Town & Country Planning *https://jtcp.ut.ac.ir/*
Vol. 14, No. 1, Spring & Summer 2022 *Print ISSN: 2008-7047*
Manuscript Type: Research Paper *Online ISSN: 2423-6268*
DOI: 10.22059/jtcp.2021.327203.670238

The Optimal Ranking of Candidate Hospital Sites Using a Combination of Objective Weighting Method and Multi-Criteria Decision Making Based on Geographical Information System

Iman Zandi[1], Parham Pahlavani[2] , Behnaz Bigdeli[3]

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

(Received: July 14, 2021; Accepted: October 16, 2021)

Abstract

Hospitals are among the most important service centers, and the selection of the optimal site for them is a very important (yet complex) undertaking, as it can bring about optimal spatial distribution of hospitals and can make them optimally accessible for citizens. In the present study, in order to optimally locate hospitals in District 5 of Tehran metropolis, a combination of the geographical information system, objective weighting methods, and multi-criteria decision making method was used. The geographical information system was used to analyze and manage the optimal hospital locating criteria, the CRITIC weighting method was implemented to account for the correlation between the criteria, and Shannon's entropy method was used to model the existing uncertainty in the criteria. CODAS multi-criteria decision making method was used due to its novelty and the evaluation of alternatives based on two criteria. Based on the results obtained from CRITIC weighting method, distance from health centers, and based on the results of Shannon's entropy method, distance from industrial areas were the most important optimal hospital locating criteria. The results of ranking the candidate sites using CRITIC-CODAS and Shannon's entropy-CODAS were almost the same, and both methods identified the sites on the western side of the District (that did not have any hospital) as the appropriate sites. The results of the study indicated the high accuracy of combined objective weighting and multi-criteria decision making methods in optimal locating of the hospitals. It might be asserted that these methods can replace thematic weighting methods such as analytical hierarchy process.

Keywords

optimal hospital site selection, GIS-based multi-criteria decision making, CRITIC, Shannon entropy, CODAS.

Corresponding Author, Email: Pahlavani@ut.ac.ir

آمایش سرزمین
دورهٔ ۱۴، شمارهٔ اول، بهار و تابستان ۱۴۰۱
صفحات ۳۶۹-۳۴۷ (پژوهشی)

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

رتبه‌بندی بهینهٔ سایت‌های کاندید بیمارستان با استفاده از تلفیق روش‌های وزن‌دهی عینی و تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی

ایمان زندی[۱]، پرهام پهلوانی[۲] ، بهناز بیگدلی

۱. دانش آموخته کارشناسی‌ارشد، دانشکدهٔ مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲. دانشیار، دانشکدهٔ مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۳. استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۳ ـ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۴)

چکیده

بیمارستان‌ها یکی از مراکز خدماتی مهم‌اند و انتخاب مکان بهینهٔ بیمارستان به منظور توزیع فضایی مطلوب بیمارستان‌ها و دسترسی مطلوب شهروندان به آن‌ها بسیار مهم و پیچیده است. در تحقیق حاضر به منظور مکان‌یابی بهینهٔ بیمارستان در منطقهٔ ۵ کلان‌شهر تهران از ترکیب سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های وزن‌دهی عینی و تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شد. در این تحقیق از سیستم اطلاعات جغرافیایی به منظور تجزیه‌وتحلیل و مدیریت معیارهای مکان‌یابی بهینهٔ بیمارستان و از روش وزن‌دهی کریتیک به دلیل در نظر گرفتن همبستگی بین معیارها و از روش وزن‌دهی آنتروپش شانون به دلیل مدل‌سازی عدم قطعیت موجود در معیارها استفاده شد. روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ کوداس به دلیل جدید بودن و ارزیابی گزینه‌ها بر اساس دو معیار ارزیابی مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس نتایج روش وزن‌دهی کریتیک معیارهای فاصله از مراکز بهداشتی و درمانی و بر اساس نتایج روش وزن‌دهی آنتروپی شانون معیارهای فاصله از مناطق صنعتی مهم‌ترین معیار در مکان‌یابی بهینهٔ بیمارستان بودند. نتایج رتبه‌بندی سایت‌های کاندید با استفاده از دو روش کریتیک- کوداس و آنتروپی شانون- کوداس تقریباً یکسان بود و هر دو روش سایت‌های واقع در نیمهٔ غربی منطقهٔ مورد مطالعه را که فاقد بیمارستان بودند به عنوان سایت‌های مناسب تشخیص دادند. نتایج تحقیق بیانگر صحت بالای ترکیب روش‌های وزن‌دهی عینی و تصمیم‌گیری چندمعیاره در مکان‌یابی بهینهٔ بیمارستان بود. این روش‌ها می‌توانند جایگزین روش‌های وزن‌دهی موضوعی، همانند فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، شوند.

