مجله کنترل- ویژه‌نامه کووید-۱۹
ISSN (print) 2008-8345
ISSN (online) 2538-3752
جلد ۱۴، شماره ۵، ویژه‌نامه کووید-۱۹، صفحه ۵۷-۴۹

مدل سازی سیستم خود ارزیابی بیماری COVID-19 با استفاده از استنتاج‌های فازی سوگنو نوع دو

مریم کمرزرین [۱]، نجمه اقبال [۲]

[۱] دانشجوی دکتری مهندسی برق، گروه الکترونیک، دانشگاه صنعتی سجاد مشهد، m.kamarzarrin@sru.ac.ir

[۲] استادیار ، دانشکدهٔ برق و مهندسی پزشکی، گروه الکترونیک، دانشگاه صنعتی سجاد مشهد، najmeh.eghbal@sadjad.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله ۱۳۹۹/۱۰/۰۹، تاریخ پذیرش مقاله ۱۳۹۹/۱۱/۲۵

چکیده: بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی با تداوم همه گیری ویروس کرونا در جهان تا کنون شمار فوت شدگان به بیش از یک میلیون تن رسیده است. تشخیص زود هنگام بیماری می‌تواند کمک زیادی برای قطع زنجیره انتقال بیماری باشد. در حال حاضر کیت های تست کووید- ۱۹ بسیار محدود و پر هزینه هستند که روند تشخیص را کند و مشکل ساز می‌سازند در نتیجه نیاز است این بیماری در مراحل اولیه تشخیص داده شود تا از انتقال آن جلوگیری گردد. از این رو بر آن شدیم تا به کمک استنتاج فازی سوگنو نوع دو روش خود ارزیابی بیماری کووید- ۱۹ را پیشنهاد دهیم که می‌تواند باعث صرفه جویی در وقت و هزینه شود. این سیستم مبتنی بر ۹۸ قانون است که بر اساس رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی تهیه شده است و از نرم افزار MATLAB برای شبیه سازی و تشخیص بیماری استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که مدل فازی سوگنو به ترتیب با ضریب همبستگی $R^2 = 0.94$ و مجذور مربعات خطا MSE=0.045 در مرحله آموزش و تست عملکرد قابل قبولی در تشخیص وتعیین نوع بیماری کووید- ۱۹ دارد. نتایج خود ارزیابی بسیار امیدوارکننده است و می‌تواند مانعی از گسترش بیشتر بیماری گردد.

کلمات کلیدی: بیماری کووید- ۱۹، منطق فازی نوع دو، استلزام سوگنو، خودارزیابی.

Modeling of self-assessment system of COVID-19 disease diagnosis using Type-2 Sugeno fuzzy inference system

Maryam Kamarzarrin, Najmeh Eghbal

Abstract: Due to the continuation of the pandemic of Coronavirus in the whole world, the number of deaths has reached over one million, based on the World Health Organization reports. Early diagnosis of the illness can be a great assistance in order to break the chain of disease transmission. Nowadays, COVID-19 test kits are so limited in numbers, and expensive in terms of a cost, which slows down the diagnosis procedure and makes it difficult, thus, it is necessary to diagnose the disease in the early stages, to prevent its incidence. Therefore, we decided to propose a self-assessment method for COVID-19 disease, using a type-2 Sugeno fuzzy inference system, which causes conservation in time and costs. The system is prepared based on 98 rules, according to the World Health Organization instructions, using MATLAB software to simulate and diagnose the disease. The results show that Sugeno fuzzy with better correlation coefficient $R^2 = 0.94$ and error squared RMSE = 0.045, respectively, has acceptable accuracy for estimating and identifying COVID-19 disease. The self-assessment consequences are very promising and can prevent the further spread of the disease.

Keywords: COVID-19, Type-2 Fuzzy Logic, Sugeno fuzzy inference system, self-assessment.

[Downloaded from joc.kntu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1399.14.5.2.8]
[DOI: 10.52547/joc.14.5.49]

۱- مقدمه

کرونا ویروس‌ها[1] خانواده بزرگی از ویروس‌ها هستند. این ویروس‌ها اولین بار در سال ۱۹۶۰ کشف شدند و مطالعه بر روی آن‌ها تا اواسط دهه ۱۹۸۰ ادامه پیدا کرد. تاکنون هفت نمونه از این ویروس‌ها در جهان شناخته شده است [۱]. آخرین ورژن کرونا ویروس‌ها، دسامبر ۲۰۱۹ در شهر ووهان[2] چین در نمونه‌های انسانی شیوع پیدا کرد که موجب ابتلا به طیفی از عفونت‌های دستگاه تنفسی، از قبیل سرماخوردگی تا بیماری‌های شدیدتری مثل سندروم تنفسی خاورمیانه مرس[3] و سندروم تنفسی حاد سارس[4] در انسان‌ها گردید [۲]. این ویروس می‌تواند از طریق قطرک‌های تنفسی ناشی از سرفه‌های فرد مبتلا در محیط پخش شده و سپس با لمس سطح آلوده توسط شخص دیگری از طریق لمس دهان، بینی یا چشم‌ها مبتلا گردد. راه‌های های گوناگونی برای پیشگیری از سرایت بیماری توسط سازمان بهداشت جهانی و مراکز کنترل و پیشگیری بیماری **CDC** بیان شده است. روش‌هایی از جمله شستشوی مکرر دست‌ها، مصرف مایعات ضدعفونی کننده، استفاده از ماسک، سرفه کردن در بخش داخلی آرنج یا دستمال، استفاده از تهویه مطبوع در فضاهای بسته، رعایت فاصله گذاری اجتماعی، پرهیز از تجمعات غیر ضروری و ... [۳] با تمامی موارد اشاره شده روشی که کووید- ۱۹ منتشر می‌شود منجر به اعلام بیماری همه گیری در جهان شده است. در نتیجه شناسایی بیماران و قرنطینه کردن آن‌ها به مدت دو هفته می‌تواند گام بزرگی در قطع زنجیره شیوع ویروس باشد.

