

جلد ۱، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۴

رتبه‌بندی افراد جهت تزریق واکسن کرونا، توسط روش تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر هستی‌شناسی و فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی

سید محمد جواد مقدم^{۱*}، مریم سادات محمودی^۲

۱- دانشکده مهندسی - گروه مهندسی کامپیوتر - دانشگاه بزرگمهر قائنات - قائن - ایران.

۲- دانشکده مهندسی - گروه مهندسی کامپیوتر - دانشگاه آزاد اسلامی واحد فردوس - فردوس - ایران.

چکیده

فاکتورهای تست PCR منفی، شغل، سن، بیماری زمینه‌ای فشارخون، بیماری زمینه‌ای دیابت و بیماری قلبی برای رتبه‌بندی افراد جهت دریافت واکسن استفاده شده است. نتایج ارزیابی حاکی از دقت ۸۹٪ روش پیشنهادی می‌باشد که در مقایسه با روش‌های پیشین از دقت بالاتری برخوردار می‌باشد.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۰

واژه‌های کلیدی:

هستی‌شناسی، ویروس کرونا، طبقه‌بندی، فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی، تشخیص کرونا.

ویروس سندروم حاد تنفسی، عامل بیماری کرونا است که در اواخر سال ۲۰۱۹ توسط سازمان جهانی، به عنوان یک بیماری همه‌گیر اعلام شد. این بیماری، قدرت انتقال فرد به فرد زیادی داشته و تهدید بزرگی برای سلامت عمومی به شمار می‌آید. برای کنترل همه‌گیری این ویروس، انجام دو کار ضروری می‌باشد. ابتدا افرادی که به این بیماری مبتلا شده و در مراحل اولیه هستند، به سرعت شنا سایی شوند. دوم، واکسیناسیون افراد می‌باشد. با توجه به محدود بودن واکسن در زمان همه‌گیری بیماری و همچنین خطر ابتلای افرادی که بیماری زمینه‌ای دارند، رتبه‌بندی افراد برای دریافت واکسن امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. این مطالعه، یک معماری مبتنی بر هستی‌شناسی را با استفاده از یک فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی برای تشخیص بیماران و رتبه‌بندی افراد جهت تزریق واکسن ارائه می‌دهد. از آنجایی که هستی‌شناسی به روابط بین نمونه‌ها توجه بیشتری دارد باعث افزایش F در الگوریتم‌های طبقه‌بندی می‌شود. در این مقاله، از شش نشانه که عامل بیشترین علائم بروز در بیماران هستند و توسط پزشکان متخصص انتخاب شده است برای تشخیص افراد مبتلا استفاده شده است. علاوه بر این،

* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: smjavadim@buqaen.ac.ir

۱. مقدمه

کرونا^۱ ویروس‌ها، ویروس‌های نسبتاً قدیمی هستند که اولین بار در سال ۱۹۳۰ به عنوان ویروس عامل برونشیت عفونی در پرندگان و در سال ۱۹۴۰ به عنوان عامل گاستروانتریت در خوک‌ها شناسایی شدند [۱]. این ویروس‌ها، حیوانات متعدّد خوک، پرندگان، سگ، گاو و گربه و از جمله انسان را آلوده می‌کنند و عامل گاستروانتریت و بیماری‌های تنفسی در این میزبانان می‌باشند [۲]. این ویروس، در انسان به عنوان دوّمین عامل سرماخوردگی ملایم محسوب می‌شود، اما در سال ۲۰۰۳ به صورت یک بیماری تنفسی شدید و خطرناک در انسان ظاهر و به نام کرونا ویروس نام‌گذاری شد. در سال ۲۰۱۳ دوباره به صورت یک ویروس عامل بیماری شدید تنفسی در عربستان شناخته شد که سندرم تنفسی خاورمیانه نام‌گذاری شد [۳].

به طور کلی، ویروس‌های کرونا به سه گروه تقسیم می‌شوند که گروه یک و سه، بیشتر ویروس‌های حیوانی هستند و ویروس‌های انسانی در گروه دو، قرار دارند [۴]. اغلب ویروس‌های کروناى انسانی به استثنای دو ویروس سندرم تنفسی خاورمیانه و سندروم حاد تنفسی^۲، بیماری ملایم تنفسی ایجاد می‌کند که مرگ و میر ندارد. ویروس سندروم حاد تنفسی پس از ظهور، ۵۰۰۰ نفر را آلوده کرد که باعث مرگ ۷۷۴ نفر شد [۵]، و ویروس سندرم تنفسی خاورمیانه که در سال ۲۰۱۲ ظاهر شد، قریب به ۲۵۰۰ نفر را آلوده کرد که باعث مرگ ۸۵۸ نفر شد [۶].

در اواخر دسامبر سال ۲۰۱۹ یک مورد ذات‌الریه ناشناس در شهر ووهان استان هوبی در چین گزارش شد که مشخصات بالینی آن بسیار شبیه به ذات‌الریه ویروسی بود. سازمان بهداشت جهانی، این ویروس را کرونا و کمیته بین‌المللی طبقه‌بندی ویروس‌ها، آن را سندروم حاد تنفسی-۲ نام‌گذاری کرد [۷]. این ویروس متعلق به خانواده بتا کرونا ویروس‌ها است که در طبیعت رایج بوده و مانند سایر ویروس‌ها، میزبان‌های طبیعی بالقوه زیادی دارد که به صورت میزبان واسطه یا میزبان نهایی عمل می‌کند. این موضوع، چالش‌های بزرگی برای پیشگیری و درمان کرونا ایجاد می‌کند.