کلیدواژگان

آنتروپی شانون، تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی، کریتیک، کوداس، مکان‌یابی بهینهٔ بیمارستان.

رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: Pahlavani@ut.ac.ir

مقدمه و پیشینهٔ پژوهش

افزایش رفاه شهروندان نیازمند گسترش بهینهٔ خدمات در گسترهٔ شهر است. خدمات بهداشتی و درمانی یکی از خدمات مهم است که نیازمند توزیع مطلوب در سطح شهرهاست. انتخاب مکان مناسب برای احداث بیمارستان تصمیم‌گیری بسیار مهمی است که حاکمیت و تصمیم‌گیرندگان بهداشت به آن توجه می‌کنند (Gul & Guneri 2021). این تصمیم یک تصمیم استراتژیک است (Pınar & Antmen 2019). بیمارستان‌ها در فرایند ارائهٔ خدمات بهداشتی و درمانی به شهروندان نقش بسیار مهمی دارند و عملکرد مناسب این مراکز در گرو تعیین مکان‌های مناسب جهت احداث آن‌هاست (Chatterjee & Mukherjee 2013; Şahin et al. 2019). انتخاب مکان نامناسب منجر به نارضایتی شهروندان و افزایش هزینه می‌شود (Chatterjee 2014). یکی از مشکلات مهم در شهرها توزیع فضایی نامطلوب بیمارستان‌هاست که سبب عدم دسترسی مناسب شهروندان به این مراکز می‌شود. در فرایند مکان‌یابی بهینه، هدف انتخاب یک یا مجموعه‌ای از مکان‌های مناسب است (Moradian et al. 2017). با توجه به گستردگی شهرها و محدود بودن منابع و امکانات و هزینه‌بر بودن احداث بیمارستان‌ها، تعیین مکان بهینه جهت احداث ضروری است. تعیین مکان بهینهٔ استقرار خدمات نیازمند در نظر گرفتن معیارهای متعددی است که گاه به هم وابسته یا در تناقض‌اند. بنابراین، اغلب این تصمیمات پیچیده است (Witlox et al. 2009) و استفاده از روش‌های سنتی را بسیار دشوار یا ناممکن می‌سازد. با توجه به چندمعیاره بودن فرایند تعیین مکان بهینهٔ بیمارستان، یکی از راه‌های تحلیل آن استفاده از فرایند تصمیم‌گیری چندمعیاره است. تصمیم‌گیری چندمعیاره در بسیاری از موارد در تعیین مکان بهینهٔ بیمارستان به کار رفته است و یکی از روش‌های رایج حل این مسئله است. اکثر معیارهای استفاده‌شده در تعیین مکان بهینهٔ بیمارستان فضایی است و به منظور استفاده و تحلیل این معیارها به‌کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ضروری است. یک رویکرد مناسب و کارا در حل این مسئله استفاده از ترکیب GIS و تصمیم‌گیری چندمعیاره است. در این رویکرد از GIS جهت تجزیه‌وتحلیل و مدیریت و نمایش داده‌ها و نتایج و از فرایند تصمیم‌گیری چندمعیاره جهت تصمیم‌گیری استفاده می‌شود.

