



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

سید محمد جوادی مقدم<sup>۱\*</sup>، مریم سادات محمودی<sup>۲</sup>

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

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، واکسینا سیون 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،

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.

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

## ۱. مقدمه

کرونا 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، 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 [۹].

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<sup>۳</sup> [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<sup>۴</sup> 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.

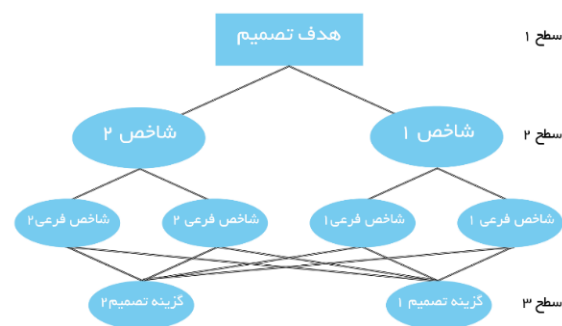
از چالش‌های مهم در زمان همه‌گیر شدن یک بیماری، مدیریت منابع، به دلیل افزایش تقاضا می‌باشد. با توجه به کمبود واکسن که در زمان همه‌گیری بیماری به وجود می‌آید رتبه‌بندی افراد برای دریافت واکسن، یک امر ضروری می‌باشد. این رتبه‌بندی بر اساس معیارهای مختلفی مانند داشتن بیماری‌های زمینه‌ای، سن و موارد دیگر می‌باشد.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

3Giordano

4Ventilator

1COVID-19

2Severe 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 اِام نسبت به گزینه‌ها یا شاخص‌های اِام استفاده می‌شود که در جدول ۱ نحوه ارزش‌گذاری شاخص‌ها نسبت به هم نشان داده شده است.

مراتبی تحلیلی<sup>۱</sup> و هستی‌شناسی<sup>۲</sup> 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 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].

1Analytic Hierarchy Process(AHP).

2Ontology.

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

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

### ۳. هستى‌شناسى

هستى‌شناسى، عبارت از یک توصيف رسمى از دانش به عنوان مجموعه‌اى از مفاهيم در یک دامنه مشخص و بيان ارتباطات بين اين مفاهيم، درون اين دامنه مى‌باشد. به طور کلى، هستى‌شناسى علاوه بر اينکه ساختار یک دانش را به اشتراک مى‌گذارد و قابل استفاده مجدد مى‌کند، مى‌تواند دانش جديدى را در رابطه با حوزه مورد نظر ارائه دهد. هستى‌شناسى‌ها بر خلاف پايگاه داده‌هاى رابطه‌اى، ارتباطات را به اشکال مختلف و با پيچيده‌ترين حالت ممکن، بين مفاهيم و اجزا و عناصر تعيين مى‌کنند. هستى‌شناسى‌ها ساختار اساسى براى برقرارى ارتباط بين اجزاء مختلف اطلاعات در فضاي وب را به منظور فراهم کردن داده‌هاى پيوندى ايجاد مى‌کنند. از آنجايى که هستى‌شناسى یک ساختار مدل شده مشترک از داده براى پايگاه داده‌ها و سيستم‌هاى عامل توزيع شده و ناهمگن ايجاد مى‌کند، قابليت تعامل بين پايگاه‌هاى داده، جستجوى بين پايگاه‌هاى داده و مديريت منسجم داده را فراهم مى‌کند [۱۸].

به عنوان يکى از واحدهاى سازنده تکنولوژى‌هاى معنائى، هستى‌شناسى، بخشى از استاندارد کنسرسیوم جهانى وب معنائى مى‌باشد. در سال‌هاى اخير، حرکتى به سوى استفاده از زبان‌هاى هستى‌شناسى وب ايجاد شده است. زبان هستى‌شناسى وب، یک زبان محاسباتى مبتنى بر منطق براى وب معنائى مى‌باشد که براى نمايش دانش پيچيده در رابطه با اشياء و ارتباطات بين آنها طراحي شده است. اين زبان همچنين، تفاوت‌هاى موجود بين کلاس‌ها، ويژگي‌ها و ارتباطات را به نحو بسيار دقيق و معنادارى ايجاد مى‌کند. با مشخص کردن کلاس‌ها 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 که مى‌تواند براى کلاس‌ها، اعضا و ويژگي‌ها، قابليت معادل بودن و متفاوت بودن نسبت به ساير کلاس اعضا و ويژگي‌ها را معين کند. ارتباطات به کاربران کمک مى‌کند به نحو مؤثرترى بتوانند مفاهيم يکسان را پيدا کنند که باعث افزايش دقت عملکرد مى‌شود.