بیماران مبتلا به کرونا، به طور عمده علائم مرتبط با ذات‌الریه، تب، سرفه، تنگی نفس، تولید خلط، درد عضله به همراه آسیب‌های قلبی را دارند که ممکن است باعث افزایش مرگ و میر شود [۸]. همچنین، این بیماری دارای سرایت و شیوع بسیار بالایی

می‌باشد؛ بنابراین، لازم است افراد، مراقبت‌های لازم در پیشگیری از ابتلا به این بیماری را داشته باشند. علاوه بر پیشگیری، تزریق واکسن می‌تواند از علائم شدید فرد مبتلا بکاهد، که این خود باعث کاهش مرگ و میر افراد جامعه می‌شود. با توجه به محدودیت منابع در زمان همه‌گیری بیماری، لازم است ابتدا افرادی واکسن را دریافت نمایند که در صورت ابتلا به بیماری، فرد مبتلا علائم شدیدی از خود نشان دهد [۱۰، ۱۱]. این افراد معمولاً دارای بیماری‌های زمینه‌ای و خاص می‌باشند.

با توجه به شیوع سریع کرونا، سازمان بهداشت جهانی در ۳۰ ژانویه ۲۰۲۰ یک وضعیت اضطراری بهداشت عمومی صادر کرد. تصمیمات بهداشتی زیادی در این زمینه اتخاذ شد. یکی از این تصمیمات، واکسیناسیون افراد در برابر این بیماری است که مرگ و میر را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد [۱۲].

از زمان شروع همه‌گیری، بسیاری از دانشگاهیان، مقالات زیادی با موضوع مبارزه با کرونا نوشته‌اند. بیشتر این مطالعات بر تصمیم‌گیری‌های سطح استراتژیک، مانند گسترش مدل‌ها یا سیاست‌های دولتی متمرکز شده‌اند. به عنوان مثال، جوردانو^۳ [۱۳] مدل جدید را پیشنهاد کرد که یک طرح اپیدمی مؤثر برای ایتالیا را پیش‌بینی می‌کند. خروجی این طرح، برنامه‌ای را برای ارزیابی سناریوهای احتمالی و پیامدهای آنها معرفی می‌کند. برای کاهش شیوع کرونا، کارلی و همکاران [۱۴] یک رویکرد کنترل بهینه را پیشنهاد کردند که مؤثرترین استراتژی‌ها را در مرحله کاهش پس از قرنطینه برای دولت‌ها تعریف می‌کند. از سوی دیگر، با افزایش تعداد بیماران، تخت‌ها و ونتیلاتورها^۴ در بخش مراقبت‌های ویژه به موضوعی حیاتی تبدیل می‌شود. به همین دلیل، مشکل اساسی کشورها در این زمان کمبود زیرساخت‌های بهداشتی است [۱۵]. از آنجایی که دولت‌ها اقدامات حفاظتی مختلفی را اجرا می‌کنند، واحدهای بهداشتی برای جلوگیری از ابتلا و واکسینه شدن افراد در برابر این بیماری تلاش می‌کنند.

از چالش‌های مهم در زمان همه‌گیر شدن یک بیماری، مدیریت منابع، به‌دلیل افزایش تقاضا می‌باشد. با توجه به کمبود واکسن که در زمان همه‌گیری بیماری به‌وجود می‌آید رتبه‌بندی افراد برای دریافت واکسن، یک امر ضروری می‌باشد. این رتبه‌بندی بر اساس معیارهای مختلفی مانند داشتن بیماری‌های زمینه‌ای، سن و موارد دیگر می‌باشد. در این مطالعه، جهت رتبه‌بندی افراد و تعیین افرادی که نیاز بیشتری به تزریق واکسن دارند از فرایند سلسله

3. Giordano

4. Ventilator

1. COVID-19

2. Sever Acute Respiratory Syndrome (SARS-CoV-2)



شکل ۱: نمایش سلسله‌مراتب یک مسئله تصمیم [۱۷].

۲-۲. ماتریس مقایسه‌های زوجی

این مرحله، شامل انجام مقایسه بین گزینه‌های مختلف تصمیم بر اساس هر شاخص و قضاوت در مورد اهمیت شاخص تصمیم با انجام مقایسه‌های زوجی می‌باشد. بعد از طراحی سلسله‌مراتب مسئله تصمیم، تصمیم‌گیرنده می‌بایست مجموعه ماتریس‌هایی که به طور عددی، اهمیت یا ارجحیت نسبی شاخص‌ها را نسبت به یکدیگر و هر گزینه تصمیم را با توجه به شاخص‌ها نسبت به سایر گزینه‌ها اندازه‌گیری می‌نماید، ایجاد کند. این کار با انجام مقایسات دو به دو، بین عناصر تصمیم (مقایسه زوجی) و از طریق تخصیص امتیازات عددی که نشان‌دهنده ارجحیت یا اهمیت بین دو عنصر تصمیم است، صورت می‌گیرد. برای انجام این کار معمولاً از مقایسه گزینه‌ها یا شاخص‌های آن نسبت به گزینه‌ها یا شاخص‌های آن استفاده می‌شود که در جدول ۱ نحوه ارزش‌گذاری شاخص‌ها نسبت به هم نشان داده شده است.

