مجلّهٔ جغرافیا و توسعهٔ فضای شهری، سال هفتم، شمارهٔ ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، شمارهٔ پیاپی ۱۳

DOI: 10.22067/JGUSD.2021.48121.0
مقالهٔ پژوهشی

تلفیق روش وزن‌دهی عینی کریتیک با روش کوداس و ویکور به منظور انتخاب مکان‌های مستعد احداث بیمارستان (مطالعه موردی: منطقه ۵ تهران)

ایمان زندی (دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های اطلاعات مکانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران)
imanzandi.dgh@ut.ac.ir
پرهام پهلوانی (دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران، نویسنده مسئول)
pahlavani@ut.ac.ir
بهناز بیگدلی (استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران)
bigdeli@shahroodut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۷ **تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۴/۰۷**
صص ۶۳-۴۱

چکیده

خدمات بهداشتی و درمانی از مهمترین خدمات شهری بوده که دسترسی مناسب به مراکز ارائه دهنده این خدمات بسیار مهم و حیاتی است. مسئله تعیین مکان بهینه بیمارستان یک مسئله دشوار تصمیم‌گیری چند معیاره است و استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی موجب بهبود عملکرد آن می‌شود. در این تحقیق به منظور تعیین مکان بهینه احداث بیمارستان در منطقه ۵ تهران از تلفیق سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شده است. بدین منظور ابتدا معیارهای موثر در فرایند تعیین مکان بهینه بیمارستان با مرور ادبیات و نظرات کارشناسان انتخاب شده و لایه مکانی هر معیار تهیه شده است. در گام بعدی تعداد ۱۰ سایت در این منطقه انتخاب شده و مقادیر معیارها برای هر کدام محاسبه شده است. آنگاه با استفاده از روش وزن‌دهی اهمیت معیارها از طریق همبستگی بین معیارها (کریتیک) وزن معیارها تعیین شده است. نتایج وزن‌دهی نشان داد که معیار آسیب‌پذیری لرزه‌ای موثرترین معیار در فرایند تصمیم‌گیری است. در مرحله بعد بوسیله دو روش تصمیم‌گیری چند معیاره ارزیابی ترکیبی مبتنی بر فاصله (کوداس) و ویکور ارزیابی و رتبه‌بندی سایت‌ها انجام شده و نتایج بیانگر تشابه عملکرد دو روش بوده است. نتایج رتبه‌بندی دو روش نشان داد که سایت شماره ۷ و سایت شماره ۱ به ترتیب بهترین و نامناسب‌ترین مکان جهت احداث بیمارستان می‌باشند. جهت ارزیابی صحت رتبه‌بندی روش‌ها، نتایج رتبه‌بندی دو روش با رتبه‌بندی صورت گرفته توسط کارشناسان مورد مقایسه قرار گرفت. ارزیابی صحت روش‌ها نشان داد که روش کوداس به منظور انتخاب مکان بهینه بیمارستان از صحت بالاتری نسبت به روش ویکور برخوردار است.

کلیدواژه‌ها: تصمیم‌گیری چند معیاره، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، کریتیک، کوداس، ویکور

۱. مقدمه

بدنبال گسترش شهرها و افزایش جمعیت تقاضا برای دریافت خدمات به ویژه خدمات بهداشتی و درمانی افزایش یافته است. دسترسی مناسب شهروندان به مراکز بهداشتی و درمانی همچون بیمارستان‌ها بسیار مهم بوده و پراکندگی و توزیع بیمارستان‌ها در سطح شهرهای توسعه یافته به صورتی که دسترسی مناسب شهروندان به آنها مطلوب باشد بسیار حیاتی است. انتخاب مکان مناسب خدمات در ایران با رشد و توسعه شهرها متناسب نبوده است (حسن‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶، ص.۲٤) و در این میان توزیع مکانی نامناسب بیمارستان‌ها در سطح مناطق با توجه به وابستگی سلامت شهروندان به دسترسی مناسب به بیمارستان‌ها موضوع بسیار مهمی برای تصمیم‌گیرندگان بوده و موجب انجام تحقیقات متعدد در این زمینه شده است. تعیین مکان‌های مستعد احداث بیمارستان‌ها عامل بسیار موثری در میزان عملکرد آنها می‌باشد. پیچیدگی این تصمیم آنجاست که تعیین مکان‌های مستعد احداث بیمارستان مستلزم در نظر گرفتن معیارهای بسیاری است که ممکن است در تضاد یا وابستگی با هم باشند (ویتلوکس[1] و همکاران، ۲۰۰۹، ص.۸۷٦). به منظور کمک به فرایند تصمیم‌گیری، روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره توسعه یافته‌اند (مردانی[2] و همکاران، ۲۰۱٦، ص.٤). تعیین مکان‌های مستعد احداث بیمارستان یک فرایند مکانی بوده و بسیاری از معیارهای مورد استفاده در این فرایند نیز ماهیت مکانی دارند به همین دلیل تحلیل‌های مکانی لازمه فرایند مکانیابی می‌باشند. مطالعاتی زیادی به منظور انتخاب مکان مناسب مراکز درمانی از قابلیت‌های سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی[3] (GIS) استفاده نموده‌اند (وحیدنیا[4] و همکاران، ۲۰۰۹، ص.۳۰٤۹) و در حال گسترش می‌باشد. تعداد زیاد گزینه‌های ممکن، معیارهای زیاد و تضاد و وابستگی بین معیارها از جمله مشکلات تصمیم‌گیری مکانی[5] می‌باشند و نقش GIS در حل این قبیل مسائلی بسیار حائز اهمیت بوده و سبب گسترش تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی شده است (مالچوفسکی[6]، ۲۰۰٦، ص.۹).

انتخاب مکان بهینه برای اختصاص به یک کاربری معین یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد و به همین دلیل روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چند معیاره برای این هدف مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از جمله روش‌های استفاده شده در تحقیقات مختلف می‌توان روش‌های تحلیل سلسله مراتبی[7] (AHP)، فرایند تحلیل شبکه[8] (ANP)، تکنیک رتبه‌بندی بر اساس تشابه به حالت آرمانی (تاپسیس[9]) و ویکور را نام برد. نوع مؤثرتر این‌گونه روش‌ها تلفیق

1. Witlox
2. Mardani
3. Geographic Information Systems
4. Vahidnia
5. Spatial Decision Problems
6. Malczewski
7. Analytic Hierarchy Process
8. Analytic Network Process
9. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

GIS و تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد که در تحقیقات مختلف بویژه در سال‌های اخیر مورد استفاده قرار گرفته است. در ادامه برخی از تحقیقات مرتبط با موضوع پژوهش به اختصار تشریح می‌گردد.

ادعلی[1] و تاس[2] (۲۰۱۹) با در نظر گرفتن ۸ معیار و با استفاده از سه روش تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر فاصله شامل تاپسیس، ایداس[3] و کوداس به مکانیابی بیمارستان در ترکیه پرداخته‌اند. بر اساس نتایج این تحقیق عملکرد هر سه روش یکسان بوده است. سنوار[4] و همکاران (۲۰۱۶) به منظور مکانیابی بیمارستان در استامبول ترکیه از بین چهار سایت و با در نظر گرفتن ۷ معیار و ۲۴ زیر معیار از روش ترکیبی مجموعه‌های فازی شهودی[5] و تکنیک تاپسیس برای تصمیم‌گیری استفاده کرده‌اند. محمدی و همکاران (۱۳۹۸) با در نظر گرفتن ۱۲ معیار به مکانیابی بیمارستان در منطقه ۱ شهر تهران پرداخته‌اند. در این تحقیق، وزن معیارها با استفاده از دو روش بهترین-بدترین[6] و دیماتیل-فرایند تحلیل شبکه[7] محاسبه شده و با استفاده از دو روش تصمیم‌گیری چند معیاره ویکور و کوپراس[8] به رتبه‌بندی ۹ سایت پرداخته شده است. وحیدنیا و همکاران (۲۰۰۹) با در نظر گرفتن ۵ معیار فاصله زمانی دسترسی به بیمارستان‌های موجود، قیمت زمین، دسترسی به راه‌های اصلی، پراکندگی جمعیت و آلودگی، بوسیله تلفیق GIS و روش AHP فازی به مکانیابی بیمارستان از بین ۵ سایت مورد نظر در تهران پرداخته است. ساهین[9] و همکاران (۲۰۱۹) با در نظر گرفتن ۶ معیار و ۱۹ زیر معیار و با استفاده از روش AHP به مکانیابی بیمارستان در ترکیه پرداخته‌اند.

کایا[10] و همکاران (۲۰۲۰) با در نظر گرفتن ۵ معیار و ۱۹ زیرمعیار به منظور مکانیابی ایستگاه‌های شارژ وسایل نقلیه الکتریکی از تلفیق GIS و تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده کرده‌اند. در این تحقیق به منظور تعیین وزن معیارها از روش AHP و به منظور رتبه‌بندی گزینه‌ها از دو روش ویکور و پرامتی[11] استفاده شده است. شورابه[12] و همکاران (۲۰۲۰) با در نظر گرفتن سه معیار و ۱۶ زیرمعیار به منظور مکانیابی کتابخانه عمومی در شهر تهران از تلفیق GIS و تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده کرده‌اند. در این تحقیق ابتدا با استفاده از روش AHP وزن معیارها محاسبه شده و سپس مناطق مستعد احداث کتابخانه در محیط GIS و با استفاده از روش ترکیب خطی وزندار[13] تعیین شده‌اند.

