

Research Paper



**Development a Spatial Recommender System for Covid 19 Vaccination Center Based on Fuzzy Method Type II (Study Area: District 6 of Tehran Municipality)**



Anahita Omid<sup>1</sup>, Meysam Argany<sup>\*2</sup>, Sahar Daraee<sup>3</sup>



This paper is an open access and licenced under the CC BY NC licence.



DOI:10.22034/GP.2022.50262.2969

**Reference to this article:** Omid, A; Argany, M; Daraee, S. (2023). Development a Spatial Recommender System for Covid 19 Vaccination Center Based on Fuzzy Method Type II (Study Area: District 6 of Tehran Municipality). *Geography and Planning*, 27(85): 1-12.

Keywords

**Covid-19 Vaccination Center, Recommender system, Fuzzy logic type II, User preferences, SOM clustering**

ABSTRACT

Today, the decision-making process during the search and selection of large amounts of spatial and non-spatial information is a time-consuming and costly task. In this condition, "recommender" systems are used to provide the most appropriate in the large amounts of data available in the shortest time while having similarity with the needs of users. At present, there are several 19 Covid vaccination centers throughout Tehran, each of which operates with its various and unique services. The purpose of this study is to design a recommending system to suggest the best vaccination center of Covid 19 in District 6 of Tehran Municipality in 1400. In the proposed recommender system, centers of vaccination service providers are first divided into clusters with spatial characteristics using a self-organizing mapping clustering algorithm and in the second step, users' preferences are inferred by using fuzzy method type-2. Finally, by combining the outputs obtained from the previous two steps, the appropriate vaccination center is extracted according to the user's preference. The results were evaluated using three evaluation parameters of accuracy 0.70, sensitivity 0.84 and F1 score 0.76 These results showed that the second type fuzzy inference system is a suitable method for modeling a personalized recommender system.

Received: 2022/02/05

Accepted: 2022/08/03

Available: 2023/10/22

\* **Corresponding Author:** Meysam Argany

**E-mail:** argany@ut.ac.ir.

1. Ph.D candidate of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.

3. Master of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.

## **Extended Abstract**

### **Extended Abstract**

#### **Introduction**

Covid 19, also known as coronavirus, is an infectious disease caused by the SARS-CoV-2 virus. Anyone can get Covid 19 at any age and become seriously ill or even die. In the meantime, vaccines have saved millions of lives. Covid vaccines are effective for most people 18 years of age and older with autoimmune disorders or underlying diseases. The recommender systems are an intelligent complement to the retrieval of information and refining concepts by analyzing user behaviors and one of the main tools in overcoming the problem of information redundancy. Therefore, in the process of vaccination centers recommending, uncertainty in preferences can be modeled and personalized recommendations can be performed. Therefore, by using the information of users' preferences and properties of vaccination centers based on knowledge-based recommender systems, appropriate arguments can be made about which centers are suitable for users.

#### **Data and Method**

The current study uses the self-organized mapping clustering method to cluster vaccination centers and the fuzzy logic type-2 method to model users' preferences and reduce uncertainty. Self-organized mapping (SOM) is a biological neural network based on unsupervised learning that displays the samples being trained in a low-dimensional space. The network uses a neighborhood function to maintain the topological properties of the input space. The topology actually determines the shape of the proximity of neurons in the SOM plane, which can be square, hexagonal, triangular. We used that to cluster vaccination centers with similar characteristics. The fuzzy type-2 set -which is an extension of the type-1- can be more resistant to the uncertainties in fuzzy rules. This method, proposed by Prof. Zadeh in 1975, can reduce further uncertainty through fuzzy membership degrees. In other words, the fuzzy type-2 set, unlike the fuzzy type-1, uses an interval instead of a number to determine membership degrees. The main feature is Footprint of uncertainty, which is defined by two upper and lower boundaries under the names of the Upper membership function and the Lower membership function.

A fuzzy type-2 set consists of five basic stages: the fuzzification, the rule base, the inference engine, the type reducer, and the defuzzification. This system generates a fuzzy output for each crisp input based on the rule base and inference engine. Then this value enters the output-process section and the fuzzy type-2 set is converted to a fuzzy type-1 set by "Type reducer". In the last step, the reduced set uses the defuzzification process to produce crisp output.

#### **Results and Discussion**

From the combination of outputs obtained from users' preferences in the fuzzy system type-2 and clustering of vaccination centers by SOM method, optimal vaccination centers were extracted for recommendation. Determining users' preferences leads to determining a set of locations with unique attributes, which makes the decision-making process easier and faster. Therefore, users will be able to see the position of the appropriate center by setting preferences and selecting the "display button" on the user interface. To evaluate the system, we asked 50 users to examine the system by selecting different preferences in different iterations. Therefore, 200 predictions were made in the system, which 125 were correct predictions, 52 were incorrect, and 23 were not predicted. As a result, the accuracy, sensitivity, and F1 scores indicators were 0.70, 0.84, and 0.76 respectively, which indicates the acceptable performance in identifying and recommending centers

#### **Conclusion**

knowledge-based recommendation systems seek to increase the active participation of users to gain more knowledge of the priorities in the decision-making and problem-solving process. The expansion of the use of recommender systems in spatial and non-spatial domains has led us to design a recommender system in the field of the Covid 19 epidemic, specifically recommending vaccination centers to vaccinated users. To achieve this goal, vaccination centers with spatial and non-spatial characteristics were clustered by the SOM method. In the next step, by using the fuzzy method of type 2, users' preferences were obtained to select the appropriate vaccination center. Finally, by combining these two parts, the appropriate cluster was identified for the input users and the appropriate location was recommended.

## References

- Bhargava, H. K., Sridhar, S., & Herrick, C. (1999). Beyond spreadsheets: tools for building decision support systems. *Computer*, 32(3), 31-39.
- Del Olmo, F. H., & Gaudio, E. (2008). Evaluation of recommender systems: A new approach. *Expert Systems with Applications*, 35(3), 790-804.
- Greaves, F., Lavery, A. A., Cano, D. R., Moilanen, K., Pulman, S., Darzi, A., & Millett, C. (2014). Tweets about hospital quality: a mixed methods study. *BMJ quality & safety*, 23(10), 838-846.
- Hagras, H.A., 2004. A hierarchical type-2 fuzzy logic control architecture for autonomous mobile robots. *IEEE Transactions on Fuzzy systems*, 12(4), pp.524-539.
- Holmbom, A. H., Eklund, T., & Back, B. (2011). Customer portfolio analysis using the SOM. *International Journal of Business Information Systems*, 8(4), 396-412.
- Jannach, D., Zanker, M., Felfernig, A., & Friedrich, G. (2010). *Recommender systems: an introduction*. Cambridge University Press.
- Kayacan, E., 2011. Interval type-2 fuzzy logic systems: Theory and design. Bogazici University: PHD thesis.
- Kim, J., Lee, D., & Chung, K. Y. (2014). Item recommendation based on context-aware model for personalized u-healthcare service. *Multimedia Tools and Applications*, 71(2), 855-872.
- Kubat, M. (1999). *Neural networks: a comprehensive foundation* by Simon Haykin, Macmillan, 1994, ISBN 0-02-352781-7. *The Knowledge Engineering Review*, 13(4), 409-412.
- Liao, J., Liu, T., Liu, M., Wang, J., Wang, Y., & Sun, H. (2018). Multi-context integrated deep neural network model for next location prediction. *IEEE Access*, 6, 21980-21990.
- Liao, S. H. (2005). Expert system methodologies and applications—a decade review from 1995 to 2004. *Expert systems with applications*, 28(1), 93-103.
- Mendel, J. M. (2007). Type-2 fuzzy sets and systems: an overview. *IEEE computational intelligence magazine*, 2(1), 20-29.
- Rajaraajeswari, S., Selvarani, R., Raj, P., & Mohanavadivu, P. (2017). Fuzzy logic for decision-enablement: a novel context-awareness framework for smarter environments. *International Journal of High-Performance Computing and Networking*, 10(1-2), 64-77.
- Resnick, P., & Varian, H. R. (1997). Recommender systems. *Communications of the ACM*, 40(3), 56-58.
- Sahraian, M. A., Ghadiri, F., Azimi, A., & Moghadasi, A. N. (2021). Adverse events reported by Iranian patients with multiple sclerosis after the first dose of Sinopharm BBIBP-CorV. *Vaccine*, 39(43), 6347-6350.
- Sayeb, Y., Jebri, M., & Ghezala, H. B. (2022). A graph based recommender system for managing Covid-19 Crisis. *Procedia Computer Science*, 196, 348-355.
- Swarnalatha, S., Kesavarthini, I., Poornima, S., & Sripriya, N. (2019, February). Med-Recommender System for Predictive Analysis of Hospitals and Doctors. In *2019 International Conference on Computational Intelligence in Data Science (ICCIDS)* (pp. 1-5). IEEE.
- Vesanto, J., & Alhoniemi, E. (2000). Clustering of the self-organizing map. *IEEE Transactions on neural networks*, 11(3), 586-600.
- World Health Organization (2017). Coronavirus disease. [https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-\(covid-2019\)-and-the-virus-that-causes](https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-(covid-2019)-and-the-virus-that-causes)



پروہشگاہ علوم انسانی و مطالعات فرہنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

## مقاله پژوهشی



توسعه یک سامانه توصیه‌گر مکانی جهت پیشنهاد مرکز واکسیناسیون کووید  
۱۹ مبتنی بر روش فازی نوع دوم (منطقه مورد مطالعه: منطقه ۶ شهرداری  
تهران)



آناهیتا امیدی<sup>۱</sup>، میثم ارگانی\*<sup>۲</sup>، سحر دارایی<sup>۳</sup>



این مقاله به صورت دسترسی باز و با لایسنس CC BY NC کپی‌رایت کاملاً قابل استفاده است.