### جدول ۱: ارزش‌گذارى 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         | کاملاً 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. |

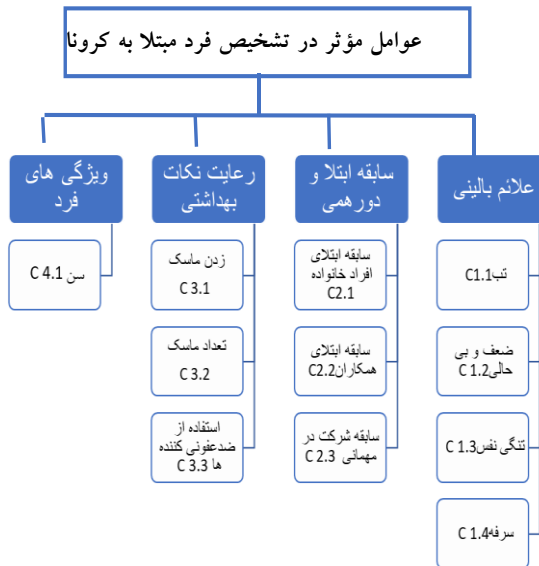
### ۲-۳. محاسبه وزن‌هاى نسبى

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 یک از عناصر تصميم با استفاده از اطلاعات ماتريس‌هاى مقايسات زوجى است. خلاصه عمليات رياضى اين مرحله، در ادامه، بيان مى‌شود. مجموع اعداد هر ستون از ماتريس مقايسات زوجى را محاسبه کرده، سپس هر عنصر ستون را بر مجموع اعداد آن ستون تقسيم مى‌کنيم. ماتريس جديدى که بدین صورت به دست مى‌آيد، «ماتريس مقايسات نرمال شده» ناميده مى‌شود. ميانگين اعداد هر سطر از ماتريس مقايسات نرمال شده را محاسبه مى‌کنيم. اين ميانگين وزن نسبى عناصر تصميم با سطرهاى ماتريس را ارائه مى‌کند.

### ۲-۴. محاسبه ميزان ناسازگارى قضاوت‌ها

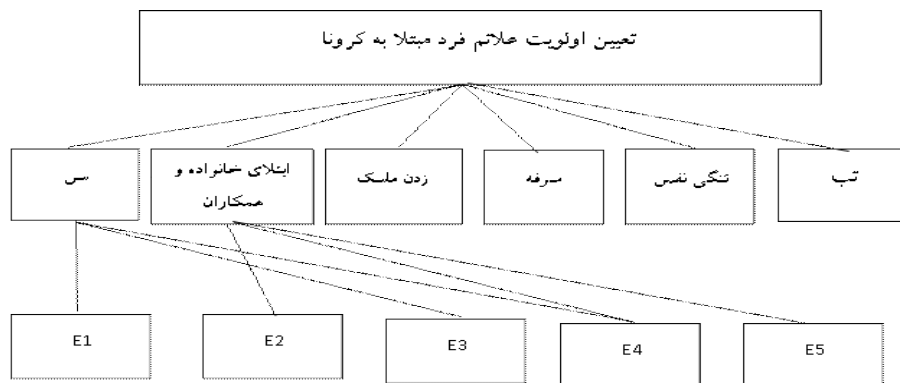
تقریباً تمامی محاسبات مربوط به فرايند تحليل سلسله‌مراتبى بر اساس قضاوت اوليه تصميم‌گيرنده که در قالب ماتريس مقايسات زوجى ظاهر مى‌شود، صورت مى‌پذيرد و هر گونه خطا و ناسازگارى در مقايسه و تعيين اهميت بين گزينه‌ها و شاخص‌ها، نتيجه نهمايى به دست آمده از محاسبات را مخدوش مى‌سازد. ميزان ناسازگارى،