1. Adalı
2. Tuş
3. Evaluation based on Distance from Average Solution
4. Senvar
5. Hesitant Fuzzy Sets
6. Best-Worst-Method
7. DEMATEL-based ANP
8. Complex Proportional Assessment
9. Şahin
10. Kaya
11. PROMETHEE
12. Shorabeh
13. Weighted linear composition

شادلویی[1] و دلاور[2] (۲۰۱۳) به منظور پهنه‌بندی مناطق جنگلی مستعد آتش‌سوزی در استان گلستان ایران، با در نظر گرفتن ٦ معیار تصمیم‌گیری، از روش محاسبات دانه‌ای و تصاویر سنجنده مادیس[3] استفاده کرده‌اند. کریمی[4] و همکاران (۲۰۱۹) به منظور مکانیابی محل دفن زباله در جوانرود ایران از تلفیق GIS و تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده کرده‌اند. در این تحقیق با در نظر گرفتن معیارهای زیست محیطی و اقتصادی شامل: فاصله از منابع آب‌های سطحی و زیر زمینی، فاصله از شهرها و روستاها، فاصله از مناطق حفاظت شده، کاربری زمین، فاصله از گسل، فاصله از راه‌ها و شیب و با استفاده از نرم‌افزارهای GIS، نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای، نقشه هر معیار را تهیه کرده‌اند. سپس وزن معیارها با استفاده از روش AHP بدست آمده و آنگاه با استفاده از روش ترکیب خطی وزندار به تلفیق نقشه معیارها پرداخته‌اند.

کاراکاس[5] و همکاران (۲۰۲۰) با در نظر گرفتن معیارهای زیست محیطی و فیزیکی و با تلفیق GIS و تصمیم‌گیری چند معیاره به مکانیابی محل دفن زباله در شهر سیواس ترکیه پرداخته‌اند. در این تحقیق وزن معیارها با استفاده از روشAHP محاسبه شده و با استفاده از روش مجموع موزون ساده[6] (SAW) در محیط GIS، مکانیابی و تلفیق لایه‌ها انجام شده است. در نهایت چهار گزینه به منظور رتبه‌بندی با روش‌های AHP-کوداس و SAW-کوداس انتخاب شده است. کاوه و مسگری (۱۳۹۸) به منظور مکانیابی بیمارستان از تلفیق GIS و AHP با دو الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک و انبوه توده ذرات استفاده کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داده که عملکرد الگوریتم انبوه توده ذرات نسبت به الگوریتم ژنتیک بهتر بوده است. بزرگمهر و همکاران (۱۳۹۳) به منظور تعیین مکان بهینه دفن زباله جامد شهر در تنکابن و با در نظر گرفتن ۹ معیار فاصله از مناطق شهری و روستایی، سطح آب‌های زیرزمینی، فاصله از رودخانه، کاربری اراضی، نوع خاک، بارش، فاصله از راه‌های ارتباطی، کاربری اراضی و شیب، از تلفیق GIS و AHP استفاده کرده‌اند. آنها ابتدا با استفاده از روش AHP وزن هر کدام از معیارها را محاسبه کرده و سپس لایه‌ها را با هم تلفیق نموده‌اند. یمانی و علی‌زاده (۱۳۹٤) به منظور تعیین مکان بهینه دفن زباله در هشتگرد و با در نظر گرفتن عوامل ژئومورفولوژی پس از تعیین وزن معیارها با استفاده از روش AHP، با تلفیق لایه‌های مکانی به پهنه‌بندی مناطق مستعد دفن زباله پرداخته‌اند.

تحقیق حاضر با هدف تعیین مکان بهینه احداث بیمارستان در منطقه ۵ کلان شهر تهران صورت گرفته است. پژوهش حاضر به مسئله عدم توزیع مکانی مطلوب بیمارستان‌های منطقه ۵ تهران پرداخته است و به تعیین مکانی برای احداث بیمارستان جدید و افزایش دسترسی مطلوب شهروندان به بیمارستان اقدام نموده است. بدین منظور از

1. Shadlouei
2. Delavar
3. MODIS
4. Karimi
5. Karakuş
6. Simple Additive Weighting

تلفیق قابلیت‌های تجزیه و تحلیل GIS، روش وزندهی عینی اهمیت معیارها از طریق همبستگی بین معیارها (کریتیک [1]) و دو روش تصمیم‌گیری چند معیاره ارزیابی ترکیبی مبتنی بر فاصله (کوداس [2]) و ویکور [3] استفاده شده است.

۲. متدولوژی

۲. ۱. روش تحقیق

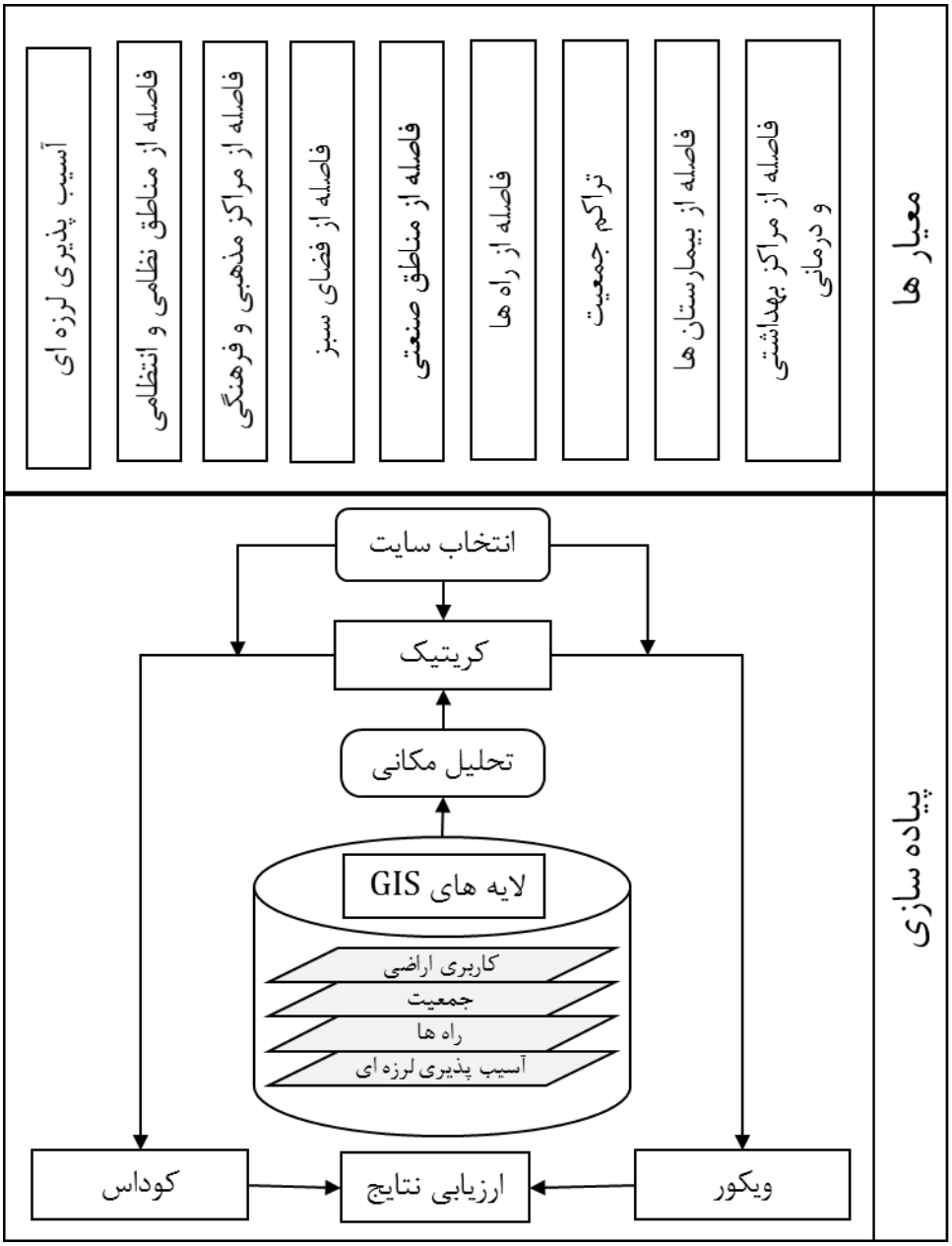
تحقیق حاضر با هدف ارئه مدلی بر مبنای تلفیق روش وزن‌دهی عینی کریتیک و فرایند تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به منظور بهبود فرایند انتخاب مکان بهینه صورت گرفته است. از جمله موارد بسیار مهم و حیاتی در فرایند تصمیم‌گیری، تعیین وزن معیارها بوده و تضاد و وابستگی معیارها خود باعث افزایش پیچیدگی این فرایند می‌شود. بدین منظور در تحقیق حاضر از روش وزن‌دهی عینی کریتیک به منظور تعیین وزن معیارها استفاده شده است. این روش وزن معیارها را با استفاده از همبستگی بین معیارها محاسبه می‌نماید (مشابه روش وزن‌دهی فرایند تحلیل شبکه)، وزن عینی معیارها را محاسبه می‌نماید و نه اولویت معیارها نسبت به هم، مبتنی بر پارامترهای آماری همچون همبستگی و انحراف معیار بوده و دانش مبنا (همچون روش‌های فرایند تحلیل شبکه که مبتنی بر اولویت‌بندی ارائه شده توسط خبرگان می‌باشد) نیست و همچنین تحقیقات بسیار کمی از تلفیق این روش با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی استفاده کرده‌اند.