ارجاع به این مقاله: امیدی، آناهیتا؛ ارگانی، میثم؛ دارایی، سحر؛ (۱۴۰۲). توسعه یک سامانه توصیه‌گر مکانی جهت پیشنهاد مرکز واکسیناسیون کووید ۱۹ مبتنی بر روش فازی نوع دوم (منطقه مورد مطالعه: منطقه ۶ شهرداری تهران). نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۷ (۸۵): ۱-۱۲.

DOI:10.22034/GP.2022.50262.2969



## چکیده

امروزه جستجو و انتخاب در حجم بالایی از اطلاعات مکانی و غیرمکانی، فرآیند تصمیم‌گیری را کاری زمانبر و هزینه‌بر کرده‌است. در این شرایط سامانه‌های توصیه‌گر به کار می‌آیند تا مناسب‌ترین و بهترین گزینه در میان حجم عظیمی از داده‌های موجود در کمترین زمان ارائه دهند درحالی‌که که بیشترین و بالاترین میزان شباهت با نیاز و علاقه کاربران داشته باشند. در حال حاضر مراکز واکسیناسیون کووید ۱۹ متعددی در سراسر شهر تهران وجود دارد که هر کدام با خدمات ارائه‌شده متنوع و منحصر به فرد خود در حال فعالیت هستند. هدف از این پژوهش طراحی و پیاده‌سازی یک سامانه توصیه‌گر جهت پیشنهاد بهترین مرکز واکسیناسیون کووید ۱۹ در منطقه ۶ شهرداری تهران در سال ۱۴۰۰ می‌باشد. در سامانه توصیه‌گر پیشنهادی، ابتدا مراکز ارائه‌دهنده خدمات واکسیناسیون براساس ویژگی‌های مکانی با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی نگاشت خودسازمان‌ده به خوشه‌هایی با ویژگی‌های یکسان تقسیم‌بندی می‌شوند و در گام دوم با استفاده از منطق فازی نوع دوم، ترجیحات کاربران استنتاج و عدم قطعیت در آن مدل‌سازی می‌شود. در نهایت با استفاده از ترکیب خروجی‌های بدست‌آمده از دو مرحله طراحی شده، مرکز واکسیناسیون مناسب با نیاز کاربر جهت توصیه‌گری شخصی‌سازی شده استخراج می‌گردد. نتایج با استفاده از سه پارامتر ارزیابی دقت، فراخوانی و امتیاز F1 مورد بررسی قرار گرفت که به ترتیب مقادیر ۰.۷۰ و ۰.۸۴ و ۰.۷۶ بدست آمد. این نتایج نشان داد استفاده از سیستم استنتاج فازی نوع دوم روش مناسبی برای مدل‌سازی یک سامانه توصیه‌گر شخصی‌سازی شده می‌باشد.

## کلیدواژه‌ها

مرکز واکسیناسیون کووید ۱۹، سامانه توصیه‌گر، منطق فازی نوع دوم، ترجیحات کاربر، الگوریتم خوشه‌بندی نگاشت خودسازمان‌ده

دریافت شده: ۱۴۰۰/۱۱/۱۶  
پذیرفته شده: ۱۴۰۱/۰۵/۱۲  
منتشر شده: ۱۴۰۲/۰۷/۳۰

\* نویسنده مسئول: میثم ارگانی  
riyaname@ut.ac.ir

۱. دانشجوی دکتری رشته سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. استادیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳. فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد رشته سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

## مقدمه

بیماری کووید ۱۹ که با نام کرونا نیز شناخته می‌شود، یک بیماری عفونی است که توسط ویروس SARS-CoV-2 ایجاد می‌شود. ابتلا یا مرگ و میر در اثر کووید ۱۹ می‌تواند در افراد با سنین مختلف حادث گردد (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۱۷). با گذشت دو سال از ظهور کووید ۱۹ در چین در دسامبر ۲۰۱۹ و تا تاریخ ۶ آذر ۱۴۰۰، بیش از ۲۶۱ میلیون مورد مبتلا به کووید ۱۹ و نزدیک به ۵۲۱۰۰۶۳ مرگ در سراسر جهان وجود داشته است (سایت آمار جهانی ویروس کرونا Worldmeter, 2022). در حالیکه جهان در میان همه‌گیری این بیماری قرار گرفته است، واکسن‌ها توانسته‌اند جان میلیون‌ها نفر را نجات دهند. بر اساس آخرین آمار اعلام شده توسط مرکز مدیریت آمار و فناوری اطلاعات وزارت بهداشت تا تاریخ ۱ آذر ماه ۱۴۰۰ در مجموع حدود ۴۵.۱۱۵.۰۰۳ نفر دز دوم و ۸۰۳.۲۹۰ نفر نیز دز سوم واکسن را دریافت نموده اند (وزارت بهداشت، ۱۴۰۰). واکسن‌های کووید ۱۹ برای اکثر افراد ۱۸ سال و بالاتر و همچنین افراد دچار اختلالات خودایمن و یا بیماری‌های زمینه‌ای مانند فشار خون بالا، دیابت، آسم، بیماری‌های ریوی، کبد و کلیه و افرادی مبتلا به عفونت‌های مزمن، امن هستند (Sahrian et al., 2021:6347). بنابراین با توجه به لزوم دریافت واکسن، ضروری است تا با انتخاب مرکز واکسیناسیون مناسب و کارآمد این فرآیند با سرعت صورت گیرد و با دسترسی به موقع و سریع به این مراکز جهت واکسینه شدن به این بیماری خاتمه داد.

در این بین در دهه‌های اخیر سامانه‌های توصیه‌گر در یافتن آیت‌های مورد نظر کاربر از میان تعداد بی‌شماری از آیت‌ها موجود نقش قابل ملاحظه‌ای ایفا کرده‌اند. پیشنهاد مناسب‌ترین و بهترین گزینه‌ها در کمترین زمان در میان حجم عظیمی از داده‌های موجود به شرطی که بیشترین و بالاترین میزان شباهت را با نیاز و علاقه کاربر داشته باشند مهم‌ترین ضرورت یک سامانه توصیه‌گر است (Jannach et al., 2010:81). به عبارت دیگر در سیستم‌های توصیه‌گر سعی می‌شود تا با پیش‌بینی شیوه تفکر، اولویت و ترجیحات کاربر با استفاده از روش‌های محاسباتی مختلف، مناسب‌ترین و نزدیکترین گزینه اعم از انتخاب کالا و خدمات، انتخاب مراکز و مکان‌ها و ... که مشابه سلیقه کاربر است، شناسایی و سپس پیشنهاد گردد و با این کار در زمان و هزینه صرفه جویی شود. در واقع سامانه توصیه‌گر یکی از اصلی‌ترین ابزارها در غلبه بر مشکل افزونگی اطلاعات بوده و با داشتن توانایی تحلیل رفتارهای کاربر مکملی هوشمند و قابل اعتماد برای مفاهیم بازیابی و پالایش اطلاعات است (Resnick et al., 1997:56). استفاده از سامانه‌های توصیه‌گر در فرآیند انتخاب مراکز از جمله مراکز واکسیناسیون می‌تواند علاوه بر مدل کردن عدم قطعیت ترجیحات و نیاز کاربران، فرآیند شخصی‌سازی را جهت توصیه متناسب و دقیق‌تر انجام دهد. یکی از روش‌های مدرن در شخصی‌سازی و توصیه‌گری اطلاعات استفاده از روش‌های توصیه‌گری دانش‌منا است. سامانه‌های توصیه‌گر دانش‌منا با استفاده از دانشی که از

کاربران و مراکز مورد نظر به دست می‌آوردند استدلال‌های مناسبی در مورد این که چه مراکزی با نیاز کاربر همسو است انجام می‌دهند و بر طبق این استدلال‌ها توصیه‌های مناسبی ارائه می‌دهند (Bhargava et al., 1999:31). اگر چه رویکردها و روش‌های موجود در سامانه‌های دانش‌منا می‌توانند متفاوت باشند، اما بعضی از اجزای این سامانه‌ها در تمامی رویکردها به شکل ثابت قرار دارند. هر سامانه توصیه‌گر دانش‌منا حداقل به یک پایگاه دانش و یک پروفایل کاربری نیاز دارد (Liao, 2005:93).

در این راستا تحقیقات گسترده‌ای در سال‌های اخیر پیرامون استفاده از سیستم‌های توصیه‌گر در حوزه‌های مختلف انجام گرفته است از جمله در سال ۲۰۱۴ جانگ هون کیم<sup>۱</sup> و همکاران پژوهشی با هدف توصیه‌گری شخصی‌سازی شده جهت ارائه خدمات در حوزه سلامت در محیط فراگستر<sup>۲</sup> توسعه دادند. آنها براساس ویژگی‌های فردی و مکانی (شامل جنسیت، سن، زمان، موقعیت مکانی، آب و هوا، دما، فاصله و امکانات بیمارستانها و ...) مبتنی بر یک روش فیلتر مشارکتی توانستند به طور موثری اقلام و خدمات مختلف از جمله معرفی مرکز درمانی مناسب با نیاز کاربر به بیماران توصیه کنند (Kim et al., 2014:855). در همین سال گریوس<sup>۳</sup> و همکاران سیستمی طراحی کردند که با تجزیه و تحلیل نظرات کاربران درباره کیفیت بیمارستانها در پلتفرم توئیتر روشی نوین جهت توصیه بهترین بیمارستانها به کاربران ارائه کردند (Greaves et al., 2014:838). در تحقیقی که در سال ۲۰۱۷ توسط راجا<sup>۴</sup> و همکاران ارائه شد یک سامانه توصیه‌گری مبتنی بر بافت با استفاده از منطق فازی برای نظارت بر سلامت کاربران در محیط‌های هوشمند پیشنهاد گردید. آنها داده‌های مختلف بیولوژیکی و محیطی بیمار را از طریق حسگرهای مختلف (مستقیم و غیرمستقیم) دریافت می‌کردند و متناسب با وضعیت بیمار، راهکارهای مختلف درمانی از جمله معرفی بیمارستان و ارسال اعلان به پزشکان مربوطه صورت می‌پذیرفت (Rajaraajeswari et al., 2017:66). در سال ۲۰۱۸ لی آو<sup>۵</sup> و همکاران یک سیستم توصیه‌گر مبتنی بر شبکه عصبی چند بافتی جهت بهبود دقت پیش‌بینی مکان‌های بعدی کاربران پیشنهاد دادند. نتایج پیش‌بینی توسط دو مجموعه داده از Gowalla و Foursquare، تأثیر مشترک قابل توجهی در زمینه توالی و تعامل انواع داده‌های ورودی بر تصمیم کاربر در انتخاب مکان‌های بعدی را نشان داد (Liao et al., 2018:21982). در پژوهشی دیگر که در سال ۲۰۱۹ توسط وارنالتا<sup>۶</sup> و همکاران صورت گرفت، یک سیستم مبتنی بر توصیه‌گری طراحی شد که هدف آن تجزیه و تحلیل دقیق از بیمارستان‌ها با در نظر گرفتن بررسی نظرات هزاران بیمار در پلتفرم‌های آنلاین بود. سیستم توصیه‌گر با آنالیز نظرات بیماران مختلف با استفاده از تکنیک‌های پردازش زبان طبیعی، نظرات مثبت و منفی را طبقه بندی می‌کرد و در نهایت بیمارستانی که بهترین رتبه را برای درمان یک بیماری خاص وجود داشت به کاربر پیشنهاد می‌داد (Swarnalatha et al., 2019:2). در سال ۲۰۲۲ سایب<sup>۷</sup> با