معمولاً برای تشخیص کووید- ۱۹ از دو نوع تست تشخیص عفونی و آنتی بادی در مراکز درمانی استفاده می‌شود. اساس تست تشخیص عفونی **(PCR)** بر کپی برداری از سکانس **DNA** یا **RNA** نمونه مورد نظر می‌باشد که بر این اساس می‌توان بیماری را تشخیص داد. تست سرولوژی یا آنتی بادی کرونا به دنبال پادتن‌هایی می‌گردد که توسط سیستم ایمنی در واکنش به عامل تهدیدآمیز، مانند نوع خاصی از ویروس، تولید می‌شود [۴]. تب، خستگی و بی حالی، سرفه‌های خشک و مداوم از رایج‌ترین علائم ابتلا به کرونا است. با این حال، دانشمندان اعلام کرده‌اند از دست دادن حس بویایی و چشایی یکی از علائمی است که به طور گسترده در میان مبتلایان به کووید- ۱۹ دیده می‌شود [۵]. شباهت بسیار زیاد علایم کووید- ۱۹ با سرماخوردگی و آنفولانزا باعث شده است که نگرانی و استرسی در بین عموم جامعه به وجود آید، در نتیجه متقاضیان انجام تست‌های **PCR** و آنتی بادی کرونا افزایش یابد. در حالی که به دلیل خطر بالای شیوع ویروس کرونا در مراکز درمانی و بیمارستان‌ها و هزینه بالای این تست‌ها، مراجعه به این مکان‌ها برای انجام تست برای عموم مردم توصیه نمی‌شود و تنها افرادی که علائم رایج ابتلا را دارند باید اقدام نمایند. از این رو، افراد باید نسبت به شناسایی این عوامل در خود و اعضای خانواده‌شان توجه زیادی نشان دهند. در نتیجه بررسی شرایط اولیه بیمار و تشخیص درست علائم بیماری از اهداف این مقاله است تا بتواند به دور از مراکز درمانی و بیمارستانی احتمال ابتلای فرد ناقل را پیش بینی کند و در صورت مثبت بودن تست برای جلوگیری از انتقال ویروس، فرد مبتلا خود را قرنطینه کند تا دیگران در معرض خطر ابتلا قرار نگیرند و همچنین بهترین تصمیم را نسبت به وضعیت خود داشته باشد. این مسأله به تصمیم گیری صحیح و صرفه جویی در زمان بسیار کمک خواهد کرد. در ادامه به بررسی استنتاج فازی می‌پردازیم سپس الگوریتم‌های سوگنو نوع یک و دو معرفی خواهند شد در بخش بعدی نتایج و شبیه سازی‌های آورده خواهند شد و در انتها نتیجه گیری نهایی بیان خواهد شد.

۲- سیستم استنتاج فازی

منطق فازی اولین بار توسط پروفسور لطفی زاده در رساله‌ای به نام «مجموعه‌های فازی – اطلاعات و کنترل» در سال ۱۹۶۵ معرفی گردید و در دهه ۱۹۷۰ رشد و کاربرد عملی پیدا کرد، بزرگ‌ترین رخدادهای این دهه تولید کنترل کننده‌های فازی برای سیستم‌های واقعی بود [۶]. روند تبدیل متغیرهای صریح به متغیرهای زبانی را فازی سازی می‌گویند و مجموعه فازی به عنوان زیر مجموعه‌ای از عناصری با درجه عضویت بین صفر و یک تعریف می‌شود. موتور استنتاج با استفاده از الگوریتم‌های استنتاج، قوانین را ارزیابی می‌کند و پس از تجمیع قوانین خروجی توسط واحد دفازی ساز به مقدار صریح یا عددی تبدیل می‌شود. از جمله مزایای منطق فازی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: منطق فازی به تفکر و منطق انسان نزدیک است. برنامه‌های طراحی شده با منطق فازی سریع و کم هزینه هستند. به راحتی می‌تواند مدل‌سازی شوند. به طور گسترده‌ای در سیستم‌های کنترل و پیش بینی تصمیم قابل استفاده است. برای توصیف پدیده‌های غیرقطعی و نامشخص به کار می‌روند. از سوی دیگر قوانین منطق فازی توسط تجربه متخصص تعیین می‌شوند. توابع توسط آزمون و خطا مشخص می‌شوند که زمان بر هستند. در حالی که مزایای این روش در مقایسه با معایب آن باعث می‌شود استفاده از استنتاج‌های فازی یکی از انتخاب‌های مهم در پیش بینی و مدیریت شرایط باشد. سیستم استنتاج فازی دارای روش‌های متفاوتی است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به روش ممدانی و سوگنو **(TSK)** اشاره کرد. که در ادامه به بررسی الگوریتم استنتاجی سوگنو می‌پردازیم.

۳- الگوریتم استنتاج تاکاگی سوگنو نوع یک[5]

سیستم استنتاج تاکاگی سوگنو، توسط تاکاگی و میشیو سوگنو در سال ۱۹۸۵ به منظور توسعه یک رویکرد سیستماتیک برای تولید قوانین فازی ارائه شد، این روش استنتاج بیشتر در سیستم‌های کنترلی و در زمینه‌هایی که نیاز به محاسبات ریاضی باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد [۷]. خروجی الگوریتم استنتاج سوگنو[6] یک چند جمله‌ای مرتبه اول است که از متغیرهای ورودی به عنوان نتیجه قانون استفاده می‌کند و روش دفازی سازی در آن از نوع روش‌های دفازی سازی میانگین وزنی **(WA)**، مجموع

1-Coronaviruses
2-Wuhan
3-MERS
4-SARS
5-TSK
6-Sugeno

[Downloaded from joc.kntu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1399.14.5.2.8]
[DOI: 10.52547/joc.14.5.49]

وزنی(WS) می‌باشد، همچنین سیستم استنتاج سوگنو به صورت MISO پیاده سازی می‌شود. نتایج قانون در سیستم استنتاج سوگنو به صورت صریح و خطی می‌باشد. هر قانون یک مدل فازی TSK به فرم رابطه (۱) می‌باشد [۷]:

$$R_j: IF\ x_1\ is\ A_{j1}\ AND\ x_2 is\ A_{j2} \ AND\ \dots\ x_n\ is\ A_{jn}\ THEN\ y = B_j(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (j = 1, 2, \dots, R) \tag{۱}$$

که n تعداد متغیرهای ورودی (تعداد ویژگی‌ها)، R تعداد قواعد فازی (قانون)، A_{jn} مجموعه فازی متناظر با nامین متغیر ورودی برای jامین قانون فازی و B_j یک تابع ثابت از x_n است که معمولاً دارای یک فرم خطی ساده به صورت رابطه (۲) می باشد.

$$B_j(x_1, x_2, \dots, x_n) = B_0 + B_1 x_1 + \dots + B_r x_n \tag{۲}$$

خروجی نهایی سیستم فازی فوق به صورت رابطه (۳) قابل بیان است:

$$y = \frac{\sum_{j=1}^{R} B_j(0) T_{i=1}^{m_j} \mu_{ij}(x_i)}{\sum_{j=1}^{r} T_{i=1}^{m_j} \mu_{ij}(x_i)} \tag{۳}$$

که در آن μ_{ij} تابع تعلق برای مجموعه فازی A_{jn} است، $1 \le m_j \le n$ تعداد متغیرهای ورودی در بخش مقدم قوانین فازی است و T یک عملگر T-norm فازی می باشد. قوانین سیستم فازی سوگنو توابع تحلیلی و اعداد ثابت هستند. این ویژگی به سیستم اجازه می دهد تا دانش پیچیده را با تعداد قوانین کم بیان کند.