مراتبی تحلیلی^۱ و هستی‌شناسی^۲ استفاده شده است تا فرایند رتبه‌بندی با دقت بیشتری انجام شود. بخش‌های مقاله به شرح زیر است.

در بخش ۲، فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی را توضیح می‌دهیم. در بخش ۳، مختصری درباره هستی‌شناسی^۲ توضیح داده، روش پیشنهادی در بخش ۴ مطرح می‌شود. در بخش ۵، نتایج و در ادامه در بخش ۶، بحث و در نهایت در بخش ۷، نتیجه‌گیری مطرح خواهد شد.

۲. رویکرد تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه و معیار تصمیم‌گیری مواجه است، می‌تواند استفاده گردد [۱۶]. معیارهای مطرح شده می‌تواند کمی و کیفی باشند. اساس این روش تصمیم‌گیری، مبتنی بر مقایسه‌های زوجی است. تصمیم‌گیرنده با فراهم ساختن درخت سلسله مراتب تصمیم‌گیری، کار تحلیل را شروع می‌کند. در سطح صفر، هدف تصمیم‌گیری مدّ نظر قرار می‌گیرد و در سطح اول شاخص‌ها (معیارها) و در سطح دوم نیز گزینه‌ها جهت اولویت‌بندی قرار دارند که ممکن است با توجه به نوع مسئله، تعداد سطوح معیارهای اصلی و فرعی بیشتر باشد. پس از اینکه معیارهای اصلی و فرعی مشخص شدند و درخت سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری ترسیم شد، بین شاخص‌ها، مقایسه‌های زوجی انجام می‌شود. در ادامه به تشریح مراحل تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی می‌پردازیم.

۲-۱. مدل‌سازی

در این قدم، مسئله و هدف تصمیم‌گیری به صورت سلسله‌مراتبی از عناصر تصمیم که با هم در ارتباط می‌باشند، در آورده می‌شود. عناصر تصمیم شامل «شاخص‌های تصمیم‌گیری» و «گزینه‌های تصمیم» می‌باشد. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، نیازمند شکستن یک مسئله با چندین شاخص به سلسله‌مراتبی از سطوح است. سطح بالا، بیانگر هدف اصلی فرایند تصمیم‌گیری است. سطح دوم، نشان‌دهنده شاخص‌های عمده و اساسی (که ممکن است به شاخص‌های فرعی و جزئی‌تر در سطح بعدی شکسته شود) می‌باشد. سطح آخر، گزینه‌های تصمیم را ارائه می‌کند. در شکل ۱، سلسله‌مراتب یک مسئله تصمیم نشان داده شده است [۱۷].

1. Analytic Hierarchy Process(AHP).

2. Ontology.

وسيله‌اى است كه سازگارى را مشخص ساخته و نشان مى‌دهد كه تا چه حد مى‌توان به اولويت‌هاى حاصل از مقايسات اعتماد كرد.

۳. هستى‌شناسى

هستى‌شناسى، عبارت از يك توصيف رسمى از دانش به عنوان مجموعه‌اى از مفاهيم در يك دامنه مشخص و بيان ارتباطات بين اين مفاهيم، درون اين دامنه مى‌باشد. به طور كلى، هستى‌شناسى علاوه بر اينكه ساختار يك دانش را به اشتراك مى‌گذارد و قابل استفاده مجدد مى‌كند، مى‌تواند دانش جديدى را در رابطه با حوزه مورد نظر ارائه دهد. هستى‌شناسى‌ها بر خلاف پايگاه داده‌هاى رابطه‌اى، ارتباطات را به اشكال مختلف و با پيچيده‌ترين حالت ممكن، بين مفاهيم و اجزا و عناصر تعيين مى‌كنند. هستى‌شناسى‌ها ساختار اساسى راى برقرارى ارتباط بين اجزاء مختلف اطلاعات در فضاي وب را به منظور فراهم كردن داده‌هاى پيوندى ايجاد مى‌كنند. از آنجايى كه هستى‌شناسى يك ساختار مدل شده مشترك از داده براى پايگاه داده‌ها و سيستم‌هاى عامل توزيع شده و ناهمگن ايجاد مى‌كند، قابليت تعامل بين پايگاه‌هاى داده، جستجوى بين پايگاه‌هاى داده و مديريت منسجم داده را فراهم مى‌كند [۱۸].

به عنوان يكي از واحدهاى سازنده تكنولوجى‌هاى معنائى، هستى‌شناسى، بخشى از استاندارد كنسرسیوم جهاني وب معنائى مى‌باشد. در سال‌هاى اخير، حركتى به سوى استفاده از زبان‌هاى هستى‌شناسى وب ايجاد شده است. زبان هستى‌شناسى وب، يك زبان محاسباتى مبتنى بر منطق براى وب معنائى مى‌باشد كه براى نمايش دانش پيچيده در رابطه با اشياء و ارتباطات بين آنها طراحي شده است. اين زبان همچنين، تفاوت‌هاى موجود بين كلاس‌ها، ويژگي‌ها و ارتباطات را به نحو بسيار دقيق و معنادارى ايجاد مى‌كند. با مشخص كردن كلاس‌ها و مشخصه‌هاى ارتباطات بين آنها و همچنين ساختار سلسله‌مراتبى آنها، زبان هستى‌شناسى وب، مدل‌سازى هستى‌شناسى را در پايگاه داده‌هاى معنائى فراهم مى‌نمايد. زبان‌هاى هستى‌شناسى وب، مجهز به قابليتى است كه مى‌تواند براى كلاس‌ها، اعضا و ويژگي‌ها، قابليت معادل بودن و متفاوت بودن نسبت به ساير كلاس اعضا و ويژگي‌ها را معين كند. ارتباطات به کاربران كمك مى‌كند به نحو مؤثرترى بتوانند مفاهيم يكسان را پيدا كنند كه باعث افزايش دقت عملکرد مى‌شود.