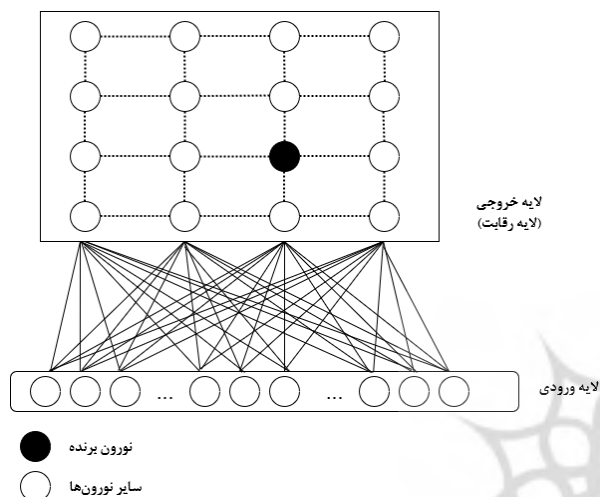
5. Rajaraajeswari  
6. Liao  
7. Swarnalatha  
8. Sayeb

1. COVID-19  
2. Jonghun Kim  
3. Ubiquitous  
4. Greaves

هر نورون دارای یک بردار وزنی  $e_v \in R^d$  است که ابعاد آن برابر با فضای ورودی برابر است. هنگام آموزش SOM باید دو مقدار محاسبه شود. اولین مورد محاسبه فاصله توپولوژی دو نورون در لایه رقابتی است  $N(v_i, v_j)$  و دومین مورد محاسبه فاصله اقلیدسی بین بردار ورودی و بردار وزن است که از رابطه (۲) بدست می‌آید. در طول آموزش شبکه، هدف کاهش فاصله اقلیدسی بردارهای وزنی نورون‌ها است.

$$D(x, e_v) = x - e_v$$

رابطه (۲).



شکل (۱). ساختار شبکه SOM

هنگامی که SOM روی مجموعه داده  $D$  آموزش داده می‌شود، برای هر ورودی  $x_i$  یک نورون برنده  $v$  وجود خواهد داشت که فاصله اقلیدسی بردار وزن آن در لایه رقابتی از بردار ورودی کوچک‌تر است. سپس، بردارهای وزن هر دو نورون برنده و نورون‌های همسایه به‌روزرسانی می‌گردد، در هر تکرار، بردارهای وزنی نورون برنده و نورون‌های همسایه به سمت بردار ورودی  $x_i$  حرکت می‌کنند. با بالا رفتن تکرارها، مقدار تابع همسایگی کاهش می‌یابد که منجر به جدا شدن نورون‌ها در لایه رقابتی می‌شود. در نهایت، نورون‌ها به‌طور خود به خود در اطراف خوشه‌های مختلف جمع می‌شوند. از آنجایی که خوشه‌ها بیانگر مجموعه ورودی‌های هم‌الگو هستند بنابراین فاصله اقلیدسی بردارهای وزنی نیز نشان دهنده فاصله بین الگوهای مختلف است (Holmbom et al., 2011:397).

### سیستم فازی نوع دوم

مجموعه فازی نوع-۲ که بسط و تعمیم یافته نوع اول آن است می‌تواند در مقابل عدم قطعیت‌های موجود در قوانین فازی یا همان پارامترهای سیستم، مقاوم‌تر باشد (فراهانی و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۲). این روش که توسط پروفیسورزاده در سال ۱۹۷۵ ارائه گردید، عدم قطعیت بیشتری را می‌تواند از

استفاده از سیستم توصیه‌گر پرونده‌های پزشکی بیماران مبتلا به کووید ۱۹ را تجزیه و تحلیل کردند تا مشخص گردد کدام کادر پزشکی و کدام بیمارستان‌ها می‌توانند برای رسیدگی به بیمار در شرایط بحرانی کمک کنند (Sayeb et al., 2022:348). در همین سال آلمدار<sup>۱</sup> و همکاران جهت انتخاب محل مناسب مراکز واکسیناسیون یک رویکرد سه مرحله‌ای مبتنی بر روش‌های چندمعیاره مکانی شامل تعیین هشت معیار با استفاده از تجربیات نخبگان و متخصصین، محاسبه وزن معیارها با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و انجام تجزیه و تحلیل فضایی معیارها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، و در نهایت اختصاص مراکز احتمالی واکسیناسیون با تهیه نقشه مناسب و تعیین مناطق خدماتی معرفی نمودند (Alemdar et al., 2021:708).

در تحقیقات صورت گرفته این مهم مشخص شد که بطور خاص به موضوع توصیه‌گری مکانی مراکز واکسیناسیون مخصوص افراد واجد شرایط، توجه ویژه‌ای نشده است و فقدان روشی ترکیبی جهت استفاده از ویژگی‌های مکانی و خدمات منحصر به فرد این مراکز در راستای ترجیحات کاربران بصورت همزمان در طی این تحقیقات احساس می‌شد. از این رو این تحقیق به ارائه یک سامانه توصیه‌گر شخصی‌سازی شده به‌منظور توصیه مرکز واکسیناسیون به افراد واجد دریافت واکسن کووید ۱۹ در منطقه ۶ شهرداری شهر تهران در سال ۱۴۰۰ پرداخته شده است. از روش خوشه‌بندی نگاشت خودسازمان‌ده جهت خوشه‌بندی مراکز واکسیناسیون و از روش منطق فازی نوع دوم جهت مدل‌سازی ترجیحات کاربران و کاهش عدم قطعیت موجود در تصمیم‌گیری استفاده شده است تا در نهایت توصیه‌های کاملاً شخصی‌سازی شده به کاربران ارائه شود.

### مبانی نظری

#### خوشه‌بندی به روش نگاشت خودسازمان‌ده<sup>۲</sup>

نگاشت خودسازمان‌ده، نوعی شبکه عصبی بیولوژیکی بر پایه یادگیری بدون نظارت است که نمونه‌های تحت آموزش را در یک فضای کم بعد و تفکیک شده نمایش می‌دهد (Kubat, 1999:410). هدف اصلی یک شبکه SOM داده کاوی و تحلیل غیرخطی فضایی پیچیده با ابعاد زیاد است. موقعیت نورون‌ها در فضای خروجی نشان‌دهنده ویژگی‌های اصلی موجود در فضای ورودی است. این شبکه از یک تابع همسایگی استفاده می‌کند تا خواص توپولوژی فضای ورودی را حفظ کند. توپولوژی در واقع شکل مجاورت نورون‌ها در صفحه SOM را تعیین می‌کند که می‌تواند به صورت مربعی، شش ضلعی، مثلثی و ... باشد (Vesanto et al., 2000:589). شکل (۱) ساختار شبکه SOM را نشان می‌دهد. این شبکه که متشکل از  $k$  نورون است که طبق رابطه (۱) نوشته می‌شود:

$$V = \{v_1 \dots v_k\}$$

رابطه (۱).

طریق درجه‌عضویت‌های فازی نسبت به نوع اول مدل کند و اثر آن را کاهش دهد. تابع عضویت در این مجموعه سه‌بعدی است که درجه آزادی بعد سوم منجر به کنترل عدم قطعیت و افزایش اطمینان می‌گردد. به عبارتی می‌توان گفت مجموعه‌فازی نوع دوم برخلاف فازی نوع اول از یک بازه به جای عدد برای تعیین درجات عضویت بهره می‌گیرد (هاشم‌پور، ۱۳۹۲: ۶۸)

### پایگاه دانش در مجموعه‌های فازی نوع-۲

مجموعه قوانین در سیستم‌های فازی نوع دوم مشابه با سیستم‌های فازی نوع اول است با این تفاوت که بخش‌های مقدم (اگر) و تالی (آنگاه) آن به صورت بازه‌ای در مجموعه‌های فازی نوع دوم تعریف می‌شوند. بطوریکه برای سیستم فازی نوع دوم با  $p$  ورودی  $x_1 \in X_1, \dots, x_p \in X_p$  خروجی  $Y \in Y$ ، با فرض وجود  $M$  قانون ایجاد می‌شود،  $l$  امین قانون به صورت رابطه (۴) تعریف می‌شود.

