقتصادی نیز داشته باشد (Altintas, 2018)؛ حسن‌نژاد دیوکلانی، ۱۳۹۷. بررسی‌ها در ایران نشان می‌دهد که بیماری‌های عفونی و واگیر جزو مهم‌ترین چالش‌های

http://stjm.gom.ac.ir

کشور است، در همین راستا، در بررسی‌ای که با هدف تعیین اولویت‌های تحقیقات سلامت انجام شده است، بیماری‌های عفونی و واگیر اولین اولویت نهادها و دانشگاه‌های ایران از میان ۹ اولویت اشاره شده در تحقیقات بوده است (اولیاء و همکاران، ۱۳۹۰).

در کشورهای در حال توسعه، استفاده از تلفن‌های همراه، فراوانی بالایی دارد. به همین دلیل برنامه‌های مراقبت‌های بهداشتی به نام سلامت همراه^۱ که شامل تلفیق رایانه‌های سیار، حس‌گرهای پزشکی و دستگاه‌های قابل حمل می‌باشند، در حال ظهور و گسترش است. همچنین، طی چند سال آینده، تلفن‌های هوشمند برای افراد بی‌سواد در کشورهای در حال توسعه مقرون به‌صرفه خواهد شد (Madanian & 2020).

داده‌های تلفن همراه برای نظارت بر الگوی تحرک در زمان واقعی ارزشمند است. چنین اطلاعاتی پتانسیل زیادی در مدل‌سازی و کنترل همه‌گیری دارد، در حالی‌که به دست آوردن اطلاعات تحرک افراد با روش‌های سنتی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه با تغییر سریع محیط شهری و منابع محدود، برای انجام بررسی‌های سفر، اغلب غیرقابل اعتماد و دشوار بوده است (Massaro & et al., 2019).

اگرچه در سال‌های آینده نسل پنجم ارتباطات سیار همراه با نرخ انبوه افزایش داده در مقایسه با نسل‌های قبلی منتشر خواهد شد، با این وجود، اینترنت اشیاء برای برنامه‌های مدیریت سلامت می‌تواند به قدیمی‌ترین نسل اینترنت (G۲) تکیه کند، این یک ویژگی مهم برای کشورهای در حال توسعه جهان است (Zhu & et al., 2020). بنابراین، جهان همچنان با تهدیدهای طولانی‌مدت و تکرار مجدد بیماری‌های عفونی روبه‌رو است. این تهدیدها از نظر شدت و احتمال بسیار متفاوت هستند. همچنین بیماری‌های همه‌گیر علاوه بر مرگ و میر، مجموعه‌ای پیچیده از عوارض اجتماعی و اقتصادی را به همراه دارند. شیوع‌های اخیر نشان می‌دهند که سیستم بهداشت جهانی با وضعیت موجود، نمی‌تواند محافظت موثری در برابر مجموعه‌های پویا از تهدیدات بیماری‌های عفونی داشته باشد. به همین دلیل توسعه روش‌های تشخیص سریع برای کنترل همه‌گیری‌ها ضروری است.

مسئله مهم این است که روش‌های موجود پاسخ‌گوی تشخیص سریع و به‌هنگام بیماری‌ها

نیستند و در حال حاضر علم همه‌گیرشناسی سنتی با دو چالش عمده روبه‌رو شده است: مورد اول، کیفیت و جزئیات داده‌ها برای مدل‌سازی معمولاً مطلوب نیست (اطلاعات ما از وضعیت سلامتی افراد کم است و همین داده‌های کم هم در بازه‌های زمانی بلندمدت بروزرسانی می‌شوند). مورد دوم، سناریوی همه‌گیرشناسی (چگونگی تأثیر همه‌گیری‌ها بر اثرات فصلی، سابقه سلامت افراد، جمعیت‌شناسی، سوابق واکسیناسیون و عوامل فرهنگی عمومی در مورد بهداشت و تعاملات اجتماعی) بسیار پیچیده است (Farrahi, Emonet & Cebrian, 2015). اگرچه مدل‌هایی به کمک ریاضیات برای به دست آوردن عبارات تحلیلی برای تعدادی از پارامترهای مهم مانند تعداد کل عفونت‌ها توسعه پیدا کرده، اما این مدل‌ها نه می‌توانند پیچیدگی فعل و انفعالات انسانی را (که به عنوان یک مکانیسم اصلی انتقال بیماری‌های عفونی عمل می‌کنند)، در نظر بگیرند و نه هیچ توضیح علیتی ارائه دهند. با در نظر گرفتن چالش‌های جدید، سیستم بهداشت عمومی در همه سطوح به توسعه فناوری‌هایی نظیر اینترنت اشیاء برای حمایت از آمادگی سلامت عمومی نیاز دارد (Mcdonald, 2015).

آنچه مهم است استفاده از اینترنت اشیاء برای کشورهای در حال توسعه می‌باشد؛ زیرا اینترنت اشیاء تکنولوژی کم‌قدرت است که برای مکان‌های با منبع قدرت نامنظم نظیر کشورهای در حال توسعه مناسب بوده، و نیازی به شبکه پر سرعت اینترنتی ندارد (عجمی و همکاران، ۱۳۹۰). علاوه بر داده‌های اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی^۱ و یادگیری ماشین^۲ نیز می‌تواند نقش قابل توجهی در بهبود سلامت در کشورهای در حال توسعه داشته باشد. در رویکرد هوش مصنوعی، داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از سنسورهای اینترنت اشیاء به مرکز پردازش فرستاده می‌شود؛ محلی که ماشین‌ها برای تجزیه و تحلیل، تفسیر و حل یک مشکل طراحی شده‌اند. در یادگیری ماشین، کامپیوتر یاد می‌گیرد که چگونه به یک نتیجه خاص واکنش نشان دهد و در آینده می‌داند که به همان روش عمل کند. این امر حتی در کشورهای در حال توسعه که منابع، هزینه مراقبت‌های بهداشتی و سایر محدودیت‌ها از ارائه مراقبت بهینه جلوگیری می‌کند، نیز قابل اجرا است (Larbi & Agrebi, 2020).

<http://stlm.gom.ac.ir>

1. Artificial Intelligence
2. Machine learning

در حالی که دسترسی به دارو هنوز یک محدودیت (مالی) در کشورهای در حال توسعه است، استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای قطع انتقال ممکن است به بهترین استراتژی بلندمدت مقرون به صرفه تبدیل شود (Larbi & Agrebi, 2020). به همین دلیل تمرکز پژوهش حاضر بر استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای پیش‌بینی بیماری کووید-۱۹ و کمک به قطع زنجیره انتقال است.

۲. مبانی نظری پژوهش

سال ۲۰۲۰ باید با توسعه و بلوغ چندین فناوری دیجیتال که می‌تواند برای مقابله با مشکلات و کلینیک‌های عمده پزشکی استفاده شود، آغاز یک دهه هیجان‌انگیز در پزشکی و علوم است. این فناوری‌های دیجیتالی شامل اینترنت اشیاء، تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ و هوش مصنوعی است که بسیار به هم مرتبط هستند: گسترش اینترنت اشیاء (به عنوان مثال دستگاه‌ها و ابزارها) در بیمارستان‌ها و کلینیک‌ها، ایجاد یک اکوسیستم دیجیتال بسیار به هم پیوسته را تسهیل می‌کند، جمع‌آوری داده‌ها در زمان واقعی را در مقیاس امکان‌پذیر می‌کند، سپس می‌تواند توسط هوش مصنوعی و سیستم‌های یادگیری عمیق برای درک روند مراقبت‌های بهداشتی، مدل‌سازی ارتباطات ریسک و پیش‌بینی نتایج استفاده شوند (Ting, Carin, Dzau & Wong, 2020).

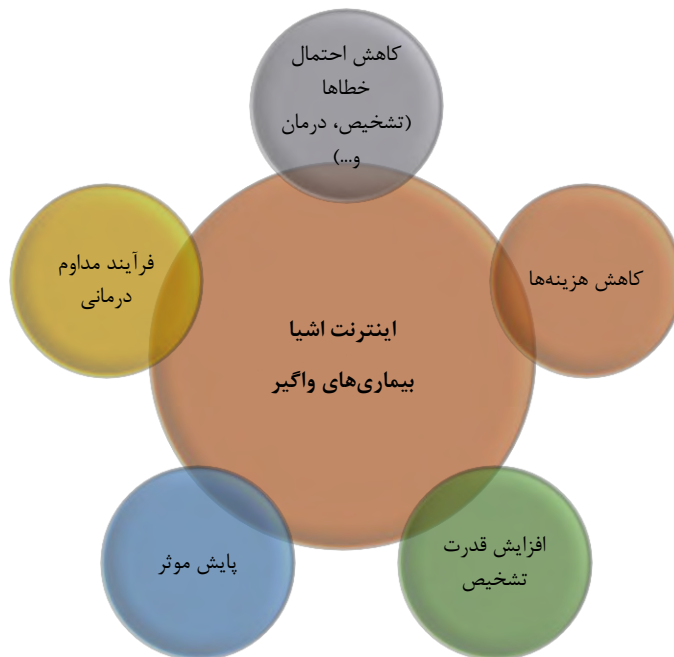
با توجه به اینکه هدف پژوهش حاضر تشخیص سریع و پیشگیری از بیماری کووید-۱۹ است، در ادامه به مرور مباحث مرتبط با اینترنت اشیاء و یادگیری ماشین و کاربردهای آن پرداخته می‌شود. اصطلاح «اینترنت اشیاء» اولین بار توسط کوین اشتون^۱ در سال ۱۹۹۹ مطرح شد. او جهانی را توصیف کرد که در آن هر چیزی، برای خود هویت دیجیتال داشته باشد و به کامپیوترها اجازه دهند آنها را سازمان‌دهی و مدیریت کنند (فرازمند و احمدی، ۱۳۹۶).

در شرایط فعلی، بیشتر جوامع از بیماری‌های همه‌گیر مانند کووید-۱۹، ابولا و غیره رنج می‌برند. افراد آلوده ممکن است یک دوره نهفتگی ۱۴-۱ روز قبل از ایجاد علائم داشته باشند. از آنجایی که نیاز به سرمایه‌گذاری کلانی در پایش، تشخیص و همچنین درمان بیماری‌های واگیر وجود دارد و همچنین برای تهیه آزمایش و بررسی سابقه بالینی گذشته بیماران زمان زیادی نیاز است، تحقیقات زیادی در سرتاسر جهان انجام شده تا سوابق بالینی گذشته بیماران در پایگاه داده

1. Kevin Ashton

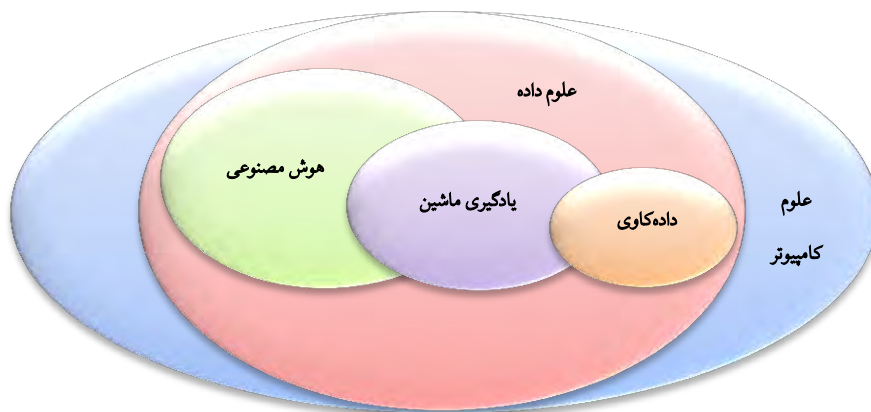
ابری اینترنت اشیاء ذخیره شود (Chakraborty & et al., 2021).

