Town & Country Planning *https://jtcp.ut.ac.ir/*
Vol. 13, No. 1, Spring & Summer 2021 *Print ISSN: 2008-7047*
Manuscript Type: Research Paper *Online ISSN: 2423-6268*
DOI: 10.22059/jtcp.2021.313899.670175

Spatial Modeling and Prioritization of Potential Areas for Determining Location of Hospitals by a GIS-Based Multi-Criteria Decision Making Analyses: A Case Study of the 5th District of Tehran

Iman Zandi[1*], Parham Pahlavani[2]

1. MSc. Student, School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

(Received: 31 October 2020; Accepted: 3 January 2021)

Abstract

Hospitals are among the most essential human services whose role in the health of the citizens is very important. One of the important issues related to hospitals in developed cities is determining the optimal location for their construction. In this study, in order to select the optimal hospital location, a combination of expert opinions, GIS, and MCDM was used. For this purpose, 12 criteria were selected for the spatial modeling of the potential areas of hospital establishment, and then the weight of each criterion was calculated using the weighting method of Analytic Network Process (ANP). Then, a map of the potential areas for the hospital establishment was prepared and 11 sites in the potential areas were selected. In the next step, the weight of each criterion was determined again using Criteria Importance Through Intercriteria Correlation (CRITIC) method. Then, by the integration of two weighting methods, i.e., ANP and CRITIC, with two MCDM methods, i.e., EDAS and VIKOR, these sites were ranked. The results of spatial modeling showed that the western half of the district is more suitable for the construction of a new hospital than the other areas. According to the results of the ANP, the distance from hospitals, and according to the results of the CRITIC, the seismic vulnerability were the most important criterions in determining the optimal hospital location. Based on the ranking results coming from CRITIC-EDAS, CRITIC-VIKOR, and ANP-EDAS, the site No. 1, and according to the ranking results of the ANP-VIKOR, the site No. 8 have been the most suitable places for the construction of a new hospital. In the light of the results of the site evaluations by experts, CRITIC-EDAS and CRITIC-VIKOR methods are more accurate for hospital location selection.

Keywords

GIS-based multi-criteria decision-making, Optimal hospital site selection, ANP, CRITIC, EDAS, VIKOR.

* **Corresponding Author, Email:** imanzandi.dgh@ut.ac.ir

آمایش سرزمین
دورهٔ ۱۳، شمارهٔ اول، بهار و تابستان ۱۴۰۰
صفحات ۲۸۰-۲۴۷ (پژوهشی)

Print ISSN: 2008-7047
Online ISSN: 2423-6268
http://jtcp.ut.ac.ir

مدل‌سازی مکانی و اولویت‌بندی مناطق مستعد جهت احداث بیمارستان با استفاده از تحلیل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر سیستم اطلاعات مکانی (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۵ تهران)

ایمان زندی[۱*]، پرهام پهلوانی[۲]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲. استادیار، دانشکدهٔ مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۰ ـ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۴)

چکیده

بیمارستان‌ها از مراکز خدماتی ضروری مورد نیاز بشرند که نقش آن‌ها در سلامت جامعه و شهروندان بسیار حائز اهمیت است. یکی از موضوعات مهم مربوط به بیمارستان‌ها در شهرهای توسعه‌یافته تعیین مکان مناسب و بهینه جهت احداث آن‌هاست. در این پژوهش، به منظور تعیین مکان بهینهٔ احداث بیمارستان، از تلفیق دیدگاه خبرگان و سیستم‌های اطلاعات مکانی و تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شد. بدین منظور ابتدا دوازده معیار، به منظور مدل‌سازی مکانی مناطق مستعد احداث بیمارستان، انتخاب و سپس وزن هر یک از معیارها با استفاده از روش وزن‌دهی فرایند تحلیل شبکه (ANP) محاسبه شد. در ادامه، نقشهٔ مناطق مستعد و غیر مستعد احداث بیمارستان تهیه و یازده سایت در مناطق مستعد انتخاب شد. در مرحلهٔ بعد، بار دیگر وزن هر یک از معیارها با استفاده از روش وزن‌دهی اهمیت معیارها از طریق همبستگی بین معیارها (CRITIC)، تعیین شد. پس از آن، با استفاده از تلفیق روش‌های وزن‌دهی ANP و CRITIC با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ ارزیابی بر اساس فاصله از راه‌حل میانگین (EDAS) و ویکور (VIKOR) مکان‌های کاندید رتبه‌بندی شدند. نتایج مدل‌سازی مکانی نشان داد نیمهٔ غربی منطقه جهت احداث بیمارستان جدید از تناسب بسیار بیشتری نسبت به سایر مناطق برخوردار است. بر اساس نتایج روش ANP معیار فاصله از بیمارستان‌ها و بر اساس نتایج روش CRITIC معیار ریسک آسیب‌پذیری لرزه‌ای مهم‌ترین معیار در تعیین مکان بهینهٔ بیمارستان بودند. بر اساس نتایج رتبه‌بندی روش‌های CRITIC-EDAS، CRITIC-VIKOR، و ANP-EDAS سایت شمارهٔ ۱ و بر اساس نتایج روش ANP-VIKOR سایت شمارهٔ ۸ مناسب‌ترین مکان جهت احداث بیمارستان جدید بودند. با توجه به نتایج ارزیابی سایت‌ها توسط کارشناسان، روش‌های CRITIC-EDAS و CRITIC-VIKOR از صحت بالاتری در انتخاب مکان بیمارستان برخوردارند.

کلیدواژگان

تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر سیستم‌های اطلاعات مکانی، مکان‌یابی بهینهٔ بیمارستان، ویکور، ANP، CRITIC، EDAS.

* رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: imanzandi.dgh@ut.ac.ir

مقدمه و بیان مسئله

تأمین و پیش‌بینی خدمات عمومی از اهداف مهم برنامه‌ریزی شهری است و در صورتی که این خدمات از توزیع فضایی مطلوب و متناسب با رشد و توسعهٔ شهری برخوردار باشند، رضایت شهروندان را در پی خواهد داشت (محمدی و همکاران ۱۳۹۸: ۱۸). بیمارستان‌ها، به دلیل ارتباط مستقیم با سلامت جامعه، از مراکز مهم ارائهٔ خدمات به شهروندان‌اند. یکی از مشکلات مهم در شهرهای بزرگ و در حال توسعه عدم رعایت عدالت فضایی و عدم دسترسی مناسب شهروندان به مراکز خدماتی است. باید به این نکته توجه کرد که احداث مراکز خدماتی جدید هزینه و زمان زیادی نیاز دارد (Witlox et al 2009: 877) و تعیین بهینهٔ مکان احداث آن‌ها، طوری که دسترسی مناسب شهروندان را تأمین کند، بسیار حیاتی است. انتخاب مکان مناسب جهت احداث بیمارستان عامل مهمی در میزان عملکرد آن است (Chatterjee & Mukherjee 2013: 1). نکات یادشده نشان می‌دهد تصمیم‌گیرندگان شهری جهت تعیین مکان بهینه، به منظور تخصیص به خدمات شهری، با یک فرایند تصمیم‌گیری پیچیده روبه‌رو هستند (محمدی و همکاران ۱۳۹۸: ۱۸). تعیین مناسب‌ترین مکان برای کاربردی خاص با تعداد زیادی معیار که ممکن است با هم در تناقض یا به هم وابسته باشند دشوار به نظر می‌رسد. به عبارت دیگر، در نظر گرفتن روابط درونی آن‌ها بر دشواری کار می‌افزاید (Witlox et al 2009: 878) و استفاده از روش‌های سنتی را ناممکن یا بسیار مشکل می‌سازد.

گسترش شهرها و افزایش شمار ساکنان آن‌ها به دلیل افزایش جمعیت و شهرنشینی موجب افزایش تقاضا برای خدمات مختلف، از جمله خدمات بهداشتی و درمانی، شده است. ساکنان شهرها نیاز به دسترسی مناسب به بیمارستان دارند و توزیع نادرست بیمارستان‌ها استفاده از خدمات مرتبط با سلامت و بهداشت را با مشکل مواجه می‌کند. مکان بهینهٔ بیمارستان جایی است که دسترسی به آن برای شهروندان راحت باشد. اکثر یا حداقل برخی از معیارهای مورد استفاده جهت مکان‌یابی ماهیت مکانی دارند و به منظور تعیین آن‌ها نیازمند استفاده از تحلیل‌های مکانی هستیم. مطالعات زیادی به منظور تعیین مکان مناسب مراکز درمانی از سیستم‌های اطلاعات مکانی[1] (GIS) در تحقیقات خود استفاده کرده‌اند (Vahidnia et al 2009: 3049). یکی از مشکلات تصمیم‌گیری مکانی[2] تعداد زیاد گزینه‌های ممکن و

1. Geospatial Information Systems
2. Spatial Decision Problems

معیارهای چندگانه و تضاد و وابستگی معیارهاست. GIS در حل این مسائل نقشی پراهمیت دارد و استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] مبتنی بر GIS افزایش یافته است (Malczewski 2006a: 704).

شهر تهران، در مقام مرکز استان تهران و پایتخت ایران، مهم‌ترین شهر ایران تلقی می‌شود و طی سال‌های اخیر با رشد جمعیت و توسعهٔ فیزیکی در مناطق شهری مواجه بوده است. متأسفانه توسعه و توزیع فضایی مناسب مراکز بیمارستانی متناسب با این گسترش شهری صورت نگرفته است. منطقهٔ ۵ شهر تهران یکی از مناطق بسیار بزرگ این شهر است که جمعیتی بالغ بر ۸۸۰ هزار نفر را در خود جای داده است.

بررسی‌های میدانی و مطالعهٔ نقشه‌های کاربری اراضی منطقهٔ ۵ حاکی از عدم توزیع مناسب بیمارستان‌های این منطقه است. قسمت‌های زیادی از این منطقه فاصلهٔ بسیار با بیمارستان‌های موجود دارند. علاوه بر آنچه آمد، باید تراکم بیمارستان‌های موجود در قسمت‌های شرقی این منطقه، نزدیک مرز منطقهٔ ۲، را نیز متذکر شد؛ درحالی‌که در نیمهٔ غربی منطقه و نواحی مجاور دو منطقهٔ ۲۱ و ۲۲، که با کمبود شدید بیمارستان مواجه‌اند، بیمارستانی وجود ندارد.

تحقیق حاضر با هدف بهبود نتایج انتخاب مکان بهینهٔ بیمارستان، با استفاده از تلفیق سیستم‌های اطلاعات مکانی و روش‌های وزن‌دهی عینی و مبتنی بر دانش خبرگان با الگوریتم‌های تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ نوین، انجام شده است. در این تحقیق دو روش ANP (روش وزن‌دهی مبتنی بر دانش خبرگان) و CRITIC (روش وزن‌دهی عینی و داده‌مبنا) به منظور تعیین وزن معیارها به کار رفت. علاوه بر آن، از روش اول جهت مدل‌سازی مکانی و پهنه‌بندی مناطق مستعد احداث بیمارستان استفاده شد. همچنین از روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ نوین EDAS در کنار روش ویکور جهت رتبه‌بندی سایت‌های کاندید استفاده شد. در ادامه، ابتدا تعدادی از مطالعات مرتبط با موضوع تحقیق بررسی و سپس مبانی نظری و شیوهٔ اجرای تحقیق تشریح می‌شود. در نهایت، نتایج مورد بحث و ارزیابی قرار می‌گیرند.

پیشینهٔ تجربی تحقیق

در پژوهش‌های صورت‌گرفته به منظور انتخاب مکان بهینه برای کاربری‌های مورد نظر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ مختلف به کار رفته است. در تحقیقات متعددی نیز از تلفیق GIS و روش‌های

1. Multiple Criteria Decision Making

تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شده است که در ادامه برخی از تحقیقات مرتبط بررسی می‌شود. ادعلی[1] و تاس (۲۰۱۹: ۳) با در نظر گرفتن معیارهای قیمت، استراتژی زمین، نیاز منطقه جهت احداث بیمارستان جدید، دسترسی به معابر، ملاحظات محیط زیستی، ملاحظات جمعیت‌شناسی، عوامل زمین‌شناسی، و حمایت مالی توسط حاکمیت و با استفاده از روش‌های تکنیک رتبه‌بندی بر اساس تشابه به حالت آرمانی[2] (تاپسیس)، EDAS، و ارزیابی ترکیبی مبتنی بر فاصله[3] (CODAS) به مکان‌یابی بیمارستان در ترکیه پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد عملکرد هر سه الگوریتم یکسان است.