$R^l$ :

IF  $x_1$  is  $\tilde{F}_1^l$  and ... and  $x_p$  is  $\tilde{F}_p^l$ . THEN  $y$  is  $\tilde{Y}^l$

رابطه (۴).

$$l = 1 \dots M$$

### موتور استنتاج در مجموعه‌های فازی نوع-۲

موتور استنتاج، ورودی‌های فازی شده را براساس قوانین موجود در مجموعه قواعد فازی به خروجی‌های فازی نوع دو تبدیل می‌کند. قواعد فازی مورد استفاده در این قسمت، قاعده انطباق معادل با اشتراک، اتصال معادل با اجتماع و ترکیب تعمیم یافته روابط نوع دوم می‌باشد. اگر  $\tilde{F}_1^l \times \dots \times \tilde{F}_p^l = \tilde{A}^l$  برای رابطه (۴) برقرار باشد می‌توان قاعده فازی را به صورت رابطه (۵) نوشت.

$$R^l = \tilde{F}_1^l \times \dots \times \tilde{F}_p^l \rightarrow \tilde{Y}^l \equiv \tilde{A}^l \rightarrow \tilde{Y}^l$$

رابطه (۵).

$$l = 1 \dots M$$

در منطق فازی از مجموعه‌های فازی نوع دوم بازه‌ای به همراه  $T$  نرم استفاده می‌شود پس نتیجه اعمال ورودی بر عملگرهای بخش مقدم (که شامل مجموعه  $(F^l(X')) \equiv \prod_{i=1}^p \mu_{\tilde{F}_i^l}(x'_i)$  هستند)، خود یک مجموعه نوع یک بازه‌ای است که در رابطه (۶) بیان شده است.

$$F^l(X') = [f^l(X'), \bar{f}^l(X')] \equiv [f^l, \bar{f}^l]$$

رابطه (۶).

که در آن  $f^l$  تابع عضویت بالایی و  $\bar{f}^l$  تابع عضویت پایینی است. و به صورت رابطه‌های رابطه (۷) و رابطه (۸) محاسبه می‌شود.

$$f^l(X') = \mu_{\tilde{F}_1^l}(x'_1) \times \dots \times \mu_{\tilde{F}_p^l}(x'_p)$$

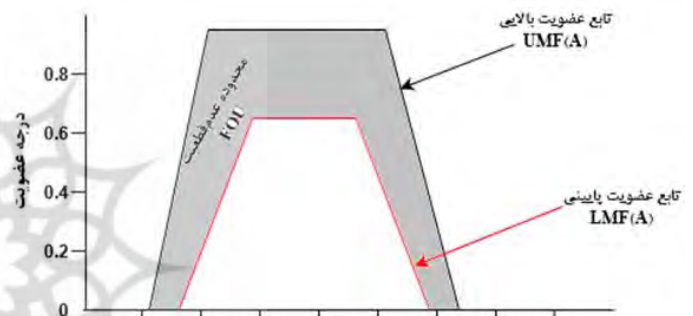
رابطه (۷).

$$\bar{f}^l(X') = \bar{\mu}_{\tilde{F}_1^l}(x'_1) \times \dots \times \bar{\mu}_{\tilde{F}_p^l}(x'_p)$$

رابطه (۸).

طریق درجه‌عضویت‌های فازی نسبت به نوع اول مدل کند و اثر آن را کاهش دهد. تابع عضویت در این مجموعه سه‌بعدی است که درجه آزادی بعد سوم منجر به کنترل عدم قطعیت و افزایش اطمینان می‌گردد. به عبارتی می‌توان گفت مجموعه‌فازی نوع دوم برخلاف فازی نوع اول از یک بازه به جای عدد برای تعیین درجات عضویت بهره می‌گیرد (هاشم‌پور، ۱۳۹۲: ۶۸)

مدل کردن عدم قطعیت‌های عبارت‌های زبانی در مجموعه فازی نوع دوم به علت فازی بودن توابع عضویت و تعداد کمتر تعداد قوانین به نحو موثری بهبود پیدا کرده است (Mendel, 2007:23). ویژگی اصلی در یک سیستم فازی نوع دوم ناحیه اثر عدم قطعیت<sup>۱</sup> می‌باشد که توسط دو کران بالا و کران پایین تحت نام‌های تابع عضویت بالا<sup>۲</sup> و تابع عضویت پایین<sup>۳</sup> مشخص می‌گردد. در این تحقیق، توابع عضویت مثلثی، دوزنقه‌ای و گوسی جهت ساخت بهترین سیستم استنتاج مورد بررسی قرار گرفت که نهایتاً از تابع فازی دوزنقه‌ای برای متغیرهای ورودی استفاده گردید. در شکل (۲) تابع عضویت دوزنقه‌ای در فازی نوع-۲ مشاهده می‌شود.



شکل (۲). تابع عضویت دوزنقه‌ای در فازی نوع-۲

یک سیستم فازی نوع-۲ از پنج مرحله اساسی فازی‌سازی<sup>۴</sup>، پایگاه قوانین<sup>۵</sup>، موتور استنتاج<sup>۶</sup>، کاهش مرتبه<sup>۷</sup>، غیرفازی کردن<sup>۸</sup> تشکیل می‌گردد.

یک مجموعه فازی نوع دوم مانند  $\tilde{A}$  به صورت رابطه (۳) تعریف می‌شود (Kayacan, 2011:538)

$$\tilde{A} = \{ (x, u), \mu_{\tilde{A}}(x, u) : \forall x \in X, u \in J_x \subseteq [0, 1] \}$$

رابطه (۳).

بطوریکه  $\mu_{\tilde{A}}(x, u)$  تابع عضویت فازی نوع دوم است که در بازه  $[0, 1]$  صدق می‌کند.

### فازی‌سازی در مجموعه‌های فازی نوع-۲

فازی‌سازی به معنای نگاشت مقادیر ورودی به درجات عضویت است (مدادی هریس، ۱۴۰۰: ۲۴۵). این نگاشت بر اساس توابع عضویت بازه‌ای سیستم صورت می‌گیرد. قسمت فازی ساز ورودی‌های صریح عددی  $X$

5. Rules-base
6. Inference-Engine
7. Type-Reducer
8. Defuzzification

1. Footprint Of Uncertainty
2. Upper Membership Function
3. Lower Membership Function
4. Fuzzifier



در این رابطه ها  $\mu_{f^l}(X^l)$  بیان کننده مقادیر ورودی ها در توابع عضویت بالایی و پایینی است.

## کاهش نوع در مجموعه‌های فازی نوع-۲

برای تبدیل خروجی فازی نوع دوم به فازی نوع اول از بخش کاهش نوع استفاده می‌شود. روش مرسوم برای عملیات کاهش نوع در سیستم فازی نوع دوم بازه‌ای الگوریتم Karnik-Mende است (Hagras, 2004:524). در این مرحله خروجی به دست آمده از بخش فازی ساز و موتور استنتاج و قوانین، وارد بخش کاهش نوع می‌شود تا مرتبه و یا نوع خروجی از نوع دو به نوع یک کاهش پیدا کند، برای کاهش نوع معمول ترین روش  $\text{COS}^1$  است که بر اساس رابطه (۹) محاسبه می‌گردد.

$$Y(X^l) = \bigcup_{f^l \in F^l(X^l)} \frac{\sum_{l=1}^M y^l f^l}{\sum_{l=1}^M f^l} = [y_l \cdot y_r]$$

رابطه (۹).

در این رابطه  $f^l$  بیان کننده مقادیر درجه عضویت ورودی در هر یک از توابع بالایی و پایینی است و  $y^l$  بیان کننده مقادیر درجه عضویت ورودی در توابع عضویت خروجی ها است.

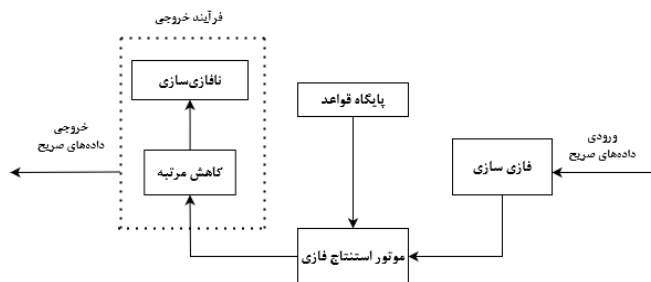
## نافازی سازی در مجموعه‌های فازی نوع-۲

بعد از انجام عملیات کاهش نوع، خروجی کاهش پیدا کرده به قسمت غیرفازی ساز انتقال پیدا می‌کند. در این بخش خروجی دقیق و قطعی طبق رابطه (۱۰) از سیستم فازی استخراج می‌شود (همان: ۵۲۵).

$$y = \frac{y_l + y_r}{2}$$

رابطه (۱۰).

این سیستم همانند فازی نوع اول به ازای هر ورودی غیرفازی که وارد سیستم می‌شود بر اساس پایگاه قواعد و موتور استنتاج یک خروجی فازی ایجاد می‌کند (مددی، ۱۳۹۲: ۲۳۷). سپس این مقدار به بخش فرآیند خروجی وارد می‌گردد در این مرحله مجموعه فازی نوع دوم به یک مجموعه فازی نوع یک تبدیل می‌گردد که به آن کاهش نوع یا کاهش مرتبه می‌گویند و در مرحله آخر مجموعه کاهش مرتبه یافته، غیرفازی می‌گردد تا خروجی نهایی بصورت مقادیر واضح و صریح قرار گیرند. شکل (۳) معماری یک سیستم فازی نوع ۲ را نشان می‌دهد.

