J TOLOO E BEHDASHT, School of Public Health, Yazd Shahid Sadoughi Univ Med Sci

ORIGINAL ARTICLE

Received: 2021/05/02 *Accepted:2021/07/04*

Prioritization and Allocation Model of COVID-19 Vaccine in Neighborhoods of Mashhad Using AHP and Fuzzy Logic

Reyhane Jalali (M.Sc.)[1], Hossein Etemadfard (Ph.D.)[2], Hamed Kharaghani (M.Sc.)[3], Rouzbeh Shad (Ph.D.)[4], Vahid Sadeghi (Ph.D.)[5]

1.M.Sc. Student of GIS, Civil Engineering department, Engineering faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2.Corresponding Author: Assistant Professor, Civil Engineering department, Engineering faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. Email: etemadfard@um.ac.ir Tel: 051-38805443
3.M.Sc. Student of GIS, Civil Engineering department, Engineering faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4. Associate Professor, Civil Engineering department, Engineering faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
5. Assistant Professor, Surveying and Geomatics Engineering department, Civil Engineering faculty, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Abstract

Introduction: The global outbreak of the COVID-19 in 2019, and the high mortality rate of the disease call for decision-making and finding a solution to control its spread. One of the most effective ways is to use the COVID-19 vaccine. Due to the limited supply of corona vaccines, the distribution of this vaccine is generally prioritized and allocated among individuals.
Methods: In this descriptive correlational study, GIS, AHP tools, and fuzzy logic were used to achieve the goal of prioritizing and allocating corona vaccine to the neighborhoods in Mashhad. Neighborhoods' prioritization was analyzed in four scenarios including: AHP, WHO guideline, guideline of the Ministry of Health and Medical Education of Iran, and localized collective wisdom.
Results: The output of neighborhood prioritization of the four mentioned scenarios has been specified in five classes. In the AHP scenario, the lowest percentage (8.89%), and in the localized collective wisdom , the highest percentage (42.22%) was allocated to the neighborhoods with the first priority. Regarding spatial distribution, only in the first scenario, some kind of order was observed. Furthermore, there is generally no high correlation between the results , and only the scenario of the Ministry of Health and Medical Education and the localized collective wisdom presented a correlation of 0.82.
Conclusion: Considering the COVID-19 vaccine shortage, spatial allocation based on the presented guidelines is a reliable method which can meet the basic criteria for allocating the limited treatment resources, and 180 neighborhoods throughout Mashhad were identified and prioritized with different scenarios which can assist the decision-makers.

Keywords: Corona, Vaccine Allocation, AHP, Fuzzy Logic, COVID-19
Conflict of interest: The Authors declared that there is no Conflict interest.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-05-04]

[DOI: 10.18502/tbj.v20i4.7818]

This Paper Should be Cited as:
Author: Reyhane Jalali, Hossein Etemadfard, Hamed Kharaghani , Rouzbeh Shad , Vahid Sadeghi Prioritization and Allocation Model of COVID-9 ……Tolooebehdasht Journal.2021;20(4):63-78.[Persian]

مدل اولویت‌بندی و تخصیص واکسن کرونا در محلات شهر مشهد با استفاده از AHP و منطق فازی

نویسندگان: ریحانه جلالی[۱]، حسین اعتمادفرد[۲]، حامد خرقانی[۳]، روزبه شاد[۴]، وحید صادقی [۵]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی (GIS)، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی ، مشهد، ایران.

۲. نویسنده مسئول: استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی ، مشهد، ایران.

تلفن تماس: ۰۵۱۳۸۸۰۵۴۴۳ Email: etemadfard@um.ac.ir

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی (GIS)، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی ، مشهد، ایران.

۴. دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی ، مشهد، ایران.

۵. استادیار گروه مهندسی نقشه برداری و ژئوماتیک، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

طلوع بهداشت

دو ماهنامه علمی پژوهشی
دانشکده بهداشت یزد
سال بیستم
شماره: چهارم
مهر و آبان ۱۴۰۰
شماره مسلسل: ۸۸

تاریخ وصول: ۱۴۰۰/۰۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۳

چکیده

مقدمه: گسترش جهانی ویروس کرونا در سال ۲۰۱۹ و آمار بالای مرگ و میر طی این بیماری مبیّن تصمیم‌گیری و یافتن راه‌حلی برای کنترل و جلوگیری از شیوع آن می‌باشد. یکی از مؤثرترین راه‌ها برای پیشگیری و مقابله، استفاده از واکسن است که باتوجه به عرضه محدود آن، عموما توزیع آن اولویت‌بندی شده و تخصیص بین افراد صورت می‌گیرد.

روش بررسی: در این مطالعه توصیفی- همبستگی برای دست‌یابی به هدف اولویت‌بندی و تخصیص واکسن کرونا در محلات شهر مشهد از GIS، ابزار AHP و منطق فازی استفاده شده است و اولویت‌بندی محلات در چهار سناریو، شامل سناریو AHP، سناریو دستورالعمل WHO، سناریو دستورالعمل وزارت بهداشت و درمان ایران و سناریو خرد جمعی بومی سازی شده تحلیل گردید.

یافته‌ها: خروجی اولویت‌بندی محلات حاصل از چهار سناریو مذکور در ۵ کلاس مشخص گردیده است. در سناریو AHP، کم‌ترین درصد(۸/۸۹) و در سناریو خرد جمعی بومی سازی شده بیشترین درصد(۴۲/۲۲) به محلات دارای اولویت ۱ اختصاص یافت. از نظر پراکندگی مکانی تنها در سناریو نخست نظم مشخصی مشاهده شد. هم چنین در بین نتایج عموما همبستگی بالایی مشاهده نمی‌شود و تنها سناریو وزارت بهداشت و درمان ایران و خرد جمعی بومی سازی شده دارای هم بستگی ۰/۸۲ است.

نتیجه گیری: با توجه به کمبود واکسن، تخصیص مکانی براساس دستورالعمل‌های ارائه شده به عنوان یک روش مطمئن که می‌تواند معیارهای اساسی تخصیص منابع محدود درمانی را برآورده سازد، در این تحقیق به اجرا درآمد و ۱۸۰ محله شهر مشهد در سناریوهای مختلف دارای اولویت‌های مشخص شدند که می‌تواند به تصمیم‌گیران حوزه سلامت کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: کرونا، تخصیص واکسن، تحلیل سلسله مراتبی، منطق فازی، COVID-19

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-05-04]

[DOI: 10.18502/tbj.v20i4.7818]