تحقیقات گسترده‌ای در زمینهٔ انتخاب مکان بهینهٔ بیمارستان انجام شده است. در ادامه به

تعدادی از آن‌ها که ارتباط بیشتری با تحقیق حاضر دارند اشاره می‌شود. ادعلی[۱] و تاس (۲۰۱۹) به منظور مکان‌یابی بیمارستان در ترکیه از تلفیق روش وزن‌دهی عینی کریتیک[۲] با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره تاپسیس[۳] و کوداس[۴] و ایداس[۵] استفاده کردند. وحیدنیا[۶] و همکارانش (۲۰۰۹) به منظور مکان‌یابی بیمارستان در تهران روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و GIS را تلفیق کردند. محمدی و همکارانش (۱۳۹۸) به منظور مکان‌یابی بیمارستان در تهران از ترکیب GIS با روش‌های وزن‌دهی DANP[۷] و مدل بهترین- بدترین و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ ویکور[۸] و کوپراس[۹] استفاده کردند. زندی و پهلوانی (۱۴۰۰) به منظور تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی مناطق مستعد احداث بیمارستان در تهران روش وزن‌دهی فرایند تحلیل شبکه و GIS را تلفیق کردند و با استفاده از دو روش ایداس و ویکور به رتبه‌بندی سایت‌های کاندید در مناطق مستعد پرداختند. ساهین[۱۰] و همکارانش (۲۰۱۹) به منظور مکان‌یابی بیمارستان در ترکیه از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده کردند. زندی[۱۱] و دلاور (۲۰۲۱) به منظور مکان‌یابی بیمارستان در تهران روش آنتروپی شانون و تاپسیس را ترکیب کردند. سنوار[۱۲] و همکارانش (۲۰۱۶) با استفاده از ترکیب مجموعهٔ فازی شهودی و تکنیک تاپسیس به مکان‌یابی بیمارستان در استانبول پرداختند. علوی[۱۳] و همکارانش (۲۰۱۳) به منظور پهنه‌بندی مناطق مستعد احداث بیمارستان در تهران از تلفیق روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و تکنیک تاپسیس استفاده کردند. شارمین[۱۴] و نعیما (۲۰۱۳) به منظور تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی مناطق مستعد احداث بیمارستان در بنگلادش GIS را به کار بردند.

1. Adalı
2. criteria importance through inter criteria correlation (CRITIC)
3. technique for order preference by similarity to an ideal solution (TOPSIS)
4. combinative distance-based assessment (CODAS)
5. evaluation based on distance from average solution (EDAS)
6. Vahidnia
7. dematel-based analytical network process (DANP)
8. vlsekriterijumska optimizacija i kompromisno resenje (VIKOR)
9. complex proportional assessment of alternatives (COPRAS)
10. Şahin
11. Zandi
12. Senvar
13. Alavi
14. Sharmin

یکی از رویکردهای ترکیبی متداول در حل مسئلهٔ مکان‌یابی بهینهٔ بیمارستان ترکیب GIS و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی است (Gul & Guneri 2021). در اکثر تحقیقات گذشته از روش‌های وزن‌دهی موضوعی، همانند فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و فرایند تحلیل شبکه، استفاده شده و روش‌های وزن‌دهی عینی کمتر مطالعه شده‌اند. از طرفی در فرایند وزن‌دهی عینی معیارها، عمدتاً، از تعداد محدودی سایت استفاده شده است. در تحقیق حاضر با هدف تعیین مکان بهینهٔ بیمارستان از میان سایت‌های کاندید از تلفیق GIS و روش‌های وزن‌دهی عینی کریتیک و آنتروپی شانون و روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ کوداس استفاده شد. فرضیهٔ تحقیق حاضر این است که روش‌های وزن‌دهی عینی توانایی بالایی در افزایش صحت مکان‌یابی بهینهٔ بیمارستان دارند و می‌توانند جایگزین روش‌های وزن‌دهی موضوعی، همانند روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، شوند. در این تحقیق از GIS به منظور تهیهٔ نقشهٔ معیارهای مؤثر در فرایند تصمیم‌گیری، از روش‌های وزن‌دهی عینی به منظور تعیین وزن عینی معیارها با در نظر گرفتن تعداد ۲۱ سایت کاندید، و در نهایت از روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ کوداس به منظور رتبه‌بندی سایت‌های کاندید استفاده شد.