٤- الگوریتم استنتاج تاکاگی سوگنو نوع دو بازه‌ای

در یک مدل استنتاجی فازی سوگنو نوع دو بازه‌ای که شامل M قانون با n ورودی می‌باشد قوانین اگر و آنگاه به صورت رابطه (۴) تعریف می‌شود که $x_k = (k = 1, 2, \dots, n)$ متغیرهای زبانی مجموعه و $\bar{w}l$ خروجی l امین قانون اگر و آنگاه است. برای تبدیل خروجی فازی نوع دوم به فازی نوع اول از روش کاهش نوع استفاده می‌شود در این مقاله از الگوریتم KM و از محاسبات مرکز ثقل استفاده شده است و $\bar{C}_i^l (i = 0, 1, \dots, n)$ نتیجه خروجی استنتاج فازی نوع یک می باشد که در رابطه (۵) نشان داده شده است به گونه ای که c_i^l مرکزثقل $\bar{C}_i^l$ و s_i^l نشان دهنده بسط تابع است [۸].

$$R^l: \text{IF } x_1 \text{ is } \bar{F}_1^l \text{ AND } x_2 \text{ is } \bar{F}_2^l \text{ AND } \dots \text{ AND } x_k \text{ is } \bar{F}_k^l \text{ THEN } \bar{w}l \quad l = 1, \dots, M \tag{۴}$$

$$\bar{w}l = \bar{C}_0^l + \bar{C}_1^l x_1 + \bar{C}_2^l x_2 + \dots + \bar{C}_n^l x_n$$
$$\bar{C}_i^l = c_i^l - s_i^l, c_i^l + s_i^l \tag{۵}$$

خروجی مجموعه فازی نوع دو بازه‌ای به صورت $\bar{F}_1^l (i = 0, 1, \dots, n)$ تعریف می شود که $\bar{\mu}_i^l = [\underline{\mu}_i^l, \overline{\mu}_i^l]$ است روابط استنتاج به ترتیب در (۶-۷) آورده شده است.

محدوده بازه خروجی قوانین اگر و آنگاه، l امین قانون برابر $f^l = [\underline{f}^l, \overline{f}^l]$ می باشد.

$$\underline{f}^l = \underline{\mu}_1^l(x_1) \wedge \underline{\mu}_1^l(x_2) \wedge \dots \wedge \underline{\mu}_n^l(x_n)$$
$$\overline{f}^l = \overline{\mu}_1^l(x_1) \wedge \overline{\mu}_1^l(x_2) \wedge \dots \wedge \overline{\mu}_n^l(x_n) \tag{۶}$$

خروجی l امین قانون اگر و آنگاه از M قانون برابر است با $\bar{w}^l = [W_L^l, W_R^l]$:

$$W_L^l = \sum_{j=1}^{n} c_j^l x_j + c_0^l - \sum_{j=1}^{n} s_j^l x_j + s_0^l$$
$$W_R^l = \sum_{j=1}^{n} c_j^l x_j + c_0^l + \sum_{j=1}^{n} s_j^l x_j + s_0^l \tag{۷}$$

محاسبه خروجی FLS با میانگین وزنی در رابطه (۸) آورده شده است.

$$W_L = \frac{\sum_{j=1}^{k} \underline{f}^j * W_L^j}{\sum_{j=1}^{k} \underline{f}^j}$$
$$W_R = \frac{\sum_{j=1}^{k} \overline{f}^j * W_R^j}{\sum_{j=1}^{k} \overline{f}^j} \tag{۸}$$

۵- شبیه سازی و نتایج

اصطلاحاتی که به طور کلی برای طبقه بندی بیماری کووید- ۱۹ استفاده می‌شود عبارت است از بدون علامت، خفیف، متوسط، شدید و بحرانی، که شدت هر یک از این سطوح بیماری به ترتیب بیشتر از قبلی است. به طور کلی از علائم بیماری کووید- ۱۹ می‌توان به خستگی مفرط و درد عضلات، اختلال بویایی و چشایی، سرفه خشک و تنگی نفس، تب، سردرد اشاره کرد. شدت وخامت مبتلایان بستگی به عواملی مانند میزان و مدت تماس و حجم ویروس ورودی و مقاومت بدن دارد. نکته‌ای که اهمیت سیستم خود ارزیابی را از طریق منطق فازی چند برابر می کند این است که ممکن است بیمار صرفاً در یک طبقه بندی جای نگیرید و استنتاج فازی این حالت را پوشش می‌دهد. که در ادامه به بررسی این علائم و فازی سازی آن‌ها خواهیم پرداخت.

یکی از فاکتورهای مهم ورودی سیستم فازی، سن افراد می‌باشد. سن بالای ۶۰ سال جزء افراد آسیب پذیر محسوب می‌شود که احتمال پیشرفت بیماری در آن‌ها افزایش می‌یابد. همه افراد بالای ۶۰ سال در گروه آسیب پذیر نیستند، اما در معرض خطر بیشتری از بیماری جدی قرار دارند. دیگر عواملی که تعیین کننده آسیب پذیری شخص به حساب می‌آید داشتن سابقه بیماری‌هایی همچون بیماری قلبی، ریوی یا کلیوی یا نقص ایمنی قابل توجه است. نتایج مطالعات نشان می‌دهد با وجود داشتن سوابق بیماری میزان مهلک بودن شرایط در افراد بالای ۶۰ سال خطرناک‌تر از افراد جوان تر است. در [۹] نشان داده شده است که مبتلایان با بیماری زمینه‌ای بالای ۶۰ سال ۴/۵٪ بیشتر دچار وضعیت بحرانی می‌شوند در حالی که این عدد برای افراد زیر ۶۰ سال ۱/۴٪ است. اگر بیمار در گروه آسیب پذیر است و تشخیص بیماری کووید- ۱۹ خفیف است، باید مشاوره‌های لازم را

[Downloaded from joc.kntu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1399.14.5.2.8]
[DOI: 10.52547/joc.14.5.49]

دریافت و خود را قرنطینه نماید و از تست‌های تشخیص عفونی و آنتی بادی در مراکز درمانی استفاده کند.