این روزها، تعداد زیادی از جمعیت انسانی دارای تلفن همراه با سیستم موقعیت‌یابی جهانی (GPS) متصل به شبکه‌های تلفن همراه هستند. اینترنت اشیاء امکان اتصال دستگاه‌های مراقبتی را از طریق شبکه تلفن همراه فراهم می‌کند. همچنین اینترنت اشیاء انتقال اطلاعات از دستگاه‌های مراقبت بهداشتی به یک مکان متمرکز را تسریع می‌کند و سپس براساس مدل‌هایی با استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ، پیشنهادهای تخصصی را ارائه می‌کند (Ai, Peng & Zhang, 2018). اینترنت اشیاء می‌تواند چند نقش کلیدی در کنترل بیماری‌های واگیر داشته باشد (شکل ۱). با اجرای موفقیت‌آمیز این فناوری، می‌توان شاهد بهبود کارایی کادر پزشکی با کاهش حجم کار آنها بود (Singh, Javaid, Haleem & Suman, 2020). اینترنت اشیاء یک بستر فناوری نوآورانه برای پیشگیری از کووید ۱۹ و می‌تواند چالش‌های موجود را در طول وضعیت قرنطینه برطرف کند. در پژوهش حاضر از این فناوری برای گرفتن اطلاعات حسی یعنی علائم و عوامل بیماری در زمان واقعی استفاده شده است (شکل ۷).



<http://stjm.gom.ac.ir>

شکل ۱- قابلیت‌های اصلی استفاده از اینترنت اشیاء در مقابله با همه‌گیری‌ها
(Singh, Javaid, Haleem & Suman, 2020)

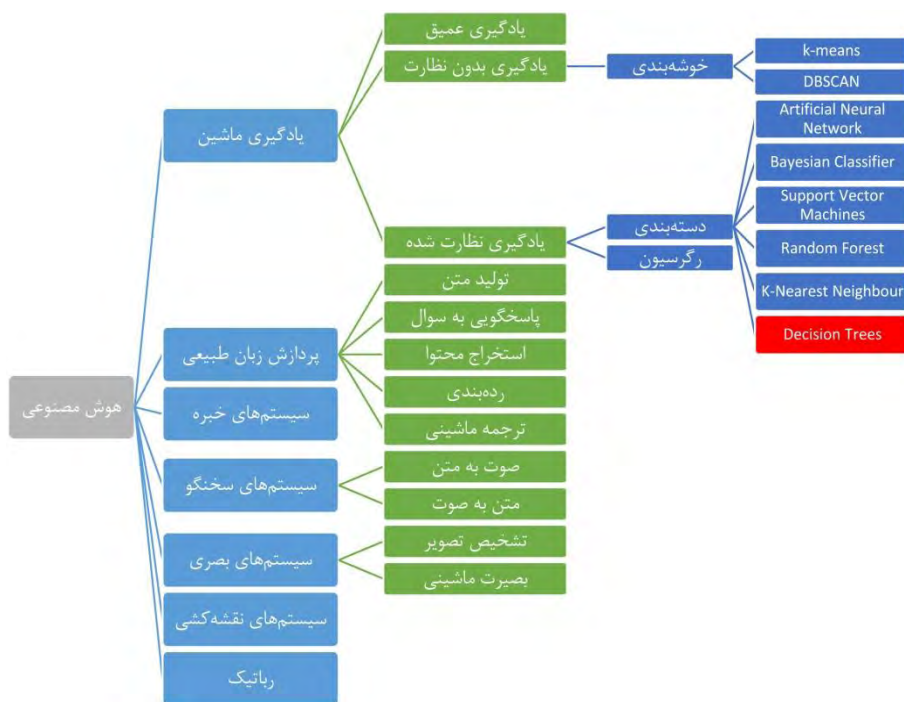


شکل ۰ - هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و جایگاه انتزاعی آنها در علوم کامپیوتر (Panesar, 2020)

هوش مصنوعی زیرمجموعه‌ای از علوم رایانه است که ریشه در ریاضیات، منطق، فلسفه، روان‌شناسی، علوم شناختی، زیست‌شناسی و غیره دارد (شکل ۲) (Panesar, 2020).

الگوریتم‌های رایانه‌ای برای هوش مصنوعی تا حد زیادی بر تکنیک‌های یادگیری ماشین به معنای وسیع، از جمله پردازش زبان طبیعی تکیه دارند. تکنیک‌های یادگیری ماشین مجموعه متنوعی از الگوریتم‌ها را تشکیل می‌دهند (مانند رگرسیون لجستیک، درخت تصمیم یا یادگیری عمیق) که می‌توانند به تکنیک‌های یادگیری تحت نظارت، بدون نظارت و تقویتی طبقه‌بندی شوند (شکل ۳) (Roth JA, 2018).

هوش مصنوعی امید جدیدی را در نه تنها برای پیشگیری موثر بیماری‌ها و مبارزه با تهدیدات همه‌گیری بیماری‌های عفونی فراهم می‌کند، بلکه درک رفتارهای جستجوی سلامت و احساسات عمومی در هنگام شیوع بیماری را نیز تسهیل می‌کند (Larbi & Agrebi, 2020). مشکل بیماری‌های عفونی، همان‌طور که اشاره شد، غیرقابل پیش‌بینی بودن آنها و همچنین عوامل متعددی است که بر روند عفونت و انتقال تأثیر می‌گذارد. محاسبات سنتی نمی‌توانند در یک موقعیت غیرمنتظره واکنش نشان دهند، در صورتی که پلتفرم‌های هوش مصنوعی دائماً رفتار خود را با تغییرات تطبیق می‌دهند و واکنش‌های خود را بر این اساس اصلاح می‌کنند (Larbi & Agrebi, 2020). در این پژوهش الگوریتم درخت تصمیم برای پیش‌بینی بیماری کووید ۱۹ به کار رفته است، همان‌طور که در شکل (۳) آمده، این الگوریتم یکی از انواع روش‌های نظارت شده در یادگیری ماشین است.



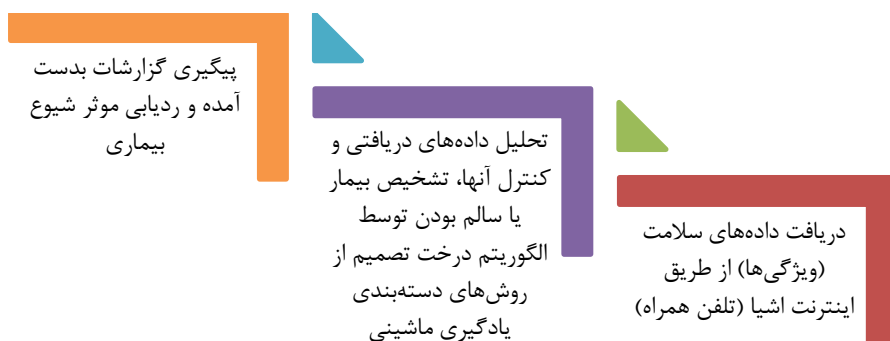
شکل ۳ - اجزای هوش مصنوعی و جایگاه الگوریتم انتخابی
(درخت تصمیم) در روش‌های یادگیری ماشین (Roth JA, 2018)

۳. روش پژوهش

روش پژوهش حاضر از نظر پارادایم، تفسیری و از لحاظ استراتژی، اکتشافی می‌باشد و از نظر اجرا توصیفی- تجویزی است. ضمن اینکه براساس نوع گردآوری داده‌ها از نوع پژوهش‌های کیفی بوده و با توجه به ارائه الگوریتم، روش تحقیق در این پژوهش مبتنی بر علم طراحی (رجب‌زاده قطری و همکاران، ۱۳۹۳) است. مجموعه اطلاعات مندرج در این تحقیق با جستجو در کتابخانه‌های آنلاین دانشگاه‌های معتبر دنیا و مطالعه مقالات مرتبط و همچنین پایگاه داده‌های بهداشت جهانی با رعایت کامل استانداردهای تحقیق‌نویسی و اصول امانت‌داری گردآوری شده است. قلمرو موضوعی پژوهش نیز مقالات با محوریت پیشگیری از شیوع بیماری‌های واگیر با استفاده از رویکردهای آماری، ریاضی و اینترنت اشیا و یادگیری ماشین بوده و بیماری هدف، کووید ۱۹ است.

در مرحله اول، اینترنت اشیا برای گرفتن داده‌های بهداشتی از مکان‌های مختلف بیمار آلوده و

مدیریت داده‌ها استفاده می‌شود. ویژگی‌هایی که در این پژوهش به آنها اشاره می‌شود، با توجه به مقالات مرتبط، ویژگی‌هایی هستند که از طریق اینترنت اشیاء به سادگی جمع‌آوری می‌شوند، در مرحله بعد سیستم مدیریت مجازی به کنترل داده‌ها و پیگیری گزارش‌های بدست آمده کمک می‌کند. در مرحله بعد با بکارگیری الگوریتم پیشنهادی یادگیری ماشین، بیماری یا سالم بودن فرد پیش‌بینی می‌شود و می‌توان از ردیابی موثر بیماران و همچنین موارد مشکوک کاملاً مطمئن شد (شکل ۴). ابزارهای مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از: فیش‌برداری الکترونیکی از منابع کتابخانه‌ای و همچنین پرسشنامه.



شکل ۴ - روند اجرای اینترنت اشیاء و یادگیری ماشین برای مقابله با همه‌گیری کووید ۱۹

در پژوهش حاضر از روش فراترکیب (رجب‌زاده قطری، ۱۳۹۳) برای شناسایی فاکتورهای موثر اینترنت اشیاء برای کنترل شیوع بیماری استفاده شده است. همچنین برای تعیین نهایی متغیرهای موثر در مدل، از روش دلفی (۱۹۷۸) (احمدی، نصیریانی و ابادری، ۱۳۸۷) بهره گرفته شد. در پایتون نسخه ۳/۸ از کتابخانه‌های تخصصی «Numpy» و «Scikit-learn» برای رسم نمودارها و نتایج استفاده شد. این پژوهش در ۶ بخش اصلی اجرا شده است (شکل ۵).