مقدمه

با شیوع ویروس کرونا (COVID-19) از شهر ووهان چین در سراسر جهان، چالشی بزرگ برای انسان‌ها ایجاد شد و بسیاری از جنبه‌های زندگی بشر، نظیر فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی را تحت تاثیر قرار داد (۱). از آغاز پاندمی کرونا تا نیمه فروردین ماه ۱۴۰۰ در مجموع حدود ۱۳۱.۵۷۷.۰۰۰ نفر در جهان به این ویروس مبتلا شدند. در این میان نزدیک به ۲.۸۶۳.۰۰۰ نفر که ۶۳۱۶۰ از آنان ایرانی بودند، جان خود را براثر کرونا از دست داده‌اند (۲). به منظور جلوگیری و کاهش ابتلا به این سندرم تنفسی محدودیت‌های مختلفی توسط دولت‌ها در نقاط مختلف جهان اعمال شد، اما یکی از موثرترین راه‌ها برای مقابله با آن استفاده از واکسن کرونا است. از آن جایی که شرایط تمام افراد جامعه یکسان نیست بایستی نحوه توزیع واکسن در بین افراد اولویت‌بندی گردد. تصمیم گیری در مورد چگونگی اولویت-بندی و تخصیص منابع محدود واکسن COVID-19 باید با بهترین دانش موجود در مورد همه‌گیری و اقدامات قابل اجرا در جهت کنترل آن، دوره بالینی COVID-19، سرعت انتقال‌پذیری ویروس، میزان اثربخشی و ایمنی واکسن‌های موجود و ویژگی‌های تحویل آن‌ها انجام پذیرد (۳). در این راستا اولویت‌بندی مکانی یکی از گزینه‌های موجود برای توزیع و تخصیص واکسن کرونا متناسب با شرایط موجود جامعه و ارزیابی خطر گروه‌های مختلف جمعیتی می‌باشد.

سیستم اطلاعات مکانی (GIS) به عنوان ابزاری کارآمد برای مدیریت و تحلیل حجم زیادی از داده‌های مکانی، در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با حوزه سلامت همواره مورد توجه بوده است(۵ ،۴). هم چنین ابزارهای دیگری نظیر تحلیل سلسه مراتبی(AHP) و منطق فازی(Fuzzy logic) سبب افزایش دقت و سهولت در تصمیم‌گیری می‌شوند(۱۰-۶). استفاده از این روش‌ها در مطالعات حوزه سلامت و بهداشت و درمان در ایران نیز سابقه دارد ولی‌پور و همکاران در تحقیقی شیوع بیماری مالاریا را با استفاده از GIS و AHP در استان هرمزگان مدل سازی و مناطق با پتانسیل شیوع (ریسک بالا) را مشخص کردند(۱۱). بررسی پراکندگی برخی بیماری های واگیردار براساس GIS در استان چهارمحال و بختیاری پژوهشی دیگر بود که توسط قائد امینی و همکاران انجام شد. آن‌ها در این تحقیق بیماری های واگیردار مطرح مشخص نمودند و عوامل موثر بر پراکنش محیطی، انواع بیماری‌های واگیردار شایع در این استان و هم چنین موقعیت ایستگاه های پراکنش بیماری‌ها را تعیین کردند(۱۲). قاسمی و همکاران با تحلیل فضایی بیماری سالک و تاثیر پارامتر رطوبت و پوشش گیاهی با استفاده از سنجش از دور و GIS در شهرستان‌های استان یزد طی بازه زمانی ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۳ نشان دادند که مرکز میانگین کل بیماری بر شهرستان یزد منطبق است و جهت آن به سمت شهرستان‌های مهریز و تفت یعنی جنوب غربی این استان کشیده شده است(۱۳). عباسی و رفیعی در مطالعه خود به دنبال شناسایی الگو و نحوه توزیع مکانی تب مالت در استان همدان با استفاده از GIS بودند و دریافتند که الگوی توزیع مکانی بیماری تب مالت در استان همدان خوشه‌ای بوده و از این نتیجه به منظور مدیریت بهینه کنترل و مهار این بیماری می‌توان بهره برد(۱۴).

با آغاز پاندمی کرونا تحقیقات مختلفی در زمینه مدل‌سازی مکانی و تجزیه و تحلیل شیوع این ویروس با استفاده از GIS انجام گرفته است که از جمله می‌توان به تلاش پورقاسمی و

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-05-04]

[DOI: 10.18502/tbj.v20i4.7818]

دیگران اشاره کرد که در پژوهشی به تهیه مدل مکانی، نقشه ریسک، تشخیص تغییرات و تجزیه و تحلیل شیوع ویروس کرونا در ایران پرداختند. آن‌ها با بهره‌گیری از GIS در تحقیقات خود دریافتند که از ۱۹ فوریه تا ۱۴ ژوئن سال ۲۰۲۰، میانگین نرخ رشد مرگ ناشی از کرونا و تعداد کل موارد در ایران به ترتیب ۱/۰۸ و ۱/۱۰ بوده است(۱۵). الخمیس و همکاران الگوهای زمانی و مکانی شیوع همه‌گیری ویروس کرونا را در سطح کشور کویت بررسی کردند. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که رشد و همه گیری ویروس کرونا در کویت در حال رشد است و ابتلا به کرونا در میان کارگران مهاجر به دلیل شرایط زندگی بد و حضور در مناطق پر جمعیت گسترشی قابل توجه داشته است(۱۶). کوادروس و همکاران یک مدل ریاضی مکانی برای شبیه سازی انتقال بیماری COVID-19 با توجه به توزیع ناهمگون مراقبت‌های بهداشتی در اوهایو ایالات متحده ایجاد کردند. آن‌ها با به کارگیری داده‌های تعداد کل مبتلایان، تعداد بستری شدگان، تعداد پذیرفته شدگان در ICU و تعداد مرگ ناشی از ویروس کرونا، تحلیل‌های انجام دادند که نتایج آن‌ها نشان داد سرعت گسترش بیماری در مناطق مختلف جغرافیایی متفاوت است. در بعضی از مناطق به دلایلی نظیر جمعیت بیشتر، ارتباط جاده‌ای بالاتر و حمل و نقل هوایی سرعت انتشار سریع‌تر است(۱۷).

یکی دیگر از موارد حائز اهمیت در حوزه بهداشت و درمان تخصیص عادلانه و مناسب منابع دارویی است. مطالعات پیشین عموما چهار معیار را برای تخصیص در زمان همه‌گیری و کمبود منابع معرفی می‌کنند: به حداکثر رساندن منافع حاصل از منابع کمیاب، برخورد یکسان با مردم، در نظر گرفتن ارزش ابزاری برای افرادی که می‌توانند ناجی زندگی دیگران باشند و اولویت‌دهی به بدترین وضع موجود به عنوان مثال اولویت‌دهی به بیماران جوان که در صورت مرگ عمر کوتاهی داشتند (۱۸). گوپتا و همکارانش به منظور اولویت بندی واکسن کرونا، کاهش عوارض و مرگ و میر، کاهش خسارات اقتصادی و اجتماعی و کاهش نابرابری‌های بهداشتی را به عنوان سه هدف خود معرفی کردند. آن‌ها ۵ روش اولویت بندی را در نظر گرفتند اما معتقد هستند هیچ روشی وجود ندارد تا بتواند هر سه هدف را به طور مطلوبی ارضا کند(۱۹). فالوچی و همکاران در پژوهش خود به بررسی تطابق اصول اخلاقی شهروندان ایالات متحده با رهنمودها و توصیه‌های پیشنهادی در جهت تخصیص منابع درمان کووید-۱۹ پرداختند. آن‌ها در سناریوهای مختلف نتایج متفاوتی یافتند که نشان از ناهمگنی سناریوهای مختلف تخصیص با نظرات شهروندان آمریکایی دارد(۲۰). در تحقیقات داخلی، بهروزی و همکاران در تحقیقی ادبیات مربوط به تعیین تعداد و تخصیص بهینه تخت‌های بیمارستانی و فرآیند جریان بیماران و رویکردهای اصلی مورد استفاده در این زمینه به همراه معایب و مزایای استفاده از هر کدام از این روش ها را بررسی کرده‌اند(۲۱). جعفری و دیگران به مدل سازی یک شبکه زنجیره تامین دارو که به طور همزمان به تصمیمات دراز مدت نظیر مکان یابی بهینه تسهیلات و تصمیمات تاکتیکی نظیر تخصیص بهینه جریان پرداختند(۲۲).