علائم بیماری کووید-۱۹ در دسته بدون علامت: این احتمال وجود دارد که بخش بزرگی از افراد مبتلا به کووید- ۱۹ باشند اما علائمی نداشته باشند. به نظر می‌رسد این اتفاق بیشتر در گروه‌های جوان تر و افراد سالم از جمله کودکان رخ می‌دهد. تحقیقات اولیه سازمان بهداشت جهانی نشان می‌دهد که ممکن است ۴۰-۵۰٪ موارد این‌گونه باشند. با این حال، گزارش‌هایی از دست دادن حس بویایی در افراد بدون علامت وجود دارد. ارتباط با فردی که دارای بیماری کووید- ۱۹ است یکی از عواملی است که فرد ممکن است در دسته بدون علامت قرار گرفته باشد.

علائم بیماری کووید-۱۹ در دسته خفیف: این ویروس به طور عمده دستگاه تنفسی و در درجه اول مجاری تنفسی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بیماران قرار گرفته شده در دسته خفیف علائم شبیه آنفولانزا را تجربه خواهند کرد. این علائم ممکن است شامل سرفه خشک و تب خفیف باشد بیماران ممکن است در حین ورزش دچار مشکلات تنفسی خفیفی شوند اما در اثر فعالیت‌روزانه مشکلات تنفسی نخواهند داشت. به نظر می‌رسد علائم به طور معمول حدود ۷-۱۰ روز طول می‌کشد. اکثریت قریب به اتفاق افراد مبتلا به عفونت خفیف یا بدون علامت نیازی به مراجعه به پزشک ندارند و می‌توانند علائم خود را در خانه درمان کنند.

علائم بیماری کووید-۱۹ در دسته متوسط: در حالی که اکثریت افراد مبتلا به ویروس کرونا، بیماری خفیف یا بدون علامت را تجربه می‌کنند، برخی از افراد علائم و عوارض بسیار جدی‌تر و حتی تهدید کننده دارند. علائم کرونا متوسط همراه با التهاب در ریه‌ها است و با سرفه خشک مشخص می‌شود. بیماران مبتلا به کووید- ۱۹ متوسط ممکن است دچار التهابی شوند که به سمت برونشیول[1] حرکت می‌کند. تعداد تنفس و ضربان قلب آن‌ها، به خصوص اگر در حال حرکت باشند افزایش می‌یابد. ممکن است سرفه شدید تری نسبت به علائم خفیف داشته باشند. دمای بدن به احتمال زیاد به ۳۷/۸ درجه سانتی‌گراد می‌رسد یا از آن فراتر می‌رود. ممکن است در حین ورزش، حتی هنگام بالا رفتن از پله‌ها نفس نفس بزنند، اما نه به حدی که آزاردهنده باشد. سرفه ممکن است به مدت چند روز تداوم یابد و در هر ساعت بارها سرفه کنند یا دچار اسهال شوند اما تهوع و استفراغ محتمل نیست خستگی سطحی از دیگر علائم دسته متوسط می‌باشد. به نظر می‌رسد که این شرایط برای بیماران دسته متوسط حدود ۷-۱۴ روز طول بکشد.

علائم بیماری کووید-۱۹ در دسته شدید: بیماری کووید- ۱۹ شدید به این معنی است که بیمار به ذات‌الریه مبتلا شده است، که التهاب (ناشی از عفونت) ریه‌ها در کیسه‌های هوایی کوچک است. در این حالت ممکن است سطح اکسیژن کاهش یافته باشد بنابراین تمایل به نفس کشیدن سریع افزایش می‌یابد. در این شرایط معمولاً دمای بدن بالاست. در نتیجه از علائم این دسته می‌توان به تنفس سریع و کم عمق، ضربان قلب سریع، فشار خون پایین اشاره کرد.

علائم بیماری کووید-۱۹ در دسته بحرانی: در ذات‌الریه خیلی شدید، بیماری به نام **ARDS**[2] (سندرم زجر تنفسی حاد) ایجاد می‌شود. در این شرایط بیمار نیاز به دستگاه تنفس مصنوعی دارد[3]. بسیاری از این بیماران دچار سپسیس[4] می‌شوند، و سایر اعضای بدن دیگر کار نمی‌کنند و وضعیت بسیار خطرناکی برای بدن رخ می‌دهد. تفاوتی که بین کووید- ۱۹ شدید و بحرانی وجود دارد، توسط متخصص مراقبت‌های بهداشتی در بیمارستان تعیین می‌کند. اما به هر حال هر دو گروه نیاز به درمان فوری در بیمارستان دارند.

مراحل زیر برای تدوین مدل پیش بینی بیماری کووید- ۱۹ مورد توجه قرار گرفته است: تقسیم بندی ورودی‌ها و خروجی به بازه‌های فازی، ساختار قوانین فازی بر اساس اطلاعات موجود، استفاده از قوانین فازی برای پیش بینی، در نهایت توابع عضویت[5] فازی تدوین شده‌است.

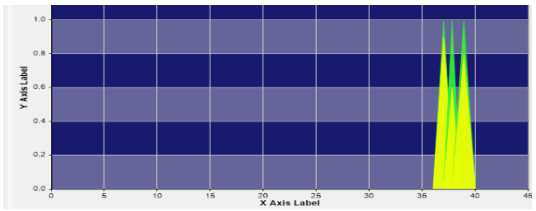
در این مقاله بر مبنای اطلاعات منتشر شده از سازمان بهداشت جهانی و داده‌های دریافت شده از کلینیک تخصصی کرونا بیمارستان ابن سینا تهران توابع عضویت ورودی‌ها بدست آمده است. توابع عضویت فازی فاکتورهای ورودی و خروجی در شکل (۱) نشان داده شده است. پرسشنامه مورد استفاده در جدول (۱) آورده شده است.

در این مقاله از توابع عضویت مثلثی[6] برای فازی سازی استفاده شده است و ۹۸ قاعده اگر آنگاه در بخش پایگاه قواعد بکاربرده شده است که شرح خلاصه ای از قواعد در جدول (۲) آورده شده است.