<http://stjm.gom.ac.ir>

شکل ۵- فرایند ۶ مرحله‌ای روش تشخیص بیماری‌های واگیر با استفاده از اینترنت اشیاء

۳-۱. مرور سیستماتیک

کلیدواژه‌های تشخیص،^۱ اینترنت اشیاء، بیماری‌های واگیر،^۲ پیشگویی،^۳ پیش‌بینی،^۴ مدل‌سازی کمی،^۵ یادگیری ماشین و هوش مصنوعی در هر دو زبان فارسی و انگلیسی به عنوان موضوع اصلی جستجو بودند. از ۶ ابزار کتابخانه‌ای عمده یعنی PubMed، ScienceDirect، Google scholar، VOSviewer، CiteSpace، IEEE Explorer، Springer Library نشریات فارسی (SID، Magiran و Civilica) و پایگاه‌های سلامت بین‌المللی و کتابخانه‌های دیجیتال آنلاین استفاده شد تا به طور عینی داده‌های پیش‌بینی حوزه بیماری‌های واگیردار در نشریات مرتبط تحلیل شوند.

مقالات مهم پیش‌بینی بیماری‌های واگیر از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۰ شناسایی و خلاصه آنها، مطالعه شد. در این مطالعه ۱۹۰ سند که دارای مولفه‌های ورودی بودند، استخراج گردید (جدول ۱). این مدارک در ۸۶ مجله و ۱۱ نوع سند مختلف (نظیر کتاب، گزارش موردی، گزارشات بالینی، مقاله و...) منتشر شده و بیشترین انواع مورد مطالعه، یعنی ۱۶۹ عدد (۸۹٪) مقاله بوده است.

جدول ۱- مولفه‌های جستجو، معیارهای شمول و بررسی پایگاه داده‌ها

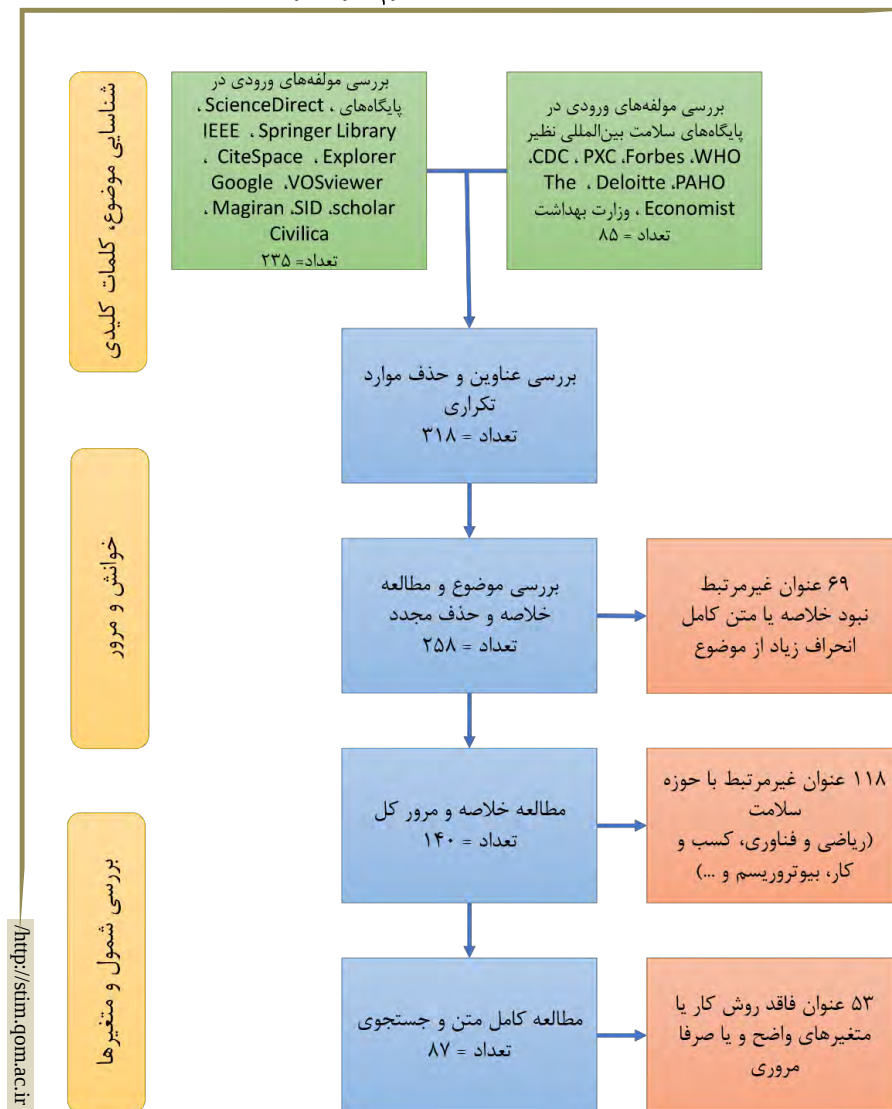
مولفه‌های ورودی	بازه جستجو
واژه‌های کلیدی	تشخیص، اینترنت اشیاء، بیماری‌های واگیر، پیشگویی، پیش‌بینی، مدل‌سازی کمی، یادگیری ماشین و هوش مصنوعی
جغرافیا	همه کشورها
زبان تحقیقات	انگلیسی و فارسی
زمان	مرداد ۱۳۹۸ تا مهر ۱۳۹۹
روش‌های مطالعه	کیفی، کیفی و کمی
نوع سند	مقاله، کتاب، گزارش، وب‌سایت، پایان‌نامه

سپس، مقالات مهم پیش‌بینی بیماری‌های واگیر شناسایی و خلاصه آنها مطالعه شد. بیشترین

1. Diagnosis
2. Contagious diseases
3. Prediction
4. Forecast
5. Quantitative modeling

انواع مورد مطالعه، یعنی ۱۶۹ عدد از ۱۹۰ عدد (۸۹٪) مقاله بوده است. این جستجو و تجزیه و تحلیل مجدداً در تیر ۱۳۹۹ تکرار شد و ۱۳۰ سند جدید (۲۰۲۰ و ۲۰۲۲) شناسایی گردید که نشان‌دهنده رشد معنادار در مقالات مرتبط با موضوع پژوهش در این دوره می‌باشد و در مجموع ۳۲۰ سند مناسب بررسی در نرم‌افزار Mendely آرشیو شدند.

در مرحله دوم مرور سیستماتیک، با استفاده از طراحی فیش‌های جستجو و بررسی مدل‌های شیوع بیماری از بین مقالات، ۶۰ مقاله به دلیل آنکه معماری یا بحث منتشر شده‌ای برای استفاده از مدل‌های پیشگیری از شیوع بیماری‌های واگیر با اینترنت اشیاء نداشتند و مقالات با انحراف زیاد (به عنوان مثال فقط بیماری‌های عفونی بین انسان یا عفونت‌های مشترک انسان و دام در نظر گرفته شد، نه اینکه بین حیوانات یا گیاهان) و ۲ مقاله به دلیل تکراری بودن، از چرخه مطالعات پژوهش کنار گذاشته شدند. در نهایت ۱۴۰ مقاله مورد تجزیه و تحلیل مرحله بعد قرار گرفت. در مرحله سوم پژوهش، با تمرکز بر روی روش کار و متغیرهای هر تحقیق، مسئله با هدف انتخاب یک الگوریتم یادگیری مشخص و با استفاده از ۸۷ مقاله مرتبط مرور شد در نهایت و به روش فراترکیب، مجموعه‌ای از متغیرهای اینترنت اشیاء (۳۴ متغیر) برای طراحی پرسشنامه استخراج شد (شکل ۶).



شکل ۶- فرآیند مرور سیستماتیک در مقالات مرتبط با موضوع پژوهش

۲-۳. بررسی داده‌ها و استخراج ویژگی‌ها

در این پژوهش بیماری کووید ۱۹ به عنوان بیماری هدف برای مقابله و ردیابی انتخاب شد. با توجه به اینکه عوامل بسیاری می‌توانند به عنوان فاکتورهای بیماری‌زایی کووید ۱۹ و علائم بیماری در نظر گرفته شوند، در مرحله بعد انتخاب ویژگی با هدف پیش‌بینی بیماری بر روی مقالات انجام

شد و ۳۱ ویژگی برای راهیابی به مرحله بعد استخراج شدند. شکل (۷) این ویژگی‌ها را نشان می‌دهد.

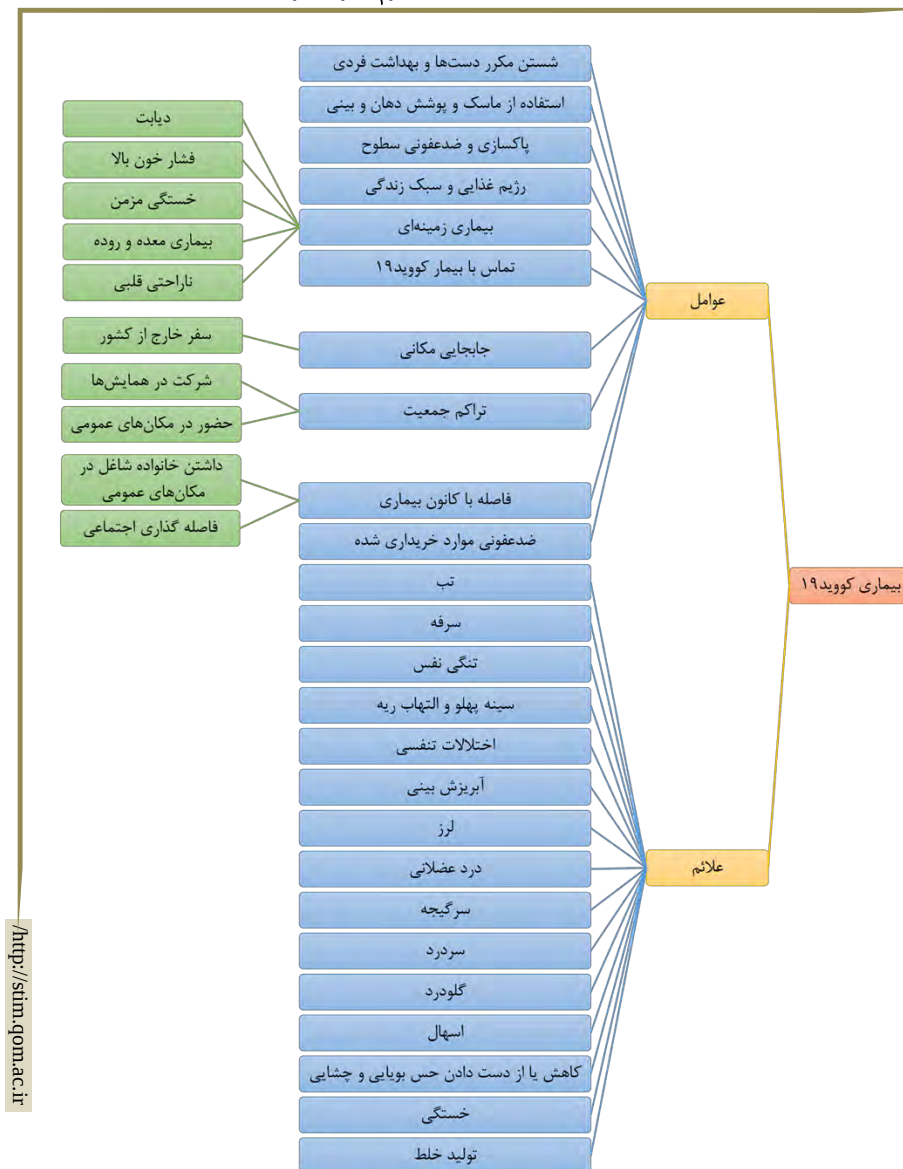
۳-۲-۱. تعیین متغیرها و انتخاب دیتاست

با توجه به دشواری اولیه تشخیص کووید ۱۹ در بیولوژی و پاتوبیولوژی، حتی در آزمایشات واکنش رنجیره‌ای پلیمرز، انتخاب فاکتورهای مناسب برای بهبود قابلیت اطمینان و اعتبار پیش‌بینی در مدل پژوهش حاضر بسیار مورد توجه بوده است.