با توجه به اهمیت واکسیانسیون کرونا در جهت جلوگیری از رشد و انتقال این بیماری، محدود بودن منابع واکسیانسیون و هم چنین نبود مطالعه‌ای مرتبط با اولویت‌بندی و تخصیص واکسن کرونا در داخل کشور، پژوهش حاضر با هدف مدلسازی

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-05-04]

[DOI: 10.18502/tbj.v20i4.7818]

اولویت‌بندی و تخصیص واکسن کرونا با استفاده از AHP و منطق فازی در شهر مشهد انجام شده است. در روش اول با استفاده از AHP معیارهای مورد نیاز برای اولویت‌بندی انتخاب و وزن‌دهی طی فرآیند مقایسات زوجی انجام گردید. در روش دوم با تعریف سه سناریو براساس دستورالعمل WHO، دستورالعمل وزارت بهداشت و درمان جمهوری اسلامی ایران و خرد جمعی بومی سازی شده با منابع اطلاعاتی موجود، از منطق فازی برای اولویت‌بندی تخصیص واکسن کرونا استفاده شده است. بعد از استفاده از مبانی هر دو روش ذکر شده، با استفاده از ArcGIS ۱۰/۴ تحلیل‌های مکانی و نمایش اولویت‌بندی‌ها انجام شده است.

روش بررسی

شهر مشهد با جمعیت ۳/۰۰۱/۱۸۴ نفر (۲۳) مرکز استان خراسان رضوی است. این شهر در شمال شرقی خراسان رضوی و در۳۶ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۹ درجه ۳۳ دقیقه طول شرقی جغرافیایی قرار دارد (شکل ۱). مشهد همواره به عنوان یکی از قطب‌های اصلی گردشگری بوده و با توجه به وجود ۳۶ بیمارستان و ۲۷۶ درمانگاه، طی سال‌های اخیر به عنوان یکی از شهرهای مهم در حوزه گردشگری سلامت نیز مطرح شده است. مشهد دارای ۱۳ منطقه شهرداری و ۱۸۰ محله با وسعت‌های مکانی، جمعیتی و امکانات رفاهی متفاوت است که این تفاوت‌ها یکی از عوامل تاثیر گذار در اولویت‌بندی و تخصیص واکسن کرونا در این شهر خواهد بود.

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش لایه‌های مکانی شهر مشهد شامل لایه توزیع مکانی جمعیتی و تقسیم بندی سنی این اطلاعات، بیمارستان‌ها، درمانگاه‌ها، اورژانس‌ها، پایگاه‌های انتقال خون، بهزیستی، مراکز انتظامی، گرم خانه‌ها، دفاتر پیشخوان و جایگاه‌های سامان‌دهی کارگران می‌باشد. پس از آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی در محیط نرم‌افزار ArcMap 10.4.1 تعداد هرکدام از لایه‌ها و مراکز ذکر شده در هر محله شهر مشهد محاسبه و تمامی اطلاعات مورد نیاز در یک فایل اکسل جمع آوری گردید. این مطالعه در زمستان ۱۳۹۹ انجام شده است.

شکل ۱: نقشه مناطق ۱۳ گانه شهر مشهد و تقسیم‌بندی محلات شهر

همان طور که پیش‌تر اشاره شد، در این پژوهش از دو روش منطق فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای انجام کار و اولویت‌بندی محلات استفاده شده است که در ادامه این روابط و تئوری مربوط به این دو روش ارائه می‌گردد. هم چنین در ادامه، معرفی مختصری از GIS به عنوان ابزاری اصلی در پیاده سازی و کاربست این روش‌ها آورده شده است.

منطق فازی برای اولین بار در سال ۱۹۶۵ توسط لطفی زاده ابداع شد، منطق فازی به عنوان نظریه‌ای ریاضی یک ابزار کارآمد

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-05-04]
[DOI: 10.18502/tbj.v20i4.7818]

برای مدل‌سازی ریاضی ابهام و عدم دقت موجود در فرآیندهای شناختی انسانی به شمار می‌رود (۲۴). منطق کلاسیک یک منطق دو دوئی از تئوری مجموعه‌ها است که در منطق دوتایی تئوری مجموعه‌ها، نقطه x می‌تواند یا در خارج از مجموعه A یا داخل مجموعه باشد. این بدان معنی است که، تابع مشخصه یا تابع عضویت x می‌تواند ارزش صفر یا یک را بگیرد. ارزش یک نشان می‌دهد که نقطه x در مجموعه قرار دارد و ارزش صفر نشان می‌دهد که نقطه x خارج از مجموعه است(۲۵). در کنار منطق کلاسیک، منطق فازی را داریم که فراتر از منطق کلاسیک رفته و فضای نامحدود بین اعداد صفر و یک را نیز در منطق و استدلال‌های خود به کار برده و یک عضویت درجه بندی شده در این منطق مطرح می‌شود. به عبارتی یک عنصر مانند x تا درجه‌ای می‌تواند عضو مجموعه باشد درحالی که در منطق کلاسیک یک عنصر به طور کامل عضو مجموعه می‌باشد یا به‌طور کامل خارج از آن است. تئوری فازی، عضویت اعضای مجموعه از طریق تابع u (x) که x نشان‌دهنده یک عضو مشخص و u تابعی است که درجه عضویت x در آن مجموعه را تعیین می‌کند؛ تابع u مقداری بین صفر و یک است (۲۶). سیستم‌های فازی بر دانش یا قواعد استوار هستند. در یک سیستم فازی پایگاه دانش با قوانین اگر- آنگاه فازی مهم‌ترین نقش را دارد و هرقانون اگر- آنگاه فازی، یک عبارت است که بعضی کلمات آن به وسیله توابع عضویت مشخص شده، تعریف می‌گردد (۲۷). در قوانین اگر آن گاه به جای استفاده از فرمول-های ریاضی از توصیفات و اصطلاحات کیفی برای انجام فرآیند منطق فازی استفاده می‌شود. در حالی که سیستم‌های فازی پدیده‌های غیرقطعی و دارای ابهام را توصیف می‌کنند، اما تئوری فازی تئوری دقیقی است. تئوری مجموعه‌های فازی سعی در ایجاد نزدیکی بیشتری بین دقت ریاضیات کلاسیک و نیز ابهام کلی متغییرهای زبانی در دنیای واقعی دارد. این ویژگی منطق فازی، زمینه مناسب برای استدلال و کنترل تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم می‌کند (۲۸).