مبانی نظری تحقیق

در ادامه روش‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر به‌اختصار معرفی می‌شود.

روش کریتیک

یکی از روش‌های تعیین وزن عینی روش کریتیک است که دیاکولاکی[1] و همکارانش (۱۹۹۵) پیشنهاد کردند. در این روش وزن عینی معیارها با استفاده از همبستگی میان آن‌ها محاسبه می‌شود. در این روش وزن معیاری بیشتر است که دارای انحراف معیار بیشتر و همبستگی آن با سایر معیارها کمتر باشد. در ادامه مراحل اجرای این روش به‌اختصار تشریح می‌شود (Diakoulaki et al. 1995).

گام ۱. ماتریس تصمیم بر اساس رابطهٔ ۱ تشکیل می‌شود.

1. Diakoulaki

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

گام ۲. ماتریس تصمیم بر اساس سود یا هزینه بودن هر معیار به ترتیب با استفاده از روابط ۲ و ۳ نرمال می‌شود.

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

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

گام ۳. با استفاده از انحراف معیار هر معیار و همبستگی آن با دیگر معیارها وزن هر معیار با استفاده از روابط ۴ و ۵ به دست می‌آید.

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

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

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

روش آنتروپی شانون

روش آنتروپی شانون را شانون (۱۹۴۸) ارائه کرد. آنتروپی ابزاری برای اندازه‌گیری عدم قطعیت موجود در اطلاعات است (Wu et al. 2011). روش آنتروپی شانون تابعی از توزیع احتمال و پارامتری برای اندازه‌گیری عدم قطعیت در یک معیار است. وزن معیارها در این روش بر اساس میزان پراکندگی و تلاطم در هر معیار ماتریس تصمیم‌گیری تعیین می‌شود. به منظور تعیین وزن معیارهای تصمیم‌گیری به وسیلهٔ آنتروپی شانون مراحلی طی می‌شود (اصغری‌زاده و بالانی ۱۳۹۶؛ Shannon 1948; Wu et al. 2011):

گام ۱. مطابق رابطهٔ۱ ماتریس تصمیم تشکیل می‌شود.

گام ۲. با استفاده از رابطهٔ ۶ ماترس تصمیم نرمال می‌شود.

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

گام ۳. درجهٔ همگرایی مقادیر هر معیار (E_j) با استفاده از رابطهٔ ۷ تعیین می‌شود.

$$E_j = -k\left(\sum_{i=1}^{m} r_{ij}, \ln(r_{ij})\right) \quad (۷)$$

اگر تعداد سایت‌های کاندید برابر با n باشد، مقدار ثابت k با استفاده از رابطهٔ ۸ محاسبه می‌شود.

$$k = \frac{1}{\ln(n)} \quad (۸)$$

گام ۴. با استفاده از رابطهٔ ۹ مقدار واگرایی هر معیار محاسبه می‌شود.

$$D_j = 1 - E_j \quad (۹)$$

گام ۵. در نهایت، با استفاده از رابطهٔ ۱۰ وزن معیارها محاسبه می‌شود.

$$W_j = \frac{D_j}{\sum_{j=1}^{n} D_j} \quad (۱۰)$$

روش تصمیم‌گیری کوداس

یکی از روش‌های جدید مبتنی بر اندازه‌گیری فاصله روش کوداس است که کشاورز[1] و همکارانش (۲۰۱۶) ارائه کردند. در این روش با ترکیب فواصل اقلیدسی و منهتن بین گزینه‌ها و راه‌حل ایده‌آل منفی به رتبه‌بندی گزینه‌ها پرداخته می‌شود. معیار اصلی ارزیابی در روش کوداس فاصلهٔ اقلیدسی است و اگر فاصلهٔ اقلیدسی دو گزینه از راه‌حل ایده‌آل منفی به هم نزدیک باشد، از فاصلهٔ منهتن برای تمایز آن‌ها استفاده می‌شود (Karakuş et al. 2020). مراحل روش کوداس در ادامه آمده است (Keshavarz Ghorabaee et al. 2016).