۴. روش پيشنهاده

جدول ۱: ارزش‌گذاري شاخص‌ها نسبت به هم.

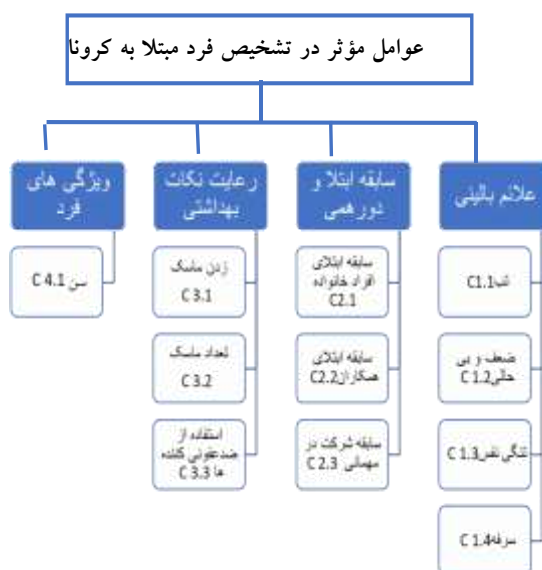
ارزش شاخص	وضعيت مقايسه I نسبت به J	توضيح
۱	اهميت برابر	گزينه يا شاخص I نسبت به J اهميت برابر دارند و يا ارجحيتى نسبت به هم ندارند.
۳	نسبتاً مهم‌تر	گزينه يا شاخص I نسبت به J كمى مهمتر است.
۵	مهم‌تر	گزينه يا شاخص I نسبت به J مهمتر است.
۷	خيلي مهم‌تر	گزينه يا شاخص I داراى ارجحيت خيلي بيشترى از J است.
۹	كاملاً مهم	گزينه يا شاخص مطلقاً I از J مهم‌تر و قابل مقايسه با J نيست.
۲ و ۴ و ۸		ارزش‌هاى ميانى بين ارزش‌هاى ترجيحى را نشان مى‌دهد مثلاً ۸، بيانگر اهميتى زيادتر از ۷ و پايين‌تر از ۹ براى I است.

۲-۳. محاسبه وزن‌هاى نسبى

هدف از اين مرحله، تعيين وزن «عناصر تصميم» نسبت به هم، از طريق مجموعه‌اى از محاسبات عددى است. قدم بعدى در فرايند تحليل سلسله‌مراتبى، انجام محاسبات لازم براى تعيين اولويت هر يك از عناصر تصميم با استفاده از اطلاعات ماتريس‌هاى مقاييسات زوجى است. خلاصه عمليات رياضى اين مرحله، در ادامه، بيان مى‌شود. مجموع اعداد هر ستون از ماتريس مقاييسات زوجى را محاسبه كرده، سپس هر عنصر ستون را بر مجموع اعداد آن ستون تقسيم مى‌كنيم. ماتريس جديدى كه بدین صورت به دست مى‌آيد، «ماتريس مقاييسات نرمال شده» ناميده مى‌شود. ميانگين اعداد هر سطر از ماتريس مقاييسات نرمال شده را محاسبه مى‌كنيم. اين ميانگين وزن نسبى عناصر تصميم با سطرهاى ماتريس را ارائه مى‌كند.

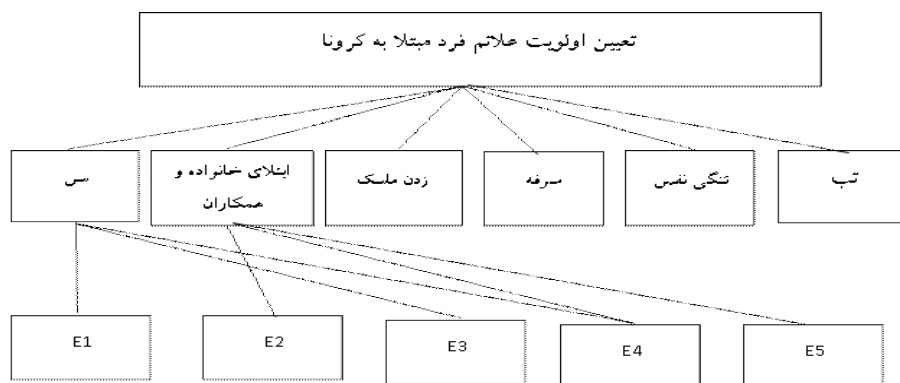
۲-۴. محاسبه ميزان ناسازگارى قضاوت‌ها

تقریباً تمامی محاسبات مربوط به فرايند تحليل سلسله‌مراتبى بر اساس قضاوت اوليه تصميم‌گيرنده كه در قالب ماتريس مقاييسات زوجى ظاهر مى‌شود، صورت مى‌پذيرد و هر گونه خطا و ناسازگارى در مقايسه و تعيين اهميت بين گزينه‌ها و شاخص‌ها، نتيجه نهبى به دست آمده از محاسبات را مخدوش مى‌سازد. ميزان ناسازگارى،



شکل ۲: علائم و عوامل مهم در مبتلا شدن فرد به بیماری کرونا.