روش تحلیل فرآیند سلسله مراتبی توسط توماس ساعتی توسعه داده شده است. فرآیند AHP یک تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) منعطف می‌باشد است که به وسیله آن می‌توان مسائل پیچیده را در سطوح مختلف حل کرد. فرآیند این امکان را می‌دهد که معیارهای کیفی غیرمشهود به معیارهای کمی مشهود و قابل قضاوت تبدیل شوند. روشAHP بر مبنای سه بخش است که شامل مدل سازی، قضاوت ترجیحی و تلفیق اولویت‌ها می‌باشد (۲۹). در گام نخست، AHP مساله پیچیده MCDMرا به صورت سلسله مراتبی به اجزای تصمیم به هم مرتبط (معیارها و گزینه‌های تصمیم گیری) تجزیه می‌کند. با AHP، اهداف، معیارها و گزینه‌ها در یک ساختار سلسله مراتبی درختی مرتب می‌شوند. گام دوم انجام مقایساتی بین گزینه‌ها و معیارها است. زمانی که مساله تجزیه می‌شود و سلسله مراتب ساخته می شود، فرآیند اولویت‌دهی به منظور تعیین اهمیت نسبی معیارها انجام می‌شود. درAHP چندین مقایسه دو به دو بر مبنای یک مقیاس مقایسه استاندارد ۹ سطحی انجام می‌شود. نتیجه مقایسه زوجی بر روی n معیار را می‌توان در یک ماتریس ارزیابی $A=[a_{ij}]_{(n\times n)}$ خلاصه کرد:

$$a_{ii}=1 \;\; a_{ji}=\frac{1}{a_{ij}} \;\; a_{ij}\neq 0 \; A=\begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-05-04]

[DOI: 10.18502/tbj.v20i4.7818]

عناصر این ماتریس همگی مثبت بوده و با توجه به اصل شروط معکوس در AHP در هر مقایسه زوجی، دو مقدار عددی a_{ij} و $\frac{1}{a_{ij}}$ را خواهیم داشت، اگر اهمیت عنصر i نسبت به j برابر k باشد، اهمیت j نسبت به i برابر $\frac{1}{k}$ خواهد بود؛ که تعیین اهمیت و ترجیح در مقایسات زوجی از طیف ۱ تا ۹ می‌باشد. در این طیف عدد ۹ به معنای ارجحیت کامل است و عدد ۱ ترجیح یکسان را بیان می‌کند. در آخرین مرحله، فرآیند ریاضی شروع به نرمالیزه و پیدا کردن وزن‌های نسبی برای هر ماتریس می‌کند(۳۰). به منظور بررسی سازگاری در پاسخ‌های خبرگان نرخ ناسازگاری تعریف می‌شود. اگر این نرخ کمتر از ۰/۱ باشد می‌توان نتیجه گرفت که سطح مطلوبی از سازگاری در مقایسات زوجی وجود داشته است و در غیر این صورت این نرخ نشان‌دهنده ناسازگاری می‌باشد(۳۱).

سیستم اطلاعات مکانی یک سیستم کامپیوتری است که اطلاعات مرجع جغرافیایی را تجزیه و تحلیل و نمایش می دهد. این سیستم از داده هایی استفاده می کند که به یک مکان منحصر به فرد متصل شده اند. به معنای دقیق، GIS یک سیستم کامپیوتری است که قادر به جمع آوری، ذخیره سازی، مدیریت، تجزیه و تحلیل، مدل سازی و نمایش اطلاعات مکانی است. در واقع یک سیستم GIS لایه‌هایی از اطلاعات مربوط به یک مکان را با هم ترکیب می‌کند تا درک بهتری از آن مکان ارائه دهد(۳۲).

سخت افزار، نرم افزار، داده، رویه ها و نیروی انسانی پنج جزء ضروری از زیرساخت GIS می‌باشند. این اجزا به شیوه ای یکپارچه شده اند که یک GIS به درستی عمل می کند(۳۳). پایگاه‌های داده‌های GIS شامل داده‌های مکانی و داده‌های غیرمکانی می‌باشند که امکان فهم وسیع‌تر و گسترده‌تری از روابط بین پدیده‌ها را فراهم می‌کند. داده‌های غیرمکانی که داده‌های توصیفی نیز نامیده می‌شوند، آن دسته از اطلاعات می‌باشند که مستقل از هندسه پدیده‌ها هستند؛ درحالی که داده‌های مکانی شامل روابط مکانی و موقعیت پدیده‌ها می‌باشند. سامانه‌های اطلاعات مکانی سلامت، سیستم‌های یکپارچه‌ای شامل ابزارهای مدیریت، درخواست، تحلیل و ارائه‌ی داده‌های سلامتی مکان محور هستند. هنگامی که این سیستم‌ها برای استفاده در پژوهش‌های سلامت آماده می‌شوند، ممکن است از آن‌ها برای ارزیابی بیماری و خدمات سلامتی برای درمان و پیشگیری از رخ دادن دوباره‌ی مشکلات استفاده نمایند.

از آنجا که GIS شامل اطلاعات سلامتی و بیماری برای مناطق خاص و همچنین شکل‌های مختلف داده‌های زیست محیطی است، می‌توان رابطه بین منطقه زندگی یک جمعیت و وضعیت رفاهی آن‌ها را در مقایسه با استفاده از نقشه‌های کاغذی سنتی، به روش عمیق‌تر و آگاهانه‌تر ایجاد کرد.

در نتیجه GIS در مطالعات سلامتی می‌تواند کمیت و کیفیت پژوهش‌های واگیرشناسی و نیز ارائه و دسترسی به مراقبت‌های سلامتی را بهبود بخشد. دیگر کاربردهای GIS در علم اطلاعات سلامتی شامل برنامه‌ریزی موثر خدمات سلامت، دسترسی بهتر، تدارکات و تشخیص مناطق مشکل‌دار است(۳۴).

این مطالعه در کمیته اخلاق دانشگاه فردوسی مشهد با کد اخلاق IR.UM.REC.1400.026 مورد تایید قرار گرفت و هم چنین در این مطالعه رضایت افراد شرکت‌کننده، به صورت آگاهانه اخذ شد و اطلاعات اخذ شده از طریق پرسشنامه بطور محرمانه نگهداری شد.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-05-04]

[DOI: 10.18502/tbj.v20i4.7818]

یافته‌ها

در پژوهش حاضر برای اولویت‌بندی و تخصیص واکسیناسیون COVID-19 در محلات شهر مشهد از دو روش وزن‌دهی AHP و منطق فازی استفاده شده است و اولویت‌بندی در چهار سناریو مورد بررسی قرار گرفته است. در روش اول طی وزن-دهی AHP، برای هر معیار براساس میزان اهمیت و ارجحیت آن وانجام مراحل روش AHP، وزنی اختصاص می‌گیرد و اولویت-بندی محلات در ۵ کلاس طبقه‌بندی می‌شود. روش دوم براساس سناریوهای مختلف و استفاده از منطق فازی انجام شده-است. سناریوها شامل سناریو مبتنی بر دستورالعمل WHO، سناریو مبتنی بر وزارت بهداشت و درمان ایران و سناریو مبتنی بر خرد جمعی بومی سازی شده می‌باشد. در هر سناریو با توجه به دیدگاه آن سناریو به اختصاص واکسن کرونا به گروه‌های مختلف جامعه، معیارهای مربوطه مشخص و در ادامه با استفاده از منطق فازی و تشکیل توابع عضویت و قوانین فازی برای هر سناریو به اولویت‌بندی محلات پرداخته شده است. در این روش نیز همانند روش AHP اولویت‌ها در ۵ کلاس طبقه‌بندی شده-اند. در ادامه این بخش به توضیح کامل هر روش و سناریوهای مختلف پرداخته شده است.