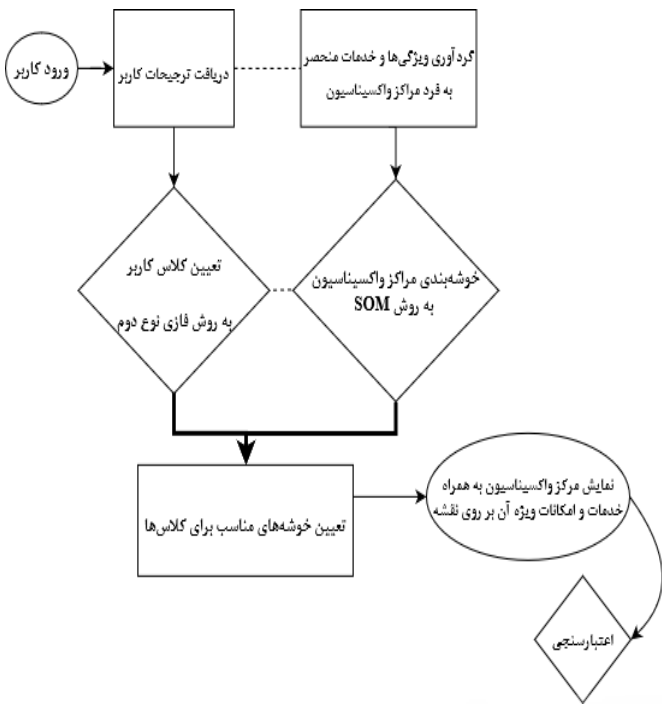


شکل (۳). معماری سیستم فازی نوع-۲

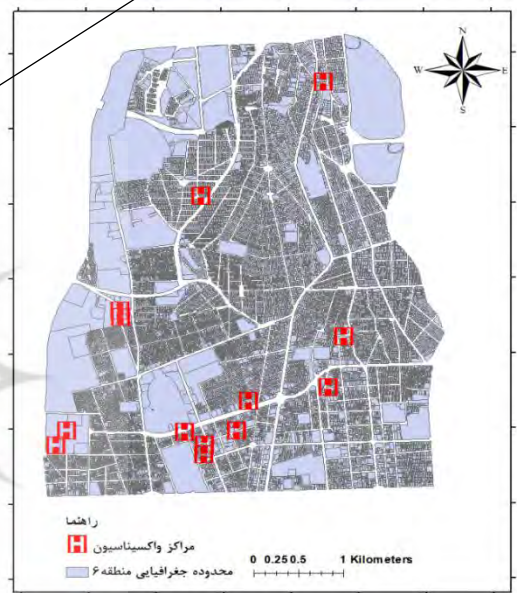
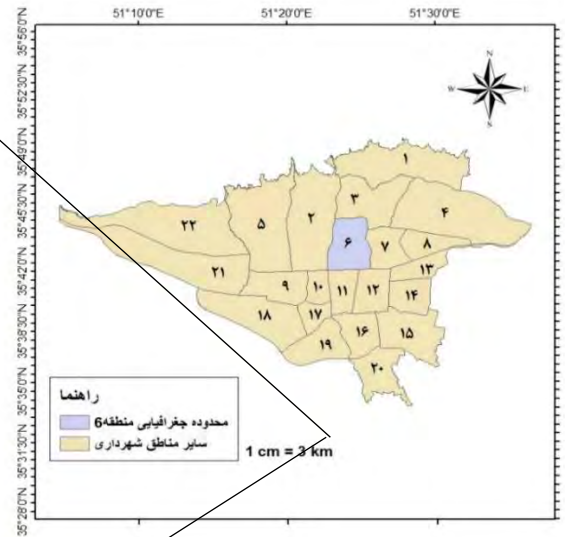
## روش

### معرفی محدوده مورد مطالعه

در این پژوهش یک سامانه توصیه‌گر مکانی جهت پیشنهاد مراکز واکسیناسیون به افراد واجد دریافت واکسن در منطقه ۶ شهرداری شهر تهران طراحی و اجرا گردید. این منطقه که به لحاظ جغرافیایی در مرکز شهر تهران قرار گرفته و دسترسی گسترده‌ای به کل شهر دارد، دارای ۶ ناحیه و ۱۴ محله می‌باشد و از نظر مساحت ۳.۳ درصد از سطح شهر تهران را در برمی‌گیرد. جمعیت این منطقه بالغ بر ۲۵۰ هزار نفر می‌باشد با احتساب حجم تردد روزانه این مقدار به بیش از دو برابر می‌رسد. از جمله خدمات و دسترسی‌های منطقه ۶ می‌توان به بزرگراه‌ها، مراکز تجاری و تفریحی، پارک‌ها، سینماها، ایستگاه‌های حمل و نقل شهری و ... اشاره کرد. مجموعه‌ی این ویژگی‌ها سبب شده تا این منطقه جز بیشترین تعداد مراکز ارائه‌دهنده خدمات واکسیناسیون با ۱۴ مرکز در شهر تهران باشد. شکل (۴) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و توزیع مراکز واکسیناسیون را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که این مراکز تا تاریخ ۱ آذر ۱۴۰۰ فعال و ارائه‌دهنده خدمات واکسیناسیون بوده‌اند.



شکل (۵). ساختار فرآیند پژوهش



شکل (۴). محدوده مورد مطالعه

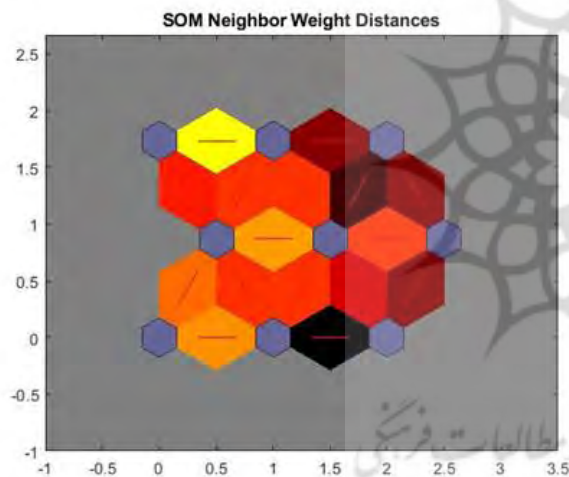
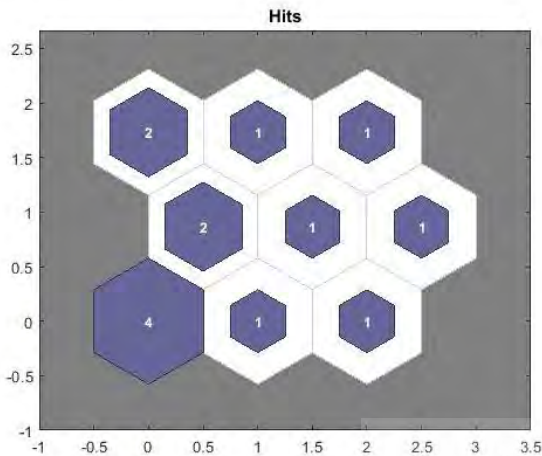
**خوشه‌بندی مراکز واکسیناسیون**  
 با استفاده از نقشه و مسیر یاب نرم‌افزار بلد، برای ۱۴ مرکز واکسیناسیون فعال و ارائه‌کننده خدمات واکسیناسیون تا تاریخ ۱ آذر ماه ۱۴۰۰ در سراسر منطقه ۶ تهران، ویژگی‌های مکانی و خدمات منحصر به فرد هر یک گردآوری گردید. این داده‌ها که در جدول شماره ۱ آمده‌است عمدتاً بصورت کیفی و بندرت بصورت کمی هستند.

همانطور که در بخش‌های قبل توضیح داده شد یک سیستم توصیه‌گر دانش‌مبنا باید با استفاده از دانشی که از ترجیحات کاربران بدست می‌آورد بتواند گزینه‌هایی مناسب و همسو با نیاز وی فراهم کند. بنابراین مدل پیشنهادی این تحقیق بدنبال آن است تا بوسیله تعامل مستقیم با کاربران واجد شرایط دریافت واکسن، انتظارات و اولویتهای آنها را بصورت همزمان هم قبل از انتخاب مرکز واکسیناسیون، هم هنگام فرآیند انجام واکسینه شدن و هم بعد از آن و هنگام خروج، برنامه‌ریزی و طراحی کند. بر این اساس در شکل (۵) ساختار کلی تحقیق آمده است.

جدول شماره (۱). ویژگی‌های کیفی مراکز واکسیناسیون منطقه ۶ شهرداری تهران

ردیف	نام	وضعیت	جای پارک	واکسیناسیون اتباع	واکسیناسیون خودروبی	دسترسی به خیابان اصلی	نزدیکی به مراکز استراتژیک	فضای سبز
۱	مرکز واکسیناسیون جمعیت هلال احمر تهران	خلوت	ندارد	دارد	—	خ انقلاب خ کارگر جنوبی	سینما مرکزی، پاساژ شیرینی سرا، کافه پرستیژ هتل پاسارگاد	خیر
۲	بیمارستان ۱۵ خرداد	خلوت	ندارد	ندارد	—	خ حافظ بلوار کریمخان	مجتمع تجاری الماس کریمخان بازار بهجت آباد، میدان میوه و تره بار، رستوران سون	بوستان ورشو
۳	بیمارستان شریعتی	خلوت	ندارد	ندارد	—	کارگر شمالی	فست فود خانه کوچک، پمپ بنزین، رستوران گلها، سوپرمارکت رستوران ارکید، مشاور املاک	بوستان افاقیا
۴	بیمارستان قلب تهران	متوسط	ندارد	دارد	—	کارگر شمالی	شیرینی فروشی، پمپ بنزین امیرآباد شمالی	بوستان افاقیا
۵	سوله کردستان	شلوغ	دارد	ندارد	خودروبی	خیابان جهان آرا	بازار میوه و تره بار جلال آل احمد فروشگاه شهروند، بازار ماهی فست فود سیب	بوستان قزل قلعه
۶	اورژانس بیمارستان امام خمینی	متوسط	ندارد	دارد	—	خ دکتر فاطمی بلوار کشاورز	بازار میوه و تره بار جمشید آباد کبابی طهرون، کافه مها	پارک لاله
۷	مرکز واکسیناسیون تحقیقات طب سنتی و مفردات پزشکی	خلوت	ندارد	دارد	خودروبی	خ ولیعصر	سوپرمارکت	بوستان دوستان بوستان نیلو
۸	سازمان مرکزی دانشگاه علوم پزشکی تهران	خلوت	ندارد	دارد	—	خیابان طالقانی خیابان انقلاب	سینما بهمن، کافه ویش رستوران مسینه	پارک لاله
۹	بیمارستان ساسان	متوسط	ندارد	دارد	—	بلوا کشاورز	کترینگ برتر، دیزی سرای علی بابا، کافه رستوران	بوستان شهید کبکانیان
۱۰	بیمارستان مصطفی خمینی	خلوت	ندارد	دارد	—	بلوار کشاورز خیابان طالقانی	رستوران مسینه، کافه کتاب مجتمع تجاری اداری نور تهران پاساژ پارسیان	پارک لاله
۱۱	دانشکده علوم پزشکی پیراپزشکی	خلوت	ندارد	دارد	خودروبی	خیابان طالقانی خیابان انقلاب بلوار کشاورز	پمپ بنزین وصال، سینما بهمن کافه ویش، رستوران مسینه	پارک لاله
۱۲	مرکز واکسیناسیون حضرت زینب	خلوت	ندارد	دارد	خودروبی	خیابان طالقانی خیابان انقلاب	پمپ بنزین وصال، سینما بهمن کافه ویش، رستوران مسینه	پارک لاله
۱۳	مرکز واکسیناسیون دانشکده پرستاری و مامایی	متوسط	ندارد	دارد	خودروبی	—	کافه سنتی، سفره خانه بازار میوه و تره بار دکتر قریب	خیر
۱۴	بیمارستان محب یاس	متوسط	دارد	دارد	—	بلوار کریمخان خ میرزای شیرازی	بازارچه بهجت اباد، کافه وصال	بوستان میرزای شیرازی