تعیین متغیرها به روش دلفی انجام شد. با توجه به اینکه هدف از طراحی سیستم تشخیص و پیشگیری خودکار است، بنابراین، بهترین افرادی که می‌توانند برای نزدیک کردن تفکر سیستم به تفکر متخصصان تصمیم بگیرند، انتخاب شدند. در این مرحله کاهش ابعاد با استفاده از نظر خبرگان در ۴ مرحله نشست مجازی انجام شد و با استخراج مجموعه‌ای از متغیرهای اصلی، تعداد متغیرها کاهش پیدا کرد. این مرحله با حساسیت بالا انجام شد. اعضای نشست دلفی برای این پژوهش به صورت نمونه‌گیری غیراحتمالی و ترکیبی از نمونه‌گیری غیراحتمالی و ترکیبی از روش‌های هدفمند و رنجیره‌ای برگزیده شدند. بر این اساس ابتدا ۱۸ نفر از افرادی که پزشک یا متخصص بیماری‌های واگیر با حداقل ۵ سال سابقه کار بودند، شناسایی شدند. ۱۷ نفر از واجدین شرایط کاملاً داوطلبانه و با هدف ارتقای دانش همه‌گیرشناسی و کمک به سلامت جامعه، مشارکت خود را اعلام کردند (جدول ۲). دیتاست بین‌المللی، شامل ۵۴۳۵ رکورد با ویژگی‌های مورد تأیید خبرگان در پژوهش استفاده شد.

جدول ۲- ویژگی‌های اعضای گروه دلفی

نوع تخصص و سابقه کاری و پژوهشی مرتبط	تعداد افراد	سابقه (به سال)		
		بیشترین	کم‌ترین	میانگین
دکتری تخصصی اپیدمیولوژی	5	20	5	7
کارشناس ارشد اپیدمیولوژی	2	12	5	5
پزشک عمومی	9	25	6	12
دکتری تخصصی ویروس‌شناسی	4	17	5	10
کارشناس ارشد ویروس‌شناسی	1	8	8	8
دکتری تخصصی میکروبیولوژی	2	10	5	7.5



شکل ۷- ویژگی‌های استخراج شده با هدف پیش‌بینی کووید ۱۹

۳-۲-۲. انتخاب روش یادگیری

الگوریتم انتخابی به عوامل مختلفی از جمله اندازه، کیفیت و ماهیت داده بستگی دارد. تکنیک 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 ۲۰۲۱ نشان

می‌دهد روش‌های یادگیری نظارت شده برای تشخیص الگوی بیماری‌های عفونی در حال ظهور و پیش‌بینی ابتلاء به کووید ۱۹ استفاده شده‌اند. همچنین الگوریتم‌های درخت تصمیم و نزدیک‌ترین همسایگی و بردار پشتیبان تصمیم بیشترین کاربرد را دارند. در این پژوهش، مسئله پیش‌بینی خطر ابتلاء به بیماری، با یادگیری دیتاست بیماران، تجربیات زندگی واقعی و پیش‌بینی و بازخورد آن انجام می‌شود. بر همین اساس در پژوهش حاضر برای توسعه پژوهش و دستیابی به مدل، از الگوریتم کاربردی روش دسته‌بندی یعنی درخت تصمیم استفاده شده است.

۳-۲-۳. به‌کارگیری روش یادگیری و پیاده‌سازی الگوریتم

برای پیاده‌سازی مدل، مراحل زیر انجام شد:

ابتدا پاکسازی و تبدیل داده‌ها انجام گرفت. در این مرحله قالب‌بندی و تبدیل داده‌ها انجام شد. سپس نرمال‌سازی داده‌ها صورت گرفت. با توجه به نوع الگوریتم و تحقیقات مرتبط، در این مرحله، مجموعه تست شامل ۲۰ درصد داده‌ها (۱۰۸۷ رکورد) و مجموعه آموزش شامل ۸۰ درصد (۴۳۴۷ رکورد) از دیتاست دسته‌بندی شدند. الگوریتم DT با استفاده از کتابخانه sklearn.tree در پایتون پیاده شد. مراحل پیشرفت شاخه‌های درخت و ترتیب سوالات در این قسمت با استفاده از معیار کسب اطلاعات انجام شد. همچنین با توجه به اینکه ممکن است نتیجه عمق‌های مختلف جستجو برای داده‌های مختلف، متفاوت باشد، الگوریتم، برای عمق‌های مختلف محاسبه و با نتایج داده‌های تست مقایسه و بررسی شد. در مرحله بعد با استفاده از تابع accuracy دقت برای هر عمق محاسبه شد و بهترین عمق جستجو بدست آمد.

۳-۲-۴. ارزیابی و بهبود الگوریتم

عملکرد وظایف یادگیری ماشین، براساس داده‌های داده شده به ماشین متفاوت است. به عنوان مثال، در پرونده یک بیمار که توسط سیستم هوش مصنوعی تجزیه و تحلیل می‌شود، الگوریتم بیمار را مستقیماً معاینه نمی‌کند، در عوض، داده‌ها به سیستمی وارد می‌شوند که هر بخش از اطلاعات بیمار، به عنوان یک ویژگی شناخته می‌شود. بنابراین، هدف یک الگوریتم یادگیری ماشین تعمیم خوب است، نه کم تناسب و نه بیش از حد حساس. تعمیم به مدلی اشاره دارد که با حداکثر دقت برای شناسایی و تشخیص موارد جدید عمل کند. با توجه به توضیحات، برای ارزیابی نتایج، اثربخشی و عملکرد بهتر، از روش ماتریس ابهام (Stehman, 1997) استفاده شد.

ماتریس ابهام: بعد از فرآیند آموزش، مهم‌ترین مسئله، ارزیابی مدل آموزش دیده است.

برای مسائلی از جنس دسته‌بندی، معمولاً چند معیار استاندارد وجود دارد؛ حساسیت، ویژگی و دقت که از آن‌ها استفاده می‌شود. اما قبل از محاسبه این مقادیر، باید چهار پارامتر اصلی مثبت صحیح (TP)، منفی کاذب (FN)، منفی صحیح (TN) و مثبت کاذب (FP) محاسبه شوند (Shreffler & Huecker, 2021). جدول یا ماتریس ابهام، نتایج حاصل از طبقه‌بندی را براساس اطلاعات واقعی موجود، نمایش می‌دهد. حال براساس این مقادیر می‌توان معیارهای مختلف ارزیابی دسته‌بندی و اندازه‌گیری دقت را تعریف کرد. در این پژوهش، تعلق به دسته افراد بیمار، مثبت و عدم تعلق به این دسته، منفی در نظر گرفته شد. هر نمونه یا فردی در واقعیت، متعلق به یکی از کلاس‌های مثبت یا منفی است. بنابراین، مطابق جدول (۳) برای هر نمونه داده، یکی از چهار حالتی که بیان شد، ممکن است اتفاق بیفتد.

جدول ۳- حساسیت و ویژگی و ماتریس ابهام

		دسته پیش‌بینی شده		
		مثبت	منفی	
دسته واقعی	مثبت	TP	FN	بعد حساسیت
	منفی	FP	TN	بعد ویژگی

محاسبه پارامتر دقت:^۱ پارامتر دقت معمول‌ترین معیار اندازه‌گیری کیفیت یک الگوریتم است. این پارامتر میزان تشخیص صحیح الگوریتم در تشخیص دسته‌ها را نشان می‌دهد و براساس ماتریس ارائه شده در بالا، به شکل زیر در فرمول (۱) تعریف می‌شود:

فرمول ۱- محاسبه پارامتر دقت

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

محاسبه پارامتر حساسیت:^۲ پارامتر دیگر، حساسیت است که به معنی موارد مثبتی بوده که الگوریتم آن‌ها را به درستی به عنوان نمونه مثبت تشخیص داده است. در واقع، حساسیت معیار مهم ارزیابی الگوریتم برای پیش‌بینی و تشخیص بیماری است؛ زیرا مشخص می‌کند الگوریتم، به چه اندازه در تشخیص تمام افراد مبتلأ به بیماری موفق بوده است. این پارامتر به صورت فرمول (۲) محاسبه می‌شود:

1. Accuracy
2. Sensitivity

فرمول ۲- محاسبه پارامتر حساسیت

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

محاسبه پارامتر ویژگی^۱: در نقطه مقابل پارامتر حساسیت، در مواقعی دقت تشخیص دسته منفی مهم است. پارامتری که عموماً در کنار حساسیت بررسی می‌شود، پارامتر ویژگی است که به چگونگی عملکرد الگوریتم در تشخیص طبقه‌بندی‌های نادرست اشاره دارد. ویژگی موارد منفی‌ای است که آزمایش، آن‌ها را به درستی به عنوان نمونه منفی تشخیص داده است. این پارامتر به صورت فرمول (۳) محاسبه می‌شود:

فرمول ۳- محاسبه پارامتر ویژگی

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

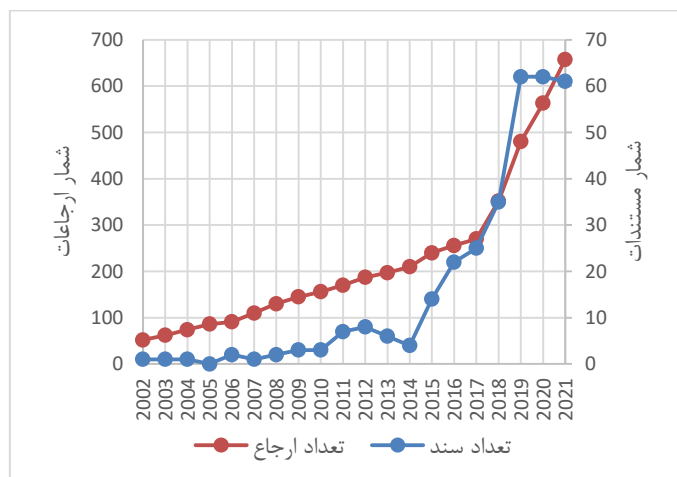
در این مرحله ماتریس ابهام و پارامترهای دقت، حساسیت و ویژگی برای الگوریتم با استفاده از کتابخانه scikit-learn پایتون محاسبه شد و مقدار آن به درصد در نتایج گزارش گردید.