گام ۱. مطابق رابطهٔ ۱ ماتریس تصمیم تشکیل می‌شود.

گام ۲. ماتریس تصمیم با استفاده از معادلات ۱۱ و ۱۲ نرمال می‌شود. رابطهٔ ۱۱ و رابطهٔ ۱۲ به ترتیب برای نرمال‌سازی معیارهای مفید و هزینهٔ تصمیم‌گیری استفاده می‌شود.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} \quad (۱۱)$$

1. Keshavarz Ghorabaee

$$n_{ij} = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} \quad (۱۲)$$

گام ۳. با ضرب ماتریس تصمیم و بردار وزن معیارها، ماتریس تصمیم موزون محاسبه می‌شود.

$$r_{ij} = n_{ij} \times W_j \quad (۱۳)$$

گام ۴. مجموعه راه‌حل منفی با کمترین مقادیر معیارها برابر است.

$$ns_j = \min_i r_{ij} \quad (۱۴)$$

گام ۵. فواصل اقلیدسی و منهتن بین گزینه‌ها و مجموعه راه‌حل ایده‌آل منفی با استفاده از روابط ۱۵ و ۱۶ محاسبه می‌شود.

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} (r_{ij} - ns_j)^2} \quad (۱۵)$$

$$t_i = \sum_{j=1}^{m} |r_{ij} - ns_j| \quad (۱۶)$$

گام ۶. ماتریس ارزیابی نسبی با استفاده از روابط ۱۷ و ۱۸ محاسبه می‌شود.

$$Ra = [h_{ik}]_{n \times n} \quad (۱۷)$$

$$h_{ik} = (E_i - E_k) + (\psi(E_i - E_k) \times (T_i - T_k)) \quad (۱۸)$$

گام ۷. k در رابطهٔ بالا دارای مقادیر ۱ تا n است و تابع ψ به منظور ارزیابی کیفیت فاصلهٔ اقلیدسی به صورت رابطهٔ ۱۹ تعریف می‌شود.

$$\psi(x) = \begin{cases} 1 \; if \; |x| \geq \tau \\ 0 \; if \; |x| < \tau \end{cases} \quad (۱۹)$$

τ در رابطهٔ ۱۹ فاکتور حد آستانه است و معمولاً ۰/۰۲ در نظر گرفته می‌شود.

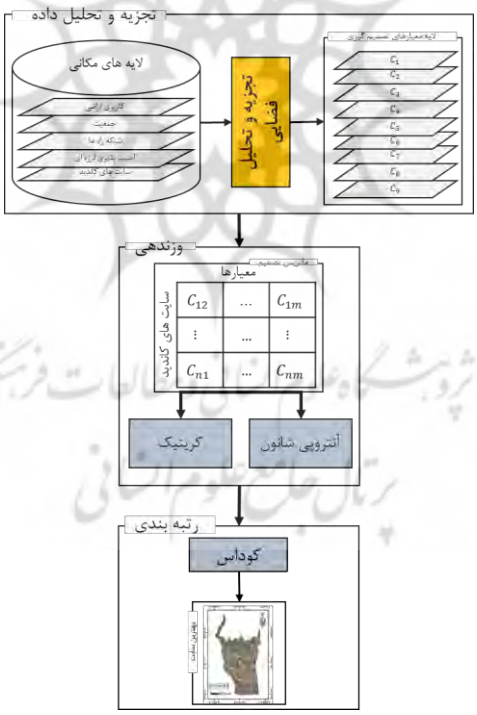
گام ۸. با استفاده از رابطهٔ ۱۰ درجهٔ تناسب هر گزینه محاسبه می‌شود.