آبی همان نورونها و خطوط قرمز نورون های مجاور را به هم متصل می‌کنند. رنگ‌ها در این مناطق نشان دهنده فاصله بین نورون هاست. رنگ های تیره تر یعنی فواصل بزرگتر و رنگهای روشن تر نشان دهنده فاصله های کوچکتر است. هدف این است که شباهت خوشه‌ها در کمترین حالت خود باشند تا میزان تفکیک پذیری خوشه‌ها بهتر نمایش داده‌شود به عبارت دیگر فواصل تیره تر به معنای تفکیک پذیری بهتر است.



شکل (۶). توپولوژی شبکه و نمونه‌های جذب شده هر یک از نورون‌ها  
شکل (۷). شدت فواصل بین نورون‌های همسایه

برای مقایسه‌ی وزن نورون‌های شبکه از شکل (۸) استفاده شده است. این شکل که برای هر کدام از ورودی‌ها (۶ ورودی) یک صفحه وزن دار نشان می‌دهد، بیانگر وزن‌هایی است که چنانچه هر ورودی به هر یک از نورون‌ها متصل شود چه تغییری مورد انتظار است. رنگ‌های روشن‌تر و تیره‌تر به ترتیب نشان‌دهنده وزن‌های بزرگ‌تر و کوچک‌تر هستند. اگر الگوهای اتصال دو ورودی بسیار شبیه به هم باشند، به این معناست که ورودی‌ها همبستگی بالایی دارند و تفکیک پذیری به‌خوبی صورت نگرفته‌است. برای مثال ورودی اول و دوم در خوشه بندی ۳×۳ طراحی‌شده کاملاً الگوهای متفاوتی دارند.

برای انجام عملیات خوشه‌بندی از نرم‌افزار متلب استفاده شد و مقادیر نرمال‌شده‌ی هریک از داده‌های دریافتی بین ۱ تا ۹ استخراج گشت. از آنجایی‌که عملیات خوشه‌بندی در متلب انجام می‌شود، باید یکسری آماده‌سازی و پیش پردازش روی داده‌ها صورت گیرد. برچسب داده‌ها بصورت رشته<sup>۲</sup> فارسی می‌باشند و عددی<sup>۳</sup> نیستند، لازم است قبل از شروع فرآیند خوشه‌بندی ابتدا لیبل داده‌ها بصورت آرایه‌های عددی آورده شود (ایروانی و خواجه نوری، ۱۳۷۰). برای مثال تعدادی از پارامترهای موجود در جدول (۲) در نرم‌افزار متلب به قرار زیر کمی سازی شده‌اند:

جدول (۲). کمی سازی تعدادی از پارامترهای کیفی

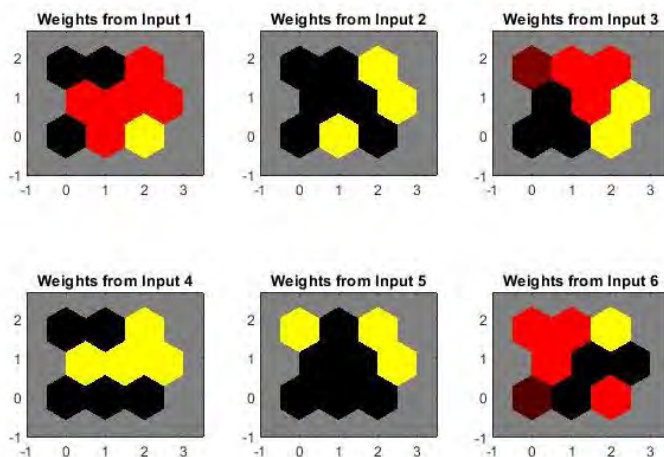
آرایه‌های عددی	آرایه‌های کیفی
۱	خلوت
۲	متوسط
۳	شلوغ
۴	جای پارک دارد
۵	جای پارک ندارد
۶	واکسیناسیون اتباع دارد
۷	واکسیناسیون اتباع ندارد
۸	واکسیناسیون خودرویی دارد
۹	واکسیناسیون خودرویی ندارد

پس از ذخیره‌سازی پایگاه داده در نرم‌افزار، شبکه خوشه‌بندی SOM براساس شباهت بین داده‌ها و فاصله از مرکز خوشه‌ها، ایجاد گردید. براساس الگوریتم توضیح داده‌شده در بخش‌های قبلی، توپولوژی شبکه SOM طراحی گشت. در این پژوهش یک شبکه سه در سه در فضای ویژگی‌های مکانی و غیرمکانی شامل وضعیت شلوغی مراکز، ارائه خدمات به اتباع، دسترسی به خیابان اصلی، جای پارک داشتن، نزدیکی به مراکز استراتژیک (پارک، مراکز خرید، سینما، رستوران و...) و خدمات واکسیناسیون خودرویی گسترده شد. برای هر یک از ورودی‌های شبکه الگوریتم اجرا تا نورون برنده بعد از مرحله رقابت انتخاب گردد. در نهایت هر یک از نورون‌هایی که نمونه‌های بیشتری از داده‌ها را در خود داشته باشد به عنوان نورون برنده کل شبکه معرفی می‌گردد. شکل (۶) توپولوژی شبکه SOM طراحی شده را در یک شبکه سه در سه نشان می‌دهد هر یک از شش ضلعی‌هایی که در تصویر مشاهده می‌شود، یک نورون است که به صورت روابط همسایگی کنار یک دیگر قرار گرفته‌اند. این شکل نشان می‌دهد چه تعداد داده با هر نورون در ارتباط است. حالت ایده‌آل این است که داده‌ها به طور نسبتاً مساوی در سراسر نورون‌ها توزیع شوند.

میزان فواصل مراکز این نورون‌های اولیه نسبت به یکدیگر یا همان شباهت‌های همسایگی در شکل (۷) به نمایش درآمده است. شش ضلعی‌های

1. Label
2. String

بطور کلی نمایش الگوی وزن ورودی‌ها رضایت بخش بوده و الگوها دو به دو با هم متفاوت هستند.



شکل (۸). وزن نوروها برای هر یک از ورودی‌ها

### مدل‌سازی عدم قطعیت در ترجیحات کاربران

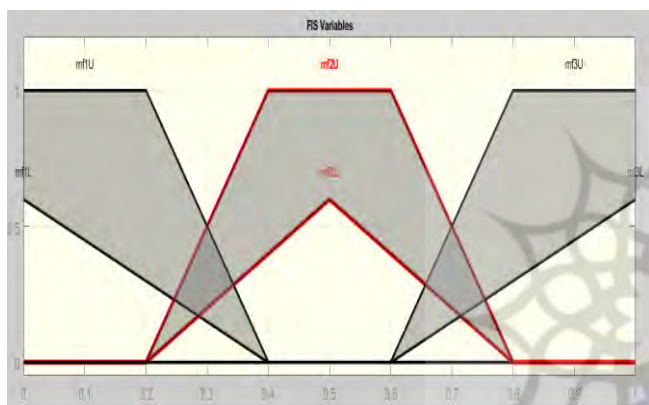
فرآیند فازی‌سازی شامل نگاشت مقادیر ورودی به درجات عضویت با استفاده از توابع عضویت است. در این پژوهش از ۶ ورودی شامل ایام فعالیت مراکز، ساعات کاری مراکز، نوع واکسن ارائه شده مراکز، خدمات واکسیناسیون خودرویی، دسترسی به مراکز تفریحی و یا فرهنگی، دسترسی به وسایل حمل و نقل عمومی و یا دسترسی به بزرگراه‌ها استفاده گردید که در جدول (۳) آمده است.