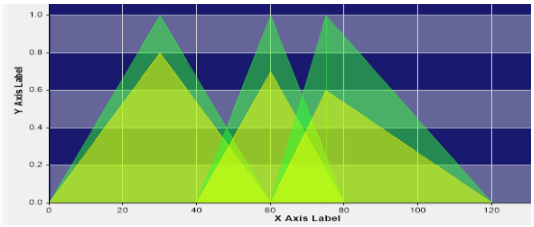
تعداد قوانین بستگی به تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها و رفتار سیستم مورد نظر دارد و سیستم با استفاده از متغیرهای کلامی به جای فرمول‌های ریاضی توصیف می‌شود. به گونه‌ای که با وضع این قوانین قادر به تشخیص و پیش بینی نوع وضعیت بیماری کووید- ۱۹ خواهیم بود. در تعیین تابع عضویت فازی از ده زیر کلاس تب، سن، بیماری‌های زمینه‌ای، سابقه سفر به مناطق پر خطر از دید شیوع بیماری کووید- ۱۹، سرفه خشک و مشکلات تنفسی، از دست دادن حس بویایی، احساس خستگی مفرط، ارتباط با فرد مشکوک به بیماری کووید- ۱۹، فشار خون و مشکلات گوارشی استفاده شده است.

۱- مجاری هوایی کوچکتر
2-Acute Respiratory Distress Syndrome
3-Ventilator
4-Sepsis
5-Membership function
6-Trimf

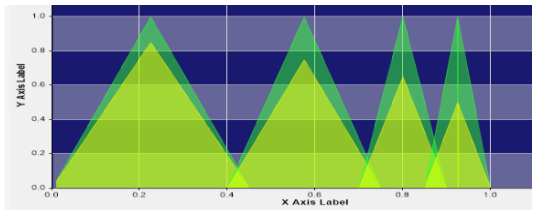
[Downloaded from joc.kntu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1399.14.5.2.8]
[DOI: 10.52547/joc.14.5.49]



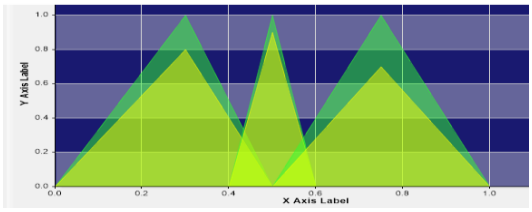
درجه حرارت دمای بدن



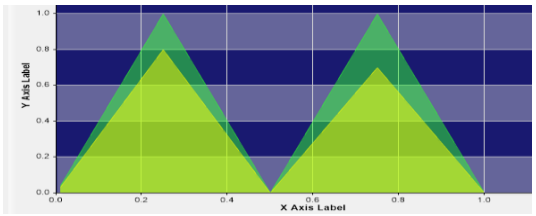
سن افراد



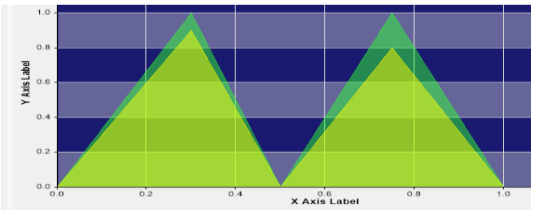
مشکلات تنفسی



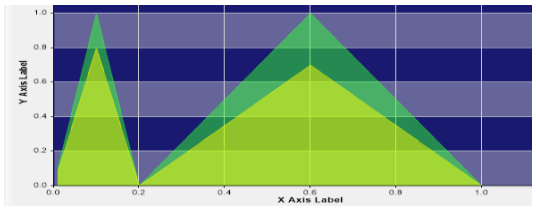
مشکلات فشار خون



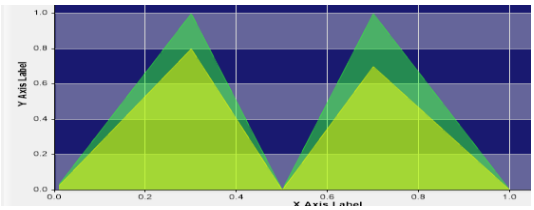
ارتباط نزدیک با فرد مبتلا به بیماری کووید- ۱۹



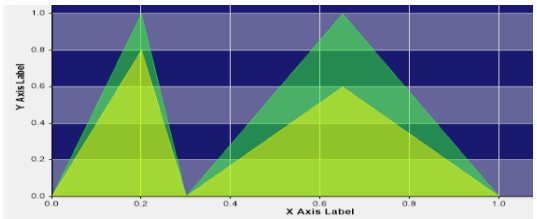
مشکلات خستگی مفرط و سردرد



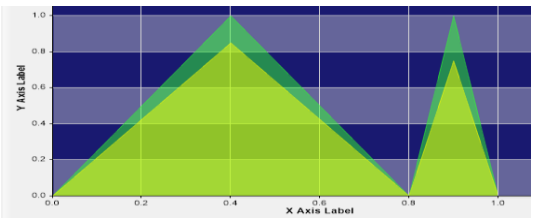
سوابق بیماری



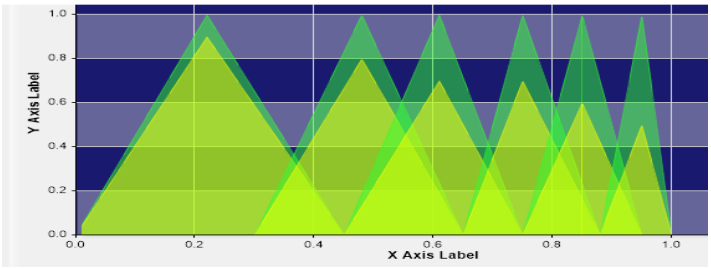
سفر به مناطق پر خطر



مشکلات حس بویایی



مشکلات گوارشی



فاکتورهای خروجی تشخیص بیماری

شکل ۱: توابع عضویت فاکتورهای ورودی و خروجی

[Downloaded from joc.kntu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1399.14.5.2.8]
[DOI: 10.52547/joc.14.5.49]

جدول ۱: پرسشنامه غربالگری بیماری **COVID-19**						
۱. تب	کمتر از ۳۷ درجه ☐		بین ۳۷ تا ۳۸ درجه ☐		بیشتر از ۳۸ درجه ☐	
۲. سن	کمتر از ۴۰ سال ☐		بین ۴۰ تا ۸۰ سال ☐		بیشتر از ۸۰ سال ☐	
۳. بیماری‌های زمینه‌ای	ریوی ☐	قلبی ☐	دیابت ☐	کبد ☐	سرطان ☐	غیره ☐
٤. سابقه سفر به مناطق پر خطر از دید شیوع بیماری	بله ☐	خیر ☐				
٥. سرفه خشک و مشکلات تنفسی	سرفه خشک ☐		گلودرد ☐	ذات الریه ☐	مشکلات حاد تنفسی ☐	
٦. از دست دادن حس بویایی	تشخیص رایحه نارگیل ☐ تشخیص رایحه نعناع ☐ تشخیص رایحه سیر ☐ تشخیص رایحه هل ☐ تشخیص رایحه رازیانه ☐					
۷. احساس خستگی مفرط	ندارم ☐		کمتر از ۷ روز ☐		بیشتر از ۷روز ☐	
۸. ارتباط با فرد مشکوک به بیماری کووید- ۱۹	بله ☐	خیر☐				
۹. مشکلات گوارشی	اسهال ☐	استفراغ☐	خیر ☐			
۱۰. فشار خون	پایین ☐	بالا☐	طبیعی ☐			