بهبود الگوریتم: فقط به این دلیل که یک الگوریتم خوب عمل می‌کند، به این معنی نیست که بهترین و تنها الگوریتم است. به عنوان مثال در بسیاری از محیط‌های پزشکی، مثبت کاذب به اندازه منفی کاذب بد نیست. در این پژوهش تلاش شد حداکثر صحت از نتایج به دست آید. به این منظور الگوریتم یادگیری ماشین تنظیم شد. تنظیم را می‌توان به عنوان فرآیند بهینه‌سازی پارامترهایی دانست که بر مدل تأثیر می‌گذارند تا الگوریتم را قادر سازد «بهترین» را انجام دهد، این تنظیم برای الگوریتم درخت تصمیم با تغییر عمق جستجو انجام شد.

۴. یافته‌های پژوهش

در این بخش، نتایج مراحل ۶ گانه اشاره شده در بخش روش پژوهش، ارائه می‌شود. نتایج مرور سیستماتیک نشان می‌دهد که اولین مقاله مرتبط در سال ۲۰۰۲ منتشر شده است، این ممکن است به این دلیل باشد که شیوع سندرم حاد تنفسی (سارس) در سال ۲۰۰۲ شیوع یافته و تعداد افراد آلوده به حداکثر ارزش در سال ۲۰۰۳ رسیدند. در آن زمان، وجود یک بیماری همه‌گیر، سلامت عمومی و ثبات اقتصادی را در سراسر جهان به طور جدی تهدید کرده است. علاوه بر این، قابل توجه 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 به عنوان تایپ ششم کرونا ویروس انسانی با میزان مرگ و میر بالا در سال ۲۰۱۲ تعریف شده است (Yang, Zhang & Ma, 2020).



شکل ۸- شمار مستندات منتشر شده و ارجاعات در زمینه پیشگیری از بیماری‌های واگیر

بنابراین، تعداد فزاینده‌ای از متخصصان و محققان پس از این ظهور همه‌گیری، روی حوزه کنترل و پیشگیری بیماری تمرکز می‌کنند. در همین حال، موارد اضطراری بیماری‌های عفونی جدید و نوظهور منجر به تقویت رشته علمی هر ساله شده است که منجر به انتشار بسیاری از مجلات در این حوزه می‌شود. بنابراین، از اینجا مشخص می‌شود که روند کلی تعداد انتشارات و تعداد استنادات در حال افزایش است. همچنین رشد سریع مستندات از سال ۲۰۱۵ می‌تواند نشان‌دهنده کاربردی شدن حوزه‌های مختلف فناوری اطلاعات مانند اینترنت اشیاء و یادگیری ماشین در زمینه سلامت عمومی و پیشگیری از بیماری‌های واگیر باشد (شکل ۸).

در مرحله دوم پژوهش با توجه به اهمیت جهانی نوع بیماری واگیردار برای بررسی، کووید ۱۹ انتخاب شد و با تمرکز بر روی روش کار و متغیرهای هر تحقیق، با استفاده از روش فراترکیب، مجموعه‌ای از متغیرها برای طراحی پرسشنامه (۳۱ ویژگی موثر در پیشگیری و پیش‌بینی این بیماری) از مقالات استخراج شد.

در مرحله بعد ویژگی‌های نهایی با استفاده از ضریب همبستگی کندال بدست آمد. این ضریب برای پاسخ‌های اعضاء، در دور سوم و چهارم ۰/۶۲۳ بود، که با توجه به اینکه تعداد اعضای

نشست بیش از ۲۰ نفر است، این میزان از ضریب کندال، کاملاً معنادار به حساب می‌آید. در جدول (۴) ویژگی‌های نهایی بدست آمده از خبرگان ارائه شده است.

جدول ۴- ویژگی‌های نهایی استخراج شده در پیشگیری و پیش‌بینی کووید ۱۹
با استفاده از اینترنت اشياء

ردیف	ویژگی	میزان تاثیر
۱	تماس با بیمار کووید ۱۹	خیلی زیاد
۲	سفر خارج از کشور	خیلی زیاد
۳	سرفه	خیلی زیاد
۴	گلودرد	خیلی زیاد
۵	اختلالات تنفسی	خیلی زیاد
۶	آبریزش بینی	خیلی زیاد
۷	تب	خیلی زیاد
۸	تنگی نفس	خیلی زیاد
۹	شرکت در همایش‌ها	خیلی زیاد
۱۰	سینه پهلوی و التهاب ریه	خیلی زیاد
۱۱	سردرد	خیلی زیاد
۱۲	استفاده از ماسک	خیلی زیاد
۱۳	دیابت	خیلی زیاد
۱۴	حضور در مکان‌ها عمومی	زیاد
۱۵	فشارخون بالا	زیاد
۱۶	پاکسازی و ضدعفونی کردن سطوح	زیاد
۱۷	ناراحتی قلبی	زیاد
۱۸	داشتن خانواده شاغل در مکان‌های عمومی	زیاد
۱۹	بیماری معده و روده	زیاد
۲۰	خستگی مزمن	زیاد

http://stlm.gom.ac.ir

با توجه به مناسب بودن داده‌ها، در نتایج پاکسازی، هیچ ردیفی از داده‌ها حذف نشد و در نهایت ۵۴۳۴ رکورد پاکسازی شدند. در مرحله بعد با هدف یادگیری نظارت شده، داده‌ها در دو دسته تست (۱۰۸۷ رکورد) و یادگیری (۴۳۴۷ رکورد) تقسیم شدند.

الگوریتم درخت تصمیم بر روی داده‌های آموزش و آزمون اجرا شد. مطابق شکل (۹)، در

اجرای الگوریتم درخت تصمیم، جستجو از عمق ۵ تا بیشترین عمق محاسبه شد و بهترین دقت در عمق ۷ و ۱۱ (۰/۹۸) بدست آمد که در شکل (۱۰) قابل مشاهده است. همچنین پیش‌بینی مورد جدید با دقت ۹۸ درصد انجام شد.

Decision Tree algorithm :

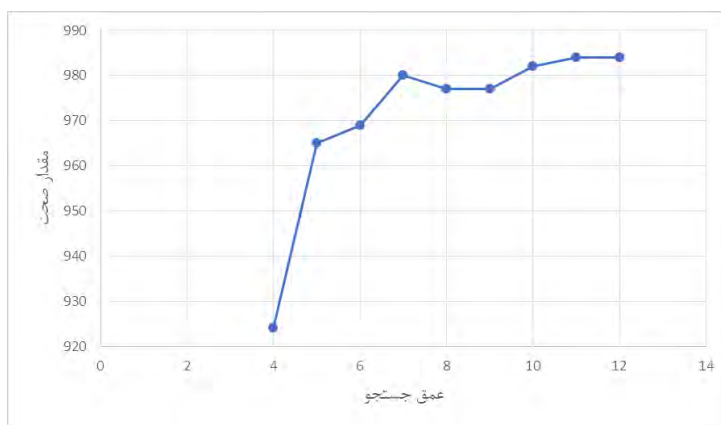
```
In [84]: from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier

# X , Y are normalize .
# We have X_test , X_main , Y_test , Y_main

In [85]: DecTree = DecisionTreeClassifier(criterion='entropy', max_depth=5)
DecTree

Out[85]: DecisionTreeClassifier(criterion='entropy', max_depth=5)
```

شکل ۹- محاسبه الگوریتم درخت تصمیم برای عمق برابر ۵



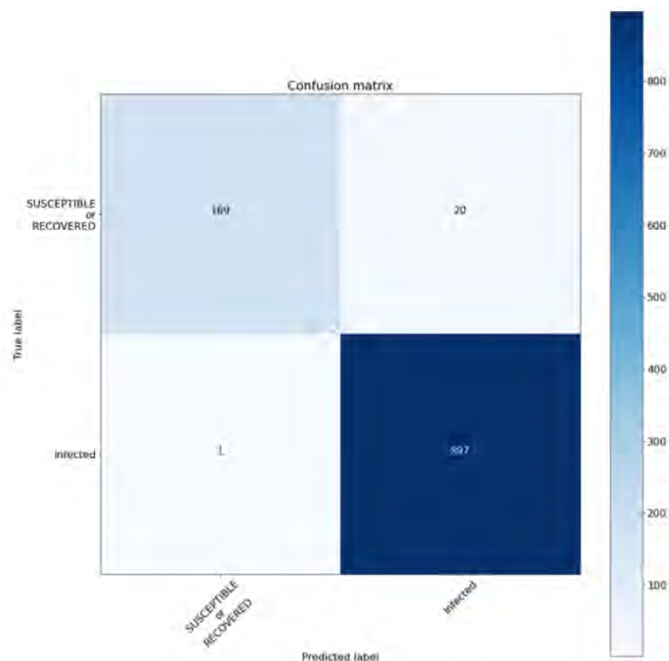
شکل ۱۰- نتایج مقادیر سخت برای عمق‌های مختلف الگوریتم درخت تصمیم

ارزیابی الگوریتم‌ها در این پژوهش با ۲ معیار تعیین می‌شود، اولین مورد این است که آیا این روش پیشنهادی قادر به شناسایی بیماری کووید ۱۹ است یا خیر (ویژگی) و دوم اینکه دقت آن چه میزان است (حساسیت)، به عبارت دیگر مقیاس‌پذیر است یا خیر. در ارزیابی الگوریتم درخت تصمیم برای بدست آوردن بهترین عمق جستجو، مقادیر دقت با هم مقایسه شدند، بالاترین مقدار دقت برابر ۹۸ درصد بدست آمد. مطابق جدول (۵) و شکل (۱۱) برای مقایسه بهترین الگوریتم علاوه بر بالاترین دقت، ماتریس ابهام رسم شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

جدول ۵- عمق جستجو و نتایج دقت، تعداد منفی صحیح، منفی کاذب، مثبت کاذب، مثبت صحیح

عمق جستجو	دقت	منفی صحیح	منفی کاذب	مثبت کاذب	مثبت صحیح
4	924	137	30	52	868
5	965	158	7	31	891
6	969	174	18	15	880
7	980	169	1	20	897
8	977	170	6	19	882
9	977	182	18	7	880
10	982	183	11	6	887
11	984	183	11	6	887
بیشترین عمق	984	183	11	6	887

مطابق جدول (۵) جستجو در عمق از ۷ تا بیشترین عمق، دقت بالاتر از ۹۷ درصد را دارند. بالاترین دقت در عمق ۱۱ (و بیشترین عمق) است، اما با توجه به حساسیت بیماری کووید ۱۹ و اهمیت تشخیص صحیح موارد بیمار، دقتی مناسب‌تر است که کم‌ترین موارد منفی کاذب را داشته باشد. با توجه به این نکته عمق جستجوی ۷، که دارای کم‌ترین مورد منفی کاذب (۱ مورد) است، به عنوان عمق پیشنهادی انتخاب شد.



<http://stun.gom.ac.ir>

شکل ۱۱- ماتریس ابهام برای عمق جستجوی برابر ۷

با توجه به نتایج در عمق ۷، موارد منفی صحیح برابر ۱۶۹، مثبت صحیح ۸۹۷ و مثبت کاذب ۲۰ است. همچنین در جدول (۵) مشاهده می‌شود که با افزایش عمق جستجو، بهبودی در نتایج منفی کاذب مشاهده نمی‌شود. با توجه به اینکه در مرحله قبل، عمق جستجوی ۷، به عنوان الگوریتم نهایی انتخاب شد، مقادیر حساسیت و ویژگی نیز برای همین عمق محاسبه گردید که نتایج آن به شرح زیر می‌باشد:

$$\text{حساسیت} = \frac{897}{(897 + 1)} = 0.998$$

$$\text{ویژگی} = \frac{169}{(169 + 20)} = 0.894$$

۵. نتیجه‌گیری

چالش‌های بهداشتی بدون شک مهم‌ترین موانع توسعه 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 (Madanian, 2020). بنابراین، برای کنترل این همه‌گیری در مناطق مختلف، 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 ناقلین بسیار مهم است (Hamzah & et al., 2020).