## ۴. روش پیشنهادی



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

در این مقاله، هدف این است که مشخص شود آیا فرد مراجعه کننده به پزشک، مبتلا به بیماری کرونا می باشد؟ همچنین، تعیین کند آیا فرد با توجه به شرایط جسمانی و بالینی در اولویت تزریق واکسن قرار می گیرد؟ این بیماری دارای علائم زیادی می باشد و عوامل بسیاری هم در مبتلا شدن فرد به آن دخیل است. این عوامل می تواند شامل گروه های مختلفی از جمله علائم بالینی، سابقه ابتلا و دوره می و رعایت نکات بهداشتی باشد که هر کدام از این گروه ها، به موارد مختلفی می تواند اشاره داشته باشد. علائم بالینی شامل تب، ضعف و بی حالی، تنگی نفس و سرفه بوده و سابقه ابتلا و دوره می، شامل سابقه ابتلای افراد خانواده و همکاران، سابقه شرکت در مهمانی می باشد. رعایت نکات بهداشتی، شامل استفاده از ماسک، تعداد ماسک و استفاده از ضد عفونی کننده ها، ویژگی های فرد مانند سن می باشد. 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 می دهد.

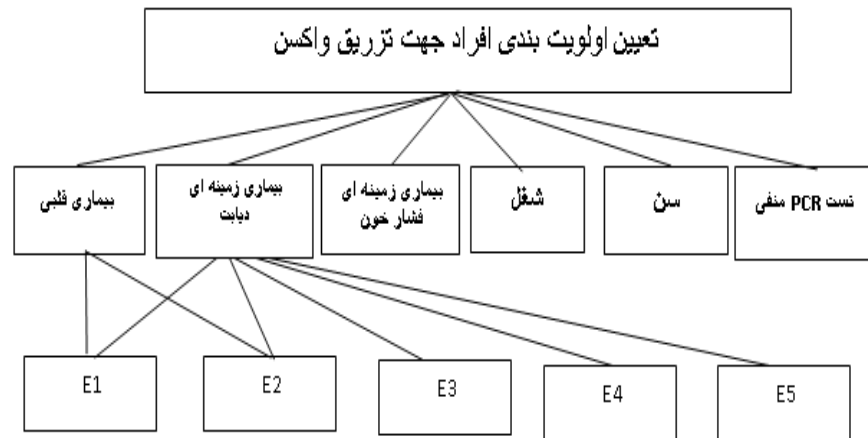


شکل ۳: درخت سلسله مراتبی، مهم ترین علائم فرد مبتلا به کرونا.

PCR منفی، سن، شغل، بیماری زمینه ای فشار خون، بیماری زمینه ای دیابت و داشتن بیماری قلبی. درخت سلسله مراتبی آن در شکل ۴ نشان داده شده است.

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

<sup>1</sup>. 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.

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

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

## ۵-۱. معیارهای ارزیابی

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<sup>۱</sup>، دقت<sup>۲</sup> و F1-score<sup>۳</sup> 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:

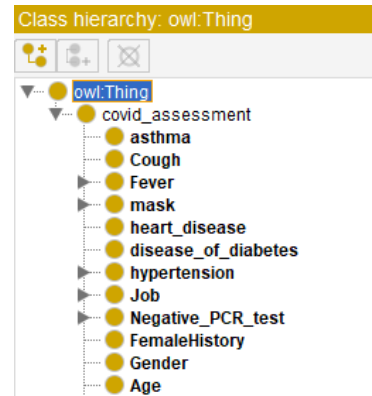
$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \times 100\% \quad (1)$$

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:

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



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.

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

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

## ۵-۲. نتايج

استفاده از هستى شناسى به عملکرد بهترى نسبت به روش هاى

جدول ۴ و ۵ نتايج روش پيشنهادهى تعيين فرد مبتلا به كرونا و پيشين برسد.

تعيين اولويت بندى افراد به تزريق واكسن با دو الگوريتم فرايند

سلسله مراتبى تحليلى فازى [۲۰] را نشان مى دهد. همان طور كه

نتايج نشان مى دهد روش پيشنهادهى نرخ دقت و پوشش و F1-score

بالاترى نسبت به دو روش ديگر است.