در این مقاله، هدف این است که مشخص شود آیا فرد مراجعه‌کننده به پزشک، مبتلا به بیماری کرونا می‌باشد؟ همچنین، تعیین کند آیا فرد با توجه به شرایط جسمانی و بالینی در اولویت تزریق واکسن قرار می‌گیرد؟ این بیماری دارای علائم زیادی می‌باشد و عوامل بسیاری هم در مبتلا شدن فرد به آن دخیل است. این عوامل می‌تواند شامل گروه‌های مختلفی از جمله علائم بالینی، سابقه ابتلا و دوره‌های و رعایت نکات بهداشتی باشد که هر کدام از این گروه‌ها، به موارد مختلفی می‌تواند اشاره داشته باشد. علائم بالینی شامل تب، ضعف و بی‌حالی، تنگی نفس و سرفه بوده و سابقه ابتلا و دوره‌های، شامل سابقه ابتلای افراد خانواده و همکاران، سابقه شرکت در مهمانی می‌باشد. رعایت نکات بهداشتی، شامل استفاده از ماسک، تعداد ماسک و استفاده از ضد عفونی‌کننده‌ها، ویژگی‌های فرد مانند سن می‌باشد. این علائم در شکل ۲ نشان داده شده است. در اینجا از ۶ علامت که بیشترین علائم بروز در بیماران هستند، توسط افراد متخصص انتخاب شده است. شکل ۳ درخت سلسله مراتبی را نشان می‌دهد.

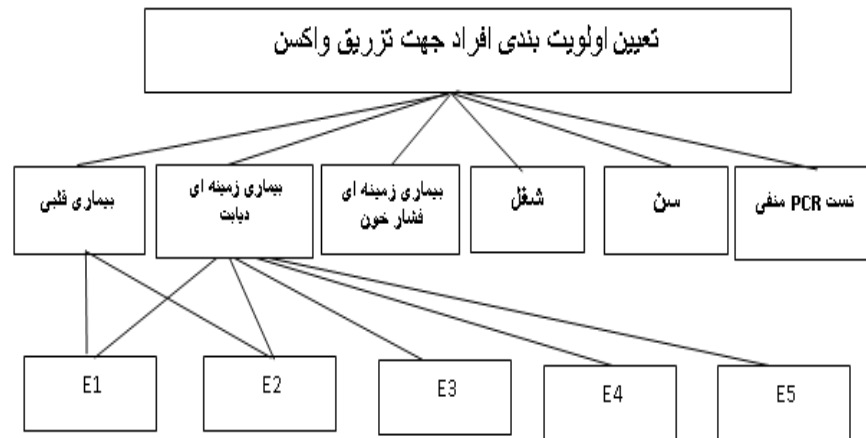


شکل ۳: درخت سلسله مراتبی، مهم‌ترین علائم فرد مبتلا به کرونا.

PCR^۱ منفی، سن، شغل، بیماری زمینه‌ای فشار خون، بیماری زمینه‌ای دیابت و داشتن بیماری قلبی. درخت سلسله‌مراتبی آن در شکل ۴ نشان داده شده است.

همچنین ۶ عاملی که تأثیر زیادی در اولویت‌بندی افراد جهت تزریق واکسن دارند، انتخاب شده است. این عوامل عبارتند از: تست

^۱ . Polymerase Chain Reaction



شکل ۴: درخت سلسله مراتبی اولویت بندی افراد جهت تزریق واکسن.

زمینه اولویت بندی افراد جهت تزریق واکسن در جدول ۳ نشان داده شده است.

بعد از تعیین عوامل مؤثر در هر دو زمینه، ماتریس مقایسه زوجی تشکیل شده است. ماتریس مقایسه زوجی در زمینه تعیین فرد مبتلا به بیماری کرونا در جدول ۲ و ماتریس مقایسه زوجی در

جدول ۲: ماتریس مقایسه زوجی در زمینه تعیین فرد مبتلا به بیماری کوید

سن	ابتلای خانواده و همکاران	زدن ماسک	سرفه	تنگی نفس	تب	معیارها
۱	۲	۰/۲	۲	۲	۱	تب
۰/۵	۳	۰/۱۶۶	۱	۱	۰/۵	تنگی نفس
۰/۳۳	۳	۰/۱۶۶	۱	۱	۰/۵	سرفه
۵	۶	۱	۶	۶	۵	زدن ماسک
۰/۵	۱	۰/۱۶۶	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۵	ابتلای خانواده و همکاران
۱	۲	۰/۲	۳	۲	۱	سن

جدول ۳: ماتریس مقایسه زوجی در زمینه اولویت بندی افراد جهت تزریق واکسن.

بیماری قلبی	بیماری زمینه ای دیابت	بیماری زمینه ای فشار خون	شغل	سن	تست PCR منفی	معیارها
۹	۹	۹	۹	۹	۱	تست PCR منفی
۶	۵	۳	۰/۵	۱	۰/۱۱	سن
۷	۶	۳	۱	۱۲	۰/۱۱	شغل
۳	۲	۱	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۱۱	بیماری زمینه ای فشار خون
۱	۱	۰/۵	۰/۱۶۶	۰/۲	۰/۱۱	بیماری زمینه ای دیابت
۱	۰/۵	۱	۰/۱۴	۰/۱۶۶	۰/۱۱	داشتن بیماری قلبی

همراه سایر اطلاعات در برنامه Protage بارگذاری شد. شکل ۵ بخشی از هستی شناسی طراحی شده در این زمینه می باشد.