به دلیل فقدان هرگونه استراتژی درمانی خاص، پیشگیری و فاصله اجتماعی به عنوان بهترین استراتژی دفاعی ممکن در برابر بیماری همه‌گیر کووید ۱۹ در زمان نگارش پژوهش حاضر مشخص شده است. با این وجود، نیاز به فاصله اجتماعی، دولت‌های سراسر جهان را وادار به افزایش قرنطینه کرده است، که این یک عارضه بزرگ در اقتصاد جهانی است. طبق تخمین‌های ارائه شده، همه‌گیری کووید ۱۹ طی دو سال بیش از ۵/۵ تریلیون دلار، اقتصاد جهانی را سقوط داده است (Chamola, Hassija, Gupta & Guizani, 2020).

با توجه به موارد گفته شده و اهمیت بیماری از جنبه‌های مختلف (مانند جنبه‌های اجتماعی و اقتصادی) پیشگیری و تشخیص سریع، بهترین راه‌حل برای کاهش اثرات سوء بر جوامع و به ویژه ایران است. به همین دلیل پژوهش حاضر با پیشنهاد مدلی که در آن داده‌های بدست آمده از اینترنت اشیاء در روش‌های یادگیری ماشین ترکیب می‌شوند، رویکردی ارائه کرده که داده‌های بزرگ تولید شده به جای آنکه موجب افزایش هزینه‌های بهداشتی و اختلافات شود، می‌تواند با فراهم نمودن تشخیص سریع، بهترین تصمیم اقتصادی بلندمدت باشد که اقتصادهای در حال رشد مانند

ایران می‌توانند به خوبی از آن بهره بگیرند. بنابراین، تحقیق حاضر با پر کردن خلاءهای موجود در ۵ بخش عمده که در مسأله پژوهش بیان شد، می‌تواند پیشگیری از بیماری‌های واگیر را بهبود ببخشد:

۱. شیوع مجدد بیماری‌های واگیر و اهمیت تشخیص بیماری بدون حضور فیزیکی: علاوه بر اینکه با گذشت زمان، بیماری‌های قدیمی به طور کامل از بین نمی‌روند، همیشه جایی برای بیماری‌های جدید نیز وجود دارد (Bellini & et al., 2019). بیماری‌های قدیمی مانند وبا، طاعون و تب زرد اغلب برمی‌گردند، و بیماری‌های جدید همواره از راه می‌رسند تا به آنها پیوندند (Bloom & Cadarette, 2019; WHO, 2018).

آمار مرگ و میر بیماری‌های عفونی نشان می‌دهد که چگونه ارتباطات ضعیف و استفاده نادرست از داده‌های بیماری‌های واگیر می‌تواند بر زندگی میلیون‌ها نفر تأثیر بگذارد. از آنجایی که ما همیشه نمی‌توانیم برای تولید سریع واکسن‌ها یا درمان دارویی تکیه کنیم، بهترین پیشگیری، تشخیص زودهنگام همه‌گیری‌های احتمالی و توقف انتقال است. با مسدود کردن انتقال، در نهایت می‌توانیم جهش ویروس‌ها را نیز کاهش دهیم و در نتیجه ویروس را در مرحله‌ای نگاه داریم که واکسن‌ها می‌توانند به مبارزه با آن کمک کنند (Agrebi & Larbi, 2020).

همچنین با همه‌گیر شدن پیچیده بیماری کووید ۱۹، انتشار اطلاعات دقیق و به موقع در مورد این بیماری ذاتاً مهم شده است. با توجه به چالش‌های تشخیص و ردیابی بیماری از سویی و فراگیر بودن اتصال به اینترنت و دستگاه‌های هوشمند از سوی دیگر، مدل پژوهش حاضر به عنوان یک پارادایم سنجش پویا برای استخراج مشاهدات در زمان واقعی از کاربران و ردیابی افراد بیمار پیشنهاد شده است. در این پژوهش، چهارچوب پیشنهادی به عنوان یک چشم‌انداز از سیستم‌های ردیابی و تشخیص مبتنی بر اینترنت اشیاء ارائه شد. ۲۰ ویژگی استخراج شده در این روش که نیاز به هیچ حضور فیزیکی ندارند و می‌توانند با اظهار فرد و یا اطرافیان وی از طریق اینترنت به مراکز بهداشتی ارائه شوند، داده‌هایی هستند که می‌توانند از اشیای متصل در هر زمان و هر مکان بدست آمده و با الگوریتم درخت تصمیم تجزیه و تحلیل شوند تا وضعیت افراد مبتلاء به کووید ۱۹ را استنباط کنیم.

۲. سرعت انتشار و اهمیت ردیابی در زمان واقعی: همه‌گیری‌های جدید الگویی عمیقاً نگران‌کننده دارد. همه‌گیری‌ها در قرن بیست و یکم سریع‌تر و بیشتر از هر زمان دیگری گسترش می‌یابند. شیوع‌هایی که قبلاً بومی بودند، اکنون می‌توانند بسیار سریع جهانی شوند. بنابراین، فردی

که از یک طرف جهان پرواز می‌کند، می‌تواند طی چند ساعت و حتی قبل از نشان دادن علائم، بیماری جدیدی را به نقطه دیگر معرفی کند.

همچنین دوره نهفتگی یا کمون^۱ و نبود علائم بیماری بر سرعت انتشار، تاثیر دارد. بعضی اوقات، مردم از داشتن بیماری عفونی آگاه نیستند؛ زیرا یا علائمی ندارند یا علائم را به عنوان چیزی که نشان‌دهنده عفونت است، تشخیص نداده‌اند. این امر می‌تواند با گذشت زندگی روزمره، آنها را به گسترش این بیماری در جوامع خود سوق دهد (Bloom & Cadarette, 2019).

یکی از راه‌هایی که می‌تواند به کاهش انتشار کووید ۱۹ کمک کند، تسهیل در تشخیص زودرس این بیماری است. این پیشرفت مانع از ابتلاء به این بیماری، در فرد تشخیص داده، نمی‌شود، اما می‌تواند انتشار بالقوه بیماری به دیگران در زمانی که افراد از بیماری خود آگاه نیستند را متوقف کند (Wilson & Brownstein, 2009).

روش پیشنهادی می‌تواند با دقت بالای ۹۸ درصد و کم‌تر از ۱۰ ثانیه بیماری را تشخیص دهد، این سرعت که به کمک الگوریتم‌های یادگیری ماشین بدست آمده، در هیچ یک از روش‌های تشخیصی رایج وجود ندارد. با توجه به اینکه قابلیت اطمینان و دقت مدل بالاست و در زمان کوتاهی اجرا می‌شود، می‌تواند برای استفاده در زمان واقعی اجرا شود.

۳. بودجه و هزینه: با توجه به آنچه ذکر شد، همه‌گیری‌های قرن بیست و یکم می‌توانند گسترده‌تر و سریع‌تر گسترش یابند، و به طور بالقوه بر تعداد افراد بیشتری تاثیر گذارند. بنابراین، می‌توانند تاثیر مخربی بر اقتصاد کشور آسیب دیده داشته باشند و به اقتصاد جهانی سرایت کرده و سفر، تجارت و معیشت را مختل کنند. اپیدمی بر اقتصاد هر دو کشور توسعه یافته و در حال توسعه تاثیر بالایی دارد (Durán-Vega & et al., 2019).

برای کمک به رفع این نگرانی مهم، در این تحقیق تنها ویژگی‌هایی استخراج شدند که جمع‌آوری آنها در زمان واقعی و به صورت غیرحضور می‌مکن باشد، جمع‌آوری داده‌ها نیاز به تشخیص پزشک و یا حتی کارشناس بهداشتی ندارند و تنها با خوداظهاری فرد و یا اطرافیان وی قابل ارسال است. این بدان معناست که ارائه‌دهندگان خدمات سلامت، بیماران و همه افراد هم مشتاق‌تر از هر زمان دیگری می‌توانند ابتلاء و شیوع بیماری را اعلام کنند تا هزینه‌های مراجعه به

1. Incubation period

بیمارستان‌ها و خدمات درمانی و هزینه‌های ناشی از شیوع بیماری کاهش پیدا کنند. الگوریتم و ویژگی‌هایی که در این پژوهش پوشش داده شده است، می‌تواند به عنوان یک مدل مرجع برای ردیابی کووید ۱۹ در مراحل اولیه استفاده شود، ازدحام فیزیکی بیماران را در محل بیمارستان و تأثیر همه‌گیری کووید ۱۹ را کاهش دهد. همه این موارد می‌تواند ما را برای بهبود روش‌های تشخیص در همه‌گیری‌ها و کاهش بار اقتصادی و بهداشتی بیماری‌های واگیر امیدوار کند.

۴. پتانسیل استفاده در کشورهای در حال توسعه: بررسی‌ها در ایران نشان می‌دهد که بیماری‌های عفونی و واگیر جزو مهم‌ترین چالش‌های کشور است، در بررسی‌ای که با هدف تعیین اولویت‌های تحقیقات سلامت انجام گرفت، نشان داده شد که بیماری‌های عفونی و واگیر، اولین اولویت نهادها و دانشگاه‌های ایران از میان ۹ اولویت اشاره شده در تحقیق بوده است (اولیاء و همکاران، ۱۳۹۰).

در ایران با توجه به جمعیت، بودجه 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. این آمار در مقایسه با سایر اقتصادهای نوظهور (۷/۷ درصد)، پایین‌تر است (نعمت‌شاهی و همکاران، ۱۳۹۹). ایران از نظر نابرابری در دسترسی به مراقبت‌های بهداشتی نیز با چالش‌های خاصی روبه‌رو است. مطابق شاخص متوسط کشوری سال ۱۳۹۸، به ازای هر ۱۰۰۰ نفر در ایران، فقط ۱/۷۲ تخت و ۰/۱ پزشک عمومی در بیمارستان‌های دولتی و خصوصی وجود داشته است (گل‌پیرا و همکاران، ۱۳۹۹). این در حالی است که بالاترین میزان سرانه تخت به ازای هر ۱۰۰۰ نفر، در سال ۲۰۲۰ برای کره جنوبی برابر ۱۲ و برای میانگین جهانی برابر ۳ تخت بوده است (Phua, Farug, Kulkarni & Redjeki, 2020).