روش اول: استفاده از AHP: در سناریو نخست، اولویت‌بندی محلات براساس وزن‌دهی AHP انجام شده است. برای این‌کار ابتدا معیارها که شامل بیمارستان، درمانگاه، اورژانس، پایگاه انتقال خون، ایستگاه کارگران، گرمخانه، بهزیستی، مراکز انتظامی، دفاتر پیشخوان و افراد مسن می‌باشد، مشخص می‌شود. سپس در نرم‌افزار اکسل ماتریس مقایسات زوجی بین معیارها بر اساس اهمیت و ارجحیت معیارها نسبت بهم در شیوع ویروس کووید ۱۹ تشکیل شده و وزن مربوط به هر معیار محاسبه می‌گردد (جدول۱). در نهایت با وارد کردن اطلاعات موردنیاز و وزن‌های محاسبه شده در محیط نرم‌افزار ArcMap اولویت‌بندی براساس وزن‌دهی AHP انجام می‌شود.

جدول۱: وزن‌های AHP معیارها

معیار	وزن
بیمارستان	۰/۳۱۹
درمانگاه	۰/۱۵۴
اورژانس	۰/۱۷۴
کارگران	۰/۰۳۴
گرمخانه	۰/۰۳۵
بهزیستی	۰/۰۶۵
مراکز انتظامی	۰/۰۷۱
دفاتر پیشخون	۰/۰۲۴
پایگاه انتقال خون	۰/۱۱۲
افراد مسن	۰/۰۱۲

روش دوم: استفاده از منطق فازی :در این روش اولویت‌بندی براساس منطق فازی در سه سناریو متفاوت که به ترتیب بر دستور العمل WHO، وزارت بهداشت و درمان جمهوری اسلامی ایران و خرد جمعی بومی سازی شده توسط محققین استوار است، انجام گردیده و قوانین مختلف فازی مورد استفاده معرفی شده است.

سناریو مبتنی بر دستورالعمل WHO: در سناریو دوم برای بدست‌آوردن اولویت‌بندی واکسیناسیون کووید ۱۹ از منطق فازی و قوانین WHO استفاده شده است. ابتدا با توجه به گزارش اعلام شده توسط سازمان جهانی بهداشت برای تخصیص واکسن COVID-19، معیارهای مراکز بهداشتی و

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-05-04]

[DOI: 10.18502/tbj.v20i4.7818]

درمانی (شامل بیمارستان، درمانگاه و اورژانس)، افراد مسن، مراکز بهزیستی، مراکز انتظامی و ایستگاه کارگران در نظر گرفته شده است. بعد از تعیین معیارها با فرض اهمیت مدافعان خط مقدم در مراکز بهداشتی و درمانی و در مرحله بعد تعداد افراد مسن در هر محله و در ادامه به ترتیب مراکز بهزیستی(به عنوان گروه‌هایی که قادر به داشتن فاصله فیزیکی نیستند)، ایستگاه کارگران و مراکز انتظامی در زنجیره انتقال ویروس کووید ۱۹ دارای اهمیت هستند؛ بنابراین به همین ترتیب و باتوجه به ارحجیت معیارها نسبت به هم منطق فازی پیاده‌سازی شده است. برای بررسی از طریق منطق فازی در نرم‌افزار MATLAB R2013a توابع عضویت مرتبط با هر معیار رسم گشته که در پیوست به نمایش گذاشته شده و با درنظرگرفتن اولویت‌های واکسیناسیون سازمان جهانی بهداشت قوانین منطق فازی تعریف گردیده است. در نهایت اولویت‌های بدست‌آمده از نرم‌افزار متلب را در محیط ArcMap وارد کرده و بعد از انجام پردازش-های لازم اولویت‌بندی را برای هر محله نمایش داده شده است.

سناریو مبتنی بر دستورالعمل وزارت بهداشت و درمان ایران: در سومین سناریو مطابق حالت قبل اولویت‌بندی با استفاده از منطق فازی انجام شده است، با این تفاوت که معیارها براساس اولویت‌های اعلام شده توسط سازمان بهداشت ایران انتخاب و بررسی گشته است. معیارهای این حالت شامل مراکز درمانی و بهداشتی، افراد مسن، مراکز بهزیستی، مراکز انتظامی، ایستگاه کارگران، گرمخانه و دفاتر پیشخوان و خدمت‌رسان می‌باشد. توابع عضویت معیارها به این حالت در شکل پیوست موجود است.

سناریو مبتنی بر خرد جمعی بومی سازی شده: در سناریو چهارم نیز اولویت‌بندی با منطق فازی انجام شده‌است. با این تفاوت که در سناریوهای قبلی که براساس معیارهای واکسیناسیون اعلام شده توسط سازمان جهانی بهداشت و وزارت بهداشت و درمان ایران صورت گرفته، اما در سناریو مبتنی بر خرد جمعی جهت مطالعه بیشتر و مقایسه در صورت درنظر گرفتن معیارهای مرتبط با شیوع کرونا و متفاوت با سایر سناریوها، گردآوردندگان این پژوهش براساس دانش خود معیارهایی که در رابطه با شیوع ویروس کرونا و در نتیجه واکسیناسیون تاثیرگذار هستند را تعیین کرده و در سناریو چهارم مورد بررسی قرار گرفته‌است. به همین ترتیب تعداد جمعیت هر محله که عاملی بسیار تاثیرگذار در انتقال و شیوع ویروس است، از نظر پژوهندگان به عنوان معیاری برای اولویت‌بندی واکسیناسیون مشخص شده‌است. ازجمله سایر معیارهای این سناریو مراکز درمانی و بهداشتی، افراد مسن، مراکز بهزیستی، مراکز انتظامی، ایستگاه کارگران، گرمخانه و دفاتر پیشخوان و خدمت‌رسان می‌باشند. همانند دو حالت اول منطق فازی برای این حالت نیز توابع عضویت رسم شده و قوانین به ترتیب اهمیت معیارهای مراکز درمانی و بهداشتی، افراد مسن و جمعیت و سایر مراکز پرخطر نظیر بهزیستی، مراکز انتظامی، گرمخانه، ایستگاه کارگران و دفاتر پیشخوان وارد شده است. افراد صاحب‌نظر در این تحقیق همگی دارای تحصیلات مرتبط می‌باشند که ۶۰٪ را تحصیلات دکتری و ۴۰٪ را کارشناسی ارشد تشکیل می‌دهد، هم چنین از این بین ۸۰٪ مرد و ۲۰٪ زن تشکیل دهنده افراد صاحب نظر هستند.