سنوار[4] و همکارانش (۲۰۱۶: ۱۱۴۳) روش ترکیب مجموعه‌های فازی شهودی[5] و روش تاپسیس را به منظور مکان‌یابی بیمارستان در استانبول پیشنهاد دادند. در این تحقیق چهار مکان کاندید با هفت معیار بررسی شد. محمدی و همکارانش (۱۳۹۸: ۲۰) با در نظر گرفتن دوازده معیار به مکان‌یابی بیمارستان در منطقهٔ ۱ شهر تهران پرداختند. در این تحقیق، ابتدا با فرض اهمیت یکسان معیارها از دو روش بهترین- بدترین[6] و DANP[7] به منظور تعیین وزن معیارها استفاده شد و وزن معیارها از میانگین حسابی نتایج دو روش به دست آمد. در نهایت، با استفاده از دو روش ویکور و کوپراس[8] به مکان‌یابی بیمارستان پرداخته شد. وحیدنیا[9] و همکارانش (۲۰۰۹: ۳۰۵۳) با استفاده از شش معیار و با تلفیق GIS و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی[10] (AHP) فازی به مکان‌یابی بیمارستان در تهران پرداختند. ساهین[11] و همکارانش (۲۰۱۹: ۴۴) با استفاده از شش معیار و با بهره‌گیری از AHP به مکان‌یابی بیمارستان در ترکیه پرداختند. علوی و همکاران (۱۳۹۲: ۱۱) به منظور تعیین مناطق مناسب جهت احداث بیمارستان در منطقهٔ ۷ شهر تهران از روش وزن‌دهی AHP و روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ TOPSIS استفاده کردند. نتیجهٔ این تحقیق در قالب نقشهٔ پهنه‌بندی مناطق مستعد جهت احداث بیمارستان ارائه شد.

1. Adalı
2. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
3. Combinative Distance-based Assessment
4. Senvar
5. Hesitant Fuzzy Sets
6. Best-Worst-Method
7. DEMATEL-based ANP
8. Complex Proportional Assessment
9. Vahidnia
10. Analytic Hierarchy Process
11. Şahin

صحرائیان و همکارانش (۱۳۹۲: ۱۵۶) با استفاده از تلفیق روش AHP با GIS به مکان‌یابی بیمارستان در شهر جهرم پرداختند. چترجی[1] و موخرجی (۲۰۱۳: ۳) با استفاده از AHP و در نظر گرفتن تعداد یازده شاخص به مکان‌یابی بیمارستان در هند پرداختند. شارمین[2] و نعیما (۲۰۱۳: ۱۰) با تلفیق تصمیم‌گیری چندمعیاره و GIS به تهیهٔ نقشهٔ مکان‌های مناسب جهت احداث بیمارستان جدید در شهر Dhaka بنگلادش پرداختند. سلطانی[3] و مرندی (۲۰۱۱: ۳۹) با تلفیق GIS و ANP فازی به مکان‌یابی بیمارستان در منطقهٔ ۵ شهر شیراز پرداختند. احمد[4] و همکارانش (۲۰۱۶: ۵۸۷) با تلفیق GIS و AHP به تهیهٔ نقشهٔ مناطق مستعد احداث بیمارستان در Aswan مصر پرداختند. کومار[5] و همکارانش (۲۰۱۶: ۱۲۲) با استفاده از روش ELECTRE فازی به مکان‌یابی بیمارستان در هند پرداختند. کایا[6] و همکارانش (۲۰۲۰: ۵) با تلفیق GIS و تصمیم‌گیری چندمعیاره به مکان‌یابی ایستگاه‌های شارژ وسایل نقلیهٔ الکتریکی پرداختند. در این تحقیق از پنج معیار اصلی اقتصادی، جغرافیایی، انرژی، محیطی- اجتماعی، حمل‌ونقل و نوزده زیرمعیار استفاده شد. ابتدا با استفاده از فرایند AHP وزن معیارها محاسبه و سپس با بهره‌گیری از نرم‌افزار ArcGIS گزینه‌های کاندید تعیین شد و در نهایت رتبه‌بندی گزینه‌ها با استفاده از دو روش ویکور و پرامتی صورت گرفت. شورابه[7] و همکارانش (۲۰۲۰: ۴)، با در نظر گرفتن سه معیار اصلی و شانزده زیرمعیار و با استفاده از GIS و تصمیم‌گیری چندمعیاره، به مکان‌یابی کتابخانهٔ عمومی در منطقهٔ ۵ کلان‌شهر تهران پرداختند. آن‌ها در این تحقیق، پس از محاسبهٔ وزن معیارها با روش AHP، با استفاده از روش ترکیب خطی وزن‌دار[8]، مناطق مناسب جهت احداث کتابخانهٔ عمومی را تعیین کردند. حاجی‌لو و جلوخانی نیارکی (۱۳۹۵: ۷۹) با در نظر گرفتن سه معیار و یازده زیرمعیار و با استفاده از ترکیب روش ANP و روش میانگین وزن‌دار مرتب‌شده[9] (OWA) به مکان‌یابی نیروگاه‌های بادی در استان زنجان پرداختند. در این تحقیق ابتدا وزن معیارها با استفاده از ANP محاسبه شد و آن‌گاه با استفاده از

1. Chatterjee
2. Sharmin
3. Soltani
4. Ahmed
5. Kumar
6. Kaya
7. Shorabeh
8. Weighted linear composition
9. Ordered Weighted Average

OWA گزینه‌ها رتبه‌بندی شدند. وانگ[1] (۲۰۱۹: ۶۲۱) با استفاده از چهار معیار و با تلفیق GIS و روش AHP فازی به مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در چین پرداخت. تنووت[2] و همکارانش (۲۰۱۹: ۱۴۰) با استفاده از چهار شاخص و با بهره‌گیری از تلفیق GIS و دو روش AHP و AHP فازی به مکان‌یابی دفاتر اطلاعات کشاورزی در اندونزی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد بر اساس تحلیل تناسب دو روش یادشده AHP فازی از دقت بالاتری نسبت به AHP به منظور مکان‌یابی دفاتر اطلاعات کشاورزی برخوردار است. مالچفسکی[3] و همکارانش (۲۰۰۶ب: ۲۷۱) جهت تحلیل تناسب کاربری اراضی از ترکیب کمیت‌های فازی و روش OWA در محیط GIS استفاده کردند. در این تحقیق روش quantifier-guided OWA به منظور تحلیل تناسب کاربری اراضی در منطقه‌ای از مکزیک تشریح شده است. وانگ[4] و همکارانش (۲۰۱۸: ۴) به منظور مکان‌یابی نیروگاه بادی در ویتنام با در نظر گرفتن چهار معیار اصلی و دوازده زیرمعیار از روش تاپسیس استفاده کردند. در این تحقیق ابتدا معیارها با استفاده از روش AHP فازی وزن‌دهی شدند و آن‌گاه هفت سایت انتخاب و با استفاده از روش تاپسیس رتبه‌بندی شدند. وانگ و همکارانش (۲۰۱۸: ۵) به منظور مکان‌یابی کارخانهٔ زبالهٔ جامد[5] در ویتنام با در نظر گرفتن چهار معیار و سیزده زیرمعیار از روش تاپسیس استفاده کردند. در این تحقیق ابتدا وزن معیارها با استفاده از روش ANP فازی محاسبه شد و آن‌گاه هشت سایت انتخاب و با استفاده از روش تاپسیس رتبه‌بندی شدند. داوطلب[6] و آل‌شیخ (۲۰۱۸: ۱۰۳۶) به منظور بهینه‌سازی مکان‌یابی نیروگاه انرژی زیست توده در گیلان ایران، با در نظر گرفتن دَه معیار، از تلفیق تصمیم‌گیری چندمعیاره و GIS استفاده کردند. در این تحقیق ابتدا با استفاده از روش ANP فازی وزن معیارها محاسبه شد و آن‌گاه با استفاده از روش ترکیب خطی وزن‌دار مناطق مناسب جهت احداث نیروگاه تعیین شدند.

با توجه به پژوهش‌های یادشده، اکثر مطالعات در زمینهٔ مکان‌یابی از روش‌های وزن‌دهی مبتنی بر نظر کارشناسان، همچون AHP و ANP، استفاده کرده‌اند و استفاده از روش‌های مبتنی بر اطلاعات و روش‌های وزن‌دهی عینی به‌ندرت مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین، در زمینهٔ تلفیق روش‌های

1. Wang
2. Teniwut
3. Malczewski
4. Wang
5. SolidWaste to Energy Plant Location Selection
6. Davtalab

وزن‌دهی عینی با سیستم‌های اطلاعات مکانی تحقیقی قابل اشاره صورت نگرفته است. علاوه بر این، تحقیقات صورت‌گرفته عمدتاً فقط به مدل‌سازی مکانی یا رتبه‌بندی سایت‌های کاندید پرداخته‌اند و تحقیقات در زمینهٔ مدل‌سازی مکانی توأم با فرایند رتبه‌بندی بسیار محدود است. همچنین، روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ EDAS به دلیل جدید بودن در تحقیقات بسیار کمی مورد استفاده قرار گرفته است و ترکیب آن با تحلیل‌های مکانی و سیستم‌های اطلاعات مکانی جهت تعیین مکان بهینهٔ بیمارستان بسیار جدید است. در پژوهش حاضر، به منظور برطرف کردن نواقص یادشده به مدل‌سازی مکانی توأم با فرایند رتبه‌بندی جهت تعیین مکان بهینهٔ احداث بیمارستان پرداخته شد.

مبانی نظری تحقیق

روش ANP

با توجه به عدم قابلیت در نظر گرفتن همبستگی بین معیارها در تصمیم‌گیری به روش AHP، روش ANP را در سال ۱۹۹۶ ساعتی ارائه کرد (Saaty 1996). تفاوت اساس دو روش AHP و ANP در سلسله‌مراتبی بودن ساختار اولی و شبکه‌ای بودن ساختار دومی است (Saaty & Sodenkamp 2008: 27؛ اصغری‌زاده و بالانی ۱۳۹۶: ۲۶۳). علاوه بر محاسبات، نتایج این دو روش نیز با هم متفاوت است. در روش AHP فرض بر مستقل بودن معیارها نسبت به هم است و به منظور غلبه بر این مشکل روش ANP همبستگی معیارها را در نظر می‌گیرد (Kanani-Sadat et al 2019: 19). همهٔ روابط در ساختار سلسله‌مراتبی یک‌طرفه است و دسته‌ای از معیارها یا گزینه‌ها نمی‌توانند بر دسته‌ای از معیارها یا گزینه‌ها تأثیر بگذارند (اصغری‌زاده و محمدی بالانی ۱۳۹۶). در مقابل، در ساختار شبکه‌ای بررسی این روابط و تأثیر دسته‌ای از شاخص‌ها بر خودشان امکان‌پذیر است (اصغری‌زاده و محمدی بالانی ۱۳۹۶: ۲۶۴). در نتیجه روش ANP مدلی واقعی‌تر از فضای تصمیم‌گیری ارائه می‌دهد (اصغری‌زاده و محمدی بالانی ۱۳۹۶: ۲۶۴). در ادامه مراحل انجام دادن روش ANP می‌آید (اصغری‌زاده و محمدی بالانی ۱۳۹۶: ۲۶۵؛ Saaty & Sodenkamp 2008: 28).

گام ۱: با استفاده از ماتریس‌های مقایسات زوجی بردارهای وزن یا ضرایب اهمیت محاسبه می‌شوند.

گام ۲: برای همهٔ ماتریس‌های مقایسات زوجی میزان ناسازگاری محاسبه می‌شود. مقادیر

کوچک میزان ناسازگاری (کمتر از ۰/۱) قابل چشم‌پوشی است و تأثیر چندانی بر نتایج ندارند. اما، مقادیر بزرگ میزان ناسازگاری (بیشتر از ۰/۱) موجب کاهش اعتبار نتایج حاصل می‌شود.

گام ۳: سوپرماتریس‌ها تشکیل و وزن نهایی معیارها محاسبه می‌شود (جهت اطلاعات بیشتر ← اصغری‌زاده و محمدی بالانی ۱۳۹۶؛ Saaty & Sodenkamp 2008).