به منظور رتبه‌بندی سایت‌ها و انتخاب مکان بهینه جهت احداث بیمارستان، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بسیاری وجود دارند که در این تحقیق از دو روش کوداس و ویکور به دلیل قابلیت استفاده در شرایط وجود معیارهای متضاد استفاده شده است. روش تصمیم‌گیری چند معیاره کوداس یکی از روش‌های جدید در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد که همانند روش‌های تاپسیس و ویکور در گروه تکنیک‌های تصمیم‌گیری مبتنی بر فاصله قرار می‌گیرد. استفاده از دو اندازه‌گیری فاصله منهتن و اقلیدسی بر کارایی این روش افزوده است و برای مواردی که معیارها دارای همبستگی و یا تضاد باشند از کارایی بالایی برخوردار است. تحقیقات بسیار کمی از تلفیق روش کریتیک و کوداس با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی استفاده کرده‌اند. به منظور اجرای روش‌های گفته شده از کدنویسی در محیط برنامه نویسی MATLAB استفاده شده است. لایه‌های مکانی معیارهای مورد استفاده در تحقیق در محیط نرم افزار ArcGIS فراهم شده است.

شکل (۱) ساختار کلی پژوهش را نشان می‌دهد. ابتدا با مطالعه تحقیقات قبلی و مصاحبه با کارشناسان و متخصصان، معیارهای مناسب جهت انجام فرایند تعیین مکان بهینه بیمارستان تعیین شده است. درگام بعد تعداد ۱۰ سایت جهت انجام فرایند تصمیم‌گیری انتخاب شده و با استفاده از لایه مکانی هر معیار که در محیط GIS تهیه گردیده است، مقادیر معیارها برای تمام سایت‌های کاندید محاسبه شده است. در گام بعد با استفاده از روش وزن‌دهی

1. Criteria Importance Through Intercriteria Correlation
2. Combinative Distance-based Assessment
3. Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje

کریتیک وزن معیارها محاسبه شده و آنگاه بوسیله دو روش تصمیم‌گیری چند معیاره کوداس و ویکور سایت‌های کاندید رتبه‌بندی شده‌اند. درنهایت نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از نظرات کارشناسان مقایسه شده و مورد ارزیابی قرار گرفته است. در ادامه منطقه مورد مطالعه، معیارهای مورد استفاده، داده‌ها و روش‌های استفاده شده در تحقیق حاضر به اختصار تشریح می‌گردد.

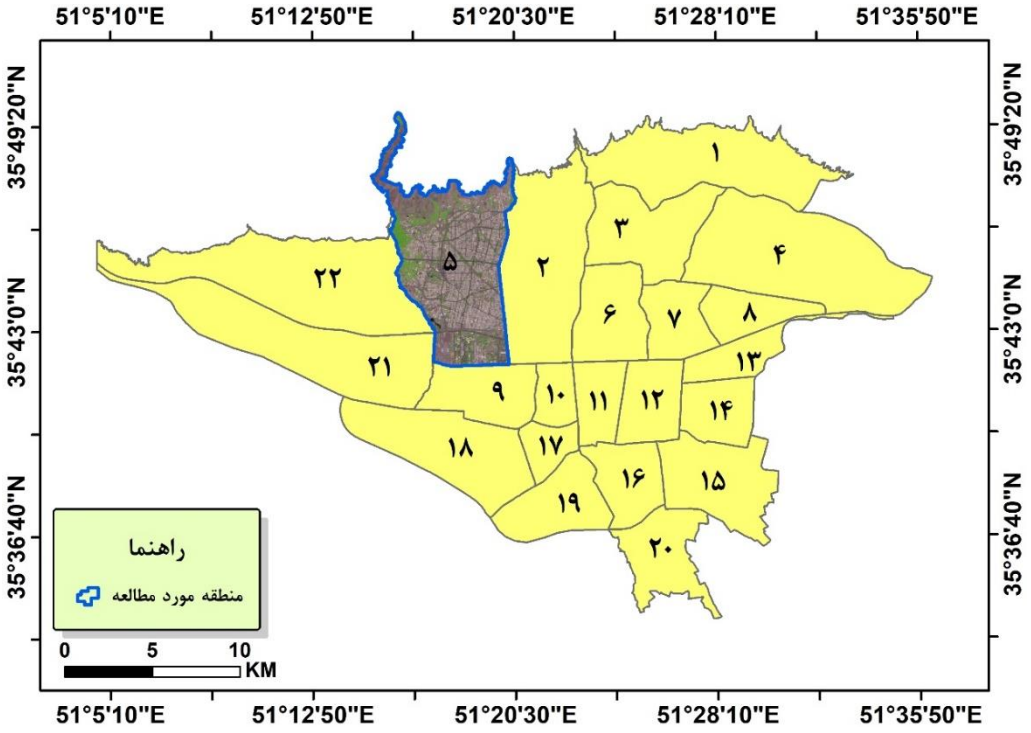


شکل ۱. ساختار کلی پژوهش

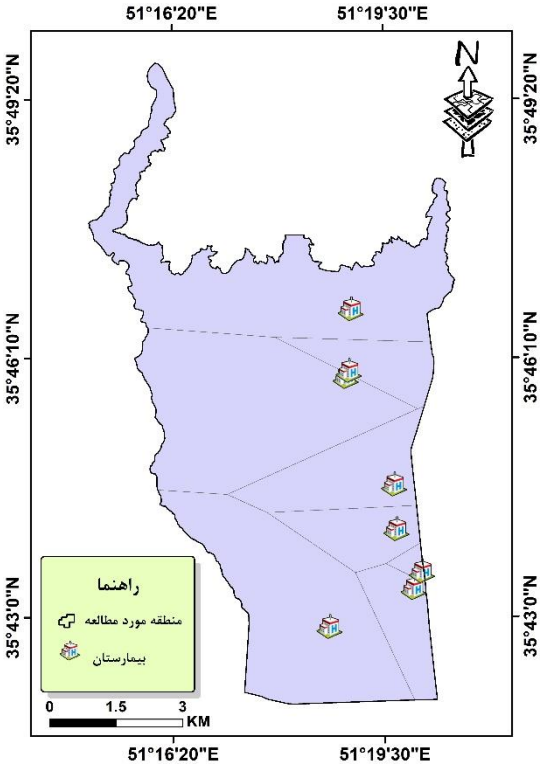
۲. ۲. محدوده مورد مطالعه

شـهر تهران پرجمعیت‌ترین و بزرگترین شـهر ایران می‌باشد و با مساحتی معادل ٦١٥ کیلومتر مربع، جمعیتی بالغ بر ۸/۹۰۰/۰۰ نفر را در خود جای داده اسـت. این شـهر از ۲۲ منطقه تشکیل شده که دومین منطقه پرجمعیت و وسیع آن منطقه ۵ می‌باشـد که در این تحقیق به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شـده اسـت (شـکل ۲). منطقه ۵ با مسـاحتی بیش از ٥٤ کیلومترمربع، بیش از ۸٥٦٥۰۰ نفر جمعیت دارد و متشـکل از ۷ ناحیه و ۲۹ محله می‌باشـد. منطقه ۵ در شـمال غربی تهران قرار دارد و از شـمال به ارتفاعات شـمال تهران، از شـرق به بزرگراه آیت الله اشـرفی اصـفهانی – محمدعلی جناح، از جنوب به جاده مخصـوص کرج و از غرب به مسـیل کن محدود شـده است. منطقه ۵ از شرق با منطقه ۲، از جنوب با منطقه ۹ و از غرب با مناطق ۲۱ و ۲۲ در مجاورت اسـت. این منطقه در سـال‌های ۷۵، ۸۵ و ۹۵ به ترتیب ٤۲۷/۹٥٥، ٦۷۹/۱۰۷ و ۸٥٦/٥٦٥ نفر جمعیت داشـته اسـت که نشـان‌دهنده افزایش جمعیت طی سـال‌های گذشـته می‌باشـد (سـازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شـهرداری تهران، ۱۳۹۸؛ مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰؛ مرکز آمار ایران، ۱۳۹۲؛ مرکز آمار ایران، ۱۳۹٥).

از شـاخص‌های ارزیابی سـرانه درمانی می‌توان تعداد تخت بیمارسـتان به ازای هر ۱۰۰۰ نفر جمعیت را در نظر گرفت که این عدد برای تهران حدود ۱/٥۳۸ می‌باشـد، درحالی که برای کشـورهای توسـعه‌یافته بین ۹ تا ١٤ می‌باشـد (محمـدی و همکارن، ۱۳۹۸، ص.۲٥). با توجه به جمعیت و وسـعت منطقه ۵ تهرن، تعداد بیمارسـتان‌های موجود برطرف کننده نیاز بهداشـتی منطقه نمی‌باشـند. مطابق شکل ۳ که موقعیت قرار گیری بیمارستان‌های منطقه ۵ و محدوده دسـترسـی آنها را نشان می‌دهد، بیشتر بیمارستان‌های منطقه ۵ شهر تهران در جنوب و جنوب شرق منطقه قرار دارند و محلات واقع در شـمال و غرب منطقه فاقد بیمارسـتان بوده و یا دسـترسـی مناسـبی به بیمارستان‌ها ندارند. با توجه به موارد گفته شـده لزوم تعیین مکان بهینه برای احداث بیمارسـتان جدید به منظور کاهش نیازهای بهداشـتی و درمانی منطقه و برآورده کردن استاندارها مشخص می‌گردد (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹٦، ص.۲۳).