علاوه بر این کمبود پرسنل بهداشت و درمان نیز یکی از معضلات بزرگ همه‌گیری کووید ۱۹ در کشور است. میانگین تعداد پرستار در کشور، ۰/۹ نفر به ازای هر تخت بیمارستانی است (عبادی، ۱۴۰۰). از سوی دیگر، در کشورهای در حال توسعه، استفاده از تلفن‌های همراه فراوانی بالایی دارد. به همین دلیل برنامه‌های مراقبت‌های بهداشتی همراه به نام mHealth که شامل تلفیق رایانه‌های سیار، حس‌گرهای پزشکی و دستگاه‌های قابل حمل می‌باشند، در حال ظهور و گسترش است. همچنین، طی چند سال آینده، تلفن‌های هوشمند برای افراد بی‌سواد در کشورهای در حال توسعه مقرون به‌صرفه خواهند شد (Madanian, Parry, Airehrour & Cherrington, 2020).

در روش پیشنهادی پژوهش حاضر، به ارسال هیچ تصویر رادیولوژی یا MRI بیمار نیاز نیست و ویژگی‌های استخراج شده در این پژوهش تنها داده‌هایی از نوع متنی هستند که دریافت و ارسال آنها می‌تواند به قدیمی‌ترین نسل اینترنت (G۲) تکیه کند، و این یک ویژگی مهم برای کشورهای در حال توسعه جهان است.

از سوی دیگر، یادگیری ماشین شکلی از محاسبات است که به ماشین‌ها اجازه می‌دهد تا با انجام عملکردهای شناختی، مشابه روشی که انسان‌ها انجام می‌دهد، به ورودی، واکنش نشان دهد. در رویکرد مطالعه حاضر، داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از اینترنت به مرکز پردازش فرستاده می‌شود؛ محلی که بدون نیاز به سرورهای قوی و یا حجم ذخیره بالا برای تجزیه و تحلیل، تفسیر و تشخیص بیماری کافی خواهد بود. الگوریتم استفاده شده در این پژوهش، حتی در کشورهای در حال توسعه که منابع و بودجه بهداشتی محدودی دارند، نیز قابل اجرا است (Larbi & Agrebi, 2020).

۵. محدودیت نمونه‌گیری و روش‌های تشخیصی: طور کلی معیارهای تشخیصی بیماری کووید ۱۹ به سه دسته تقسیم می‌شود: براساس علائم بالینی، براساس یافته‌های رادیولوژیک، براساس تست‌های آزمایشگاهی (مولکولی و سرولوژیکی). علائم بالینی در این بیماری غیراختصاصی است و به راحتی 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.

در حال حاضر تست‌های سرولوژی با روش الایزا^۱ برای تشخیص سابقه ابتلاء به بیماری کووید ۱۹ پیشنهاد می‌شوند. با این وجود براساس نتایج بدست آمده از مطالعات اپیدمیولوژیک، تفسیر نتایج منفی بدست آمده از آزمایش‌های سرولوژیک قابل اعتماد نیست. به طور معمول در افرادی که علائم شدید بیماری به صورت تب بالا، سرفه خشک، درد یا فشار در ناحیه قفسه سینه و مشکلات تنفسی مانند تنگی یا کوتاه شدن نفس بروز می‌کند، انجام تست کرونا واکنش زنجیره‌ای پلیمرز^۲ ضروری است تا در زمان مناسب مراقبت‌های مفید و درمان انجام پذیرد (Cheng & et al., 2020).

1. ELISA

2. PCR

اگرچه روش PCR مزایای زیادی دارد، اما از معایب آن می‌توان به هزینه‌های بالای آزمایش و امکانات مورد نیاز جهت انجام این آزمایش از جمله دستگاه‌های PCR اشاره کرد. از معایب دیگر می‌توان زمان‌بر بودن این آزمایش از لحظه نمونه‌برداری تا انتقال نمونه به آزمایشگاه مورد تایید و انجام آزمایش در آن محل اشاره نمود که چندین روز زمان می‌برد. علاوه بر این، مراحل آماده‌سازی و سنجش نمونه به نیروی انسانی آموزش دیده نیاز دارد. این معایب استفاده گسترده‌تر از این فناوری را طی همه‌گیری ویروس کرونا محدود می‌کند. علاوه بر این، تقاضای زیاد در هنگام شیوع همه‌گیری باعث کمبود سوپ آزمایشگاهی^۱، تجهیزات محافظت شخصی، واکنش‌گرهای PCR و تجهیزاتی مانند ترموسایکلرها و کابینت‌های سطح ۲ ایمنی زیستی می‌شود. از آنجایی که روش‌های PCR مکان‌های هدف خاص ژنوم را برای تشخیص ردیابی می‌کنند، اگر منبع هدف خاص در نمونه وجود نداشته باشد، نتایج منفی گزارش می‌شود و وجود نتایج منفی کاذب یکی دیگر از معایب این روش‌ها است (Diao & et al., 2021).

نتایج ارزیابی الگوریتم پیشنهادی نشان داد که الگوریتم انتخاب شده از دقت مناسبی برخوردار است. حساسیت بالاتر (۹۹ درصد) که برای تشخیص بیماری کووید ۱۹ اهمیت بالایی دارد و نشان‌دهنده موارد منفی کاذب در نتایج آزمون است، در عمق ۷ الگوریتم درخت تصمیم بدست آمد. بنابراین می‌توان گفت، روش پیشنهادی که ویژگی‌های علانم بالینی و عوامل ابتلاء به بیماری را در الگوریتم درخت تصمیم ترکیب می‌کند، علاوه بر دقت بالا، محدودیت‌های روش‌های نمونه‌گیری را ندارد (جدول ۶) و بنابراین با توجه به نتایج، برای رسیدن به هدف کاملاً مناسب است.

جدول ۶- مقایسه عملکرد روش‌های مختلف آزمایشگاهی برای تشخیص بیماری کووید ۱۹
(بخشی، اصلانی و عابدی، ۱۴۰۰)

روش تشخیصی	مدت زمان	ویژگی	حساسیت	مزایا	معایب
تشخیص بر مبنای اسید نوکلئیک	۴ تا ۶ ساعت	۹۶٪	نامشخص	حساسیت بالا، امکان عملکرد در مقیاس بزرگ	نیاز به کارشناسان حرفه‌ای و آموزش دیده مجرب، تجزیه و تحلیل داده‌های دشوار، گران قیمت، دقت کم‌تر، نتایج منفی یا مثبت کاذب

روش تشخیصی	مدت زمان	ویژگی	حساسیت	مزایا	معایب
تشخیص بر مبنای تعیین توالی ژن	نامشخص	نامشخص	نامشخص	شناسایی جهش	نیاز به کارشناسان حرفه‌ای و آموزش دیده مجرب، زمان بر، هزینه بر و تجزیه و تحلیل پیچیده
تشخیص بر مبنای آنتی‌بادی	۱۵ دقیقه	۹۰٫۶۳٪	۸۸٫۶۶٪	در دسترس بودن، نیاز به تخصص کم‌تر	دشواری در تشخیص به موقع، 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 آموزش دیده، مشکلات تشخیص زودهنگام

الگوریتم و ویژگی‌هایی که در این پژوهش پوشش داده شده است، می‌تواند به عنوان یک مدل مرجع برای ردیابی کووید ۱۹ در مراحل اولیه استفاده شود، ازدحام فیزیکی بیماران را در محل بیمارستان و تأثیر همه‌گیری کووید ۱۹ را کاهش دهد. همه این موارد می‌تواند ما را برای بهبود روش‌های تشخیص در همه‌گیری‌ها و کاهش بار اقتصادی و بهداشتی بیماری‌های واگیر امیدوار کند.

۶. پیشنهادهای پژوهش

قطعاً هر پژوهشی همواره نیازمند بهبود است و جنبه‌های مختلفی در هر تحقیق وجود دارند که به دلایل مختلف در نظر گرفته نمی‌شوند. حین انجام پژوهش حاضر و حتی بعد از آن، جنبه‌های متعددی کشف شد که می‌تواند به عنوان موضوع پژوهش برای توسعه روش‌ها در زمینه پیشگیری از بیماری‌های واگیر با استفاده از فناوری اطلاعات قرار بگیرند. در پژوهش حاضر، بعضی شکاف‌های آشکار شناسایی و رفع شد، اما همچنان معتقدیم که فرصت زیادی برای مشارکت در تحقیقات مرتبط وجود دارد. برخی از این پیشنهادات و فرصت‌ها در ادامه اشاره شده‌اند:

با توجه به اینکه یکی از اهداف کاربردی پژوهش، زمینه‌سازی برای طراحی اپلیکیشن پیشگیری از کووید ۱۹ است، پیشنهاد می‌شود وزارت بهداشت و دیگر شرکت‌های فناورانه سلامت، با مبنا قرار دادن این مدل و در نظر گرفتن دغدغه‌های اخلاقی کاربران، نرم‌افزار امن و بومی طراحی نموده تا گام بزرگی در حوزه سلامت کاربران ایرانی باشد. همچنین نرم‌افزارهای ریسک من و AC19 (سامانه ایرانی مقابله با کرونا) نیز می‌توانند از نتایج این تحقیق بهرمنند شوند و فاکتورهای خود را برای مقابله با بیماری کووید ۱۹ افزایش دهند.

همان‌طور که اشاره شد، دیتاست مورد استفاده در پژوهش حاضر، مربوط به کشور ایران نیست، با توجه به اینکه ممکن است داده‌های کشورهای مختلف متفاوت باشد و همچنین مقاومت و واکنش جوامع مختلف نسبت به ویروس متفاوت است، پیشنهاد می‌شود، تحقیق مشابهی بر روی داده‌های ایران انجام شود.

یک زمینه تحقیقاتی مهم دیگر، استفاده از داده‌های جمعیت‌شناسی و همه‌گیرشناسی در یادگیری است، به این معنی که اگر فراوانی عفونت در جامعه بالا است، احتمال بیشتری برای بیمار بودن وجود دارد و به همین ترتیب اگر تعداد محدودی از افراد یک جامعه بیمار هستند، سالم بودن وزن بیشتری دارد. پزشکان برای ارجاع افراد به آزمایش PCR و یا سی‌تی‌اسکن، وضعیت جامعه را در نظر می‌گیرند، به عنوان مثال اگر فرد در زمان موج بیماری کرونا مراجعه کند، احتمال اینکه پزشک او را برای تست کرونا معرفی کند، بیشتر است. با توجه به اینکه بهترین الگوریتم، الگوریتمی است که به تفکر انسان نزدیک باشد، طراحی الگوریتم با داشتن ویژگی مراحل توسعه بیماری در جمعیت نیز می‌تواند در بهبود تحقیقات موثر باشد. با توجه به اینکه در آغاز شیوع بیماری، واکسن کووید ۱۹ وجود نداشت و حتی یک سال پس از شیوع جهانی نیز هنوز در دسترس همگان قرار نگرفته بود، در پژوهش حاضر تاثیر واکسیناسیون بررسی نشد. اینکه واکسن به چه میزان می‌تواند در پیشگیری نقش داشته باشد و چه مدت زمانی بعد از تزریق واکسن، افراد به چرخه مستعد بودن برمی‌گردند، موضوعی است که می‌تواند با نگاه فناوری اطلاعات و به ویژه اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