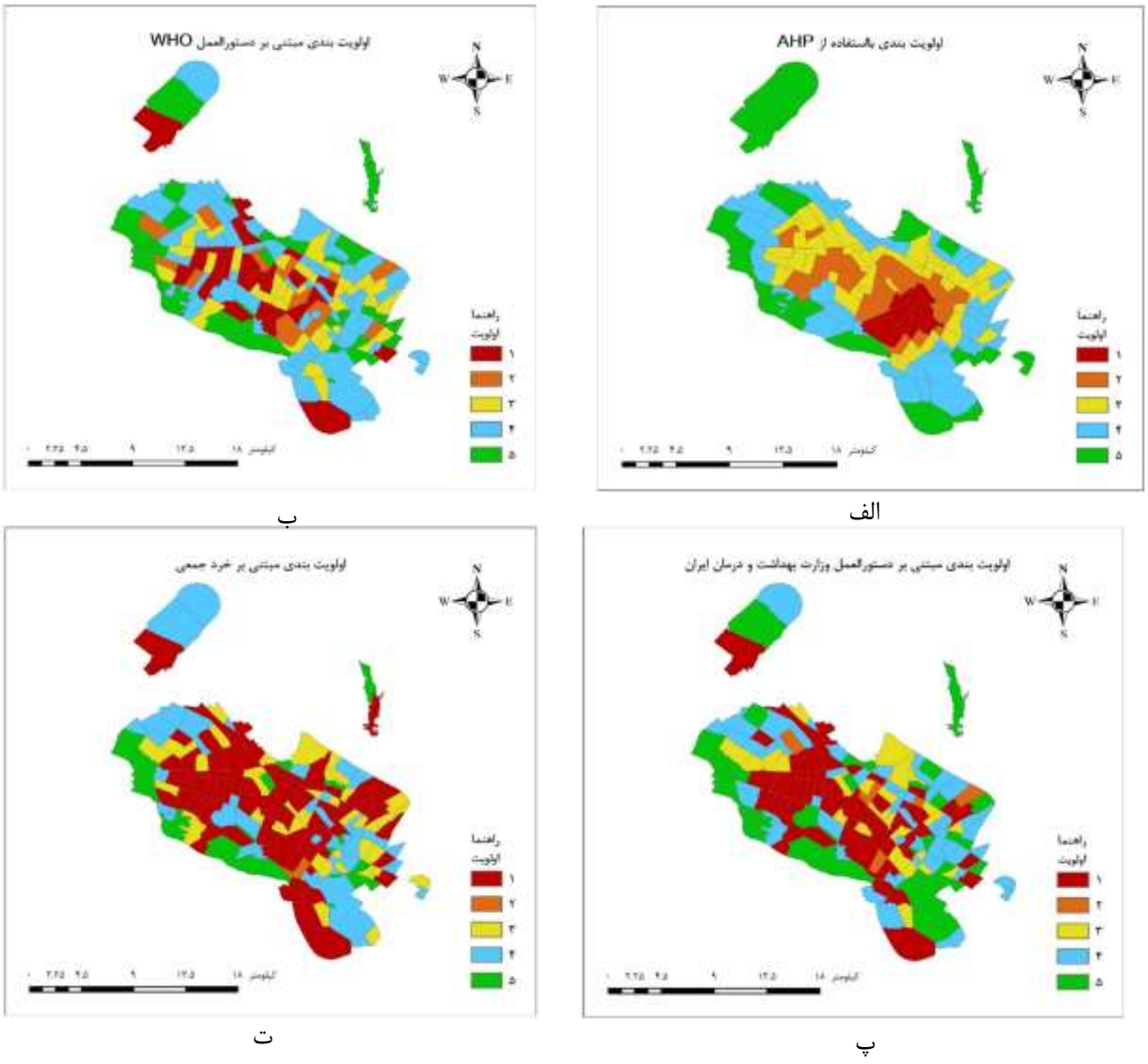
با استفاده از داده‌های جمع آوری شده از شهرداری مشهد و پس

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-05-04]

[DOI: 10.18502/tbj.v20i4.7818]

از تحلیل‌های انجام گرفته برای ۴ سناریو در نظر گرفته شده، شکل ۲ نمایانگر نتایج حاصل از اولویت‌بندی محلات مشهد است که بااستفاده از نرم فزار ArcGIS در ۵ کلاس انجام شده است.

در شکل ذکر شده اعداد ۱ تا ۵ به ترتیب نماینگر بیشترین اولویت تا کمترین اولویت در محلات برای واکسینه کردن است. همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است شکل‌های الف تا ت به‌ترتیب نشان‌دهنده نقشه وزن‌دهی AHP، دستورالعمل WHO، دستورالعمل وزارت بهداشت و درمان ایران و خرد جمعی بومی سازی شده می‌باشد.



الف

ب

پ

ت

شکل۲: اولویت‌بندی و تخصیص واکسن COVID-19 برای محلات شهر مشهد در ۴ سناریو مدنظر

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-05-04]

[DOI: 10.18502/tbj.v20i4.7818]

نقشه اولویت‌بندی با استفاده از AHP محلات مرکزی در اطراف حرم مطهر امام رضا (ع) بیشترین اولویت و حاشیه شهر دارای کمترین اولویت می‌باشد. در نقشه مبتنی بر دستورالعمل WHO که براساس منطق فازی تحلیل شده است، محلات دارای اولویت بالا به صورت پراکنده در بخش‌های مرکزی شهر قرار گرفته و نسبت به سناریو نخست دارای محلات با اولویت یک بیشتری است.

در نقشه وزارت بهداشت و درمان ایران که آن نیز براساس منطق فازی مورد ارزیابی قرارگرفته است، مانند نقشه WHO اولویت‌های با اهمیت بیشتر به صورت پراکنده پخش شده و شامل افزایش قابل توجه است. در این سناریو نیز مانند دو سناریو پیشین محلات حومه شهر درجه اهمیت کمتری دارند. در نقشه سناریو دانش در مقایسه سایر ارزیابی‌ها تعداد محلات با اولویت بالاتر افزایش یافته است و توزیع آن‌ها مانند دو سناریو دیگر منطق فازی از نظم خاصی پیروی نمی‌کند.

با توجه به تحلیل‌های آماری و شمارش محلات با اولویت‌های متفاوت در هریک از سناریوهای شرح داده شده، جدول ۲ بیانگر میزان محلات تخصیص یافته در هر یک از اولویت‌های ۱ تا ۵ می‌باشد. براساس این جدول بیشترین محلات با اولویت ۱ در سناریو چهارم (خرد جمعی بومی سازی شده) و کمترین درصد محلات با اولویت ۱ در سناریو اول روش (AHP) است. همچنین نتایج نشان می‌دهد سناریو مبتنی بر دستورالعمل WHO بیشترین تعداد محلات با اولویت کم (اولویت ۴ و ۵) را دارد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان همبستگی بین سناریوهای تعریف شده در این پژوهش از نظر تعداد محلات هر اولویت در جدول ۳ آورده شده است. با بررسی میزان شباهت و ارتباط نتایج بین سناریوهای مختلف مشاهده می‌شود که بین سناریو مبتنی بر وزارت بهداشت و درمان ایران و سناریو خرد جمعی بومی سازی شده شباهت زیادی وجود دارد. هم چنین دستور العمل WHO با دستورالعمل وزارت بهداشت و روش AHP دارای همبستگی نسبی هستند این در حالی است که بین سناریو AHP و سناریوهای داخلی ارتباط معناداری وجود ندارد.