جدول (۳). ورودی‌های مکانی-زمانی سیستم فازی نوع-۲

عبارت زبانی	نوع ترجیح	ترجیحات کاربر
۱. شنبه ۲. یکشنبه ۳. دوشنبه ۴. سه‌شنبه ۵. چهارشنبه ۶. پنج‌شنبه ۷. جمعه	زمانی	۱- ایام فعالیت مراکز
۱. صبح تا ظهر ۲. ظهر و بعدازظهر ۳. غروب و شب	زمانی	۲- ساعات کاری مراکز
۱. آسترازنیکا ۲. سینوفارم ۳. برکت	خدماتی	۳- نوع واکسن ارائه شده
۱. بله ۲. خیر	خدماتی	۴- خدمات واکسیناسیون خودرویی

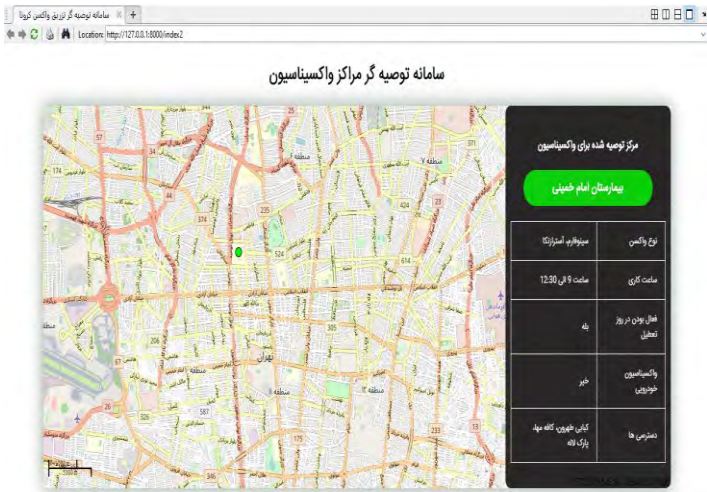
۱. دسترسی به وسایل حمل‌ونقل عمومی ۲. دسترسی به بزرگراه‌ها	مکانی	۵- دسترسی به حمل و نقل عمومی یا دسترسی به بزرگراه
۱. دسترسی به پاساژ و مراکز خرید ۲. دسترسی به سینما و رستوران	مکانی	۶- دسترسی به مراکز تفریحی یا دسترسی به سینما و رستوران

در این تحقیق، توابع عضویت مثلثی، گوسی و دوزنقه‌ای جهت ساخت بهترین سیستم استنتاج مورد بررسی قرار گرفت که نهایتاً از تابع فازی دوزنقه‌ای شکل (۹) برای متغیرهای ورودی استفاده شد. در مسایل مربوط به موضوعات مکانی به دلیل اینکه فضای قطعیت بازه‌ای است و رخداد یک عامل یا پارامتر در بازه‌ای از اعداد صورت می‌پذیرد و نه در یک نقطه، از فازی دوزنقه‌ای استفاده می‌گردد (Magano et al., 2018).



شکل (۹). نمونه‌ای از تابع عضویت دوزنقه‌ای برای متغیرهای ورودی

پس از ایجاد توابع عضویت ورودی‌ها، پایگاه دانش ایجاد می‌گردد. در ادامه جهت برقراری ارتباط بین ترجیحات کاربر از روابط موجود در توابع ورودی‌ها شامل and/or استفاده شد و تعداد ۲۱۶ قانون جهت ایجاد پایگاه قواعد با استفاده از تجمیع نظر خبرگان برقرار گردید. روش فازی یک روش مبتنی بر نظرات متخصصین و نخبگان آن حوزه مربوطه است و در این پژوهش از اساتید دانشگاه، مسئولان مراکز درمانی که اطلاعات جامعی از مراجعه‌کنندگان دارند، خواسته شد تا با ایجاد مجموعه قوانین از ورودی‌های موجود نظرات خود را ارائه دهند (Ghaleb et al., 2022:2810). در ادامه جهت دریافت ترجیحات کاربران، از رابط کاربری به کمک ابزار طراحی رابط کاربری<sup>۱</sup> در نرم‌افزار متلب استفاده شد که براین اساس ترجیحات کاربران دریافت و به‌عنوان ورودی سیستم فازی نوع-۲ معرفی می‌گردد سپس پاسخ مناسب دریافت می‌گردد. در شکل (۱۰) رابط کاربری جهت دریافت ترجیحات کاربر نشان داده شده است.



شکل (۱۰). رابط کاربری دریافت ترجیحات کاربر

شکل (۱۱). نمایش مرکز واکسیناسیون بر روی نقشه به همراه اطلاعات

### تکمیلی آن

برای ارزیابی سامانه طراحی شده از مقادیر دقت<sup>۴</sup>، فراخوانی<sup>۵</sup> و امتیاز اف<sup>۶</sup> که از رایج‌ترین معیارهای ارزیابی سامانه‌های توصیه‌گر هستند، استفاده شد (Del Olmo et al., 2007:22). برای محاسبه این شاخص‌ها روابط (۱۱ تا ۱۳) تعریف شد:

$$Precision = TP^7 / (TP + FP^8) \quad \text{رابطه ۱۱ (دقت).}$$

معیار دقت که در رابطه ۱۱ نشان داده شده بیانگر تعداد پیش‌بینی‌های صحیح به تعداد کل پیش‌بینی‌ها می‌باشد.

$$Recall = TP / (TP + FN^9) \quad \text{رابطه ۱۲ (فراخوانی).}$$

معیار فراخوانی (رابطه ۱۲) که نرخ پاسخ‌های مثبت درست می‌باشد مشخص می‌کند که سامانه تا چه اندازه در تعیین موقعیت‌ها موفق عمل کرده است. این پارامتر تعداد پیش‌بینی‌های صحیح سامانه را نسبت به کل واقعیت‌های صحیح نشان می‌دهد. رابطه ۱۳ (امتیاز اف ۱).

$$F1 = 2 * \frac{Precision * Recall}{(Precision + Recall)}$$

پارامتر امتیاز اف ۱ که از رابطه ۱۳ بدست می‌آید میانگین وزنی پارامتر فراخوانی و دقت است، با بالاتر بودن این مقدار مدل طراحی شده دقیق‌تر عمل می‌کند. بطور کلی مقادیر بدست آمده از این روابط در بازه بین ۰ تا ۱ قرار می‌گیرند که هرچه این مقدار به ۱ نزدیکتر باشد، ارزیابی دقیق‌تر و

در نهایت از ترکیب خروجی‌های بدست آمده از ترجیحات کاربران در سیستم فازی نوع-۲ و خوشه‌بندی مراکز واکسیناسیون به روش SOM، مراکز واکسیناسیون بهینه جهت انجام توصیه‌گری استخراج گردید. همچنین جهت نمایش مکانی مرکز واکسیناسیون توصیه شده به همراه اطلاعات تکمیلی آن بر روی نقشه‌ی نمایش‌دهنده خیابان‌ها<sup>۱</sup>، از پلتفرم‌های برنامه‌نویسی تحت وب شامل کتابخانه جنگو<sup>۲</sup>، کتابخانه مکانی OpenLayer در نرم‌افزار پایچارم<sup>۳</sup> استفاده گردید.

### نتیجه و ارزیابی

تعیین ترجیحات کاربران جهت توصیه مرکز واکسیناسیون منجر به تعیین مجموعه‌ای از موقعیت‌ها با ویژگی‌های منحصر بفردشان می‌گردد و فرآیند تصمیم‌گیری را برای آنها راحت‌تر و سریع‌تر می‌کند. از این رو کاربران با تعیین ترجیحات خود و انتخاب گزینه نمایش نتیجه در شکل (۱۰) قادر خواهند بود موقعیت مرکز مناسب با اولویت خود را مشاهده و اطلاعات تکمیلی هر کدام از آنها بررسی کنند. در شکل (۱۱) مرکز واکسیناسیون مناسب با فردی با ترجیحات زیر توصیه شده است:

– کاربر واجد شرایط دریافت واکسن کووید ۱۹، با هدف دریافت واکسن از نوع سینوفارم، تمایل دارد به مرکز واکسیناسیونی مناسب در آخر هفته و هنگام ظهر مراجعه نماید. برای این کاربر استفاده از خدمات واکسیناسیون خودرو شخصی در این مرکز اهمیت زیادی ندارد و در عوض هنگام خروج از این مرکز، دسترسی به وسایل حمل و نقل عمومی اهمیت داشته و قصد دارد به رستوران و سپس پارکی در نزدیکی آن مرکز برود.

6. F1 Score  
7. True Positive  
8. False Positive  
9. False Negative

1. OpenStreetMap  
2. Django  
3. PyCharm  
4. Precision  
5. Specificity (Recall)

را مورد بررسی قرار داده‌اند ولیکن نقش مشارکتی و تعامل کاربران محدود بوده و یا در نظر گرفته نشده است. لذا در این پژوهش سعی شده تا ضمن استفاده از مشارکت کاربران در دریافت اطلاعات فردی و محیطی، هدف نهایی که تعیین مکان مناسب برای دریافت واکسن می‌باشد، شخصی‌سازی گردد. رویکرد ارائه‌شده در این مقاله قابلیت تکرار و اجرا در شرایط دیگر را داراست و می‌توان آن را با موفقیت در سایر مناطق و شهرها یا دیگر سطوح تقسیم مثل ناحیه یا استان بکار برد. در این مطالعه، یک روش کاربردی جهت پیشنهاد مرکز واکسیناسیون کووید ۱۹ در منطقه ۶ شهرداری تهران پیشنهاد و آزمایش شد تا با استفاده از سامانه‌های توصیه‌گر در حوزه همه‌گیری بیماری کووید ۱۹، به کاربران واجد دریافت واکسن در فرآیند تصمیم‌گیری کمک گردد. جهت اجرای این طرح، با توجه به نیاز و اولویت‌های شخصی کاربران، مناسب‌ترین مرکز ارائه‌دهنده خدمات واکسیناسیون توصیه گردید. بر این اساس با گردآوری ویژگی‌های مکانی و غیرمکانی این مراکز و با بهره‌گیری از روش خوشه‌بندی نگاشت خودسازمان‌ده، تقسیم‌بندی آنها صورت گرفت و در مرحله بعدی با مشارکت فعالانه کاربران، و با استفاده از روش فازی نوع-۲ ترجیحات آنها جهت انتخاب مرکز واکسیناسیون مناسب اخذ گردید و عدم قطعیت موجود در مدل کنترل گردید در نهایت با ترکیب این دو بخش خوشه مناسب کاربران ورودی مشخص گردید و موقعیت مکانی مناسب به همراه مشخصات تکمیلی آن نشان داده شد. در آخر سامانه با پارامترهای ارزیابی دقت (۰.۷۰)، فراخوانی (۰.۸۴) و امتیاز اف (۰.۷۶) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاکی از عملکرد خوب و قابل قبول سامانه دارد.