شکل ۲. منطقه مورد مطالعه



شکل ۳. موقعیت قرار گیری بیمارستان‌های منطقه ۵ و محدوده دسترسی آنها

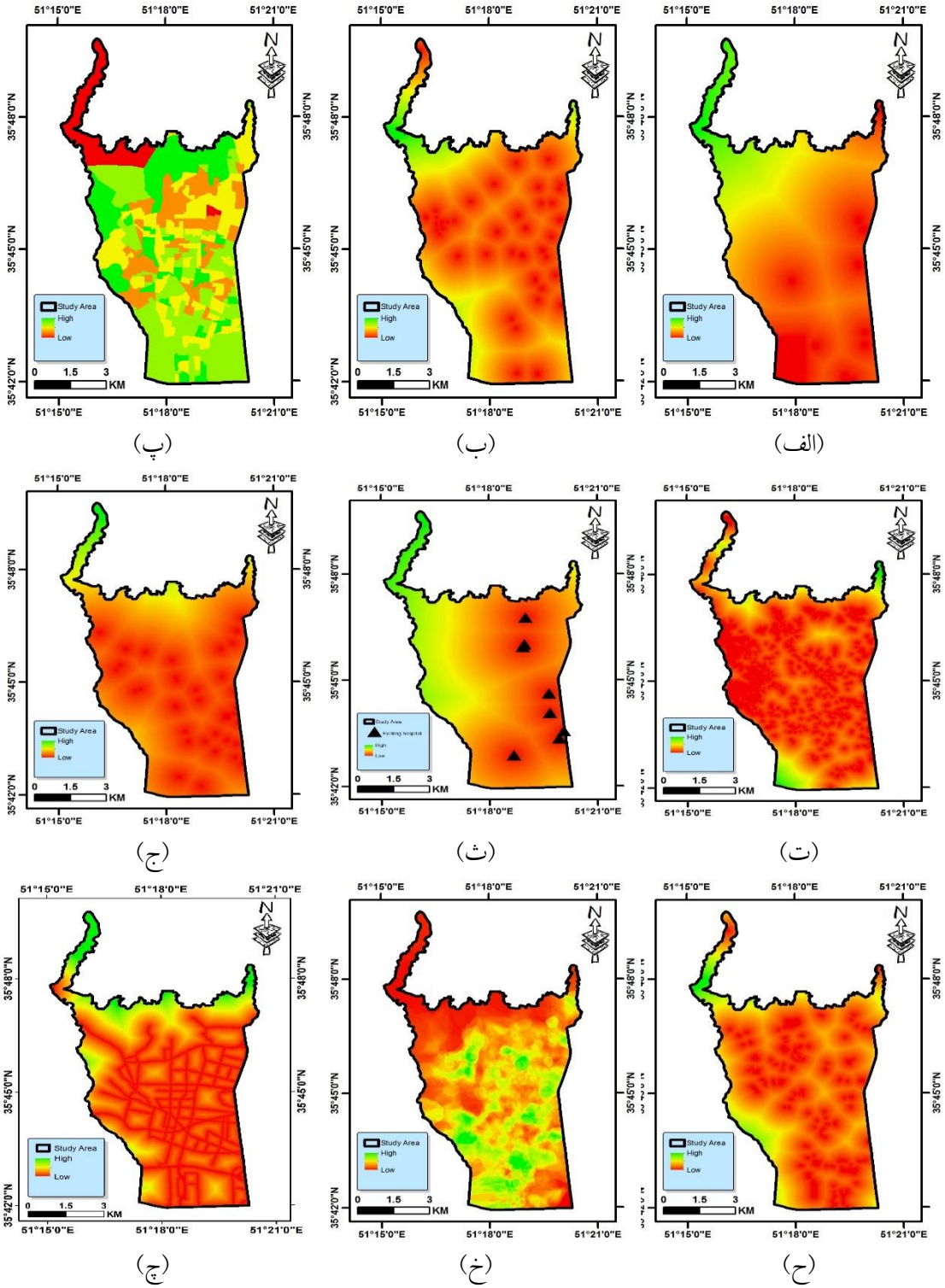
۲. ۳. معیارهای مورد استفاده جهت رتبه‌بندی مناطق مستعد بیمارستان

در فرایند تعیین مکان‌های مستعد احداث بیمارستان معیارهای بسیاری تأثیر دارند، در این تحقیق بر اساس مرور ادبیات و نظرات کارشناسان تعداد ۹ معیار موثر از میان معیارهای موجود انتخاب شده است (ادعلی و تاس، ۲۰۱۹، ص.٦؛ پارسامقدم و همکاران، ۲۰۱۷، ص.۳۸۰؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۸، ص.۲۸؛ ساهین و همکاران، ۲۰۱۹، ص.٤٤؛ صحرائیان و همکاران، ۲۰۱۳، ص.۱۵۸؛ سنوار و همکاران، ۲۰۱٦، ص.۱۱٤۳؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۱۹، ص.۸۲؛ وحیدنیا و همکارن، ۲۰۰۹، ص.۳۰۵۰) . معیارهای انتخاب شده عبارتند از: آسیب‌پذیری لرزه‌ای، فاصله از فضای سبز، فاصله از مراکز نظامی و انتظامی، فاصله از مراکز مذهبی و فرهنگی، فاصله از مناطق صنعتی، فاصله از راه‌های اصلی، تراکم جمعیت، فاصله از بیمارستان‌های موجود و فاصله از مراکز بهداشتی و درمانی.

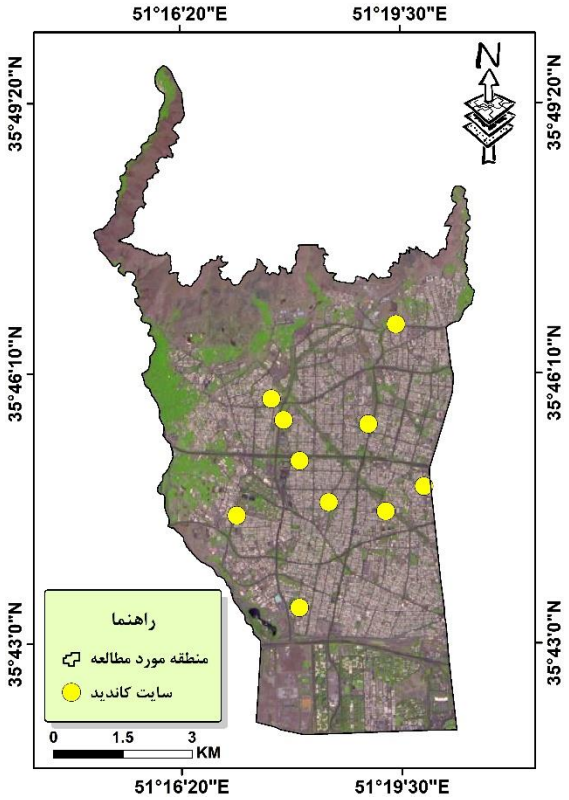
۲. ٤. داده‌های تحقیق

پس از انتخاب معیارهای مناسب تعیین مکان‌های مستعد احداث بیمارستان، گام بعدی تهیه لایه‌های مکانی مناسب جهت محاسبه مقادیر معیارها برای هر سایت می‌باشد. لایه‌های خامی که به منظور تهیه لایه معیارها مورد استفاده قرار گرفته‌اند شامل: لایه کاربری اراضی شهر تهران، لایه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای بر اساس نتایج تحقیق (شیخیان[1] و همکاران، ۲۰۱۷) که با استفاده از روش ترکیبی محاسبات دانه‌ای و شبکه‌های عصبی مصنوعی انجام شده است، لایه پراکندگی جمعیت و لایه راه‌های اصلی می‌باشند. در هنگام تهیه لایه هر معیار، افزون بر منطقه ۵ ،تأثیر مناطق ۲، ۹، ۲۱، ۲۲ نیز در تهیه لایه‌ها دیده شده است ولی نتایج تنها برای منطقه ۵ آورده شده است. شکل (٤) لایه‌ی اطلاعاتی هر معیار را نشان می‌دهد. با استفاده از روش درونیابی کریجینگ[2] لایه تراکم جمعیت، با محاسبه فاصله اقلیدسی هر نقطه تا کاربری مورد نظر معیار لایه‌های فاصله از کاربری‌ها و با استفاده از پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای، لایه ریسک آسیب‌پذیری لرزه‌ای تهیه شده است. در گام بعد تعداد ۱۰ سایت در منطقه ۵ تهران با در نظر گرفتن سه شرط حداقل مساحت ۳۵۰۰ متر مربع، دسترسی مناسب به راه‌های اصلی و بایر بودن زمین انتخاب شده (شکل ۵) و به منظور ارزیابی در اختیار کارشناسان قرار گرفته است. در گام بعد مقادیر معیارها برای تمام سایت‌ها محاسبه شده است.