روش CRITIC

وزن معیارها نقش مهمی در یک مسئلهٔ تصمیم‌گیری ایفا می‌کنند (Adalı & Tuş 2019: 2). روش وزن‌دهی CRITIC به منظور تعیین وزن معیارها در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره از همبستگی میان آن‌ها استفاده می‌کند (Zhao et al 2011: 2013). این روش یکی از روش‌های تعیین وزن عینی است که دیاکولاکی و همکارانش در سال ۱۹۹۵، بر اساس دو مفهوم اساسی در تصمیم‌گیری چندمعیاره، یعنی شدت تقابل[1] و ویژگی متضاد[2] معیارها، ارائه کردند (Diakoulaki et al 1995: 769). به بیانی دیگر، اهمیت بیشتر یک معیار بیانگر بیشتر بودن انحراف معیار و کمتر بودن همبستگی آن نسبت به دیگر معیارهاست. به منظور تعیین وزن معیارها با روش CRITIC مراحل زیر انجام می‌گیرد (اصغری‌زاده و محمدی بالانی ۱۳۹۶: ۳۳):

گام ۱: ماتریس تصمیم همانند رابطهٔ ۱ تشکیل می‌شود. این ماتریس از n سطر (تعداد مکان‌های کاندید احداث بیمارستان) و m ستون (تعداد معیارهای مورد استفاده) تشکیل شده است.

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

گام ۲: ماتریس تصمیم با استفاده از رابطهٔ ۲ برای معیارهای دارای تأثیر مثبت و رابطهٔ ۳ برای معیارهای دارای تأثیر منفی در تصمیم‌گیری نرمال می‌شود.

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

1. Ontrast Intensity
2. Conflicting Character

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

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

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^{m} C_j} \quad (۴)$$

$$C_j = \sigma_j \times \sum_{i=1}^{m} 1 - r_{ji} \quad (۵)$$

در روابط ۱ تا ۵ σ_j انحراف معیار معیار jام و r_{ji} ضریب همبستگی اسپیرمن بین معیار jام و معیار iام است.

روش EDAS

روش EDAS از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر فاصله است که کشاورز و همکارانش در سال ۲۰۱۵ ارائه کردند (Keshavarz Ghorabaee et al 2015: 438). مناسب بودن هنگام داشتن معیارهای متضاد از مزایای این روش است. تناسب گزینه‌ها در این روش با در نظر گرفتن فاصلهٔ هر گزینه از جواب میانگین[1] به دست می‌آید. در این روش دو فاصله برای هر گزینه به دست می‌آید؛ فاصلهٔ مثبت از جواب میانگین[2] (PDA) و فاصلهٔ منفی از جواب میانگین[3] (NDA). همچنین ارزیابی هر گزینه بر اساس بیشتر بودن PDA و کمتر بودن NDA صورت می‌گیرد. در ادامه این روش تشریح می‌شود (Keshavarz Ghorabaee et al 2015: 439).

گام ۱: همانند روش CRITIC ابتدا ماتریس تصمیم به صورت رابطهٔ ۱ تشکیل می‌شود.

گام ۲: راه‌حل میانگین با استفاده از رابطهٔ ۶ به دست می‌آید.

$$AV_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}}{n} \quad (۶)$$

گام ۳: با توجه به تأثیر مثبت یا منفی هر معیار، مقادیر PDA و NDA با روابط ۷ تا ۱۰ به دست می‌آید. برای معیارهای با تأثیر مثبت:

1. Average Solution
2. Positive Distance from Average
3. Negative Distance from Average

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0,(x_{ij} - AV_j))}{AV_j} \quad (۷)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0,(AV_j - x_{ij}))}{AV_j} \quad (۸)$$

برای معیارهای با تأثیر منفی:

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0,(AV_j - x_{ij}))}{AV_j} \quad (۹)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0,(x_{ij} - AV_j))}{AV_j} \quad (۱۰)$$

گام ۴: با استفاده از روابط ۱۱ و ۱۲ مجموع موزون *PDA* و *NDA* برای همهٔ گزینه‌ها محاسبه می‌شود.

$$SP_i = \sum_{i=1}^{m} w_j PDA_{ij} \quad (۱۱)$$

$$SN_i = \sum_{i=1}^{m} w_j NDA_{ij} \quad (۱۲)$$

در روابط ۶ تا ۱۲ w_j وزن معیار *j*ام است.

گام ۵: مقادیر محاسبه‌شده در گام قبلی با استفاده از روابط ۱۳ و ۱۴ نرمال می‌شوند.

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max(SP_i)} \quad (۱۳)$$

$$NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{\max(SN_i)} \quad (۱۴)$$

گام ۶: با استفاده از رابطه‌های ۱۵ و ۱۶ برای همهٔ گزینه‌ها امتیاز ارزیابی (*AS*) محاسبه می‌شود.

$$AS_i = \frac{1}{2}(NSP_i + NSN_i) \quad (۱۵)$$

$$0 \le AS_i \le 1 \quad (۱۶)$$

گام ۷: گزینه‌ها به ترتیب نزولی مرتب شده و گزینهٔ دارای بالاترین مقدار *AS* مناسب‌ترین و بهترین گزینه است.

روش ویکور

روش ویکور از روش‌های سازشی در تصمیم‌گیری چندمعیاره است که در سال ۱۹۹۸ آپریکویک (Opricovic 1998: 6) ارائه کرد. همچون روش تاپسیس، در این روش نیز از طریق محاسبهٔ فواصل بین گزینه‌ها و جواب ایده‌آل به رتبه‌بندی گزینه‌ها پرداخته می‌شود. مراحل روش ویکور در ادامه می‌آید (اصغری‌زاده و محمدی بالانی ۱۳۹۶: ۹۶؛ Opricovic 1998؛ Opricovic & Tzeng 2004: 450).

گام ۱: ماتریس تصمیم همانند رابطهٔ ۱ تشکیل می‌شود.

گام ۲: بهترین و بدترین مقدار هر معیار دارای تأثیر مثبت و منفی به ترتیب با بیشترین و کمترین مقدار آن معیار a_j^+ و کمترین و بیشترین مقدار آن معیار a_j^- برابر است.

گام ۳: مقادیر نرمال‌شده بهترین و بدترین مقدار معیارها با استفاده از رابطهٔ ۱۷ محاسبه می‌شود.

$$r_{ij} = \frac{\left|a_j^+ - a_{ij}\right|}{\left|a_j^+ - a_j^-\right|} \qquad (۱۷)$$

r_{ij} فاصلهٔ نرمال‌شدهٔ هر شاخص با بهترین جواب ممکن است.

گام ۴: ماتریس نرمال‌شدهٔ موزون با استفاده از رابطهٔ ۱۸ محاسبه می‌شود.

$$t_{ij} = r_{ij} \times W_j \qquad (۱۸)$$

گام ۵: برای هر گزینه مقادیر موافقت کلی (S_i) و مخالفت جزئی (R_i) با جواب توافقی با استفاده از روابط ۱۹ و ۲۰ محاسبه می‌شود.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} t_{ij} \qquad (۱۹)$$

$$R_i = max\,(t_{ij})_{j \in J} \qquad (۲۰)$$

S_i فاصلهٔ گزینهٔ iام از راه‌حل توافقی است. به عبارتی نشان‌دهندهٔ میزان موافقت آن با راه‌حل توافقی است. گزینه‌ای مناسب‌تر است که مقدار این فاصله برای آن کمتر باشد. مقادیر R_i بیشینهٔ فاصلهٔ گزینهٔ iام بین همهٔ معیارهاست. به عبارتی نشان‌دهندهٔ میزان مخالفت گزینهٔ iام با راه‌حل توافقی است.

گام ۶: مطابق رابطهٔ ۱۱، مقادیر Q با ترکیب مقادیر به‌دست‌آمده از گام قبل محاسبه می‌شود.

$$Q_i = \left(v \times \left(\frac{S_i - S^+}{S^- - S^+} \right) \right) + \left((1-v) \times \left(\frac{R_i - R^+}{R^- - R^+} \right) \right) \quad (۲۱)$$

پارامتر v وزن مطلوبیت کلی است و در این تحقیق برابر ۰٫۵ در نظر گرفته شده است (جهت اطلاعات بیشتر ← اصغری‌زاده و محمدی بالانی ۱۳۹۶: ۹۶؛ Opricovic 1998؛ Opricovic & Tzeng 2004: 450). اگر مقادیر ایده‌آل همانند رابطهٔ ۲۲ در نظر گرفته شوند، مقدار Q به رابطهٔ ۲۳ تبدیل می‌شود.

$$\begin{cases} S^+ = 0 \\ S^- = 1 \end{cases}, \begin{cases} R^+ = 0 \\ R^- = 1 \end{cases} \quad (۲۲)$$

$$Q_i = \frac{1}{2}(S_i + R_i) \quad (۲۳)$$

گام ۷: اگر هدف رتبه‌بندی همهٔ گزینه‌ها باشد، با مرتب کردن همهٔ گزینه‌ها بر اساس Q به صورت صعودی رتبه‌بندی گزینه‌ها انجام می‌شود. و اگر هدف انتخاب یک یا چند گزینه به منزلهٔ بهترین گزینه‌ها باشد، باید دو شرط مزیت و پایداری قابل قبول بررسی شود (جهت اطلاعات بیشتر ← اصغری‌زاده و محمدی بالانی ۱۳۹۶؛ Opricovic & Tzeng 2004).

معیارهای مورد استفاده جهت تعیین مکان بهینه بیمارستان

معیارهای زیادی جهت تعیین مکان بهینهٔ بیمارستان می‌توانند استفاده شوند. دوازده معیار استفاده‌شده در این تحقیق بر اساس مرور پیشینه و دیدگاه بیست کارشناس از رشته‌های شهرسازی، برنامه‌ریزی شهری، آمایش سرزمین، و مهندسی سیستم‌های اطلاعات مکانی انتخاب شده است (محمدی و همکاران ۱۳۹۸: ۲۸؛ پارسامقدم و همکاران ۱۳۹۵: ۳۸۰؛ Adalı & Tuş 2019: 6؛ Şahin et al 2019: 44؛ Sahraeian et al 2013؛ Senvar et al 2016: 1143؛ Soltani et al 2019: 80؛ Vahidnia et al 2009: 3053؛ Chatterjee & Mukherjee 2013: 2). این معیارها از چهار دسته معیار اصلی شامل معیار مطلوبیت (آسیب‌پذیری لرزه‌ای، شیب)، معیار سازگاری (فاصله از فضای سبز، فاصله از مراکز آموزشی، فاصله از مراکز نظامی و انتظامی، فاصله از مراکز مذهبی و فرهنگی، فاصله از مناطق صنعتی، فاصله از راه‌های اصلی)، معیار ظرفیت (تراکم جمعیت، فاصله از

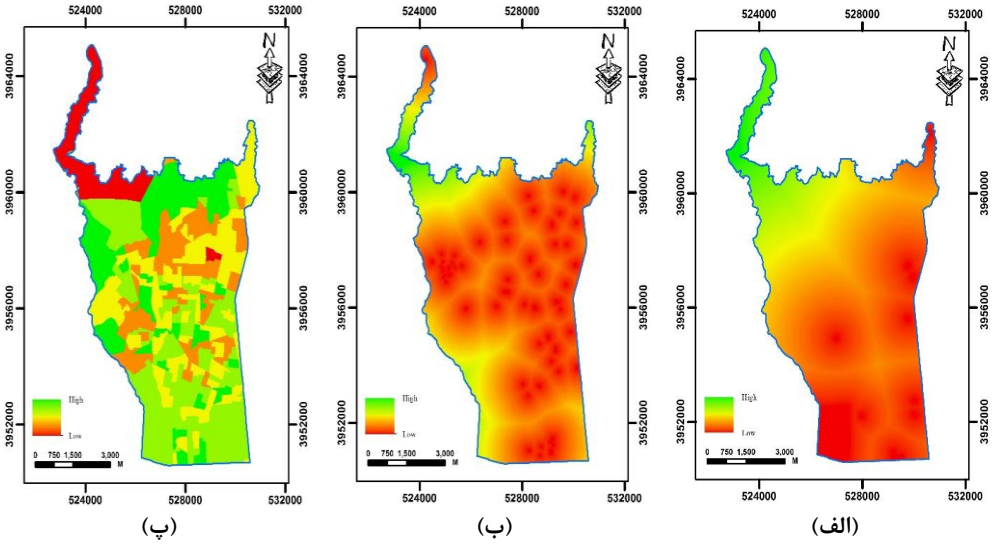
مناطق مسکونی)، و معیار وابستگی (فاصله از بیمارستان‌های موجود، فاصله از مراکز بهداشتی و درمانی) تشکیل شده‌اند. جدول ۱ معیارهای استفاده‌شده در تحقیق را نشان می‌دهد.