گام ۹. به منظور رتبه‌بندی گزینه‌ها مقادیر H را باید به ترتیب نزولی مرتب کرد.

روش پژوهش

در تحقیق حاضر، به منظور تعیین مکان بهینهٔ احداث بیمارستان در منطقهٔ ۵ شهر تهران، یک روش ترکیبی شامل GIS و روش‌های وزن‌دهی عینی و روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ کوداس ارائه شده

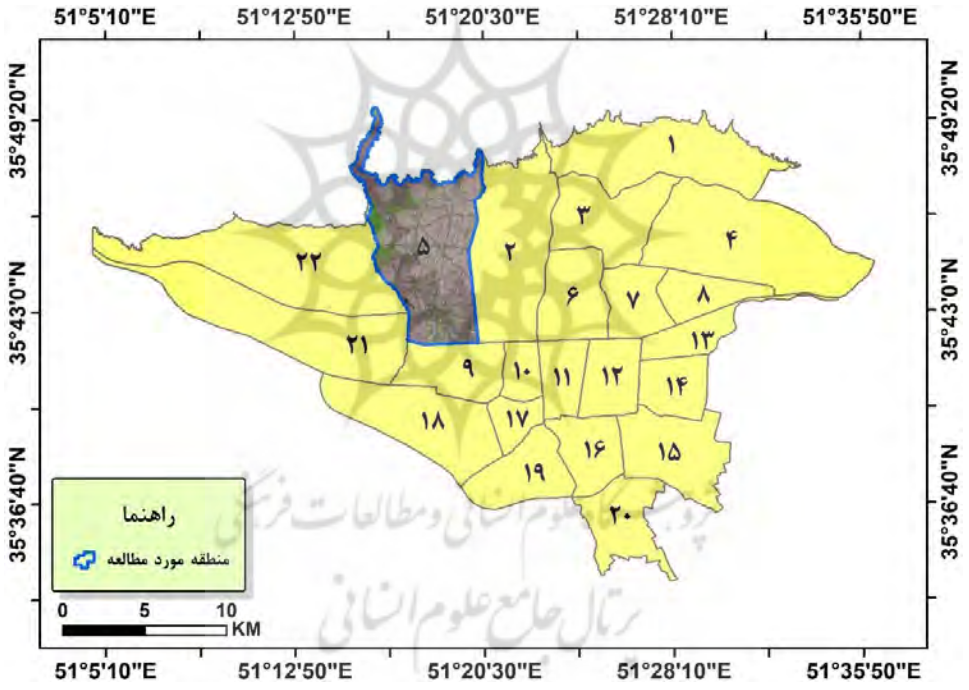
است. به منظور به‌کارگیری روش پیشنهادی ابتدا با مرور پیشینه و مصاحبه با بیست کارشناس با تخصص‌های GIS، برنامه‌ریزی شهری، آمایش سرزمین، و شهرسازی معیارهای مناسب جهت مکان‌یابی بهینهٔ بیمارستان تعیین شد. در گام بعد با در نظر گرفتن سه شرط حداقل مساحت ۳۵۰۰ متر، بایر بودن سایت، و دسترسی مناسب به راه‌های اصلی تعداد ۲۱ سایت به منظور رتبه‌بندی انتخاب شد. در گام بعد با استفاده از لایه‌های مکانی کاربری اراضی شهر تهران، نقشهٔ شبکهٔ راه‌ها، نقشهٔ پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر تهران (به‌دست‌آمده از: Sheikhian et al. 2017)، و لایهٔ جمعیت شهر تهران لایه‌های مکانی هر یک از معیارهای تصمیم‌گیری در محیط GIS تهیه شد. در گام بعد مقدار هر معیار برای همهٔ سایت‌های کاندید محاسبه و وزن معیارها با دو روش وزن‌دهی عینی کریتیک و آنتروپی شانون محاسبه شد. در نهایت سایت‌های کاندید با در نظر گرفتن اوزان به‌دست‌آمده از مرحلهٔ قبل و با استفاده از روش کوداس رتبه‌بندی شدند. شکل ۱ ساختار کلی تحقیق را نشان می‌دهد.