1. Seikhian
2. Kiriging



شکل ٤. الف) فاصله از مراکز نظامی و انتظامی، ب) فاصله از مراکز مذهبی و فرهنگی، پ) آسیب‌پذیری لرزه‌ای، ت)فاصله از فضای سبز، ث) فاصله از بیمارستان‌های موجود، ج) فاصله از مراکز بهداشتی و درمانی، ح) فاصله از مناطق صنعتی، خ) تراکم جمعیت، چ) فاصله از راه‌های اصلی



شکل ۵. سایت‌های کاندید انتخاب شده

۲. ۵. روش کریتیک

در فرایند تصمیم‌گیری وزن معیارها نقشی مهم و حیاتی دارد (ادعلی و تاس، ۲۰۱۹، ص.۳). روش وزن‌دهی کریتیک از جمله روش‌های وزن‌دهی عینی می‌باشد که از همبستگی میان معیارها جهت تعیین وزن استفاده می‌کند (زهاو[1] و همکاران، ۲۰۱۱، ص.۲۰۱۲). این روش بوسیله دیاکولاکی[2] و همکاران (۱۹۹۵)، مبتنی بر دو مفهوم شدت تقابل[3] و ویژگی متضاد[4] معیارها پیشنهاد شده است. به عبارتی انحراف معیار بیشتر یک معیار و همبستگی کمتر آن نسبت به معیارهای دیگر وزن بیشتر آن را نشان می‌دهد. تعیین وزن با روش کریتیک شامل مراحل زیر می‌باشد (ادعلی و اساک[5]، ۲۰۱۷؛ دیکولاکی و همکاران، ۱۹۹۵؛ مادک[6] و رادووانیویک[7]، ۲۰۱۵؛ اصغری‌زاده و محمدی بالانی، ۱۳۹۶):

1. Zhao
2. Diakoulaki
3. Contrast Intensity
4. Conflicting Character
5. Işık
6. Madic
7. Radovanović

گام ۱: همچون رابطه (۱) ماتریس تصمیم تشکیل می‌شود. در این ماتریس n سطر، بیانگر تعداد مکان‌های کاندید احداث بیمارستان و m ستون، بیانگر تعداد معیارهای مورد استفاده جهت تصمیم‌گیری می‌باشد.

$$X_{n\times m}=\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \qquad (۱)$$

گام ۲: توسط رابطه (۲) برای معیارهای دارای فایده و رابطه (۳) برای معیارهای دارای هزینه در تصمیم‌گیری، ماتریس تصمیم نرمال می‌شود.

$$x^{*}{}_{ij}=\frac{x_{ij}-\min(x_{ij})}{\max(x_{ij})-\min(x_{ij})} \qquad (۲)$$

$$x^{*}{}_{ij}=\frac{\max(x_{ij})-x_{ij}}{\max(x_{ij})-\min(x_{ij})} \qquad (۳)$$

گام ۳: با در نظر گرفتن انحراف معیار هر معیار و همبستگی آن با سایر معیارها وزن‌ها محاسبه می‌شود.

$$W_j=\frac{C_j}{\sum_{j=1}^{m} C_j} \qquad (٤)$$

$$C_j=\sigma_j\times\sum_{i=1}^{m}1-r_{ji} \qquad (٥)$$

σ_j در روابط بالا انحراف معیار معیار j–ام بوده و r_{ji} ضریب همبستگی اسپیرمن بین معیار j–ام و معیار i–ام می‌باشد.

۲. ٦. روش کوداس

روش کوداس یکی از روش‌های جدید تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر فاصله است که در سال ۲۰۱٦ توسط کشاورز[1] و همکاران (کشاورز و همکاران، ۲۰۱٦) ارائه شده است. این روش با محاسبه فواصل اقلیدسی و منهتن گزینه‌ها از راه‌حل ایده‌آل منفی، به رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌پردازد. در ادامه مراحل انجام این روش آورده شده است (کشاورز و همکارن، ۲۰۱٦؛ ادعلی و تاس، ۲۰۱۹؛ کاراکاس و همکاران، ۲۰۲۰).

گام ۱: ماتریس تصمیم همانند معادله (۱) تشکیل می‌شود.

گام ۲: بر اساس معادلات زیر و با روش خطی ماتریس تصمیم گام قبل نرمال می‌شود (رابطه (٦) جهت نرمالسازی معیارهای دارای تأثیر مثبت و رابطه (۷) جهت نرمالسازی معیارهای دارای تأثیر منفی استفاده می‌شود).

1. Keshavarz

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} \quad (٦)$$

$$n_{ij} = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} \quad (٧)$$

گام ۳: به منظور محاسبه ماتریس نرمال موزون، بردار وزن معیارها در ماتریس تصمیم نرمال شده ضرب می‌گردد.

$$r_{ij} = n_{ij} \times W_j \quad (٨)$$

گام ٤: با توجه به اینکه نرمالسازی به روش خطی صورت گرفته است، اکنون تمام معیارها دارای تأثیر مثبت می‌شوند. بنابراین راه‌حل ایده‌آل منفی برابر با کمترین مقدار هر شاخص می‌باشد.

$$ns_j = \min_i r_{ij} \quad (٩)$$

گام ٥: با استفاده از روابط زیر برای تمام گزینه‌ها فواصل اقلیدسی و منهتن نسبت به راه‌حل ایده‌آل منفی محاسبه می‌شود.

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} \left(r_{ij} - ns_j\right)^2} \quad (١٠)$$

$$t_i = \sum_{j=1}^{m} \left|r_{ij} - ns_j\right| \quad (١١)$$

گام ٦: با استفاده از رابطه زیر ماتریس ارزیابی نسبی[1] محاسبه می‌شود.

$$Ra = [h_{ik}]_{n \times n} \quad (١٢)$$

$$h_{ik} = (E_i - E_k) + (\psi(E_i - E_k) \times (T_i - T_k)) \quad (١٣)$$

در رابطه بالا k همانند i دارای مقادیر ۱ تا n بوده و به منظور ارزیابی کیفیت فاصله اقلیدسی از تابع ψ به بصورت زیر استفاده می‌شود.

$$\psi(x) = \begin{cases} 1 \; if \; |x| \geq \tau \\ 0 \; if \; |x| < \tau \end{cases} \quad (١٤)$$

در رابطه بالا τ عامل حد آستانه است و معمولا ۰/۰۲ در نظر گرفته می‌شود(جهت اطلاعات بیشتر به منبع (کشاورز و همکاران، ۲۰۱٦) مراجعه شود).

گام ۷: درجه تناسب هر گزینه با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$H_i = \sum_{k=1}^{n} h_{ik} \quad (١٥)$$

1. Relative assessment matrix

گام ٦: به منظور رتبه‌بندی گزینه‌ها، مقادیر H را بترتیب نزولی مرتب می‌کنیم.

۲. ۷. روش ویکور

از جمله تکنیک‌های سازشی در تصمیم‌گیری چند معیاره روش ویکور می‌باشد که توسط آپریکوویک[1] در سال ۱۹۹۸ (اپریکوویک، ۱۹۹۸) پیشنهاد شد. این روش از جمله روش‌های معروف در فرایند تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد که قابلیت استفاده در مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره با داشتن معیارهای متناقض را دارد. این روش نیز همانند روش تاپسیس و کوداس رتبه‌بندی را با محاسبه فواصل بین گزینه‌ها و جواب ایده‌آل انجام می‌دهد. در ادامه مراحل اجرای روش ویکور آورده شده است (اپریکوویک، ۱۹۹۸؛ اصغری‌زاده و محمدی بالانی، ۱۳۹٦).

گام ۱: ماتریس تصمیم با استفاده از معادله (۱) تشکیل می‌شود.

گام ۲: بهترین و بدترین مقادیر هر معیار فایده و هزینه بترتیب برابر است با بیشترین و کمترین مقدار آن (a_j^+) و کمترین و بیشترین مقدار آن (a_j^-).

گام ۳: با استفاده از رابطه (١٦) مقادیر نرمال شده بهترین و بدترین مقدار معیارها بدست می‌آید.

$$r_{ij} = \frac{\left|a_j^+ - a_{ij}\right|}{\left|a_j^+ - a_j^-\right|} \qquad (١٦)$$

r_{ij} فاصله نرمال شده هر معیار با بهترین جواب ممکن می‌باشد.

گام ٤: با استفاده از رابطه (۱۷) ماتریس نرمال شده موزون محاسبه می‌شود.

$$t_{ij} = r_{ij} \times W_j \qquad (۱۷)$$

گام ۵: مقادیر موافقت کلی (S_i) و مخالفت جزئی (R_i) با جواب توافقی برای هر گزینه با استفاده از روابط (۱۸) و (۱۹) محاسبه می‌شود.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} t_{ij} \qquad (۱۸)$$

$$R_i = max(t_{ij})_{j \in J} \qquad (۱۹)$$

در روابط بالا S_i فاصله گزینه i–ام از راه‌حل توافقی است. به عبارتی میزان موافقت آن با راه‌حل توافقی را نشان می‌دهد. هرچه مقدار این فاصله کمتر باشد، آن گزینه مناسب‌تر است. مقادیر R_i بیشینه فاصله گزینه i–ام بین تمام معیارها است. به عبارتی نشان‌دهنده میزان مخالفت گزینه i–ام با راه‌حل توافقی است.