پس از اجرای روش فرایند سلسله مراتبی تحلیلی، برای هر دو جدول وزن معیار عوامل مطرح شده محاسبه شده و این وزن ها به

سیستم‌های توصیه‌گر، به طرق مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. معیارهای اندازه‌گیری آماری، روش رایجی است که برای ارزیابی

یک سیستم توصیه‌گر که تفاوت بین رتبه‌بندی‌های پیش‌بینی شده و رتبه‌بندی واقعی را محاسبه می‌کند، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

همچنین برای مقایسه روش‌های پیشنهادی معیارهای پوشش^۱، دقت^۲ و F1-score استفاده می‌شود، که به طور گسترده در سیستم‌های توصیه‌گر برای ارزیابی دقت، پیش‌بینی توصیه‌ها استفاده می‌شود [۱۹].

مقادیر می‌توانند در یکی از دسته‌های زیر قرار بگیرند:

مثبت صحیح: الگوریتم نمونه را در دسته مثبت طبقه‌بندی کرده و نمونه هم مثبت است
مثبت کاذب: الگوریتم نمونه را در دسته مثبت طبقه‌بندی کرده، اما نمونه منفی است
منفی صحیح: الگوریتم نمونه را در دسته منفی طبقه‌بندی کرده و نمونه هم منفی است
منفی کاذب: الگوریتم نمونه را در دسته منفی طبقه‌بندی کرده اما نمونه مثبت است

منظور از دقت، مقدار نمونه‌هایی است که الگوریتم کلاس آن‌ها را به درستی پیش‌بینی کرده و آن‌ها را در دسته مثبت طبقه‌بندی کرده است. بنابراین:

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \times 100\% \quad (1)$$

یکی دیگر از معیارهای ارزیابی عملکرد مدل، معیار پوشش است. این معیار، می‌تواند نسبت تعداد نمونه‌هایی که الگوریتم در دسته مثبت طبقه‌بندی کرده را نسبت به تعداد کل نمونه‌های مثبت را نشان دهد.

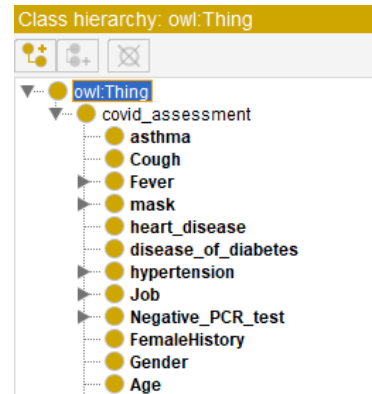
$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% \quad (2)$$

معیار F1-Score در واقع ترکیبی از معیارهای دقت و صحت است. معادله ۳ روش محاسبه آن را نشان می‌دهد:

$$F1 - Score = \frac{2TP}{2TP+FP+FN} \times 100\% \quad (3)$$

۲-۵. نتایج

جدول ۴ و ۵ نتایج روش پیشنهادی تعیین فرد مبتلا به کرونا و تعیین اولویت‌بندی افراد به تزریق واکسن با دو الگوریتم فرایند



شکل ۵: طراحی هستی‌شناسی.

۵. نتایج و بحث

در این مقاله، از ۶ معیار جهت تشخیص فرد مبتلا به کرونا استفاده شده است. لازم به ذکر است که همان‌طور که بیان شد، ۶ معیار در نظر گرفته شده، تنها معیارهایی نیستند که در تشخیص فرد مبتلا به کرونا مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و همچنین تنها معیارهایی جهت اولویت‌بندی افراد جهت تزریق واکسن نیستند. این ۶ معیار، بر اساس مشورت با پزشکان متخصص، از بین تمام معیارها انتخاب شده و بخش ارزیابی با ۶ معیار محدود شده است.

با توجه به ارزیابی کارشناسان، استفاده از ماسک، یکی از معیارهای مهم در جلوگیری از ابتلا به بیماری در افراد است. برعکس، سرفه و تنگی نفس، پایین‌ترین علامت را در تشخیص فرد مبتلا شدن به بیماری دارد.

برای آزمایش بخش رتبه‌بندی، روش پیشنهادی، ۱۰۰ بیمار در نظر گرفته شده است. چهل نفر از بیماران مرد و شصت نفر از آن‌ها زن هستند. کوچک‌ترین بیمار ۲۰ ساله و مسن‌ترین آن‌ها ۸۶ ساله است. درحالی‌که داده‌های C1.1 و C4.1 پیوسته هستند، بقیه آن‌ها دارای مقادیر باینری می‌باشند.

پس از اجرای روش فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی بر روی ماتریس مقایسه زوجی در زمینه تعیین فرد مبتلا به بیماری کرونا مشخص شد که استفاده از ماسک و سن افراد به ترتیب با ۰/۳۴۶۶ و ۰/۳۴۰۲ بیشترین مقدار وزن و تنگی نفس و سرفه به ترتیب با ۰/۰۶۵۷ و ۰/۰۳۶۶ کمترین مقدار وزن دهی را دارند.