به طور خلاصه نقطه شروع ساخت یک سیستم فازی به دست آوردن مجموعه‌ای از قواعد اگر-آنگاه فازی از دانش افراد خبره یا دانش میدانی مورد بررسی می‌باشد. مرحله بعدی ترکیب این قواعد در یک سیستم واحد است سیستم‌های فازی مختلف از اصول و روش‌های متفاوتی برای ترکیب این قواعد استفاده می‌کنند. که در این مقاله از روش سوگنو نوع دو بازه‌ای استفاده شده است در استلزام منطقی سوگنو برای ساختار **AND** و **OR** روش **Prod-Probor** و برای غیر فازی کردن خروجی روش میانگین وزنی[1] **(WA)** بکاربرده شده است.

٦- نتایج تشخیص بیماری کووید-۱۹ با استفاده از سیستم استنتاج فازی سوگنو نوع دو بازه‌ای

غربالگری بیماری کووید- ۱۹ و تشخیص نوع آن با استفاده از نرم افزار **MATLAB** صورت گرفته است و از روش استنباطی سوگنو نوع دو یرای خودارزیابی استفاده شده است. الگوریتم استنتاج سوگنو بیشتر در سیستم‌های کنترلی و سیستم‌هایی که احتیاج به محاسبات ریاضی دارند استفاده می‌شود خروجی سیستم استنتاج سوگنو خطی است و موتور استنتاج سوگنو انعطاف پذیر است و از دقت عملکرد بالایی برخوردار می‌باشد، زیرا فرایند دفازی سازی به زمان محاسبات کمی نیاز دارد، اما فقط برای تجزیه و تحلیل سیستم‌های کنترلی **MISO** خطی بهتر عمل می‌کند. شکل (۲) خروجی سیستم بر مبنای فاکتور دمای بدن و سن شخص را نشان می‌دهد. رنگ آبی پررنگ شرایط طبیعی و سلامت شخص را بیان می‌کند و هر چه به سمت بخش‌های زرد رنگ پیش می‌رویم احتمال خطر ابتلا به کووید- ۱۹ بیشتر می‌شود. رنج در نظر گرفته شده برای دمای بدن بین ۳۶ تا ۴۲ درجه سانتی‌گراد است و برای سن رنج ۱ تا ۱۲۰ سال معیار سنجش قرار گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد که در دماهای پایین حتی اگر شخص دارای سن بالایی باشد احتمال ابتلا به بیماری کووید- ۱۹ کم می‌باشد اما در دماهای بالا این احتمال افزایش می‌یابد و همان‌گونه که در شکل (۲) مشاهده می‌شود سن فاکتور مهمی است به گونه‌ای که در سن‌های بالا احتمال ابتلا سریع‌تر اتفاق می‌افتد.

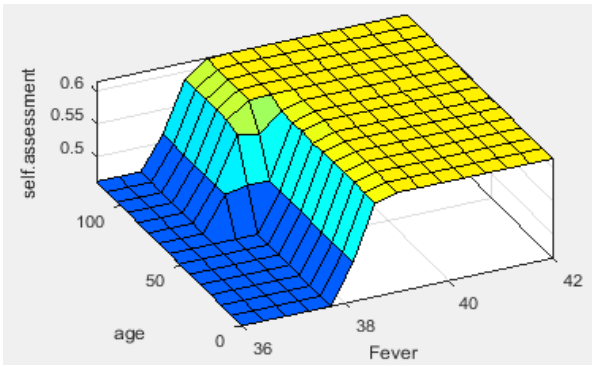
در شکل (۳) نتایج ارزیابی عملکرد تشخیص خود ارزیابی بیماری کووید- ۱۹ بر مبنای فاکتور دمای بدن و مشکلات حس بویایی نشان داده شده است. نتایج به وضوح مشخص است که در دماهای پایین و بدون داشتن مشکلات بویایی خطر ابتلا کم است اما با به وجود آمدن مشکلات بویایی در صورت نداشتن تب نیز احتمال داشتن بیماری کووید- ۱۹ افزایش می‌یابد و می‌توان گفت شخص در دسته بدون علامت قرار دارد.

شکل (۴) نمودار نتایج ارزیابی عملکرد تشخیص خود ارزیابی بیماری کووید- ۱۹ بر مبنای فاکتور دمای بدن و مشکلات تنفسی را نشان می‌دهد. مشکلات تنفسی به چهار گروه سرفه‌های خشک، گلو درد، ذات‌الریه و سندرم زجر تنفسی حاد تقسیم شده است با توجه به اینکه تب یکی از فاکتورهای مهم برای شناسایی بیماری کووید- ۱۹ است اما می‌توان مشاهده کرد در دماهای پایین احتمال سرفه خشک، ذات‌الریه و سندرم زجر تنفسی نیز مشاهده می‌شود پس می‌توان نتیجه گرفت که بالا نبودن تب بدن نشان دهنده مصونیت از بیماری نمی‌باشد اما می‌تواند نشان داد که افزایش دمای بدن احتمال خطر بیماری را به شدت افزایش می‌دهد. شکل (۵) نمودار نتایج ارزیابی عملکرد تشخیص خود ارزیابی بیماری کووید- ۱۹ بر مبنای فاکتور خستگی مفرط و ارتباط نزدیک با شخص دارای بیماری کووید- ۱۹ را نشان می‌دهد در این نمودار مشخص است در صورت وجود خستگی مفرط اما بدون تماس نزدیک با شخص مبتلا، احتمال ابتلا به کووید- ۱۹ بسیار کم است اما زمانی که درصد احتمال با شخص دارای بیماری افزایش می‌یابد خستگی مفرط می‌تواند یکی از فاکتورهای مهم برای تشخیص بیماری باشد.