جدول ۱. معیارهای استفاده‌شده در تحقیق

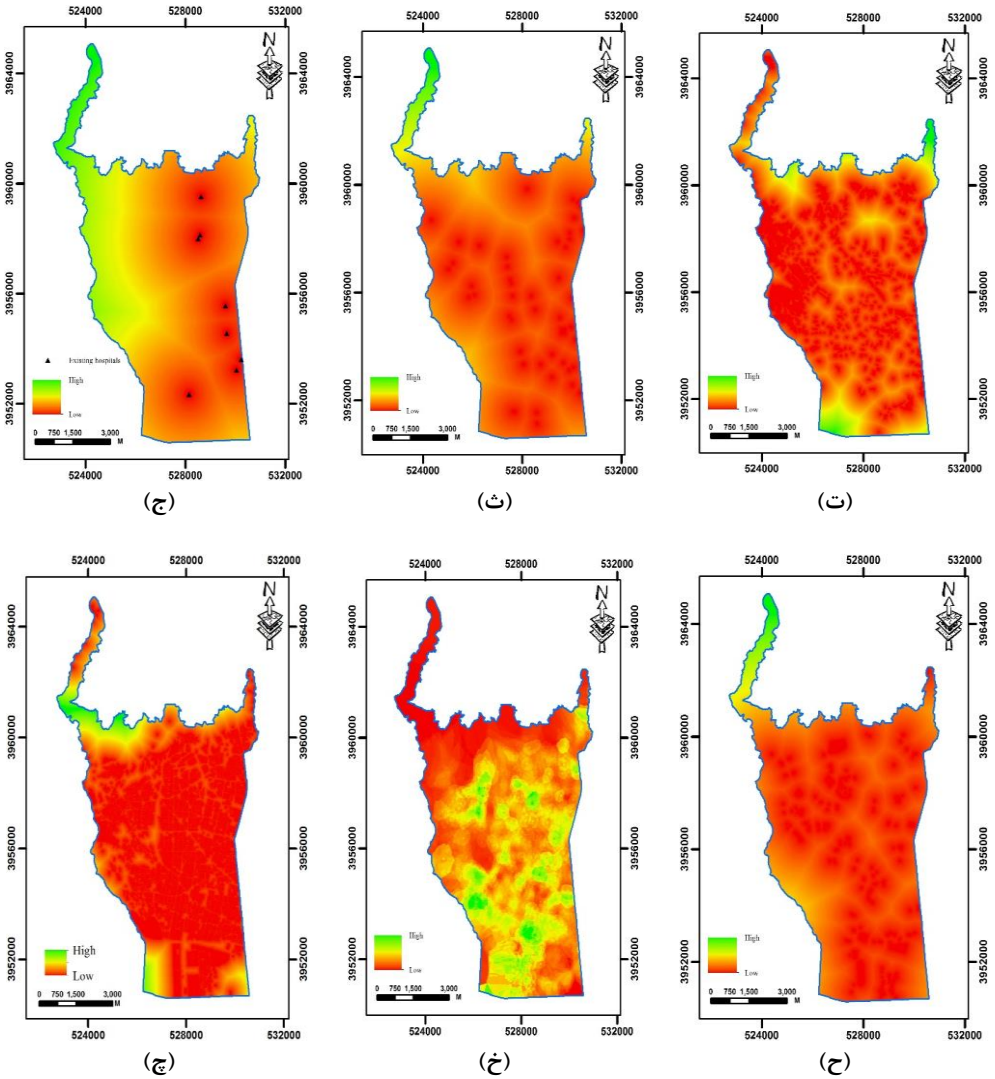
ردیف	معیار	مرجع
۱	آسیب‌پذیری لرزه‌ای	Adalı & Tuş 2019
۲	شیب	محمدی و همکاران ۱۳۹۸؛ پارسامقدم و همکاران ۱۳۹۵؛ احدنژاد و همکاران ۱۳۹۳
۳	فاصله از فضای سبز	محمدی و همکاران ۱۳۹۸؛ پارسامقدم و همکاران ۱۳۹۵؛ احدنژاد و همکاران ۱۳۹۳؛ علوی و همکاران ۱۳۹۱؛ Ahmed et al 2016: 586؛ Soltani et al 2019: 82
۴	فاصله از مراکز آموزشی	محمدی و همکاران ۱۳۹۸؛ پارسامقدم و همکاران ۱۳۹۵؛ احدنژاد و همکاران ۱۳۹۳؛ Chatterjee & Mukherjee 2013: 2؛ Sharmin & Neema 2013: 11؛ Kumar et al 2016: 120
۵	فاصله از مراکز نظامی	محمدی و همکاران ۱۳۹۸؛ پارسامقدم و همکاران ۱۳۹۵؛ احدنژاد و همکاران ۱۳۹۳؛ علوی و همکاران ۱۳۹۱
۶	فاصله از مراکز مذهبی و فرهنگی	احدنژاد و همکاران ۱۳۹۳
۷	فاصله از مناطق صنعتی	پارسامقدم و همکاران ۱۳۹۵؛ احدنژاد و همکاران ۱۳۹۳؛ علوی و همکاران ۱۳۹۱؛ Sharmin & Neema 2013: 11؛ Soltani et al 2019: 82
۸	فاصله از راه‌های اصلی	محمدی و همکاران ۱۳۹۸؛ پارسامقدم و همکاران ۱۳۹۵؛ علوی و همکاران ۱۳۹۱؛ Senvar et al 2016؛ Vahidnia et al 2009؛ Soltani & Marandi 2011: 39؛ Kumar et al 2016: 120؛ Ahmed et al 2016: 586؛ Sharmin & Neema 2013: 9؛ Soltani et al 2019: 82؛ Abdullahi et al 2014
۹	تراکم جمعیت	محمدی و همکاران ۱۳۹۸؛ پارسامقدم و همکاران ۱۳۹۵؛ احدنژاد و همکاران ۱۳۹۳؛ Senvar et al 2016؛ Adalı & Tuş 2019؛ Vahidnia et al 2009؛ Şahin et al 2019؛ Wu et al 2005: 1436؛ Chatterjee & Mukherjee 2013: 2؛ Soltani & Marandi 2011: 39؛ Kumar et al 2016: 120؛ Soltani et al 2019: 82؛ Abdullahi et al 2014
۱۰	فاصله از مناطق مسکونی	محمدی و همکاران ۱۳۹۸؛ پارسامقدم و همکاران ۱۳۹۵؛ احدنژاد و همکاران ۱۳۹۳؛ Kumar et al 2016: 120
۱۱	فاصله از بیمارستان‌های موجود	محمدی و همکاران ۱۳۹۸؛ پارسامقدم و همکاران ۱۳۹۵؛ احدنژاد و همکاران ۱۳۹۳؛ Senvar et al 2016؛ Adalı & Tuş 2019؛ Wu et al 2005: 1436؛ Soltani & Marandi 2011: 39؛ Sharmin & Neema 2013: 9؛ Kumar et al 2016: 120؛ Soltani et al 2019: 82؛ Abdullahi et al 2014
۱۲	فاصله از مراکز بهداشتی و درمانی	محمدی و همکاران ۱۳۹۸؛ احدنژاد و همکاران ۱۳۹۳؛ Senvar et al 2016؛ Kumar et al 2016: 120؛ Soltani et al 2019: 82

داده‌های مورد استفاده در تحقیق

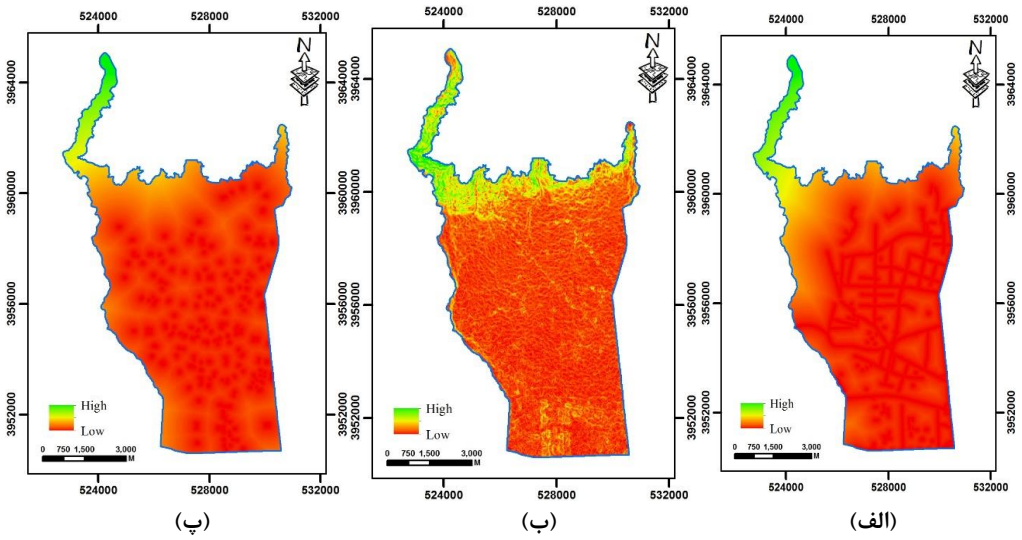
پس از تعیین معیارهای مناسب فرایند مکان‌یابی، متناسب با معیارهای انتخاب‌شده، به تهیه و تولید اطلاعات مورد نیاز پرداخته شد. داده‌های اولیه جهت تهیهٔ نقشه معیارهای تصمیم‌گیری شامل مدل ارتفاعی رقومی منطقه، لایهٔ کاربری اراضی کلان‌شهر تهران، لایهٔ پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای، لایهٔ راه‌ها و لایهٔ پراکندگی جمعیت می‌باشند. لایهٔ پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای بر اساس نتایج (Sheikhian et al 2017) که با استفاده از تلفیق شبکه‌های عصبی مصنوعی و محاسبات دانه‌ای و با در نظر گرفتن شش معیار انجام شده است، مورد استفاده قرار گرفت. به منظور تهیهٔ لایهٔ معیارها، علاوه بر منطقهٔ ۵، تأثیر مناطق مجاور شامل مناطق ۲ و ۹ و ۲۱ و ۲۲ نیز در نظر گرفته شد و در نهایت نتایج فقط برای منطقهٔ ۵ نشان داده شد. لایهٔ شیب با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی منطقه، لایهٔ تراکم جمعیت با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ، لایهٔ آسیب‌پذیری لرزه‌ای با استفاده از نقشهٔ آسیب‌پذیری لرزه‌ای، و لایه‌های فاصله از کاربری‌ها با استفاده از محاسبهٔ فاصلهٔ اقلیدسی هر نقطه تا آن کاربری تهیه شد. لایهٔ اطلاعاتی تهیه‌شده برای هر معیار در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.