- احمدی، ف. ا.، نصیریانی، خ.، ابادزی، پ. (۱۳۸۷). تکنیک دلفی: ابزاری در تحقیق. آموزش در علوم پزشکی، ۱۷(۱): ۱۷۵-۱۸۶.
- اولیاء، پ.، بحرینی، ف.، افتخاری، م. ب.، قانع، م.، فروزان، آ. (۱۳۹۰). تعیین اولویت‌های تحقیقاتی سلامت در ایران. مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، ۹(۲): ۲۰-۲۰.
- بخشی، ا.، اصلانی، م.، عابدی، پ. (۱۴۰۰). مروری بر چالش‌های نمونه‌گیری و تشخیص آزمایشگاهی بیماری کووید ۱۹. مطالعات علوم پزشکی، ۳۲(۳): ۱۵۷-۱۷۸.
- حسن‌نژاد دیوکلانی، س. (۱۳۹۶). بررسی سیستم‌های دینامیکی بعضی مدل‌های ریاضی در بیماری‌های واگیردار و تجزیه و تحلیل آنها. در: اولین کنگره بین‌المللی بهبود مدیریت و نظام آموزشی ایران: ۱-۲۷.
- رجب‌زاده قطری، ع.، حجتی نیک‌قدم، س.، فریدماسوله، م. (۱۳۹۳). درآمدی بر پژوهش علم طراحی و فراتحلیل. تهران: انتشارات نگاه دانش.
- عبادی، ع. (۱۴۰۰). کم‌تر از یک پرستار به ازای هر تخت بیمارستانی. تهران: خبرگزاری تسنیم.
- عجمی، س.، کتابی، س.، سقانیان‌نژاد اصفهانی، س.، حیدری، آ. (۱۳۹۰). الزامات و حوزه‌های مرتبط با ارزیابی آمادگی سازمان‌ها برای پیاده‌سازی پرونده الکترونیک سلامت. مدیریت سلامت، ۱۴(۴۶): ۷۱-۸۱.
- عزیزی، ب.، سیفی، ع. (۱۳۹۹). بررسی شرایط مهار بیماری کرونا براساس مدل پویایی‌شناسی همه‌گیری آن در ایران. مجله علوم پزشکی رازی، ۲۷(۸): ۱۱۵-۱۲۸.
- فرازمند، ع.، احمدی، س. (۱۳۹۶). اینترنت اشیاء و کاربردهای آن. تهران: اولین همایش ملی کامپیوتر، فناوری اطلاعات و ارتباطات.
- گل‌پیرا، ر.، قطبی، م.، بهتاج، ف.، پروان، م.، لطفی گلمیشه، ف.، واحدی، ا. (۱۳۹۹). شناسنامه شاخص‌های آمار و اطلاعات بیمارستانی. تهران: معاونت درمان وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی.
- نعمت‌شاهی، م.، ابراهیمی‌پور، ح.، کیوانلو، ز.، خواجه دلویی، م.، کیخسروی، ع. (۱۳۹۹). بررسی بودجه بخش بهداشت و درمان طی برنامه‌های اول تا پنجم توسعه اجتماعی اقتصادی کشور. راهبردهای مدیریت در نظام سلامت، ۵(۲): ۸۵-۸۷.

References

- Agrebi, S. & Larbi, A. (2020). Use of artificial intelligence in infectious diseases. In: Artificial Intelligence in Precision Health. Singapore: Technopark El Gazal: 532-415.
- Ahmadi, F.A., Nasiriani, Kh. & Abazari, P. (2009). Delphi technique: a tool in research. *Education in Medical Sciences*, 7(1): 175-186. [in persian]
- Ai, Y., Peng, M. & Zhang, K. (2018). Edge computing technologies for Internet of Things: a primer. *Digital Communications and Networks*, 4(2): 77-86. DOI:10.1016/j.dcan.2017.07.001
- Ajmi, S., Ketabi, S., Saqaiannejad Esfahani, S. & Heydari, A. (2013). Requirements and areas related to evaluating the readiness of organizations to implement electronic health records. *Health Management*, 14(46): 71-81. [in persian]
- Altintas, Z. (2018). *Biosensors and Nanotechnology: Applications in Health Care Diagnostics*. Berlin: John Wiley & Sons, Inc.
- Astill, J., Dara, R., Fraser, E. & Shayan, S. (2018). Detecting and predicting emerging disease in

- poultry with the implementation of new technologies and big data. *Frontiers in Veterinary Science*, 5(12): 1-43. **DOI:**10.3389/fvets.2018.00263
- Azizi, B., & Seifi, A. (2019). Examining the conditions of containment of corona disease based on the dynamics model of its epidemic in Iran. *Razi Journal of Medical Sciences*, 27(8): 115-128. [in persian]
- Bakhshi, A., Aslani, M. & Abedi, P. (2022). An overview of the challenges of sampling and laboratory diagnosis of Covid-19. *Medical Science Studies*, 32(3): 157-178. [in persian]
- Bellini, E., Bagnoli, F., Ganin, A. & Linkov, I. (2019). *Cyber Resilience in IoT network: Methodology and example of assessment through epidemic spreading approach*. In: IEEE World Congress on Services. **DOI:** 10.1109/SERVICES.2019.00027
- Bloom, D.E. & Cadarette, D. (2019). Infectious Disease Threats in the Twenty-First Century: Strengthening the Global Response. *Frontiers in Immunology*, 10(549): 1-12. **DOI:** 10.3389/fimmu.2019.00549
- Chakraborty, C., Banerjee, A., Garg, L. & Rodrigues, C. (2021). *Internet of Medical Things for Smart Healthcare*. Singapore: registered company Springer Nature Singapore.
- Chamola, V., Hassija, V., Gupta, V. & Guizani, M. (2020). *A Comprehensive Review of the COVID-19 Pandemic and the Role of IoT, COVID-19 Pandemic and the Role of IoT, Managing its Impact*. **DOI:** 10.1109/ACCESS.2020.2992341
- Cheng, M.P. & et al. (2020). Diagnostic Testing for Severe Acute Respiratory Syndrome-Related Coronavirus 2: A Narrative Review. *Ann Intern Med*, 172(11): 724-734. **DOI:** 10.7326/M20-1301
- Diao, B. & et al. (2021). Diagnosis of Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 Infection by Detection of Nucleocapsid Protein. *MedRxiv*. **DOI:** 10.1101/2020.03.07.20032524
- Durán-Vega, L.A. & et al. (2019). An IoT System for Remote Health Monitoring in Elderly Adults through a Wearable Device and Elderly Adults through a Wearable Device and. *Geriatrics*, 4(2): 1-27. **DOI:** 10.3390/geriatrics4020034
- Ebadi, A. (2021). *Less than one nurse per hospital bed*. Tehran: Tasnim news agency. [in persian]
- Edwards, P. (2017). *Epidemics: past, present and future –what are the risks?* ReCent medical news.
- Farazmand, A. & Ahmadi, S. (2016). *Internet of Things and its applications*. Tehran: The first national conference of computer, information and communication technology.
- Farrahi, K., Emonet, R. & Cebrian, .. (2015). Predicting a Community's Flu i cal -es with Mobile Phone Data. *HAL*, 1(1): 1-9. **DOI:**10.1145/2675133.2675237
- Golpira, R., Qutbi, M., Behtaj, F., Parvan, M., Lotfi Golmisheh, F. & Vahedi, A. (2019). *Birth certificate of statistics indicators and hospital information*. Tehran: Ministry of Health, Treatment and Medical Education. [in persian]
- Hamzah, F.A. & et al. (2020). CoronaTracker: World-wide COVID-19 Outbreak Data Analysis and Prediction. *Bull World Health Organ*, 18(2): 1-32. **DOI:**10.2471/BLT.20.255695
- HassanNejaddioklai, S. (2017). *Investigation of dynamic systems of some mathematical models in infectious diseases and their analysis*. The 1st international conference of educational management of Iran, 1-27. [in persian]
- Madanian, S., Parry, D., Airehrour, D. & Cherrington, M. (2020). Health and big-data integration:

- promises for healthcare system in India. *BMJ Health Care Inform*, 26(1): 1-8.
- Massaro, E., Kondor, D. & Ratti, C. (2019). Assessing the interplay between human mobility and mosquito borne diseases in urban environments. *Scientific RepoRtS*, 9(1): 1-13.
DOI:10.1038/s41598-019-53127-z
- Mcdonald, J.H. (2015). *Biological Statistics*. Maryland: Sparky house PUBLISHING.
- Nematshahi, M., Ebrahimipour, H., Kivanlu, Z., Khaje Deloui, M. & Kikhosravi, A. (2019). Examining the budget of the healthcare sector during the first to fifth programs of the country's social and economic development. *Management strategies in the health system*, 5(2): 85-87. [in persian]
- Olya, P., Bahraini, F., Eftekhari, M.B., Ghane, M. & Forozan, A. (2012). Determination of health research priorities in Iran. *Journal of Health Faculty and Health Research Institute*, 9(2): 9-20. [in persian]
- Panesar, A. (2020). *Machine Learning and AI for Healthcare*. Coventry: Library of Congress.
DOI: 10.4103/0301-4738.37595
- Phua, J., Farug, M., Kulkarni, A. & Redjeki, I. (2020). Critical Care Bed Capacity in Asian Countries and Regions. *Critical Care Medicine*, 48(5): 1-10.
DOI: 10.1097/CCM.0000000000004222
- Rajabzadeh Qatari, A., Hojjati Nikkadam, S. & Faridmasouleh, M. (2013). *An introduction to design science research and meta-analysis*. Tehran: Negah Danesh Publications.
- Roth JA, B.M. (2018). Introduction to machine learning in digital healthcare epidemiology. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 39(12): 1557-1562. **DOI:** 10.1017/ice.2018.265
- Sciences, N.A. (2003). *Informing the Future: Critical Issues in Health*. National Academy of Sciences.
- Shreffler, J. & Huecker, M. (2021). Diagnostic Testing Accuracy: Sensitivity, Specificity, Predictive Values and Likelihood Ratios. *StatPearls*. PMID: 32491423
- Singh, R.P., Javaid, M., Haleem, A. & Suman, R. (2020). Internet of things (IoT) applications to fight against COVID-19 pandemic. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 14(4): 521-524. **DOI:** 10.1016/j.dsx.2020.04.041
- Stehman, S. (1997). Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy. *Remote Sensing of Environment*, 62(1): 77-89. **DOI:** 10.1016/S0034-4257(97)00083-7
- Ting, D.S., Carin, L., Dzau, V. & Wong, T. (2020). Digital technology and COVID-19. *Nature Medicine*, 26(4): 459-461. **DOI:** 10.1038/s41591-020-0824-5
- WHO. (2018). *Managing epidemics: key facts about major deadly diseases*. Luxembourg: World Health Organization.
- Wilson, K. & Brownstein, J.S. (2009). Early detection of disease outbreaks using the Internet. *Canadian Medical Association*, 180(8): 829-831. **DOI:** 10.1503/cmaj.090215
- Yang, W., Zhang, J. & Ma, R. (2020). The Prediction of Infectious Diseases: A Bibliometric Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(17): 1-19.
DOI: 10.3390/ijerph17176218
- Zhu, H. & et al. (2020). IoT PCR for pandemic disease detection and its spread monitoring. *Sensors & Actuators: B. Chemical*, 303(2): 1-7. **DOI:** 10.1016/j.snb.2019.127098