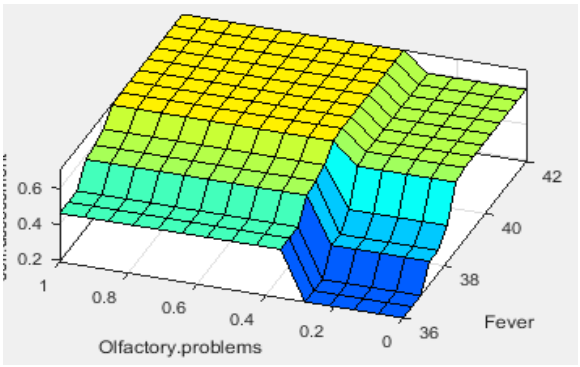
1-Wtaver

[Downloaded from joc.kntu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1399.14.5.2.8]
[DOI: 10.52547/joc.14.5.49]

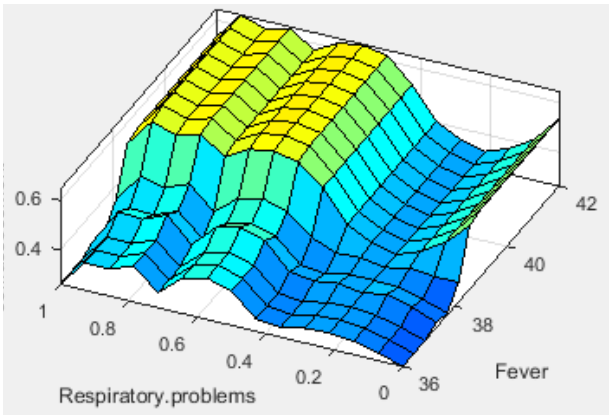
وضعیت بیمار	جدول ۲: خلاصه ای از قوانین اگر و آنگاه
سالم	اگر کاندید مورد نظر هیچ گونه علامت بیماری نداشته باشد و یا اگر فقط یک علامت بیماری به صورت خفیف داشته باشد به شرطی که به محیطهای پر خطر مسافرت نکرده باشد و یا با افراد ناقل بیماری در تماس نباشد این کاندید را سالم در نظر خواهیم گرفت.
بدون علامت	اگر کاندید مورد نظر یکی از علائم بیماری را به صورت شدید داشته باشد و یا یکی از علائم بیماری را به صورت متوسط داشته باشد و همچنین به محیط های پر خطر مسافرت داشته باشد و یا با افراد ناقل بیماری در تماس باشد می تواند به عنوان کاندید بیماری از دسته بدون علامت قرار بگیرد.
متوسط	اگر کاندید مورد نظر بیش از دو علامت بیماری را نشان دهد به گونه ای که یکی از آن علائم شدید باشد اما مشکلات تنفسی در حد سرفه داشته باشد می تواند به عنوان کاندید بیماری از نوع متوسط در نظر گرفته شود.
شدید	اگر کاندید مورد نظر بیش از دو علامت بیماری را از خود نشان دهد به گونه ای که حداقل یکی از آن علائم شدید باشد و فرد دچار ذات الریه نیز شده باشد می تواند به عنوان کاندید بیماری از نوع شدید در نظر گرفته شود.
بحرانی	اگر کاندید مورد نظر بیش از دو علامت بیماری را در حد شدید از خود نشان دهد و دچار زجر تنفسی گردیده باشد بگونه ای که عملکرد سایر اندام های حیاتی دچار مشکل شود به عنوان کاندید بیاری از نوع بحرانی در نظر گرفته می شود.



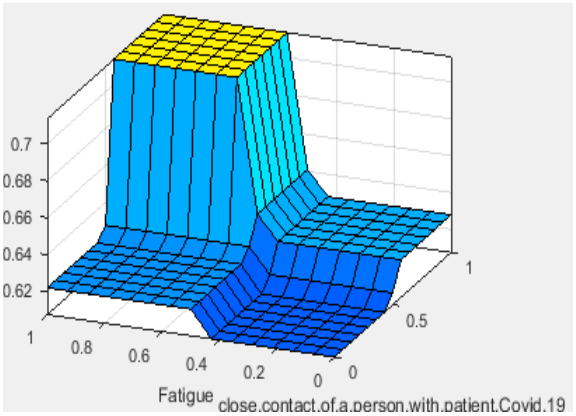
شکل ۲: نمودار نتایج ارزیابی عملکرد تشخیص خود ارزیابی بیماری کووید- ۱۹ بر مبنای فاکتور دمای بدن و سن افراد



شکل ۳: نمودار نتایج ارزیابی عملکرد تشخیص خود ارزیابی بیماری کووید- ۱۹ بر مبنای فاکتور دمای بدن و مشکلات حس بویایی



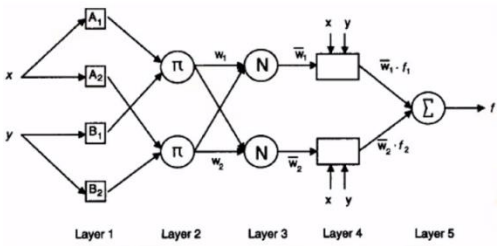
شکل ۴: نمودار نتایج ارزیابی عملکرد تشخیص خود ارزیابی بیماری کووید- ۱۹ بر مبنای فاکتور دمای بدن و مشکلات تنفسی



شکل ۵: نمودار نتایج ارزیابی عملکرد تشخیص خود ارزیابی بیماری کووید- ۱۹ بر مبنای فاکتور خستگی مفرط و ارتباط نزدیک با شخص دارای بیماری کووید- ۱۹

برای آموزش و تست استلزام منطقی سوگنو از روش استنتاج فازی- عصبی تطبیقی **ANFIS** استفاده شده است که عملکرد ارتباط بین لایه‌های آن در شکل (۶) آورده شده است.

الگوریتم **ANFIS** شامل پنج لایه است که به ترتیب شامل گره‌های ورودی، گره‌های قاعده، گره‌های متوسط، گره‌های نتیجه و گره‌های خروجی می‌باشند.