## ۶. نتيجه گيرى

كرونا، بيمارى ويروسى دستگاه تنفس است. از آنجا كه

مكانيسم دقيق بروز بيمارى توسط اين ويروس كاملاً مشخص

نشده و بيمارى عفونى

جدول ۴: مقايسه نتايج به دست آمده با ساير روش ها در تعيين فرد

## مبتلا به كوويد

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

جدول ۵: مقايسه نتايج به دست آمده با ساير روش ها در تعيين اولويت

## بندى افراد به تزريق واكسن

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

جدى و خطرناك محسوب مى شود، بايد به سرعت از شيوع و گسترش آن جلوگيرى كرد و در زمان اپيدمى بيمارى، مهم ترين كار، قطع چرخه انتقال است؛ بنابر اين، بايد به سرعت افراد مبتلا به اين بيمارى در مراحل اوليه شناسايى شوند. از طرفى، از آنجاى كه مرگ و مير اين بيمارى بالا مى باشد بايد به سرعت افرادى كه بيشتر در معرض اين بيمارى هستند و در صورت ابتلا، علائم شديدى در آنها نمايان مى شود را شناسايى کرده و در اولويت واكسيناسيون قرار بگيرند. با توجه به موارد ذكر شده، تشخيص سريع و دقيق و همچنين اولويت بندى افراد براى دريافت واكسن با توجه به افزايش تعداد بيماران و كمبود منابع، دو چالش مهم در زمان همه گيرى بيمارى مى باشد. در اين مقاله، روشى مبتنى بر فرايند سلسله مراتبى تحليلى ارائه شده كه علاوه بر جداسازى افراد بيمار از سالم، اولويت افراد براى واكسيناسيون را تعيين مى كند. ويژگى هاى مختلفى مانند سن، شغل، بيمارى زمينه اى فشارخون و ديابت و همچنين تست PCR منفى در اين اولويت بندى در نظر گرفته شده است. استفاده از هستى شناسى با توجه به اينكه روابط بين نمونه ها را در نظر مى گيرد باعث افزايش دقت طبقه بندى و معيار F1-score تا ۸۹٪ شده است. نتايج بررسى بر روى بيماران حاكى از عملکرد مورد قبول اين روش مى باشد.

## قدردانى

اين تحقيق در قالب طرح پژوهشى به شماره ابلاغيه ۳۹۲۳۰ مورخ ۱۴۰۱/۰۷/۱۷ و با استفاده از اعتبارات پژوهشى دانشگاه بزرگمهر قائنات انجام شده است كه بدین وسيله تشكر و قدردانى مى شود.

با توجه به انتشار سريع ويروس كرونا در جامعه، تشخيص زود هنگام و دقيق آن مى تواند كمك بزرگى در عدم مبتلا شدن ساير افراد شود. از طرفى، از آنجاى كه علائم اين بيمارى با بيمارى هاى ديگر از جمله سرماخوردگى مشترك مى باشد، در مرحله اول، مهم ترين كار، تشخيص و انتخاب يك سري علائم مهم بيمارى و همچنين شايع ترين دلايل در انتقال و سرايت اين بيمارى به ساير افراد مى باشد. علاوه بر اين، واكسيناسيون مى تواند در كنترل شيوع بيمارى بسيار مؤثر باشد. با توجه به اينكه منابع در زمان همه گيرى بيمارى ها محدود مى باشند اولويت بندى دقيق افراد براى دريافت واكسن يك كار ضرورى مى باشد. يكي از ويژگى هاى مهم هستى شناسى، تعيين روابط دقيق بين نمونه ها در يك مسئله مى باشد كه باعث افزايش دقت در جستجوى اطلاعات و تعيين شباهت هاى بين نمونه ها مى شود. نتايج جداول ۴ و ۵ نشان مى دهد كه روش پيشنهادهى توانسته با

## منابع

- [12]. R. Parvin, "A statistical investigation into the COVID-19 outbreak spread," *Environmental Health Insights*, vol. 17, pp. 11786302221147455, 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.
- [۱۷]. 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. Yacoubi 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. Tirkolaei, "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.
- [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.
- [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.
- [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.

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

Seyyed Mohammad Javadi Moqhaddam<sup>1\*</sup>, Maryam Sadat Mahmoudi<sup>2</sup>

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.