جدول ۲: درصد محلات اختصاص یافته به هر اولویت در هر سناریو

سناریو/اولویت	سناریو اول	سناریو دوم	سناریو سوم	سناریو چهارم
اولویت اول	۸/۸۹	۱۲/۷۸	۳۱/۱۱	۴۲/۲۲
اولویت دوم	۲۱/۱۱	۸/۸۹	۲/۷۸	۰/۵۶
اولویت سوم	۲۷/۷۸	۲۰/۵۶	۱۵/۵۶	۲۲/۷۸
اولویت چهارم	۲۷/۷۸	۳۶/۱۱	۳۰/۰۰	۲۳/۸۹
اولویت پنجم	۱۴/۴۴	۲۱/۶۷	۲۰/۵۶	۱۰/۵۶

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-05-04]

[DOI: 10.18502/tbj.v20i4.7818]

جدول ۳: همبستگی میان سناریوهای ذکر شده

	سناریو AHP	سناریو WHO	سناریو وزارت بهداشت و درمان	سناریو خرد جمعی
سناریو AHP	۱	۰/۵۴۰۸	-۰/۲۶۵۱	-۰/۳۱۴۸
سناریو WHO	۰/۵۴۰۸	۱	۰/۵۵۶۳	۰/۱۵۵۸۴
سناریو وزارت بهداشت و درمان	-۰/۲۶۵۱	۰/۵۵۶۳	۱	۰/۸۲۷۳
سناریو خرد جمعی	-۰/۳۱۴۸	۰/۱۵۸۴	۰/۸۲۷۳	۱

بحث و نتیجه گیری

همان‌طور که پیش از این ذکر شد، پژوهش حاضر با هدف اولویت‌بندی واکسیناسیون عمومی در محلات شهر مشهد با استفاده از منطق فازی و AHP در محیط GIS انجام گرفته است. اولویت‌بندی و تخصیص منابع محدود دارویی و درمانی در زمان همه‌گیری ویروس‌ها و ایجاد شرایط بحرانی یکی از موارد ضروری برای کنترل صحیح شیوع بیماری می‌باشد. واکسن کووید-۱۹ از جمله منابع مهم و حیاتی برای جلوگیری از گسترش فراگیر این ویروس است که به علت محدودیت در تولید و کمبود، بایستی برای استفاده اولویت‌بندی و تخصیص شود. تخصیص مکانی براساس دستورالعمل‌های ارائه شده به عنوان یکی از راه‌های قابل اطمینان که می‌تواند معیارهای پایه‌ای تخصیص منابع محدود درمانی را برآورده سازد در این تحقیق به اجرا درآمده است. برای دستیابی به این هدف، با تعریف چهار سناریو که ذیل دو روش AHP و منطق فازی دسته بندی می‌گردد نتایج متفاوتی حاصل شد. در سناریو نخست با استفاده از روش AHP وزن‌دهی معیارهای انتخابی انجام شده و سپس با استفاده از نرم افزار ArcMap اولویت‌بندی محلات شهر حاصل و به نمایش گذاشته می‌شود. در سه سناریو بعدی از منطق فازی جهت تخصیص واکسن کرونا در محلات شهر مشهد استفاده گردید با این تفاوت که انتخاب معیارها به ترتیب برای سناریو دوم تا چهارم براساس دستورالعمل WHO، وزارت بهداشت و درمان ایران و خرد جمعی بومی سازی شده انجام پذیرفته است. با بررسی نتایج حاصل از ۴ سناریو مذکور، تفاوت اولویت‌بندی محلات شهر مشهد از دو جهت کمی و کیفی مشخص می‌شود. از نظر تعداد، سناریو مربوط به خرد جمعی بومی سازی شده توسط نگارندگان، بیشترین تعداد محلات دارای اولویت یک و ضروری برای واکسیناسیون را دارا است و بعد از آن به ترتیب دستورالعمل مبتنی بر وزارت بهداشت و درمان ایران، دستور العمل ارائه شده توسط WHO و در نهایت سناریو روش AHP از نظر فراوانی محلات دارای اولویت یک قرار می‌گیرد. از نظر نحوه پراکندگی محلات با اولویت‌های متفاوت، تنها سناریو نخست از نظم خاصی پیروی می‌کند به گونه‌ای که محلات اطراف حرم مطهر دارای بیشترین اولویت است و به تدریج با دور شدن از آن اولویت محلات کمتر می‌شود. همچنین همبستگی میان سناریوها نشان از ارتباط بالای میان سناریو سوم و چهارم دارد ولی در اغلب موارد همبستگی بالایی میان سناریوها مشاهده نمی‌شود. باتوجه به خروجی هریک از چهار سناریو و نظر به اینکه در تمام این سناریوها محلات مرکز شهر دارای اولویت بالاتری هستند، پیشنهاد می‌شود واکسیناسیون از محلات مرکزی شروع شده و به ترتیب اولویت در سایر محلات واکسیناسیون انجام شود تا تاثیر واکسینه شدن به سرعت افزایش

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-05-04]

[DOI: 10.18502/tbj.v20i4.7818]

یابد. مساله حاضر محدودیت‌های را نیز شامل می‌شود که می‌توان به عدم وجود داده‌های مورد نیاز برای برخی معیارهای واکسیناسیون اعلام شده توسط سازمان جهانی بهداشت و وزارت بهداشت و درمان ایران اشاره کرد؛ مانند تعداد دانشجویان خوابگاهی در هر محله مشهد و یا تعداد رانندگان وسیله نقلیه عمومی که به جهت شغل خود ارتباط مستمر با عموم مردم عاملی تاثیرگذار در انتقال ویروس کرونا هستند. با این وجود توصیه می‌شود در مطالعات آتی در صورت دست‌یابی به این اطلاعات به منظور بررسی هرچه دقیق‌تر مساله واکسیناسیون تمام موارد و معیارهای تاثیرگذار در تحقیق لحاظ شود.

تشکر و قدردانی

از شهرداری مشهد و اعضای آزمایشگاه فتوگرامتری، سنجش از دور و GIS دانشگاه فردوسی مشهد جهت در دسترس قرار دادن داده‌های خام مورد استفاده در این پژوهش و هم چنین تکمیل پرسشنامه‌های AHP کمال تشکر را داریم.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله تعهد می‌نمایند که هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

References

1-Azarafza M, Azarafza M, Akgun H. Clustering method for spread pattern analysis of corona-virus (COVID-19) infection in Iran. Journal of Applied Science Engineering Technology and Education. 2021;3(7):1-6.