۱-۵. معیارهای ارزیابی

4. False Positive (FP)
5. True Negative (TN)
6. False Negative (FN)

1. Recall or Sensitivity
2. Precision
3. True Positive (TP)

استفاده از هستی شناسی به عملکرد بهتری نسبت به روش‌های پیشین برسد.

۶. نتیجه‌گیری

کرونا، بیماری ویروسی دستگاه تنفس است. از آنجا که مکانیسم دقیق بروز بیماری توسط این ویروس کاملاً مشخص نشده و بیماری عفونی

جدی و خطرناک محسوب می‌شود، باید به سرعت از شیوع و گسترش آن جلوگیری کرد و در زمان اپیدمی بیماری، مهم‌ترین کار، قطع چرخه انتقال است؛ بنابراین، باید به سرعت افراد مبتلا به این بیماری در مراحل اولیه شناسایی شوند. از طرفی، از آنجایی که مرگ و میر این بیماری بالا می‌باشد باید به سرعت افرادی که بیشتر در معرض این بیماری هستند و در صورت ابتلا، علائم شدیدی در آنها نمایان می‌شود را شناسایی کرده و در اولویت واکسیناسیون قرار بگیرند. با توجه به موارد ذکر شده، تشخیص سریع و دقیق و همچنین اولویت‌بندی افراد برای دریافت واکسن با توجه به افزایش تعداد بیماران و کمبود منابع، دو چالش مهم در زمان همه‌گیری بیماری می‌باشد. در این مقاله، روشی مبتنی بر فرایند سلسله‌مراتبی تحلیلی ارائه شده که علاوه بر جداسازی افراد بیمار از سالم، اولویت افراد برای واکسیناسیون را تعیین می‌کند. ویژگی‌های مختلفی مانند سن، شغل، بیماری زمینه‌ای فشارخون و دیابت و همچنین تست PCR منفی در این اولویت‌بندی در نظر گرفته شده است. استفاده از هستی شناسی با توجه به اینکه روابط بین نمونه‌ها را در نظر می‌گیرد باعث افزایش دقت طبقه‌بندی و معیار F1-score تا ۸۹٪ شده است. نتایج بررسی بر روی بیماران حاکی از عملکرد مورد قبول این روش می‌باشد.

قدردانی

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی به شماره ابلاغیه ۳۹۲۳۰ مورخ ۱۴۰۱/۰۷/۱۷ و با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه بزرگمهر قائنات انجام شده است که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

سلسله‌مراتبی تحلیلی فازی [۲۰] را نشان می‌دهد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد روش پیشنهادی نرخ دقت و پوشش و F1-score بالاتری نسبت به دو روش دیگر است.

جدول ۴: مقایسه نتایج به دست آمده با سایر روش‌ها در تعیین فرد مبتلا به کووید

نام الگوریتم	Precision	Recall	F1-Score
AHP	۷۹٪	۷۹/۵٪	۷۹/۲۵٪
FAHP	۸۲٪	۸۲٪	۸۲٪
AHP+ontology	۸۵/۵٪	۸۵٪	۸۵/۲۵٪

جدول ۵: مقایسه نتایج به دست آمده با سایر روش‌ها در تعیین اولویت بندی افراد به تزریق واکسن

نام الگوریتم	Precision	Recall	F1-Score
AHP	۷۸/۲٪	۸۳٪	۸۰/۵۳٪
FAHP	۸۶/۱٪	۷۸/۵٪	۸۲/۱۳٪
AHP+ontology	۸۹٪	۸۹٪	۸۹٪

با توجه به انتشار سریع ویروس کرونا در جامعه، تشخیص زودهنگام و دقیق آن می‌تواند کمک بزرگی در عدم مبتلا شدن سایر افراد شود. از طرفی، از آنجایی که علائم این بیماری با بیماری‌های دیگر از جمله سرماخوردگی مشترک می‌باشد، در مرحله اول، مهمترین کار، تشخیص و انتخاب یک سری علائم مهم بیماری و همچنین شایع‌ترین دلایل در انتقال و سرایت این بیماری به سایر افراد می‌باشد. علاوه بر این، واکسیناسیون می‌تواند در کنترل شیوع بیماری بسیار مؤثر باشد. با توجه به اینکه منابع در زمان همه‌گیری بیماری‌ها محدود می‌باشند اولویت‌بندی دقیق افراد برای دریافت واکسن یک کار ضروری می‌باشد. یکی از ویژگی‌های مهم هستی‌شناسی، تعیین روابط دقیق بین نمونه‌ها در یک مسئله می‌باشد که باعث افزایش دقت در جستجوی اطلاعات و تعیین شباهت‌های بین نمونه‌ها می‌شود. نتایج جداول ۴ و ۵ نشان می‌دهد که روش پیشنهادی توانسته با

منابع

[2]. N. Tzenios, M. Chahine, and M. Tazanios, "Better strategies for coronavirus (COVID-19) vaccination," Special Journal of the Medical Academy and other Life Sciences., vol. 1, no. 2, 2023.

[1]. J. V. Lazarus et al, "A survey of COVID-19 vaccine acceptance across 23 countries in 2022," Nature medicine, vol. 29, no. 2, pp. 366-375, 2023.