گام ٦: مقادیر Q با ترکیب مقادیر بدست آمده از گام (۵) به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$Q_i = \left(v \times \left(\frac{S_i - S^+}{S^- - S^+}\right)\right) + \left((1-v) \times \left(\frac{R_i - R^+}{R^- - R^+}\right)\right) \qquad (۲۰)$$

1. Opricovic

در رابطـه بـالا پـارامتر v وزن مطلوبت کلی بوده که در این تحقیق برابر ۰/۵ در نظر گرفته شـــده اســـت (جهت اطلاعات بیشـــتر به منابع(اپریکوویک، ۱۹۹۸؛ اصـــغری‌زاده و محمدی بالانی، ۱۳۹۶) مراجعه شـــود). اگر مقادیر ایده‌آل همانند رابطه (۲۱) در نظر گرفته شوند، مقدار Q با استفاده از رابطه (۲۲) محاسبه می‌شود.

$$\begin{cases} S^+ = 0 \\ S^- = 1 \end{cases}, \begin{cases} R^+ = 0 \\ R^- = 1 \end{cases} \quad (۲۱)$$

$$Q_i = \frac{1}{2}(S_i + R_i) \quad (۲۲)$$

گام ۷: تمام گزینه‌ها بر اساس Q به صورت صعودی مرتب شده و رتبه بندی گزینه‌ها انجام می‌شود.

۳. یافته‌های تحقیق

در این قسمت نتایج روش وزن‌دهی و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره آورده شده است.

۳. ۱. نتایج روش وزن‌دهی عینی کریتیک

در این قســمت با در نظر گرفتن ۱۰ سایت انتخاب شده، وزن معیارها با استفاده از روش وزندهی کریتیک محاسبه شـــده اســـت. ابتدا همانند رابطه (۱) ماتریس تصـــمیم تشکیل می‌شود. سطرها در این ماتریس بیانگر سایت‌های انتخاب شـــده و ســـتون‌ها بیانگر معیارها هســـتند. در گام بعد با توجه به اینکه هر معیار در بردارنده هزینه و یا فایده اســـت، مـاتریس تصـــمیم با اســـتفاده از دو رابطه (۲) و (۳) نرمال می‌شـــود. در گام بعد انحراف معیار و میانگین هر معیار و همینطور همبسـتگی اسپیرمن بین معیارها محاسبه شده و با استفاده از روابط (٤) و (۵) وزن هر معیار محاسبه می‌گردد. جدول (۱) وزن بدســـت آمده برای هر معیار با اســـتفاده از روش کریتیک را نشـــان می‌دهد. همانگونه که در جدول (۱) مشـــاهده می‌شـــود معیارهای «آسیب پذیری لرزه‌ای»، «فاصله از راه‌های اصلی» و «فاصله از مراکز بهداشتی و درمانی» به ترتیب مهمترین معیارها در فرایند رتبه‌بندی سایت‌های کاندید احداث بیمارستان می‌باشند.

جدول ۱. وزن معیارها بر اساس روش کریتیک

ردیف	معیار	وزن
۱	فاصله از مراکز نظامی و انتظامی	۰/۱۰۵۰
۲	فاصله از مراکز مذهبی و فرهنگی	۰/۰۸۷٤
۳	آسیب پذیری لرزه‌ای	۰/۱٤۸۲
٤	فاصله از فضای سبز	۰/۱۱۵۱
۵	فاصله از مراکز بهداشتی و درمانی	۰/۱۱۵۹
٦	فاصله از بیمارستان‌ها	۰/۰۷۹۷
۷	فاصله از مناطق صنعتی	۰/۱۰٦۳
۸	تراکم جمعیت	۰/۱۱۸۱
۹	فاصله از راه‌های اصلی	۰/۱۲٤۳

مأخذ: (یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

۳. ۲. نتایج رتبه‌بندی روش کوداس

ابتدا همچون روش کریتیک ماتریس تصمیم با استفاده از رابطه (۱) تشکیل شده و با توجه به اینکه هر معیار در بردارنده هزینه و یا فایده است، ماتریس تصمیم با استفاده از دو رابطه (٦) و (۷) نرمال می‌شود. در گام بعد با استفاده از ماتریس تصمیم نرمال شده و بردار وزن بدست آمده از روش کریتیک، ماتریس تصمیم نرمال شده موزون از رابطه (۸) محاسبه می‌شود. در گام بعد راه‌حل ایده‌آل منفی از رابطه (۹) محاسبه می‌شود، جدول (۲) راه‌حل ایده‌آل منفی را نشان می‌دهد. در گام بعد فواصل اقلیدسی و منهتن بین تمام گزینه‌ها و راه‌حل ایده‌آل منفی با استفاده از روابط (۱۰) و (۱۱) محاسبه می‌شود. در نهایت با استفاده از رابطه (۱۳) ماتریس ارزیابی نسبی و با استفاده از رابطه (۱۵) درجه تناسب هر گزینه محاسبه می‌گردد. جدول ۳ نتایج روش کوداس را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود سایت‌های شماره ۷، ۵ و ۹ به ترتیب مناسب‌ترین و سایت‌های شماره ۱، ۱۰ و ۸ به ترتیب نامناسب‌ترین مکان برای احداث بیمارستان می‌باشند.

جدول ۲. راه‌حل ایده آل منفی

معیار	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9
راه‌حل ایده-آل منفی	۰/۰۱۳۹	۰/۰۱۱۵	۰/۰۵۹۳	۰/۰۰۰۰	۰/۰۲٦٦	۰/۰۰۱۲	۰/۰۱٥٤	۰/۰۲۱۹	۰/۰۰۹۱

مأخذ: (یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

جدول ۳. نتایج روش کوداس

سایت	فاصله اقلیدسی	فاصله منهتن	درجه تناسب	رتبه
سایت ۱	۰/۰۸۸۲	۰/۱۷۷۷	-۱/۳۳۰۳	۱۰
سایت ۲	۰/۱٤۲۳	۰/۲۹٦٥	۰/۳٥۹٤	٥
سایت ۳	۰/۱٤۸۹	۰/۲۹۰٤	۰/۳۸۸۲	٤
سایت ٤	۰/۱۱۸۱	۰/۲۲۹۲	-۰/٥٤۷۸	٦
سایت ٥	۰/۱٤۰٥	۰/۳٤۲۷	۰/٦۱۸۷	۲
سایت ٦	۰/۱۰۷۷	۰/۲٥۲۰	-۰/٦۸۸٦	۷
سایت ۷	۰/۱۹۰۸	۰/٤۸۰٦	۲/٦۱۲۹	۱
سایت ۸	۰/۱۰٤۲	۰/۲۱٥٥	-۰/۹۰٦٦	۸
سایت ۹	۰/۱۳۸۱	۰/۳۲۸۸	۰/٤۱۱۱	۳
سایت ۱۰	۰/۱۰۸٤	۰/۲۰۰٥	-۰/۹۱٦۹	۹

مأخذ: (یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

۳. ۳. نتایج رتبه‌بندی روش ویکور

ابتدا همچون روش کریتیک و کوداس ماتریس تصمیم با استفاده از رابطه (۱) تشکیل شده و با توجه به اینکه هر معیار در بردارنده هزینه و یا فایده است، بهترین و بدترین مقادیر هر معیار همانند جدول (٤) محاسبه می‌شود. در گام بعد با استفاده از رابطه (١٦) فاصله نرمال شده هر شاخص با بهترین جواب ممکن از طریق ترکیب بهترین و بدترین مقادیر معیارها، محاسبه می‌شود. در گام بعد ماتریس تصمیم نرمال موزون با استفاده از رابطه (۱۷) محاسبه شده و برای هر گزینه مقادیر موافقت کلی(S) و مخالفت جزئی (R) با جواب توافقی با استفاده از روابط (۱۸) و (۱۹) تعیین می‌گردد. در نهایت مقادیر Q با ترکیب مقادیر بدست آمده از گام قبل، با استفاده از رابطه (۲۲) محاسبه می‌گردد. نتایج روش ویکور در جدول ۵ نشان داده شده است. همانگونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود سایت‌های شماره ۷، ۵ و ۹ به ترتیب مناسب‌ترین و سایت‌های شماره ۱، ۱۰ و ۳ به ترتیب نامناسب‌ترین مکان برای احداث بیمارستان می‌باشند.