2-Worldometer. COVID-19 Coronavirus Pandemic. Available from: www.worldometers.info/coronavirus/

3-World Health Organization. WHO SAGE values framework for the allocation and prioritization of COVID-19 vaccination, 14 September. 2020 World Health Organization. https://apps.who.int/iris/handle/10665/334299.

4-Nicoara P, Haidu I. A GIS based network analysis for the identification of shortest route access to emergency medical facilities. Geographia Technica.2014;9 (2):60-7.

5-Sahraeian Z, Zangiabadi A, Khosravi F. Spatial Analysis and Site Selection of Health Medical and Hospital Centers Using (GIS) (Casse Study: Jahrom City). Geographic Space. 2013;13(43):153-70.

6-Ajami S, Ketabi S. Performance Evaluation of Medical Records Departments by Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach in the Selected Hospitals in Isfahan. Journal of medical systems.2010;36(3):1165–71.

7-Liberatore M, Nydick R. The Analytic Hierarchy Process in Medical and Health Care Decision Making: A Literature Review. European Journal of Operational Research.2008;189(1):194-207.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-05-04]

[DOI: 10.18502/tbj.v20i4.7818]

8-Cavmak D, Cavmak S. Using AHP to Prioritize Barriers in Developing Medical Tourism: Case of Turkey. International Journal of Travel Medicine and Global Health . 2020;8(2):73-9.

9-Terrada O, Cherradi B, Raihani A, et al. A fuzzy medical diagnostic support system for cardiovascular diseases diagnosis using risk factors. International Conference on Electronics, Control, Optimization and Computer Science (ICECOCS). 2018;1-6.

10-Korenevskiy N. Application of Fuzzy Logic for Decision-Making in Medical Expert Systems. Biomed Engineering.2015;49(1):46–9.

11-Valipour A, Al-Sheikh A, Qarah Gozlu A, et al. Modeling malaria prevalence using Spatial Information System (GIS) and AHP analytical hierarchy process (Case study: Hormozgan province). Geomatics Conference90. 2011;18. [Persian]

12-Ghaedamini Asadabadi R, Tofighi Sh, Ghaedamini H, et al. A review of some infectious diseases distribution based on geographic information system (GIS) in the area of Chahar Mahal and Bakhtiari. Journal of police Medicine.2012;1(2):113-24. [Persian]

13-Ghasemi M, Al-Husayni A, Modarsi S, Dehghani Tafti A. Spatial analysis of salk disease and the effect of moisture and vegetation parameter using remote sensing and GIS. Second National Conference on the Application of Advanced Models of Spatial Analysis (Remote Sensing and GIS) in Land Use Planning. 2017:661-71. [Persian]

14-Abasi M, Rafiei Mirza A. Spatial Distribution Pattern of Brucellosis in GIS Environment (Case Study: Hamadan Province). The 6th National Conference on Advaced Studies and Research in Geigraphy, Architecture and Urban Science of Iran.2019:531-9. [Persian]

15-Pourghasemi H, Heidari B, Farajzadeh Z, et al. Spatial modelling, risk mapping, change detection, and outbreak trend analysis of coronavirus (COVID-19) in Iran (days between 19 February to 14 June 2020). International Journal of Infectious Diseases. 2020;98:90-108.

16-Alkhamis M, Al Youha S, Khajah M, et al. Spatiotemporal Dynamics of COVID-19 epidemic in the State of Kuwait. International Journal of Infectious Diseases. 2020;98:153-60.

17-Cuadros D, Xiao Y, Mukandavire Z, et al. Spatiotemporal transmission dynamics of the COVID-19 pandemic and its impact on critical healthcare capacity, Health & Place. 2020;64:102404.

18-Emanuel E, Persad G, Upshur R, et al. Fair Allocation of Scarce Medical Resources in the Time of Covid-19. New England Journal of Medicine. 2020;382:2049-55.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-05-04]

[DOI: 10.18502/tbj.v20i4.7818]

19-Gupta R, Morain S. Ethical allocation of future COVID-19 vaccines. Journal of Medical Ethics. 2020;47(3):137-41.

20-Fallucchi F, Faravelli M, Quercia S. Fair allocation of scarce medical resources in the time of COVID-19: what do people think, Journal of Medical Ethics.2021;47:3-6.

21-Behroozi F, Salari M, Birjandinezhad A. A review of optimal allocation of beds and patient flow process in hospital. 12th International Industrial Engineering Conference.2016;12. [Persian]

22-Jafari Eskandari M, Nozari H, Mokhtari Saghinsara M. Implementation of fuzzy-robust programming method in the locating-routing and allocation multi-objective pharmaceutical supply chain problem under uncertainty. Decision & Operations Research.2020;5(1):48-71. [Persian]

23-Statistical Center of Iran, Institute of Statistics. Statistical Center of Iran (2016). Overall results of general census of population and housing 2016. Available from: Https://www.amar.org.ir.

24-Safari A, Sasanpour F, Mosavand A. Assessment of urban vulnerability to flood risk using GIS and fuzzy logic Case study: District 3 of Tehran. Journal of Applied Research in Geographical Sciences. 2011;11(20):129-50.[Persian]

25-Bezdek J. Fuzzy models—What are they, and why? [Editorial]. Fuzzy Systems, IEEE Transactions on. 1993;1:1-6.

26-Zadeh LA. Fuzzy Sets. Information and Control. 1965;8(3):338-53.

27-Ayat S, Horri-Najafabadi E. Combination of IT and Fuzzy Logic in Presenting a New Method for Educational Evaluation (Case Study: Teaching Mathematics). Information and Communication Technology in Educational Sciences.2011;1(2):129-46. [Persian]

28-Mosavi S, Sadeghian R. Investigation of fuzzy logic and its application in complex problems. International Journal of Nations Research. 2017;2(15):77-90. [Persian]

29-Saaty TL. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York. 1980:271-8.

30-Albayrak E, Erensal Y. Using analytic hierarchy process (AHP) to improve human performance: An application of multiple criteria decision making problem: Intelligent Manufacturing Systems: Vision for the Future (Guest Editors: Ercan Öztemel, Cemalettin Kubat and Harun Taşkin). Journal of Intelligent Manufacturing.2004;15(4):491-503.

31-Ghara Gozlu A, Alizade M. Land suitability assessment for industry's establishment with AHP-Fuzzy logic method (Case study: Mallard county). Remote Sensing and GIS in Natural Resources

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-05-04]

[DOI: 10.18502/tbj.v20i4.7818]

(Application of Remote Sensing and GIS in Natural Resources Sciences). 2015;5(4):79-94. [Persian]

32-Zhou W. GIS for Earth Sciences. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. 2020. DOI:10.1016/B978-0-08-102908-4.00018-7

33-Zhen Zh, Jing-min J, Fang L. The application of geographic information system (GIS) in the field of public health. Second IITA International Conference on Geoscience and Remote Sensing.2010;2:442-5.

34-Shaw N, McGuire S. Understanding the use of geographical information systems (GIS) in health informatics research: A review. Journal of Innovation in Health Informatics. 2017;24:228.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-05-04]

[DOI: 10.18502/tbj.v20i4.7818]