(پ) (ب) (الف)



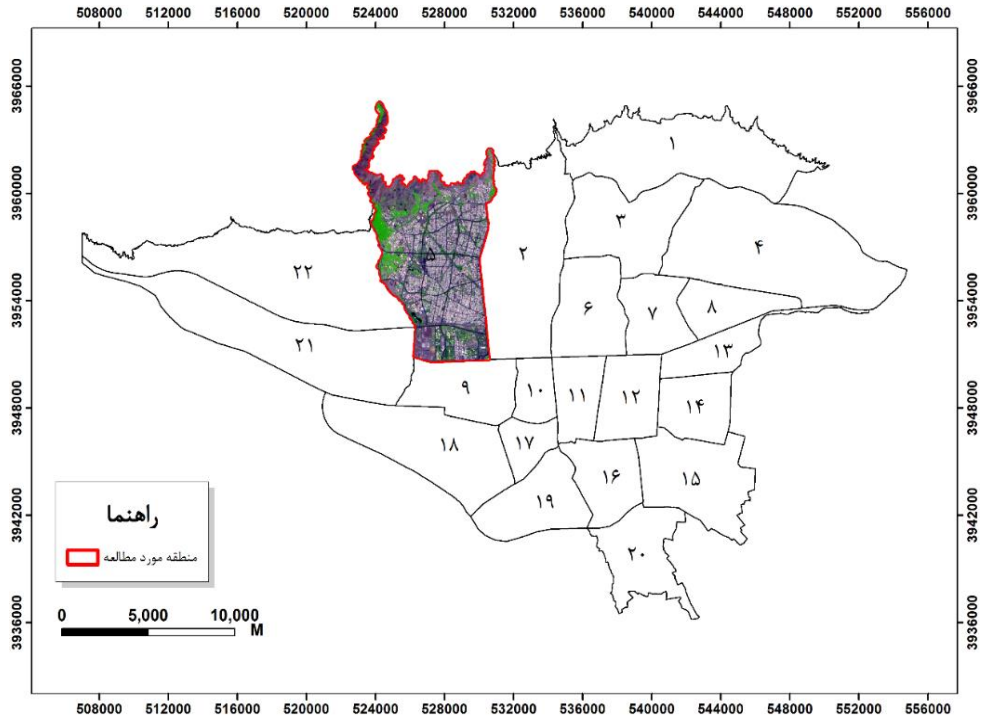
شکل ۱. الف) فاصله از مراکز نظامی و انتظامی، ب) فاصله از مراکز مذهبی و فرهنگی، پ) آسیب‌پذیری لرزه‌ای، ت) فاصله از فضای سبز، ث) فاصله از مراکز بهداشتی و درمانی، ج) فاصله از بیمارستان‌ها، ح) فاصله از مناطق صنعتی، خ) تـراکم جمعیت، چ) فاصله از مناطق مسکونی



شکل ۲. الف) فاصله از راه‌های اصلی، ب) شیب، پ) فاصله از مراکز آموزشی

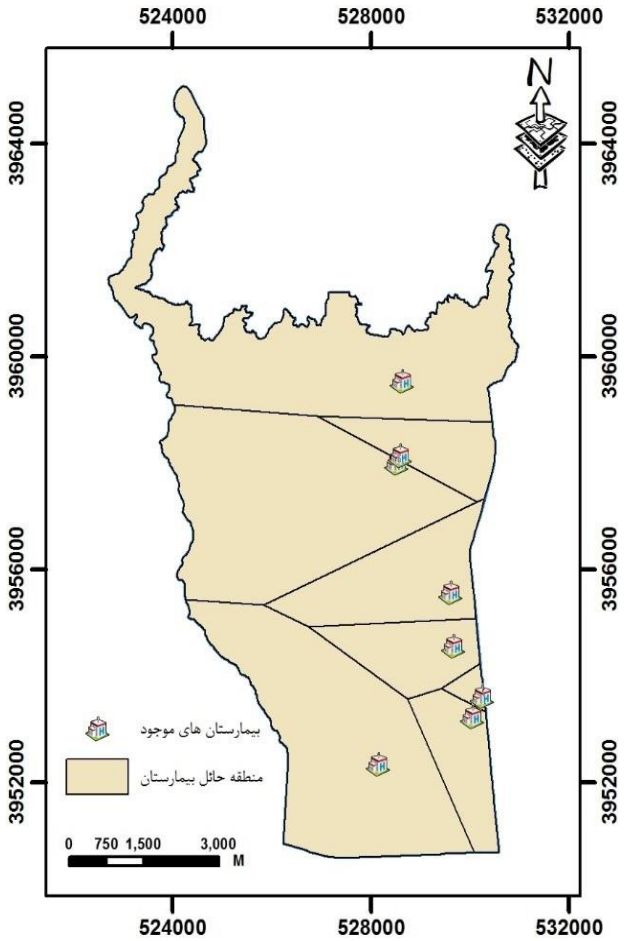
محدوده و قلمرو مورد مطالعه

کلان‌شهر تهران پایتخت ایران و مرکز استان تهران، با جمعیتی حدود ۸,۹۰۰,۰۰۰ نفر و مساحتی معادل ۶۱۵ کیلومتر مربع، پرجمعیت‌ترین و بزرگ‌ترین شهر ایران است (سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران ۱۳۹۸). تهران از ۲۲ منطقه، ۱۲۳ ناحیه، و ۳۵۴ محله تشکیل شده و منطقهٔ ۵ دومین منطقهٔ پرجمعیت و وسیع آن است (سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران ۱۳۹۸) و به عنوان منطقهٔ مورد مطالعه انتخاب شد (شکل ۱). مساحت این منطقه بیش از ۵۴ کیلومتر مربع است و بیش از ۸۸۰,۰۰۰ نفر جمعیت دارد. این منطقه در شمال غربی کلان‌شهر تهران واقع شده و از شمال به ارتفاعات شمال تهران، از شرق به بزرگراه آیت‌الله اشرفی اصفهانی‌ـ محمدعلی جناح، از جنوب به جادهٔ مخصوص کرج، و از غرب به مسیل کن محدود است. منطقهٔ ۵ از شرق با منطقهٔ ۲، از جنوب با منطقهٔ ۹، و از غرب با مناطق ۲۱ و ۲۲ همسایگی دارد. منطقهٔ ۵ متشکل از ۷ ناحیه و ۲۹ محله است. جمعیت این منطقه در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵ و ۱۳۹۷ به ترتیب برابر با ۴۲۷,۹۵۵ و ۶۷۹,۱۰۷ و ۸۸۴,۲۸۷ (مرکز آمار ایران ۱۳۸۸؛ سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران ۱۳۹۸) بوده است که رشد بیش از دوبرابری جمعیت را طی بیست و چهار سال گذشته نشان می‌دهد.



شکل ۳. منطقهٔ مورد مطالعه

شکل ۳ وضعیت توزیع فضایی بیمارستان‌های منطقهٔ ۵ را نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات موجود در سایت بیمارستان‌ها و شهرداری منطقهٔ ۵، منطقهٔ ۵ شهر تهران ۷ بیمارستان و مرکز درمانی شهرداری دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود توزیع بیمارستان‌های منطقهٔ ۵ متناسب با وسعت و جمعیت منطقه نیست. بر اساس شکل ۴ منطقهٔ دسترسی برخی بیمارستان‌ها بسیار کوچک و در نتیجه دسترسی به آن‌ها برای برخی از شهروندان بسیار آسان است. در مقابل منطقهٔ دسترسی برخی دیگر بسیار وسیع است و دسترسی شهروندان به آن‌ها مناسب نیست. علاوه بر این، در قسمت‌هایی ار منطقه تراکم بیمارستان وجود دارد و در مقابل در دیگر قسمت‌ها اصلاً بیمارستانی وجود ندارد.

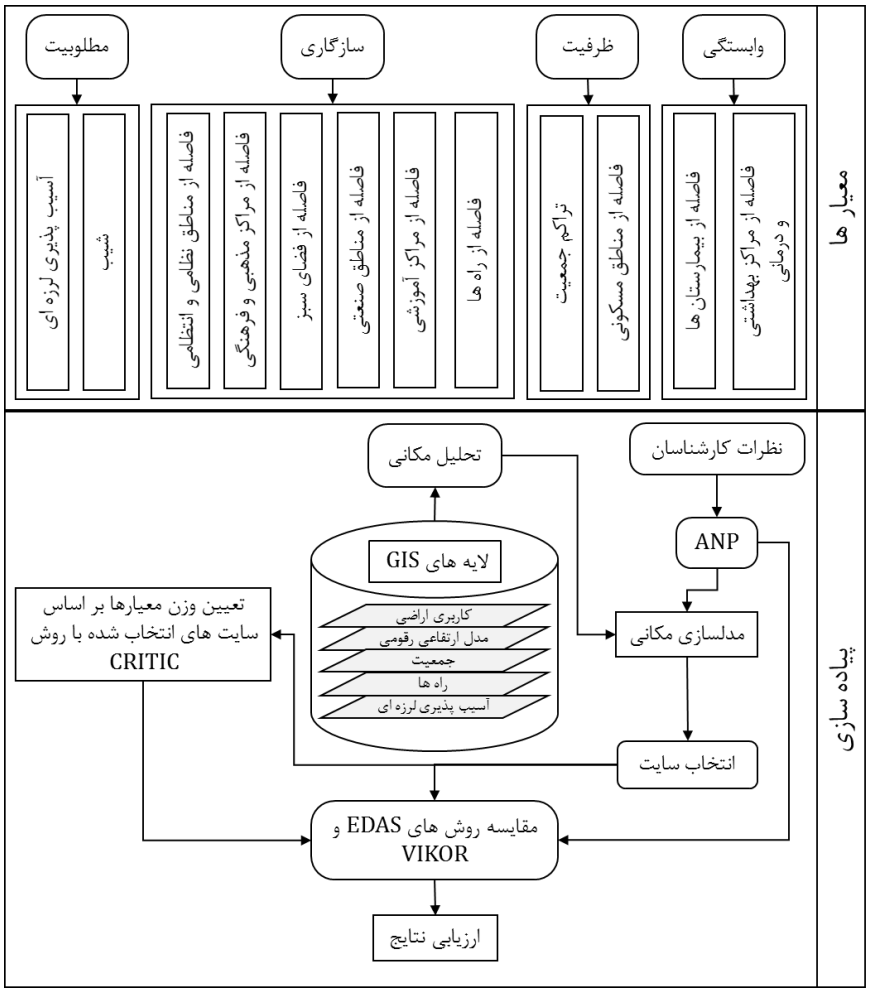


شکل ٤. موقعیت قرارگیری بیمارستان‌های منطقهٔ ۵ و منطقهٔ حایل آن‌ها

روش و ابزار تحقیق

در تحقیق حاضر، که به منظور تعیین مکان بهینهٔ احداث بیمارستان در منطقهٔ ۵ کلان‌شهر تهران صورت گرفته است، ابتدا با استفاده از مرور مطالعات مرتبط و نظرسنجی از خبرگان (متخصصان آمایش سرزمین، شهرسازی، سیستم‌های اطلاعات مکانی، برنامه‌ریزی شهری) معیارهای مناسب به منظور تعیین مکان بهینهٔ بیمارستان مشخص شد. به منظور تهیهٔ لایهٔ مکانی هر معیار و تلفیق لایه‌ها تحلیل‌های Euclidean Distance، Reclassify، Raster Calculator، Feature to Point، و Kriging

Interpolation در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.3.1 مورد استفاده قرار گرفت. فرایند وزن‌دهی با استفاده از نظر خبرگان یادشده به کمک نرم‌افزار رایگان Super Decision انجام شد. میان روش‌های تعیین وزن با استفاده از نظر خبرگان (مقایسات زوجی) یکی از روش‌های بسیار مناسب روش ANP است. این روش قابلیت در نظر گرفتن همبستگی و روابط درونی بین معیارها را دارد و یکی از روش‌های بسیار خوب برای تعیین وزن است. در مسائل واقعی، برخلاف روش فرایند سلسله‌مراتبی، که با فرض عدم تأثیر شاخص‌های تصمیم‌گیری بر هم طراحی شده است، شاخص‌ها بر یک‌دیگر تأثیر می‌گذارند. به همین دلیل، ساعتی در سال ۱۹۹۶ روش ANP را پیشنهاد داد. در روش سلسله‌مراتبی روابط یک‌طرفه‌اند و شاخص‌ها و گزینه‌ها بر هم تأثیر نمی‌گذارند. به عبارتی، فرض بر استقلال آن‌هاست. اما، در روش شبکه‌ای این روابط و تأثیرها در نظر گرفته می‌شود. این روش قابلیت در نظر گرفتن همبستگی و روابط درونی بین معیارها را دارد و یکی از روش‌های مناسب تعیین وزن است. روش ANP نسبت به روش تحلیل سلسله‌مراتبی انعطاف‌پذیرتر و مدل‌سازی آن از محیط تصمیم‌گیری به واقعیت نزدیک‌تر است. به‌علاوه، به منظور تعیین وزن معیارها روش‌های تعیین وزن عینی نیز وجود دارند. یکی از روش‌های بسیار مناسب تعیین وزن عینی روش CRITIC است که بر اساس همبستگی بین معیارها وزن را محاسبه می‌کند. در این تحقیق، به منظور محاسبهٔ وزن معیارها، از دو روش یادشده استفاده شد. برای رتبه‌بندی گزینه‌ها روش‌های مختلفی وجود دارد که در این تحقیق روش جدید EDAS و روش ویکور به دلیل قابلیت بالا هنگام داشتن معیارهای متضاد مورد استفاده قرار گرفت. روش‌های وزن‌دهی ANP و CRITIC و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ EDAS و ویکور با استفاده از کدنویسی در محیط نرم‌افزار Matlab 2014 اجرا شد. شکل ۲ ساختار کلی پژوهش را نشان می‌دهد. در ادامه روش‌های یادشده به اختصار تشریح می‌شوند.