جدول ٤. مجموعه جواب ایده آل منفی

معیار	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9
بهترین مقادیر معیارها	۳٤۲۷/۱۲۱	۱۵۲/۵۸۲	۲	۰	۲۰۰	۳٤۳۵/۸۸٦	۵٤۵/۰۰٦	۷۷۳/٤٦۸	۲۵
بدترین مقادیر معیارها	٤۵۵/۰۰۷	۱۱۵۵/۲۱۹	۵	۲۷۷/۵٤۵	۸٦۹/۸۰٦	۵۰	۷۹/۰۵۷	۱٤۳/٦٦۵	۳٤۳/۲۳۸

مأخذ: (یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

جدول ۵. رتبه‌بندی گزینه‌ها با روش ویکور

سایت	S_i	R_i	Q_i	رتبه
سایت ۱	۰/٦۳۲٤٦	۰/۱٤۸۲	۰/۳۹۰۳	۱۰
سایت ۲	۰/٤۷٦٤	۰/۱٤۸۲	۰/۳۱۲۳	۵
سایت ۳	۰/۵۹۵٦	۰/۱٤۸۲	۰/۳۷۱۹	۸
سایت ٤	۰/۵۹۷۱۳	۰/۱۲٤۳	۰/۳٦۰۷	٦
سایت ۵	۰/۳۹٦۹۱	۰/۱۰۷۵۱	۰/۲۵۲۲	۲
سایت ٦	۰/٤۵۵۲۹	۰/۱۰۵	۰/۲۸۰۱	٤
سایت ۷	۰/۳۵۷٦۳	۰/۱۱۵۱	۰/۲۳٦٤	۱
سایت ۸	۰/٦۲۲۵۳	۰/۱۱٤۵۱	۰/۳٦۸۵	۷
سایت ۹	۰/٤۱۷۸٦	۰/۱۱۱۵۸	۰/۲٦٤۷	۳
سایت ۱۰	۰/٦۱۸٤۹	۰/۱٤۸۲	۰/۳۸۳٤	۹

مأخذ: (یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

٤. بحث

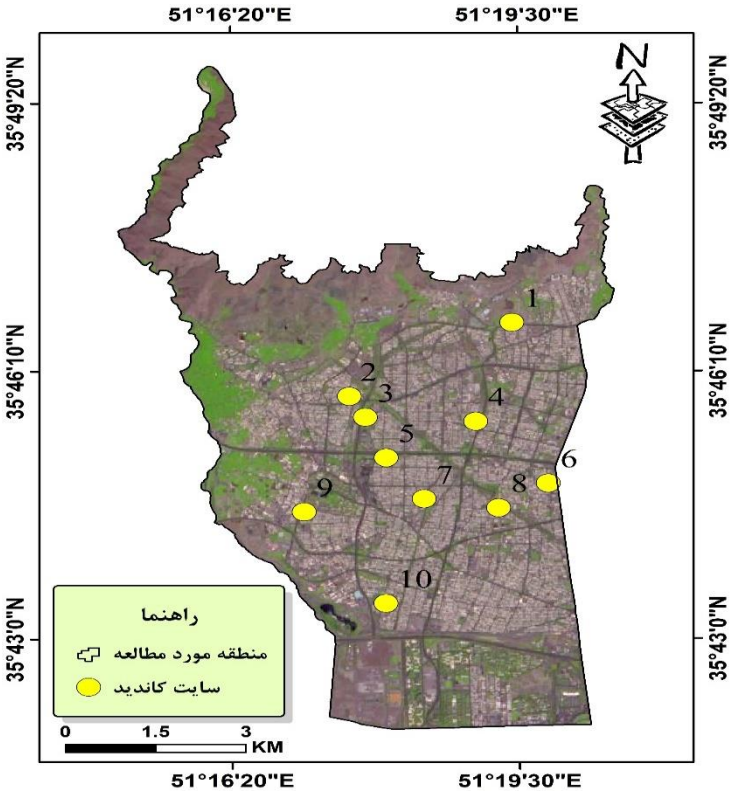
تعیین مکان بهینه بیمارستان در شهرهای توسعه یافته و وسیع بسیار حیاتی است و یکی از الزامات توسعه شهرهاست. مسئله تعیین مکان بهینه بیمارستان یک مسئله دشوار تصمیم‌گیری چندمعیاره است زیرا در طی این فرایند باید معیارهای متضاد و وابسته در نظر گرفته شوند. در این هنگام با ارزیابی سایت‌ها می‌توان اطلاعات مناسب و کارآمدی از هر سایت به منظور انجام تصمیم‌گیری بدست آورد. یکی از روش‌هایی که می‌تواند بدین منظور مورد استفاده قرار گیرد تلفیق سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چند معیاره است. استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره به همراه سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی سبب بهبود عملکرد آن می‌شود.

در این تحقیق به منظور انتخاب مکان بهینه احداث بیمارستان جدید در منطقه ۵ کلان شهر تهران از دو روش تصمیم‌گیری چند معیاره کوداس و ویکور استفاده شده است. در طی این فرایند ابتدا با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی مقادیر معیارها برای هر سایت محاسبه شده است و آنگاه وزن معیارهای تعیین مکان بهینه احداث بیمارستان، با استفاده از روش وزن‌دهی عینی کریتیک بدست آمده است. بر اساس نتایج روش وزن‌دهی کریتیک، مهمترین معیارها در تعیین مکانهای مستعد بیمارستانی بترتیب «آسیب‌پذیری لرزه‌ای»، «فاصله از راه‌های اصلی» و «تراکم جمعیت» می‌باشند. یکی از اهداف فرایند وزندهی تعیین مولفه‌های موثر بر تصمیم‌گیری بوده و در این فرایند باید وابستگی بین معیارها در نظر گرفته شود. از جمله مزایای روش وزندهی کریتیک قابلیت در نظر گرفتن وابستگی بین معیارها می‌باشد. دو روش تصمیم‌گیری چند معیاره کوداس و ویکور قابلیت استفاده در فرایند تصمیم‌گیری در هنگام وجود معیارهای متضاد را دارند و نتایج تقریبا مشابهی داشته‌اند. بر اساس نتایج دو روش سایت‌های ۷، ۵ و ۹ (شکل ٦) بترتیب به عنوان بهینه‌ترین مکان و سایت‌های ۱ و ۱۰ بترتیب به عنوان نامناسب‌ترین مکان جهت احداث بیمارستان تشخیص داده شده است.

سایت شماره ۵-اولویت ۲

سایت شماره ۷- اولویت ۱

سایت شماره ۹- اولویت ۳



شکل ٦. سه سایت مناسب احداث بیمارستان

جدول ٦. مقایسه نتایج رتبه‌بندی

سایت	کوداس	ویکور	رتبه‌بندی کارشناسان
سایت ۱	۱۰	۱۰	۱۰
سایت ۲	۵	۵	٦
سایت ۳	٤	۸	٤
سایت ٤	٦	٦	۵
سایت ۵	۲	۲	۲
سایت ٦	۷	٤	۸
سایت ۷	۱	۱	۱
سایت ۸	۸	۷	۷
سایت ۹	۳	۳	۳
سایت ۱۰	۹	۹	۹

مأخذ: (یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

در ادامه به منظور ارزیابی نتایج دو روش استفاده شده در تحقیق، سایت‌های مورد استفاده در تحقیق توسط ۲۰ کارشناس با تخصص‌های اطلاعات جغرافیایی، برنامه‌ریزی شهری، شهرسازی و آمایش سرزمین مورد ارزیابی و

رتبه‌بندی قرار گرفته در نهایت بر اساس رأی اکثریت گزینه‌ها رتبه‌بندی شده‌اند. جدول ٦ مقایسه نتایج دو روش کوداس و ویکور با رتبه‌بندی کارشناسان را نشان می‌دهد. با توجه به جدول مذکور نتایج هر دو روش تشابه بالایی با رتبه‌بندی انجام شده توسط کارشناسان داشته‌اند، ولی نتایج رتبه‌بندی روش کوداس نسبت به نتایج رتبه‌بندی روش ویکور از صحت بالاتری برخوردار می‌باشد.

۵. نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از روش ترکیبی کریتیک-کوداس به منظور انتخاب مکان‌های مستعد احداث بیمارستان نسبت به روش کریتیک-ویکور مناسبتر است. این روش می‌تواند در سایر مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره نیز مورد استفاده قرار گیرد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که تلفیق سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی با تصمیم‌گیری چند معیاره موجب بهبود عملکرد آن شده و ترکیب روش جدید کوداس با روش وزن‌دهی عینی کریتیک از قابلیت بالایی در فرایند تصمیم‌گیری برخوردار است. استفاده از روش‌های وزن‌دهی عینی همچون کریتیک و تلفیق آن با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چند معیاره از عملکرد قابل قبولی برخوردار می‌باشد.

از تفاوت‌های تحقیق حاضر با سایر تحقیقات انجام گرفته می‌توان موارد زیر را نام برد:

- در تحقیقات صورت گرفته عمدتاً از روش‌های تعیین وزن مبتنی بر نظرات کارشناسان (روش‌های مبتنی بر نظر خبرگان عمدتا به اولویت‌بندی معیارها پرداخته و وزن آنها را مشخص نمی‌کنند) استفاده شده است در حالی که در تحقیق حاضر از روش وزن‌دهی عینی کریتیک به دلیل در نظر گرفتن همبستگی بین معیارها استفاده شده است. یکی از بهترین روش‌های دانش‌مبنای تعیین وزن معیارها روش فرایند تحلیل شبکه می‌باشد که روابط درونی معیارها یا به عبارتی وابستگی بین آنها را در نظر می‌گیرد، ولی تعدد ماتریس مقایسات زوجی، پیچیدگی و سنگینی محاسبات آن در مقایسه با روش وزن‌دهی کریتیک که آن نیز همبستگی بین معیارها را در نظر می گیرد بسیار بالاست. روش وزن‌دهی کریتیک برای مدل‌های مستقل از کارشناسان بسیار مناسب می‌باشد.