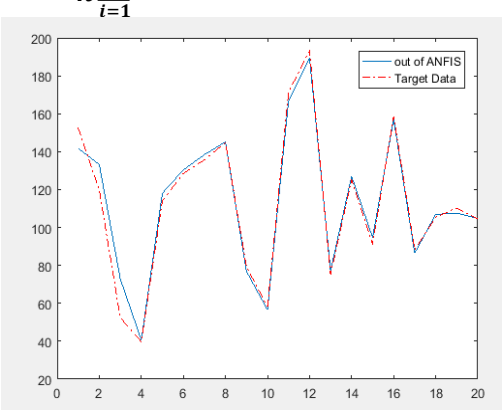
شکل ۶: شمای ساده‌ای از مدل **ANFIS** [۱۰]

[Downloaded from joc.kntu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1399.14.5.2.8]
[DOI: 10.52547/joc.14.5.49]

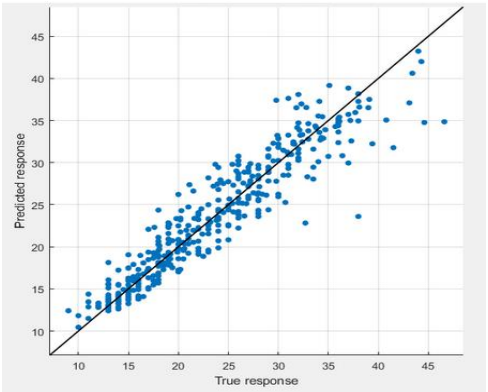
هر گره دارای تابعی با پارامترهای قابل تنظیم یا ثابت است که با داده‌های ورودی، درجه عضویت، قوانین و توابع عضویت ورودی و خروجی انتخاب می‌گردد [۱۰]. روش عملکرد در مرحله آموزش به این صورت است که با اصلاح پارامترهای درجه عضویت بر اساس میزان خطای قابل قبول، مقادیر ورودی به مقادیر واقعی نزدیک‌تر می‌شوند این الگوریتم قابلیت خوبی در آموزش، ساخت و طبقه بندی دارد. قانون یادگیری آن برپایه الگوریتم پس انتشار خطا با نگرش بر حداقل کردن میانگین مربعات خطا بین خروجی شبکه و خروجی واقعی می‌باشد. در نهایت به منظور بررسی تخمین عملکرد از معیارهای آماری ضریب همبستگی و مجذور مربعات خطا استفاده می‌شود. که در روابط (۹) و (۱۰) نشان داده شده است. مجذور مربعات خطا روشی برای برآورد میزان خطاست و هرچقدر مقدار آن به صفر نزدیکتر باشد، نشان دهنده میزان خطای کمتری است. شکل (۷) مجذور مربعات خطا را نشان می‌دهد که هدف به خوبی خروجی را دنبال می‌کند و نتایج رگرسیون خطی با شعاع گوسین ۰/۹ در شکل (۸) آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد مدل، توانایی پیش بینی و ارزیابی بیماری کووید- ۱۹ به صورت خودارزیابی را دارد.

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^{n}(P_i - \overline{P})(O_i - \overline{O})]^2}{\sum_{i=1}^{n}(P_i - \overline{P})^2(O_i - \overline{O})^2} \quad (۹)$$

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2 \quad (۱۰)$$



شکل ۷: نتایج مجذور مربعات خطای مدل



شکل ۸: نتایج مدل رگرسیون خطی مدل

۷- نتیجه گیری

در این تحقیق از روش‌های فازی سوگنو نوع دو به عنوان روش‌های کارا و مفید برای خود ارزیابی بیماری کووید- ۱۹ استفاده شد. این روش‌ها به علت توانایی بالا در مدل سازی قادر به حل بسیاری از مسائل پیچیده هستند. امروزه کاربردهای فازی در طراحی‌های مختلف سیستم‌های غیرقطعی، نشان دهنده عملکرد قابل قبول و رشد سریع این سیستم‌ها است، هرچند که عملکرد الگوریتم‌های استنتاج فازی مشابه هم هستند اما رعایت تفاوت‌های آن‌ها در طراحی سیستم‌های فازی می‌تواند در خروجی سیستم مؤثر باشد، الگوریتم استنتاج سوگنو به خاطر داشتن دقت و انعطاف پذیری بالا طراحی سیستم‌های حساس و کنترلی استفاده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که مدل فازی سوگنو به ترتیب با ضریب همبستگی $R^2 = 0.94$ و مجذور مربعات خطا MSE=0.045 در مرحله آموزش و تست با استفاده از قوانین ساده فازی با دقت مطلوبی بیماری کووید- ۱۹ را تشخیص دهد. نتایج مدل فازی سوگنو نوع دو بر اساس خروجی مدل قابل قبول بوده است به طوری که ضریب همبستگی مدل سوگنو در هر مرحله از اجرای دقت بالای مدل را نشان می‌دهد.

مراجع

[1] Shchelkanov, M. Y., Popova, A. Y., Dedkov, V. G., Akimkin, V. G., & Maleyev, V. V. (2020). History of investigation and current classification of coronaviruses (Nidovirales: Coronaviridae). Russian Journal of Infection and Immunity, 10(2) , 221-246.

[2] Song, Z., Xu, Y., Bao, L., Zhang, L., Yu, P., Qu, Y., ... & Qin, C. (2019). From SARS to MERS, thrusting coronaviruses into the spotlight. Viruses, 11(1) , 59.

[3] Adly, A. S., Adly, A. S., & Adly, M. S. (2020). Approaches based on artificial intelligence and the internet of intelligent things to prevent the spread of COVID-19: Scoping review. Journal of Medical Internet Research, 22(8) , e19104.

[4] Long, C., Xu, H., Shen, Q., Zhang, X., Fan, B., Wang, C. & Li, H. (2020). Diagnosis of the Coronavirus disease (COVID-19): rRT-PCR or CT. European journal of radiology, 108961.

[5] Larsen, J. R., Martin, M. R., Martin, J. D., Kuhn, P., & Hicks, J. B. (2020). Modeling the Onset of Symptoms of COVID-19. Frontiers in public health, 8, 473.

[6] Herrera-Viedma, E. (2015). Fuzzy sets and fuzzy logic in multi-criteria decision making. The 50th anniversary of Prof. Lotfi Zadeh's theory: Introduction. Technological and Economic Development of Economy, 21(5), 677-683.

[7] Kasabov, N. K., & Song, Q. (2002). DENFIS: dynamic evolving neural-fuzzy inference system and its application for time-series prediction. IEEE transactions on Fuzzy Systems, 10(2) , 144-154.

[Downloaded from joc.kntu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1399.14.5.2.8]
[DOI: 10.52547/joc.14.5.49]

[8] Pham, B. H., Ha, H. T., & Ngo, L. T. (2012, December). Learning rule for TSK fuzzy logic systems using interval type-2 fuzzy subtractive clustering. In Asia-Pacific Conference on Simulated Evolution and Learning (pp. 430-439). Springer, Berlin, Heidelberg.

[9] Verity, R., Okell, L. C., Dorigatti, I., Winskill, P., Whittaker, C., Imai, N., & Dighe, A. (2020). Estimates of the severity of coronavirus disease 2019: a model-based analysis. The Lancet infectious diseases.

[10] Jang, J. S. (1993). ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system. IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, 23(3), 665-685.

[Downloaded from joc.kntu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1399.14.5.2.8]
[DOI: 10.52547/joc.14.5.49]