شکل ۵. ساختار کلی پژوهش

وزن‌دهی به معیارها با استفاده از روش ANP

به منظور تعیین وزن معیارها با استفاده از روش ANP اولین گام تشکیل ماتریس مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارها با در نظر گرفتن روابط درونی و بیرونی بین آن‌هاست. مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارها از میانگین هندسی نظر بیست کارشناس از رشته‌های شهرسازی، برنامه‌ریزی شهری، آمایش سرزمین، و مهندسی سیستم‌های اطلاعات مکانی به دست آمد و با محاسبات روش ANP وزن معیارها

محاسبه شد. با توجه به تعدد ماتریس مقایسات زوجی و پیچیدگی سوپرماتریس‌ها در این قسمت فقط ضریب اهمیت حاصل از مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارها در جدول‌های ۲ تا ۶ آورده شده است و در نهایت وزن نهایی معیارها در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۲. نتایج مقایسات زوجی معیارهای اصلی

معیار	ضریب اهمیت	ضریب ناسازگاری
مطلوبیت	۰/۱۱۸۵۳	۰/۰۰۵۸۱
سازگاری	۰/۱۳۷۰۷	
ظرفیت	۰/۲۳۸۲۹	
وابستگی	۰/۵۰۶۱۰	

جدول ۳. نتایج مقایسات زوجی زیرمعیارهای مطلوبیت

معیار	ضریب اهمیت	ضریب ناسازگاری
زلزله	۰/۸۳۳۳۳	۰/۰۰۰۰۰
شیب	۰/۱۶۶۶۷	

جدول ٤. نتایج مقایسات زوجی زیرمعیارهای سازگاری

معیار	ضریب اهمیت	ضریب ناسازگاری
فاصله از مناطق نظامی و انتظامی	۰/۰۹۵۳۸	۰/۰۲۲۵۴
فاصله از مراکز مذهبی و فرهنگی	۰/۱۰۹۳۴	
فاصله از فضای سبز	۰/۲۰۴۴۸	
فاصله از مناطق صنعتی	۰/۱۷۰۴۲	
فاصله از مراکز آموزشی	۰/۱۱۸۹۳	
فاصله از راه‌ها	۰/۳۰۱۴۵	

جدول ۵. نتایج مقایسات زوجی زیرمعیارهای ظرفیت

معیار	ضریب اهمیت	ضریب ناسازگاری
تراکم جمعیت	۰/۸۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰
فاصله از مناطق مسکونی	۰/۲۰۰۰۰	

جدول ۶. نتایج مقایسات زوجی زیر معیارهای وابستگی

معیار	ضریب اهمیت	ضریب ناسازگاری
فاصله از بیمارستان‌ها	۰/۸۳۳۳۳	۰/۰۰۰۰۰
فاصله از مراکز بهداشتی و درمانی	۰/۱۶۶۶۷	

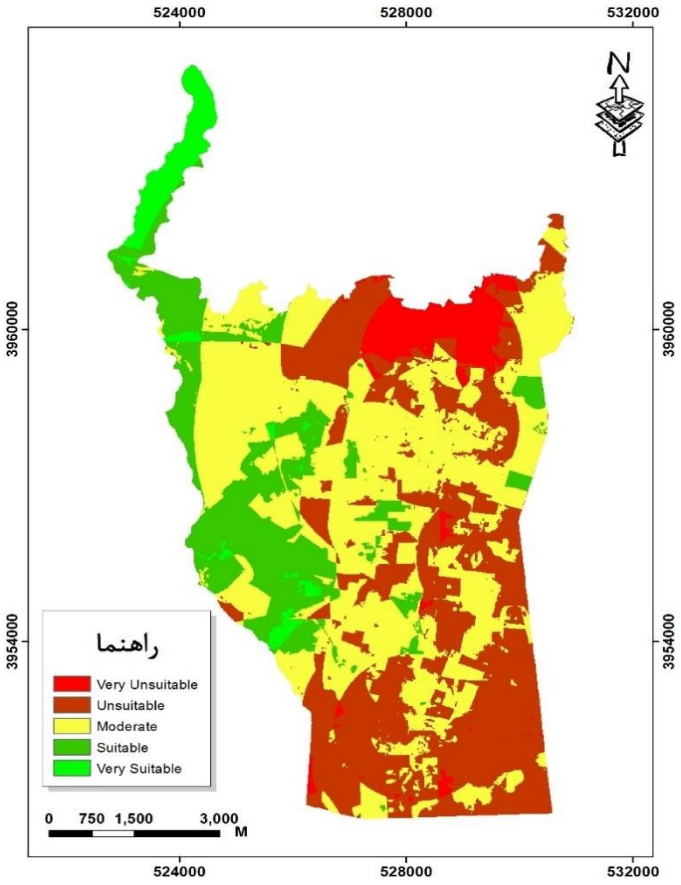
جدول ۷. وزن نهایی معیارها با روش ANP

ردیف	معیار	وزن	هدف
۱	فاصله از بیمارستان‌ها	۰/۲۸۳۵	بیشینه‌سازی
۲	تراکم جمعیت	۰/۱۷۴۴	بیشینه‌سازی
۳	آسیب‌پذیری لرزه‌ای	۰/۱۳۸۲	کمینه‌سازی
۴	فاصله از مراکز بهداشتی و درمانی	۰/۰۹۴۵	کمینه‌سازی
۵	فاصله از مناطق مسکونی	۰/۰۶۹۸	کمینه‌سازی
۶	شیب	۰/۰۴۶۱	کمینه‌سازی
۷	فاصله از راه‌های اصلی	۰/۰۳۶۳	کمینه‌سازی
۸	فاصله از فضای سبز	۰/۰۳۳۴	کمینه‌سازی
۹	فاصله از مناطق صنعتی	۰/۰۳۲۴	بیشینه‌سازی
۱۰	فاصله از مراکز آموزشی	۰/۰۳۰۸	بیشینه‌سازی
۱۱	فاصله از مراکز مذهبی و فرهنگی	۰/۰۳۰۵	کمینه‌سازی
۱۲	فاصله از مناطق نظامی و انتظامی	۰/۰۳۰۱	بیشینه‌سازی

مدل‌سازی مکانی مناطق مستعد احداث بیمارستان

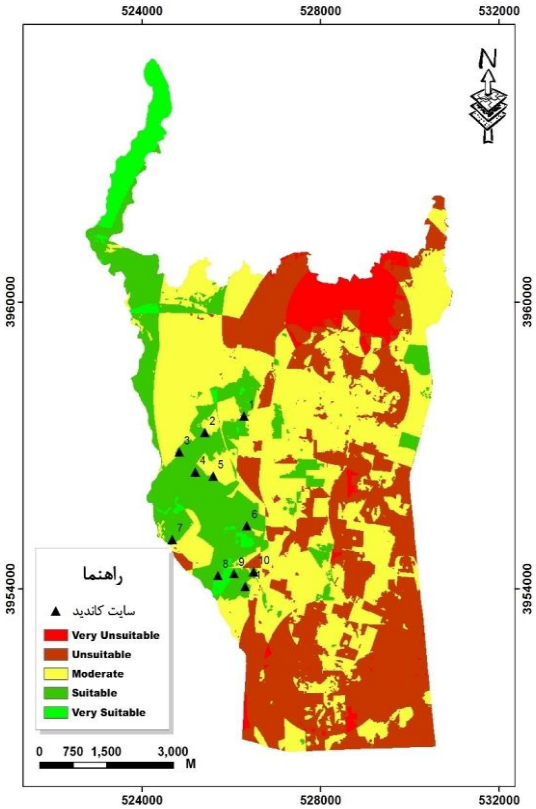
پس از تعیین وزن معیارهای انتخاب‌شده ابتدا لایه‌های ایجادشده را متناسب با سود یا هزینه بودن معیار (ستون چهارم جدول ۷) بار دیگر در پنج کلاس کلاسه‌بندی و سپس به روش هم‌پوشانی شاخص تلفیق می‌کنیم. نتیجهٔ تلفیق لایه‌ها دوباره در پنج کلاس بسیار مناسب، مناسب، نسبتاً مناسب، نامناسب، و بسیار نامناسب کلاسه‌بندی شده است. نتیجهٔ مدل‌سازی مکانی در شکل ۶ آمده است. نتایج مدل‌سازی مکانی نشان می‌دهد قسمت‌های غربی، شمال غربی، و به صورت کلی نیمهٔ غربی منطقهٔ ۵ به منظور احداث بیمارستان جدید اولویت بیشتری دارند. همچنین مناطق

جنوبی و جنوب شرقی و شمالی تناسب کمی برای احداث بیمارستان جدید دارند که با توجه به تمرکز بیمارستان‌های منطقه در این نواحی نتایج مدل‌سازی درست است.



شکل ۶. نتیجه تلفیق لایه‌ها

در ادامه، به منظور پیشنهاد مکان مناسب جهت احداث بیمارستان بر اساس نتایج مدل‌سازی تعداد یازده سایت در مناطق مناسب و بسیار مناسب با در نظر گرفتن سه قید حداقل مساحت ۳۰۰۰ متر، بایر بودن زمین، و دسترسی مناسب به راه‌های اصلی انتخاب و با استفاده از سیستم‌های اطلاعات مکانی مقادیر معیارها برای هر سایت محاسبه شد (شکل ۷). در ادامه با استفاده از تلفیق دو روش وزن‌دهی ANP و CRITIC با دو روش تصمیم‌گیری EDAS و ویکور سایت‌های کاندید رتبه‌بندی شدند.



شکل ۷. سایت‌های انتخاب‌شده جهت رتبه‌بندی

تعیین وزن معیارها با استفاده از روش CRITIC

در این بخش وزن معیارها با استفاده از روش CRITIC محاسبه شد. در مرحلهٔ اول ماتریس تصمیم همانند رابطهٔ ۱ تشکیل و با استفاده از رابطه‌های ۲ و ۳ نرمال شد. سپس انحراف معیار همهٔ معیارها محاسبه و همبستگی اسپیرمن بین هر معیار با بقیهٔ معیارها محاسبه شد. در نهایت، با استفاده از رابطه‌های ۴ و ۵ وزن معیارها محاسبه شد (جدول ۸).

جدول ۸. وزن معیارها با روش CRITIC

ردیف	معیار	وزن
۱	فاصله از بیمارستان‌ها	۰/۰۶۲۳
۲	تراکم جمعیت	۰/۰۶۹۹
۳	آسیب‌پذیری لرزه‌ای	۰/۱۲۲۸
۴	فاصله از مراکز بهداشتی و درمانی	۰/۰۹۳۲
۵	فاصله از مناطق مسکونی	۰/۰۸۰۴
۶	شیب	۰/۰۶۴۹
۷	فاصله از راه‌های اصلی	۰/۰۹۰۳
۸	فاصله از فضای سبز	۰/۰۷۱۸
۹	فاصله از مناطق صنعتی	۰/۱۰۹۴
۱۰	فاصله از مراکز آموزشی	۰/۰۶۶۶
۱۱	فاصله از مراکز مذهبی و فرهنگی	۰/۰۸۷۴
۱۲	فاصله از مناطق نظامی و انتظامی	۰/۰۸۰۹

رتبه‌بندی گزینه‌ها با استفاده از روش EDAS

ابتدا ماتریس تصمیم همانند رابطهٔ ۱ تشکیل و راه‌حل میانگین با استفاده از رابطهٔ ۶ محاسبه شد. سپس، با در نظر گرفتن تأثیر مثبت یا منفی معیارها، مجموعهٔ فواصل مثبت و منفی از راه‌حل میانگین با استفاده از رابطه‌های ۷ تا ۱۰ محاسبه شد. در مرحلهٔ بعد مجموعهٔ فواصل مثبت و منفی موزون و نرمال‌شده برای همهٔ گزینه‌ها با استفاده از رابطه های ۱۱ تا ۱۴ محاسبه شدند. در نهایت، امتیاز گزینه‌ها بر اساس رابطهٔ ۱۵ محاسبه و رتبه‌بندی گزینه‌ها صورت گرفت. جدول ۹ نتیجهٔ رتبه‌بندی گزینه‌ها با تلفیق دو روش وزن‌دهی ANP و CRITIC با روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ EDAS را نشان می‌دهد.