- تحقیقات محدودی از روش‌های جدیدی همچون کوداس استفاده کرده‌اند که در تحقیق حاضر از تلفیق سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و روش جدید کوداس به منظور مکانیابی بیمارستان استفاده شده است. روش تصمیم‌گیری چند معیاره کوداس به دلیل اندازه‌گیری دو فاصله منهتن و اقلیدسی کارایی بیشتری در مواجهه با معیار های متضاد دارد.

- پژوهش‌هایی که در زمینه مکانیابی بیمارستان صورت گرفته‌اند عمدتاً از معیار آسیب‌پذیری لرزه‌ای استفاده نکرده‌اند. در تحقیق حاضر معیار آسیب‌پذیری لرزه‌ای در فرایند مکانیابی بیمارستان در نظر گرفته شده است. به بدین منظور مقادیر این معیار برای سایت‌های کاندید با استفاده از نتایج یکی از دقیق‌ترین و جدیدترین روش‌های موجود ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای مبتنی بر تلفیق شبکه‌های عصبی مصنوعی و روش محاسبات دانه‌ای، محاسبه شده است.

بـه عنوان پیشـــنهـاد برای تحقیقـات آینده می‌توان در نظر گرفتن معیارهایی همچون قیمت زمین، توزیع بیماری و آلودگی محیطی که در این تحقیق به دلیل عدم دسـترسـی به لایه‌های مکانی آنها مورد استفاده قرار نگرفتند، را بیان کرد.

کتاب‌نامه

١. اصغری‌زاده، ع.، و محمدی‌بالانی، ع. (١٣٩٦). *تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

٢. بزرگمهر، ک.، حکیم‌دوست، س. ی.، محمدپورزیدی، ع.، و صیدی، ز. (١٣٩٣). مکانیابی بهینه محل دفن مواد زاید جامدشهری با استفاده از مدل (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان تنکابن). *فصلنامه علمی-پژوهش اطلاعات جغرافیایی سپهر*، ٢٣ (٩١)، ٨١-٨٨.

٣. پارسا مقدم، م.، یزدانی، م. ح.، سیدین، ا.، و پاشازاده، م. (١٣٩٥). مکان‌یابی بهینه بیمارستان‌های شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در شهر اردبیل. *مجله دانشگاه علوم پزشکی اردبیل*، ١٦ (٤)، ٣٨٨-٣٧٤.

٤. تهران: مرکز آمار ایران.

٥. حسین زاده، ن.، قربانی، ا.، میر علایی، ز.، شاهرودی، م.، و فرهمندزادگان، م. ج. (١٣٩٦). مکان‌گزینی مناسب بیمارستان‌های شهری از طریق تلفیق روش سلسله‌مراتبی (AHP) و مدل (Fuzzy) در محیط GIS (مورد مطالعه: منطقه١٩ شهر تهران). *مجله کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در برنامه‌ریزی*، ٨(٤)، ٣٨-٢١.

٦. سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران. (١٣٩٨). *آمارنامه شهر تهران ١٣٩٧: سالنامه آماری*. تهران: شهرداری تهران.

٧. صحرائیان، ز.، زنگی آبادی، ع.، و خسروی، ف. (١٣٩٢). تحلیل فضایی و مکان‌یابی مراکز بهداشتی- درمانی و بیمارستان با استفاده از GIS نمونه موردی: شهر جهرم. *فضای جغرافیایی*، ١٣ (٤٣)، ١٧٠-١٥٣.

٨. کاوه، م.، و مسگری، م. (١٣٩٨). مکانیابی مراکز بیمارستان با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات ترکیبی مطالعه موردی: منطقه دو تهران. *فصلنامه علمی-پژوهش اطلاعات جغرافیایی سپهر*، ٢٨ (١١١)، ٢٢-٧.

٩. محمدی، ک.، آل شیخ، ع. ا.، و طالعی، م. (١٣٩٨). مکانیابی مراکز بیمارستانی با تلفیق روش‌های بهترین -بدترین، دنپ، ویکور و کوپراس مطالعه‌ی موردی منطقه ١ شهر تهران. *نشریه مهندسی فناوری اطلاعات مکانی*، ٧(٣)، ٤٣-١٧.

١٠. مرکز آمار ایران. (١٣٨٥). *سرشماری عمومی نفوس و مسکن ١٣٨٥ نتایج کلی شهر تهران (مناطق ٢٢ گانه)*.

١١. مرکز آمار ایران. (١٣٩٢). *بررسی ویژگی های جمعیت و مسکن در مناطق ٢٢ گانه شهر تهران در سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ١٣٩٠ و مقایسه آن با سال ١٣٨٥*. تهران: مرکز آمار ایران.

١٢. مرکز آمار ایران. (١٣٩٥). *نتایج کلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن ١٣٩٥*. تهران: مرکز آمار ایران.

١٣. یمانی، م.، و علیزاده، ش. (١٣٩٤). مکانیابی بهینه دفن زباله‌های جامد شهری منطقه هشتگرد به روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی(AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). *فصلنامه علمی-پژوهش اطلاعات جغرافیایی سپهر*، ٢٤ (٩٦)، ٩٠-٧٩.

14. Adalı, E. A., & Işık, A. T. (2017). CRITIC and MAUT methods for the contract manufacturer selection problem. *European Journal of Multidisciplinary Studies*, **2**(5), 93-101.

15. Adalı, E. A., & Tuş, A. (2019). Hospital site selection with distance-based multi-criteria decision-making methods. *International Journal of Healthcare Management*, 1-11.
16. Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method. *Computers & Operations Research*, *22*(7), 763-770.
17. Karakuş, C. B., Demiroğlu, D., Çoban, A., & Ulutaş, A. (2020). Evaluation of GIS-based multi-criteria decision-making methods for sanitary landfill site selection: the case of Sivas city, Turkey. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, *22*(1), 254-272.
18. Karimi, H., Amiri, S., Huang, J., & Karimi, A. (2019). Integrating GIS and multi-criteria decision analysis for landfill site selection, case study: Javanrood County in Iran. *International journal of environmental science and technology*, *16*(11), 7305-7318.
19. Kaya, Ö., Tortum, A., Alemdar, K. D., & Çodur, M. Y. (2020). Site selection for EVCS in Istanbul by GIS and multi-criteria decision-making. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *80*, 1-16.
20. Keshavarz Ghorabaee, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2016). A New Combinative Distance-based Assessment (Codas) Method for Multi-Criteria Decision-Making. *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, *50*(3), 25-44.
21. Madic, M., & Radovanović, M. (2015). Ranking of some most commonly used nontraditional machining processes using ROV and CRITIC methods. *UPB Sci. Bull., Series D*, *77*(2), 193-204.
22. Malczewski, J. (2006). GIS- based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. International *Journal of Geographical Information Science*, *20*(7), 703-726.
23. Mardani, A., Zavadskas, E. K., Govindan, K., Amat Senin, A., & Jusoh, A. (2016). VIKOR technique: A systematic review of the state of the art literature on methodologies and applications. *Sustainability*, *8*(1), 1-38.
24. Opricovic, S. (1998). Multicriteria optimization of civil engineering systems. *Faculty of Civil Engineering, Belgrade*, *2*(1), 5-21.
25. Şahin, T., Ocak, S., & Top, M. (2019). Analytic hierarchy process for hospital site selection. *Health Policy and Technology*, *8*(1), 42-50.
26. Senvar, O., Otay, I., & Bolturk, E. (2016). Hospital site selection via hesitant fuzzy TOPSIS. *IFAC-PapersOnLine*, *49*(12), 1140-1145.
27. Shadlouei, A. J., & Delavar, M. (2013). The Zoning of Forest Fire Potential of Gulestan Province Forests Using Granular Computing and MODIS Images. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *XL-1/W3*, 365-370.
28. Sheikhian, H., Delavar, M. R., & Stein, A. (2017). A GIS- based multi- criteria seismic vulnerability assessment using the integration of granular computing rule extraction and artificial neural networks. *Transactions in GIS*, *21*(6), 1237-1259.
29. Shorabeh, S. N., Varnaseri, A., Firozjaei, M. K., Nickravesh, F., & Samany, N. N. (2020). Spatial modeling of areas suitable for public libraries construction by integration of GIS and multi-attribute decision making: Case study Tehran, Iran. *Library & Information Science Research*, *101017*, 1-12.
30. Soltani, A., Inaloo, R. B., Rezaei, M., Shaer, F., & Riyabi, M. A. (2019). Spatial analysis and urban land use planning emphasizing hospital site selection: a case study of Isfahan city. *Bulletin of Geography*. Socio-economic Series, *43*(1), 71-89.
31. Vahidnia, M. H., Alesheikh, A. A., & Alimohammadi, A. (2009). Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. *Journal of environmental management*, *90*(10), 3048-3056.
32. Witlox, F., Antrop, M., Bogaert, P., De Maeyer, P., Derudder, B., Neutens, T., . . . Van de Weghe, N. (2009). Introducing functional classification theory to land use planning by means of decision tables. *Decision Support Systems*, *46*(4), 875-881.

33. Zhao, Q.-H., Zhou, X., Xie, R.-F., & Li, Z.-C. (2011). Comparison of three weighing methods for evaluation of the HPLC fingerprints of cortex fraxini. *Journal of liquid chromatography & related technologies*, *34*(17), 2008-2019.