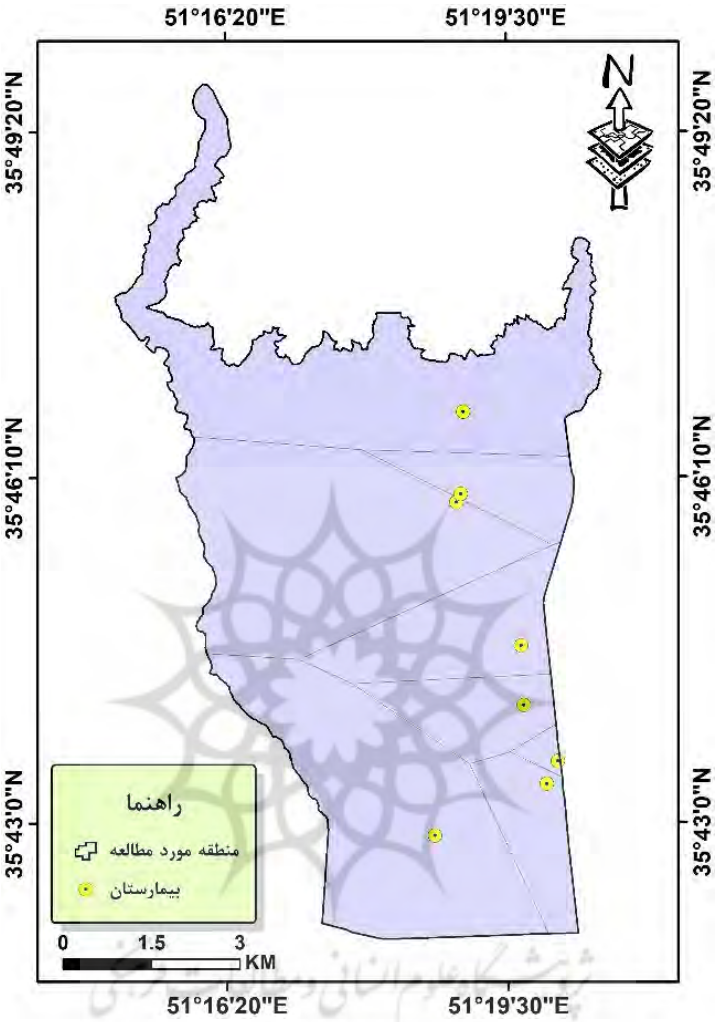
شکل ۱. ساختار کلی تحقیق

محدودهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ ۵ کلان‌شهر تهران با مساحتی بالغ بر ۵۴ کیلومتر مربع و جمعیتی بیش از ۸۵۰,۰۰۰ نفر دومین منطقهٔ گسترده و پرجمعیت این شهر است و در قسمت شمال غربی تهران بزرگ واقع شده است (شکل ۲). با توجه به نامطلوب بودن تعداد بیمارستان‌های این منطقه نسبت به جمعیت ساکن در آن و همچنین توزیع بیمارستان‌ها در این منطقه، لزوم احداث بیمارستان جدید به منظور افزایش عدالت فضایی دسترسی به بیمارستان‌ها وجود دارد. همان‌طور که در شکل ۳ دیده می‌شود، بیمارستان‌های موجود در این منطقه در نیمهٔ شرقی واقع شده‌اند و نیمهٔ غربی این منطقه با وجود همسایگی با دو منطقهٔ ۲۱ و ۲۲، که با کمبود شدید بیمارستان روبه‌رو هستند، فاقد بیمارستان است.