جدول ۹. رتبه‌بندی گزینه‌ها با روش EDAS

سایت	ANP-EDAS		CRITIC-EDAS	
	امتیاز	رتبه	امتیاز	رتبه
۱	۰/۷۹۹۰	۱	۰/۷۹۰۲	۱
۲	۰/۵۳۱۶	۶	۰/۵۹۱۳	۴
۳	۰/۵۸۹۶	۵	۰/۵۴۵۱	۵
۴	۰/۵۱۸۷	۷	۰/۵۴۴۱	۶
۵	۰/۳۹۶۴	۸	۰/۴۸۴۶	۹
۶	۰/۱۷۸۹	۱۱	۰/۲۱۸۰	۱۱
۷	۰/۳۵۱۷	۹	۰/۵۱۴۳	۸
۸	۰/۶۳۰۸	۳	۰/۷۵۹۷	۲
۹	۰/۶۶۲۹	۲	۰/۶۶۷۵	۳
۱۰	۰/۳۱۱۴	۱۰	۰/۳۶۹۲	۱۰
۱۱	۰/۶۱۶۳	۴	۰/۵۱۴۴	۷

رتبه‌بندی گزینه‌ها با استفاده از روش ویکور

ابتدا با استفاده از ماتریس تصمیم و با در نظر گرفتن تأثیر مثبت یا منفی پارامترها مجموعهٔ بهتـرین و بدترین مقادیر هر شاخص محاسبه شد (جدول ۱۰).

جدول ۱۰. مجموعه جواب مثبت و منفی

معیار	مجموعه جواب مثبت	مجموعه جواب منفی
۱	۴۵۶۹/۳۴۰	۲۲۶۵/۹۵۰
۲	۷۳۰/۹۷۹	۲۹/۲۵۱
۳	۲	۵
۴	۱۲۵/۶۲۳	۱۴۴۹/۱۹۰
۵	۰	۲۳۵/۸۵۰
۶	۰/۸۱۰	۶/۸۹۰
۷	۷۹/۰۵۷	۱۰۰۱/۰۲۰
۸	۰	۲۵۴/۹۵۱
۹	۱۴۳۲	۷۰/۷۱۱
۱۰	۶۷۷/۸۸۷	۶۲/۵
۱۱	۱۰۳/۰۷۵	۱۷۱۲/۱۴۰
۱۲	۳۰۸۴/۷۷۰	۹۱۰/۴۴۳

در مرحلهٔ بعد با استفاده از رابطهٔ ۱۸ ماتریس تصمیم نرمال شد و ماتریس تصمیم نرمال موزون از رابطهٔ ۱۹ به دست آمد. سپس مقادیر موافقت کلی و مخالفت جزئی با جواب توافقی با استفاده از رابطه‌های ۲۰ و ۲۱ محاسبه شد. در نهایت با ترکیب خطی دو بردار فوق بردار Q برای همهٔ گزینه‌ها محاسبه و رتبه‌بندی گزینه‌ها انجام شد (جدول ۱۱).

جدول ۱۱. رتبه‌بندی گزینه‌ها با روش ویکور

سایت	ANP-VIKOR		CRITIC-VIKOR	
	امتیاز	رتبه	امتیاز	رتبه
۱	۰/۳۵۷۲	۸	۰/۲۱۸۸	۱
۲	۰/۳۵۱۶	۷	۰/۲۹۱۵	۷
۳	۰/۲۹۱۹	۲	۰/۲۸۷۱	۵
۴	۰/۳۰۴۰	۴	۰/۲۶۷۸	۴
۵	۰/۳۵۱۱	۶	۰/۲۹۲۰	۸
۶	۰/۳۶۴۰	۱۰	۰/۳۱۰۷	۱۰
۷	۰/۳۰۲۷	۳	۰/۳۰۰۹	۹
۸	۰/۲۸۷۰	۱	۰/۲۲۲۵	۲
۹	۰/۳۱۵۳	۵	۰/۲۵۲۷	۳
۱۰	۰/۴۴۲۴	۱۱	۰/۳۶۹۵	۱۱
۱۱	۰/۳۵۸۵	۹	۰/۲۸۹۲	۶

جدول ۱۲. ارزیابی نتایج روش‌های استفاده‌شده در تحقیق

سایت	ANP-EDAS	ANP-VIKOR	CRITIC-EDAS	CRITIC-VIKOR	ارزیابی کارشناسان
۱	۱	۸	۱	۱	۱
۲	۶	۷	۴	۷	۴
۳	۵	۲	۵	۵	۵
۴	۷	۴	۶	۴	۶
۵	۸	۶	۹	۸	۹
۶	۱۱	۱۰	۱۱	۱۰	۱۱
۷	۹	۳	۸	۹	۷
۸	۳	۱	۲	۲	۲
۹	۲	۵	۳	۳	۳
۱۰	۱۰	۱۱	۱۰	۱۱	۱۰
۱۱	۴	۹	۷	۶	۸

بحث و نتیجه

گسترش شهرها، افزایش جمعیت، پیری جمعیت، و افزایش بیماری‌ها سبب افزایش مراجعه به بیمارستان‌ها می‌شود. بیمارستان‌ها نقشی بسیار حائز اهمیت در سلامت جامعه دارند و شهروندان باید به این مراکز دسترسی مناسب داشته باشند. موقعیت مکانی بیمارستان‌ها عامل مهمی در دسترسی به آن‌هاست و توزیع مکانی بهینهٔ بیمارستان‌ها فرایندی بسیار مهم و حیاتی است. در فرایند مدیریت و برنامه‌ریزی شهری انتخاب مکان بهینه به منظور احداث بیمارستان بسیار حیاتی است و فرایند تعیین مکان بهینهٔ احداث بیمارستان باید با استفاده از روش‌های مؤثر و معیارهای مناسب انجام پذیرد. به دلیل تأثیرپذیری این فرایند از شرایط مختلف، روش‌های مختلفی جهت حل فرایند مکان‌یابی مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از روش‌های مناسب جهت رسیدن به این هدف استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر سیستم‌های اطلاعات مکانی است.

در این تحقیق ابتدا به بررسی توزیع فضایی بیمارستان‌های منطقهٔ ۵ شهر تهران پرداخته شد و نتیجهٔ حاصل از ترسیم دیاگرام تیسن برای هر بیمارستان، که محدودهٔ دسترسی به آن را مشخص می‌کرد، نشان داد قسمت‌هایی از منطقهٔ ۵ دسترسی مناسب به بیمارستان‌های موجود را ندارند. در ادامه با استفاده از روش ANP وزن معیارهای مناسب انتخاب مکان بهینهٔ بیمارستان محاسبه و نقشهٔ هر معیار تهیه شد. نتایج وزن‌دهی به روش ANP نشان می‌دهد فاصله از بیمارستان‌های موجود، تراکم جمعیت، و ریسک آسیب‌پذیری زلزله به ترتیب مهم‌ترین معیارهای مکان‌یابی بیمارستان‌اند. سپس با استفاده از وزن‌های به‌دست‌آمده از مدل ANP لایه‌های مکانی با هم تلفیق و نقشهٔ منطقهٔ مستعد بیمارستان تهیه شد. نتایج مدل‌سازی مکانی نشان داد، به منظور احداث بیمارستان جدید، قسمت‌های غربی و شمال غربی و به صورت کلی نیمهٔ غربی منطقهٔ ۵ مناسب است و مناطق جنوبی و شمالی و جنوب شرقی تناسب کمی برای احداث بیمارستان جدید دارند. تمرکز بیمارستان‌های منطقهٔ ۵ در نیمهٔ شرقی و قسمت جنوبی است و بنابراین نتایج مدل‌سازی مکانی منطبق بر واقعیات منطقه است. در ادامه تعداد یازده سایت در مناطق مناسب و بسیار مناسب با در نظر گرفتن سه قید حداقل مساحت ۳۰۰۰ متر، بایر بودن زمین، و دسترسی مناسب به راه‌های اصلی انتخاب و با استفاده از سیستم‌های اطلاعات مکانی معیارها برای هر سایت محاسبه و وزن

معیارها با روش CRITIC محاسبه شد. نتایج روش وزن‌دهی CRITIC نشان داد آسیب‌پذیری لرزه‌ای، فاصله از مناطق صنعتی، و فاصله از مراکز بهداشتی و درمانی به ترتیب مهم‌ترین معیارهای مکان‌یابی بیمارستان‌اند.

در گام بعد، به منظور رتبه‌بندی سایت‌های انتخاب‌شده، از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شد. نتایج اجرای روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره یکسان نبود و بر اساس نتایج دو روش CRITIC-EDAS و CRITIC-VIKOR سایت‌های ۱ و ۸ به ترتیب بهترین مکان‌های مناسب جهت احداث بیمارستان جدیدند. بر اساس نتایج روش ANP-EDAS سایت ۱و ۹ به ترتیب بهترین مکان‌های مناسب جهت احداث بیمارستان جدیدند. بر اساس نتایج روش ANP-VIKOR سایت ۸ و ۳ به ترتیب بهترین مکان‌های مناسب جهت احداث بیمارستان جدیدند. به طور کلی، نتایج بیانگر تناسب بیشتر دو سایت ۱ و ۸ جهت احداث بیمارستان جدیدند.

در ادامه، به منظور ارزیابی نتایج روش‌های استفاده‌شده، سایت‌های مورد استفاده در تحقیق بر اساس نظر کارشناسان ارزیابی و رتبه‌بندی شدند. جدول ۱۲ نتایج مقایسهٔ روش‌های استفاده‌شده و ارزیابی کارشناسان را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۱۲ نتایج روش CRITIC-EDAS و CRITIC-VIKOR نسبت به دو روش دیگر از صحت بالاتری برخوردارند.

فرایند مکان‌یابی در برنامه‌ریزی شهری و توسعهٔ خدمات بسیار مهم است و به منظور افزایش بهره‌وری مراکز خدماتی انتخاب مکان‌های بهینه جهت استقرار آن‌ها ضروری است. امروزه با توجه به افزایش معیارهای مؤثر در فرایند تصمیم‌گیری و ماهیت مکانی آن‌ها استفاده از روش‌های دقیق و کارا و همین‌طور سیستم‌های تحلیل اطلاعات مکانی بسیار مناسب و مهم است. فرایند مکان‌یابی شامل تعیین معیارهای مناسب، تهیهٔ لایه‌های اطلاعاتی، و استفاده از روش‌های مناسب جهت وزن‌دهی و رتبه‌بندی است. در این میان معمولاً انتخاب روش‌های مناسب وزن‌دهی و رتبه‌بندی بر دقت مکان‌یابی می‌افزاید. یکی از نکات مهم در این فرایند عدم استقلال معیارهاست. ساختار روش وزن‌دهی ANP به دلیل در نظر گرفتن روابط درونی معیارها و گزینه‌ها باعث افزایش قدرت آن در فرایند تعیین وزن شده است. در این میان روش‌های داده‌مبنا همچون CRITIC نیز به همان دلیل دارای دقت بهتری هستند. در میان روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره معمولاً روش‌های مبتنی

بر اندازه‌گیری شباهت میان گزینه‌ها از شهرت بالایی برخوردارند. علاوه بر روش‌هایی همچون TOPSIS و VIKOR، روش‌های جدیدی نیز ابداع شده است که یکی از آن‌ها روش EDAS است. تحقیقات بسیار کمی در زمینهٔ ترکیب روش‌های یادشده با سیستم‌های اطلاعات مکانی صورت گرفته است. در این میان معمولاً روش‌های مدل‌سازی مکانی توأم با فرایند رتبه‌بندی نیز کمتر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. در تحقیق حاضر یک روش تلفیقی ارائه شده است که ابتدا به مدل‌سازی مکانی مناطق مستعد احداث بیمارستان می‌پردازد و آن‌گاه با رتبه‌بندی سایت‌های انتخاب‌شده در مناطق با ظرفیت بالا به تعیین مکان بهینهٔ بیمارستان اقدام می‌کند. با توجه به نتایج کلی تحقیق، نتیجهٔ رتبه‌بندی سایت‌ها با استفاده از وزن حاصل از روش‌های وزن‌دهی ANP و CRITIC تقریباً مشابه است؛ که توانایی روش وزن‌دهی عینی CRITIC در بهبود نتایج رتبه‌بندی را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه روش ANP یکی از روش‌های قوی تعیین وزن است، این تشابه بیان‌کنندهٔ قابل مقایسه بودن نتایج دو روش و قدرتمند بودن روش CRITIC است. به همین دلیل به نظر می‌رسد روش وزن‌دهی CRITIC قابلیت استفاده در فرایند تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر سیستم‌های اطلاعات مکانی را دارد و تحقیقات بیشتری در این زمینه مورد نیاز است. روش جدید EDAS روش مناسبی جهت تصمیم‌گیری است و دلیل آن تشابه بیشتر نتایج رتبه‌بندی این روش با نظر کارشناسان است. به نظر می‌رسد تلفیق این روش با سیستم‌های اطلاعات مکانی سبب بهبود نتایج می‌شود. برای تحقیقات آینده استفاده از معیارهای مهمی نظیر توزیع مکانی بیماران و بیماری‌ها و قیمت زمین پیشنهاد می‌شود که به علت عدم در اختیار داشتن لایهٔ مکانی آن‌ها در تحقیق حاضر در نظر گرفته نشد.