- [13]. G. Giordano et al., "Modelling the COVID-19 epidemic and implementation of population-wide interventions in Italy," *Nature medicine*, vol. 26, no. 6, pp. 855-860, 2020.
- [14]. R. Carli, G. Cavone, N. Epicoco, P. Scarabaggio, and M. Dotoli, "Model predictive control to mitigate the COVID-19 outbreak in a multi-region scenario," *Annual Reviews in Control*, vol. 50, pp. 373-393, 2020.
- [15]. B. Sen-Crowe, M. Sutherland, M. McKenney, and A. Elkbuli, "A closer look into global hospital beds capacity and resource shortages during the COVID-19 pandemic," *Journal of Surgical Research*, vol. 260, pp. 56-63, 2021.
- [16]. S. JavadiMoghaddam, F. Roosta, and A. Noroozi, "Weighted semantic plagiarism detection approach based on AHP decision model," *Accountability in Research*, vol. 29, no. 4, pp. 203-223, 2022.
- [17]. ح. قدسی پور، "مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره"، انتشارات دانشگاه امیر کبیر، ۱۳۸۱.
- [18]. N. W. Rahayu, R. Ferdiana, and S. S. Kusumawardani, "A systematic review of ontology use in E-Learning recommender system," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 3, pp. 100047, 2022.
- [19]. R. Yacouby and D. Axman, "Probabilistic extension of precision, recall, and f1 score for more thorough evaluation of classification models," in *Proceedings of the first workshop on evaluation and comparison of NLP systems*, pp. 79-91, 2020.
- [20]. E. Khanmohammadi, M. Azizi, H. Talaie, F. Ecer, and E. B. Tirkolaee, "A novel hybrid decision-making framework based on modified fuzzy analytic network process and fuzzy best-worst method," *Operational Research*, vol. 24, no. 4, pp. 54, 2024.
- [3]. M. Ciotti, M. Ciccozzi, A. Terrinoni, W.-C. Jiang, C.-B. Wang, and S. Bernardini, "The COVID-19 pandemic," *Critical reviews in clinical laboratory sciences*, vol. 57, no. 6, pp. 365-388, 2020.
- [4]. Y. Shi et al, "An overview of COVID-19," *Journal of Zhejiang University. Science. B*, vol. 21, no. 5, pp. 343, 2020.
- [5]. D. S. Hui, E. I. Azhar, Z. A. Memish, and A. Zumla, "Human coronavirus infections—severe acute respiratory syndrome (SARS), Middle East respiratory syndrome (MERS), and SARS-CoV-2," *Encyclopedia of Respiratory Medicine*, p. 146, 2021.
- [6]. Z. A. Memish, S. Perlman, M. D. Van Kerkhove, and A. Zumla, "Middle East respiratory syndrome," *The Lancet*, vol. 395, no. 10229, pp. 1063-1077, 2020.
- [7]. B. Hu, H. Guo, P. Zhou, and Z.-L. Shi, "Characteristics of SARS-CoV-2 and COVID-19," *Nature reviews microbiology*, vol. 19, no. 3, pp. 141-154, 2021.
- [8]. E. Rochmawati, A. C. Iskandar, and F. Kamilah, "Persistent symptoms among post-COVID-19 survivors: A systematic review and meta-analysis," *Journal of Clinical Nursing*, vol. 33, no. 1, pp. 29-39, 2024.
- [9]. S. Nakakubo, "Evolving COVID-19 symptoms and the ongoing course of research," *The Lancet Infectious Diseases*, 2024.
- [10]. M. O. Elgendy and M. E. Abdelrahim, "Public awareness about coronavirus vaccine, vaccine acceptance, and hesitancy," *Journal of medical virology*, vol. 93, no. 12, pp. 6535-6543, 2021.
- [11]. J. Beladiya et al., "Safety and efficacy of COVID-19 vaccines: A systematic review and meta-analysis of controlled and randomized clinical trials," *Reviews in Medical Virology*, vol. 34, no. 1, pp. e2507, 2024.
- [12]. R. Parvin, "A statistical investigation into the COVID-19 outbreak spread," *Environmental Health Insights*, vol. 17, pp. 11786302221147455, 2023.

Ranking individuals for coronavirus vaccination using a multi-criteria decision-making method based on ontology and analytic hierarchy process

Seyyed Mohammad Javadi Moqhaddam^{1*}, Maryam Sadat Mahmoudi²

1- Faculty of Engineering - Bozorgmehr Qaenat University - Qaen – Iran.

2- Faculty of Engineering - Islamic Azad University, Ferdows Branch, Ferdows, Iran.

Abstract

Severe acute respiratory syndrome coronavirus (SARS-CoV) is the causative agent of the coronavirus disease, which was declared a pandemic by the World Health Organization in late 2019. The disease is highly transmissible from person to person and poses a major threat to public health. Two things are essential to control the spread of the virus. First, people who are infected with the disease and are in the early stages should be identified quickly. Second, people should be vaccinated. Given the limited availability of vaccines during a pandemic and the risk of people with underlying diseases, ranking individuals for vaccination is inevitable. This study presents an ontology-based architecture using an analytic hierarchy process to identify patients and rank individuals for vaccination. Since ontology pays more attention to the relationships between examples, it increases F in classification algorithms. In this article, six signs that are the cause of the most common symptoms in patients and selected by specialized doctors are used to diagnose affected individuals. In addition, factors such as negative PCR test, occupation, age, underlying disease of hypertension, underlying disease of diabetes, and heart disease were used to rank individuals for vaccination. The evaluation results indicate an accuracy of 89% for the proposed method, which is higher than previous methods.

Keywords: Ontology, coronavirus, classification, analytic hierarchy process, coronavirus diagnosis.