### منابع

- آمار جهانی ویروس کرونا (۲۰۲۲). آخرین آمار مربوط به بیماری کووید ۱۹ در جهان. <https://www.worldometers.info/coronavirus>
- ایروانی هوشنگ؛ خواجه نوری عباسقلی. (۱۳۷۰). یک روش آماری برای تبدیل پاسخ‌های کیفی به مقادیر کمی با حداکثر درست‌نمایی. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۲۲ شماره‌های ۳ و ۴.
- داداش‌پور هاشم؛ خدابخش حمیدرضا. (۱۳۹۲). مکانیابی سایت‌های اسکان موقت با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) مطالعه موردی منطقه ۱۶ تهران. فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی، صص ۶۷-۹۰.
- مدادی هریس صمد؛ پورمحمدی محمدرضا؛ صدر موسوی میرستار؛ روستایی شهرپور. (۱۴۰۰). تحلیلی بر اولویت بندی شاخص‌های مؤثر بر توسعه محیط مسکونی پایدار با کاربرد فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و مدل آنتروپی (مطالعه موردی: شهر تبریز). فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی، صص ۲۴۵-۲۶۰.
- مددی عقیل؛ آزادی مبارکی محمد؛ بابانی اقدم فریدون. (۱۳۹۲). مدل سازی مکان‌های مناسب دفن زباله با استفاده از روش‌های AHP، منطق فازی، شاخص همپوشانی وزنی و منطق بولین (مطالعه موردی شهر اردبیل) فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی، صص ۲۳۵-۲۵۴.
- مرادی فراهانی حسین؛ عسگری جواد؛ ذکری مریم. (۱۳۹۲). مروری بر منطق فازی نوع-۲: از پیدایش تا کاربرد. نشریه محاسبات نرم، صص ۴۳-۲۲.
- معاونت آمار مرکز مدیریت آمار و فناوری اطلاعات وزارت بهداشت (آذر ۱۴۰۰). آخرین آمار از میزان تزریق واکسن کرونا. <https://behdasht.gov.ir/231938>

سامانه مورد اطمینان است. ماتریس این معیارها در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول (۴). ماتریس معیارهای ارزیابی

		مقادیر پیش‌بینی شده	
		مثبت	منفی
مقادیر واقعی	مثبت	صحیح مثبت TP	نادرست منفی FN
	منفی	نادرست مثبت FP	صحیح منفی TN

$Recall = TP / (TP + FN)$

$Precision = TP / (TP + FP)$        $F1 - Score = 2 * \frac{Precision * Recall}{(Precision + Recall)}$

جهت ارزیابی سامانه و استخراج مقادیر لازم از ۵۰ کاربر خواسته شد تا با انتخاب ترجیحات متفاوت در تکرارهای مختلف، سامانه را مورد بررسی قرار دهند. بر این اساس بوسیله ماتریس جدول (۴) امکان ارزیابی عملکرد مدل وجود دارد و نتایج حاصل از طبقه‌بندی براساس اطلاعات واقعی و با استخراج معیارهای مختلف به نمایش درمی‌آید. برای هر نمونه داده ورودی، یکی از چهار حالتی که در ادامه بیان شده، ممکن است اتفاق بیفتد. صحیح مثبت کاربرانی که بیمار نبوده‌اند و سیستم پیش‌بینی درستی انجام داده است. نادرست منفی کاربرانی که بیمار نبوده ولی سیستم آنها را بیمار تشخیص داده است. نادرست مثبت کاربرانی که بیمار بوده ولی سیستم آنها را سالم تشخیص داده است و در نهایت صحیح منفی شامل کاربرانی که بیمار بوده و سیستم آنها را در همین دسته قرار داده است. بر این اساس سامانه ۲۰۰ پیش‌بینی صورت داد که به ترتیب TP برابر با ۱۲۵، FN برابر با ۵۲، FP برابر با ۲۴ و TN برابر با ۲۳ می‌باشد. بنابراین مقادیر دقت، فراخوانی و امتیاز اف به ترتیب معادل ۰.۷۰، ۰.۸۴ و ۰.۷۶ بود که نشان‌دهنده عملکرد قابل قبول سیستم در شناسایی مراکز و توصیه آنها داشته است.

### بحث و نتیجه‌گیری

سامانه‌های توصیه‌گر دانش‌مبنا در تلاش هستند تا با افزایش مشارکت فعال و آگاهانه کاربران شناخت بیشتر و واقعی‌تری از اولویت‌های آنها در فرآیند تصمیم‌گیری و حل مسائل بدست آورند. در مطالعات پیشین مربوطه عمدتاً تعیین مراکز واکسیناسیون براساس روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره صورت گرفته است (Roy and Kar, 2022 و Alemdar et al., 2021). در عمده مطالعات دیگر از روش‌های شبکه‌بندی تیسن جهت بهینه‌سازی مراکز توزیع واکسن استفاده شده است (Krzysztofowicz et al., 2021) و (Mohammadi et al., 2021). در این مطالعات توجه به پارامترهای محیطی صرفاً جهت رتبه‌بندی این مراکز صورت گرفته و توزیع مناسب آنها

- Alemdar, K. D., Kaya, Ö., Çodur, M. Y., Campisi, T., & Tesoriere, G. (2021). Accessibility of Vaccination Centers in COVID-19 Outbreak Control: A GIS-Based Multi-Criteria Decision-Making Approach. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(10), 708.
- Bhargava, H. K., Sridhar, S., & Herrick, C. (1999). Beyond spreadsheets: tools for building decision support systems. *Computer*, 32(3), 31-39.
- Del Olmo, F. H., & Gaudioso, E. (2008). Evaluation of recommender systems: A new approach. *Expert Systems with Applications*, 35(3), 790-804.
- Ghaleb FA, Saeed F, Alkhamash EH, Alghamdi NS, Al-rimy BAS. A Fuzzy-Based Context-Aware Misbehavior Detecting Scheme for Detecting Rogue Nodes in Vehicular Ad Hoc Network. *Sensors*. 2022; 22(7):2810.
- Greaves, F., Laverty, A. A., Cano, D. R., Moilanen, K., Pulman, S., Darzi, A., & Millett, C. (2014). Tweets about hospital quality: a mixed methods study. *BMJ quality & safety*, 23(10), 838-846.
- Hagras, H.A., 2004. A hierarchical type-2 fuzzy logic control architecture for autonomous mobile robots. *IEEE Transactions on Fuzzy systems*, 12(4), pp.524-539.
- Holmbom, A. H., Eklund, T., & Back, B. (2011). Customer portfolio analysis using the SOM. *International Journal of Business Information Systems*, 8(4), 396-412.
- Jannach, D., Zanker, M., Felfernig, A., & Friedrich, G. (2010). *Recommender systems: an introduction*. Cambridge University Press.
- Kayacan, E., 2011. Interval type-2 fuzzy logic systems: Theory and design. Bogazici University: PHD thesis.
- Krzysztofowicz, S.; Osińska-Skotak, K. The Use of GIS Technology to Optimize COVID-19 Vaccine Distribution: A Case Study of the City of Warsaw, Poland. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 5636.
- Kim, J., Lee, D., & Chung, K. Y. (2014). Item recommendation based on context-aware model for personalized u-healthcare service. *Multimedia Tools and Applications*, 71(2), 855-872.
- Kubat, M. (1999). *Neural networks: a comprehensive foundation* by Simon Haykin, Macmillan, 1994, ISBN 0-02-352781-7. *The Knowledge Engineering Review*, 13(4), 409-412.
- Liao, J., Liu, T., Liu, M., Wang, J., Wang, Y., & Sun, H. (2018). Multi-context integrated deep neural network model for next location prediction. *IEEE Access*, 6, 21980-21990.
- Liao, S. H. (2005). Expert system methodologies and applications—a decade review from 1995 to 2004. *Expert systems with applications*, 28(1), 93-103.
- Magano, T & Djouani, Karim & Kurien, Anish & Chibani, Abdelghani. (2018). A Fuzzy based Diagnostic Agent for Context Aware Patient Monitoring. *Procedia Computer Science*. 141. 421-427. 10.1016/j.procs.2018.10.174.
- Mendel, J. M. (2007). Type-2 fuzzy sets and systems: an overview. *IEEE computational intelligence magazine*, 2(1), 20-29.
- Mohammadi, A., Mollalo, A., Bergquist, R. *et al.* Measuring COVID-19 vaccination coverage: an enhanced age-adjusted two-step floating catchment area model. *Infect Dis Poverty* **10**, 118 (2021).
- Rajaraajeswari, S., Selvarani, R., Raj, P., & Mohanavadivu, P. (2017). Fuzzy logic for decision-enablement: a novel context-awareness framework for smarter environments. *International Journal of High-Performance Computing and Networking*, 10(1-2), 64-77.
- Resnick, P., & Varian, H. R. (1997). Recommender systems. *Communications of the ACM*, 40(3), 56-58.
- Roy, A., & Kar, B. (2022). A multicriteria decision analysis framework to measure equitable healthcare access during COVID-19. *Journal of transport & health*, 101331.
- Sahraian, M. A., Ghadiri, F., Azimi, A., & Moghadasi, A. N. (2021). Adverse events reported by Iranian patients with multiple sclerosis after the first dose of Sinopharm BBIBP-CorV. *Vaccine*, 39(43), 6347-6350.
- Sayeb, Y., Jebri, M., & Ghezala, H. B. (2022). A graph based recommender system for managing Covid-19 Crisis. *Procedia Computer Science*, 196, 348-355.
- Swarnalatha, S., Kesavarthini, I., Poornima, S., & Sripriya, N. (2019, February). Med-Recommender System for Predictive Analysis of Hospitals and Doctors. In *2019 International Conference on Computational Intelligence in Data Science (ICCIDS)* (pp. 1-5). IEEE.
- Vesanto, J., & Alhoniemi, E. (2000). Clustering of the self-organizing map. *IEEE Transactions on neural networks*, 11(3), 586-600.
- World Health Organization (2017). Coronavirus disease. [https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-\(covid-2019\)-and-the-virus-that-causes](https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-(covid-2019)-and-the-virus-that-causes).