منابع

احدنژاد، محسن؛ حسین قادری؛ محمد هادیان؛ پیام حقیقت‌فرد؛ بنفشه درویشی؛ الهام حقیقت‌فرد؛ بیتا سادات زگردی و آرش بردبار (۱۳۹۳). «مکان‌یابی بهینهٔ مراکز درمانی شهری با استفاده از GIS منطقهٔ ۱۱ شهر تهران»، *مجله دانشگاه علوم پزشکی فسا*، د ۴، ش ۴، صص ۴۶۳ ـ ۴۷۴.

اصغری‌زاده، عزت‌الله؛ عبدالکریم محمدی بالانی (۱۳۹۶). *تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه*، چ ۲، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

پارسامقدم، مهدی؛ محمدحسن یزدانی؛ افشار سیدین؛ منوچهر پاشازاده (۱۳۹۵). «مکان‌یابی بهینهٔ بیمارستان‌های شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در شهر اردبیل»، *نشریهٔ دانشگاه علوم پزشکی اردبیل*، د ۱۴، ش ۴، صص ۳۷۴ ـ ۳۸۸.

جلوخانی نیارکی، محمدرضا؛ فخرالدین حاجی‌لو (۱۳۹۵). «مکان‌یابی نیروگاه‌های بادی با استفاده از مدل ANP-OWA (مطالعهٔ موردی: استان زنجان)»، *علوم و فنون نقشه‌برداری*، د ۶، ش ۱، صص ۷۳ ـ ۸۶.

سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران (۱۳۹۸). *آمارنامهٔ شهرداری تهران ـ ۱۳۹۷ (سالنامهٔ آماری شهرداری تهران)*، تهران، سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران.

سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران (۱۳۹۸). *آمارنامهٔ شهر تهران ـ ۱۳۹۷ (سالنامهٔ آماری شهر تهران)*، تهران، سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران.

صحرائیان، زهرا؛ علی زنگی‌آبادی؛ فرامرز خسروی (۱۳۹۲). «تحلیل فضایی و مکان‌یابی مراکز بهداشتی‌ـ درمانی و بیمارستان با استفاده از GIS (نمونهٔ موردی: شهر جهرم)»، *فضای جغرافیایی*، د ۱۳، ش ۴۳، صص ۱۵۳ ـ ۱۷۰.

علوی، سید علی؛ علی احمدآبادی؛ محمد مولایی‌قلیچی؛ ولی پاتو؛ کاظم برهانی (۱۳۹۲). «مکان‌گزینی مناسب بیمارستان‌های شهری با استفاده از تکنیک‌های تلفیقی مدل تحلیلی تصمیم‌گیری چندمعیاره و تحلیل‌های فضایی سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۷ شهر تهران)»، *بیمارستان*، د ۱۲، ش ۲، صص ۹ ـ ۱۸.

محمدی، کمال؛ علی‌اصغر آل‌شیخ؛ محمد طالعی (۱۳۹۸). «مکان‌یابی مراکز بیمارستانی با تلفیق روش‌های بهترین‌ـ بدترین، دنپ، ویکور، و کوپراس (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۱ شهر تهران)»، *فناوری*

اطلاعات مکانی، د ۷، ش ۳، صص ۱۱ ـ ۴۳.

مرکز آمار ایران (۱۳۸۸). *سرشماری عمومی نفوس و مسکن ـ ۱۳۸۵ نتایج کلی شهر تهران (مناطق بیست‌ودوگانه)*، تهران، شهر.

References

Abdullahi, S., Mahmud, A. R. B., & Pradhan, B. (2014). "Spatial modelling of site suitability assessment for hospitals using geographical information system-based multicriteria approach at Qazvin city, Iran", *Geocarto International*, 29(2), pp. 164-184.

Adalı, E. A. & Tuş, A. (2019). "Hospital site selection with distance-based multi-criteria decision-making methods", *International Journal of Healthcare Management*, 12 (1), pp. 1-11.

Ahadnejad, M., Ghaderi, H., Hadian, M., Haghighatfard, P., Darvishi, B., Haghighatfard, E., Zegordi, B., & Bordbar, A. (2015). "Location Allocation of Health Care Centers Using Geographical Information System: region 11 of Tehran", *J Fasa Univ Med Sci*, 4 (4), pp. 463-474. (in Persian)

Ahmed, A. H., Mahmoud, H., & Aly, A. M. M. (2016). "Site suitability evaluation for sustainable distribution of hospital using spatial information technologies and AHP: A case study of Upper Egypt, Aswan City", *Journal of Geographic Information System*, 8(05), pp. 578-594.

Alavi, S. A., Ahmadabadi, A., Molaei Qelichi, M., Pato, V., & Borhani, K. (2013). "Proper site selection of urban hospital using combined techniques of MCDM and Spatial analysis of GIS (Case study: region 7 in Tehran city)", *jhosp*, 12 (2), pp. 9-18. (in Persian)

Asgharizadeh, E. & balani, A. M. (2018). *Multiple attribute decision making techniques*, Tehran, Iran, Uneversity of Tehran Press. (in Persian)

Chatterjee, D. & Mukherjee, B. (2013). "Potential hospital location selection using AHP: a study in rural India", *International Journal of Computer Applications*, 71(17), pp. 1-7.

Davtalab, M. & Alesheikh, A. A. (2018). "Spatial optimization of biomass power plant site using fuzzy analytic network process", *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20(5), pp. 1033-1046.

Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). "Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method", *Computers & Operations Research*, 22(7), pp. 763-770.

Information and Communication Technology Organizatin of Tehran Municipality (2017). *Tehran City Statistics - 2017 (Tehran Statistical Yearbook)*. (in Persian)

Information and Communication Technology Organizatin of Tehran Municipality. (2019). *Statistics of Tehran Municipality - 2018 (Statistical Yearbook of Tehran Municipality)*. (in Persian)

Jelokhani Niyaraki, M. R. & Hajiloo, F. (2016). "Site Selection for Wind Power Plants Using ANP-OWA Model (Case Study of Zanjan Province, Iran)", *Journal of Geomatics Science and Technology*, 6(1), pp. 73-86. (in Persian)

Kanani-Sadat, Y., Arabsheibani, R., Karimipour, F., & Nasseri, M. (2019). "A new approach to flood susceptibility assessment in data-scarce and ungauged regions based on GIS-based hybrid multi criteria decision-making method", *Journal of hydrology*, 572, pp. 17-31.

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*, pp. 1-16.

Keshavarz Ghorabaee, M., Zavadskas, E. K., Olfat, L., & Turskis, Z. (2015). "Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS)", *Informatica*, *26*(3), pp. 435-451.

Kumar, P., Singh, R. K., & Sinha, P. (2016). "Optimal site selection for a hospital using a fuzzy extended ELECTRE approach", *Journal of Management Analytics*, 3(2), pp. 115-135.

Malczewski, J. (2006a). "GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature", *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), pp. 703-726.

Malczewski, J. (2006b). "Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis", *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 8(4), pp. 270-277.

Mohammadi, K., Alesheikh, A. A., & Taleai, M. (2019). "Locating Hospital Centers By an Integration of BWM, DANP, VIKOR, and COPRAS Methods (Case Study: Region 1, City of Tehran)", *Journal of Geospatial Information Technology*, 7(3), pp. 17-42. (in Persian)

Opricovic, S. (1998). "Multicriteria optimization of civil engineering systems", *Faculty of Civil Engineering, Belgrade*, 2(1), pp. 5-21.

Opricovic, S. & Tzeng, G.-H. (2004). "Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS", *European journal of operational research*, 156(2), pp. 445-455.

Parsa Moghadam, M., Yazdani, M., Seyyedin, A., & Pashazadeh, M. (2017). "Optimal site selection of urban hospitals using GIS software in Ardabil City", *Journal of Ardabil University of Medical Sciences*, 16(4), pp. 374-388. (in Persian)

Saaty, T. L. (1996). *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*, Pittsburgh: RWS Publications.

Saaty, T. L. & Sodenkamp, M. (2008). "Making decisions in hierarchic and network systems", *International Journal of Applied Decision Sciences*, 1(1), pp. 24-79.

Şahin, T., Ocak, S., & Top, M. (2019). "Analytic hierarchy process for hospital site selection", *Health Policy and Technology*, 8(1), pp. 42-50.

Sahraeian, Z., Zangiabadi, A., & Khosravi, F. (2013). "Spatial analysis and site selection of health medical and hospital centers using (GIS)(case study: Jahrom city)", *Journal of Geograpical Space*, 13(43), pp. 153-170. (in Persian)

Senvar, O., Otay, I., & Bolturk, E. (2016). "Hospital site selection via hesitant fuzzy TOPSIS", *IFAC-PapersOnLine*, 9(12), pp. 1140-1145.

Sharmin, N. & Neema, M. N. (2013). "A GIS-based multi-criteria analysis to site appropriate locations of hospitals in Dhaka City", *Asian Transactions on Engineering*, 3(4), pp. 8-12.

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), pp. 1237-1259.

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*, pp. 1-12.

Soltani, A. & Marandi, E. Z. (2011). "Hospital site selection using two-stage fuzzy multi-criteria decision making process", *Journal of Urban and environmental engineering*, 5(1), pp. 32-43.

Soltani, A., Inaloo, R. B., Rezaei, M., Shaer, F., & Riyabi, M. A. (2019). "Spatial analysis and urban land use planning emphasising hospital site selection: a case study of Isfahan city", *Bulletin of Geography, Socio-economic Series*, 43(1), pp. 71-89.

Statistical Center of Iran (2006). *General Population and Housing Census - 2006 General Results of Tehran (22 Districts).* (in Persian)

Teniwut, W., Marimin, M., & Djatna, T. (2019). "GIS-Based multi-criteria decision making model for site selection of seaweed farming information centre: A lesson from small islands, Indonesia", *Decision Science Letters*, 8(2), pp. 137-150.

Vahidnia, M. H., Alesheikh, A. A., & Alimohammadi, A. (2009). "Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives", *Journal of environmental management*, 90(10), pp. 3048-3056.

Wang, C.-N., Huang, Y.-F., Chai, Y.-C., & Nguyen, V. T. (2018). "A multi-criteria decision making (MCDM) for renewable energy plants location selection in Vietnam under a fuzzy environment", *Applied Sciences*, 8(11), pp. 1-33.

Wang, C.-N., Nguyen, V. T., Duong, D. H., & Thai, H. T. N. (2018). "A hybrid fuzzy analysis network process (FANP) and the technique for order of preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) approaches for solid waste to energy plant location selection in Vietnam", *Applied Sciences*, 8(7), pp. 1-28.

Wang, W. X. (2019). "Site selection of fire stations in cities based on geographic information system (GIS) and fuzzy analytic hierarchy process (FAHP)", *Ingénierie des Systèmes d'Information*, Vol. 24, No. 6, pp. 619-626.

Wang, Y.-M. & Luo, Y. (2010). "Integration of correlations with standard deviations for determining attribute weights in multiple attribute decision making", *Mathematical and Computer Modelling*, 51(1-2), pp. 1-12.

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), pp. 875-881.

Wu, C. R., Lin, C. T., & Chen, H. C. (2007). "Optimal selection of location for Taiwanese hospitals to ensure a competitive advantage by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis", *Building and environment*, 42(3), pp. 1431-1444.

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), pp. 2008-2019.