شکل ۲. منطقهٔ مورد مطالعه



شکل ۳. توزیع فضایی بیمارستان‌های منطقهٔ ۵

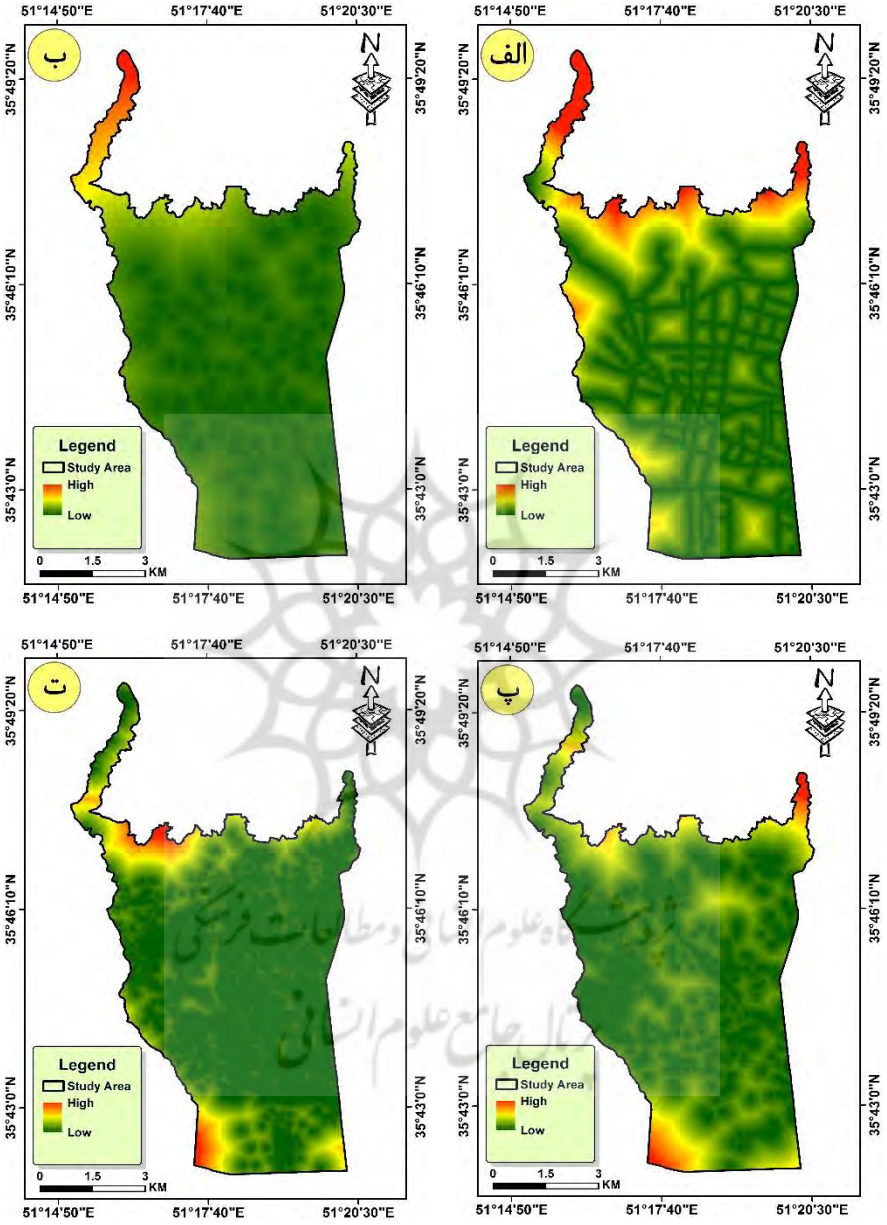
معیارهای مورد استفاده در تحقیق

معیارهای بسیاری در تحقیقات پیشین به منظور مکان‌یابی بیمارستان استفاده شده است. از معیارهای پرتکرار می‌توان به فاصله از بیمارستان‌های موجود، فاصله از راه‌ها، فاصله از مراکز صنعتی اشاره کرد. در تحقیق حاضر از میان معیارهای متعدد استفاده‌شده در تحقیقات پیشین ۹ معیار جدول ۱، با توجه به نظرات کارشناسان و استفادهٔ بیشتر در تحقیقات و در دسترس بودن

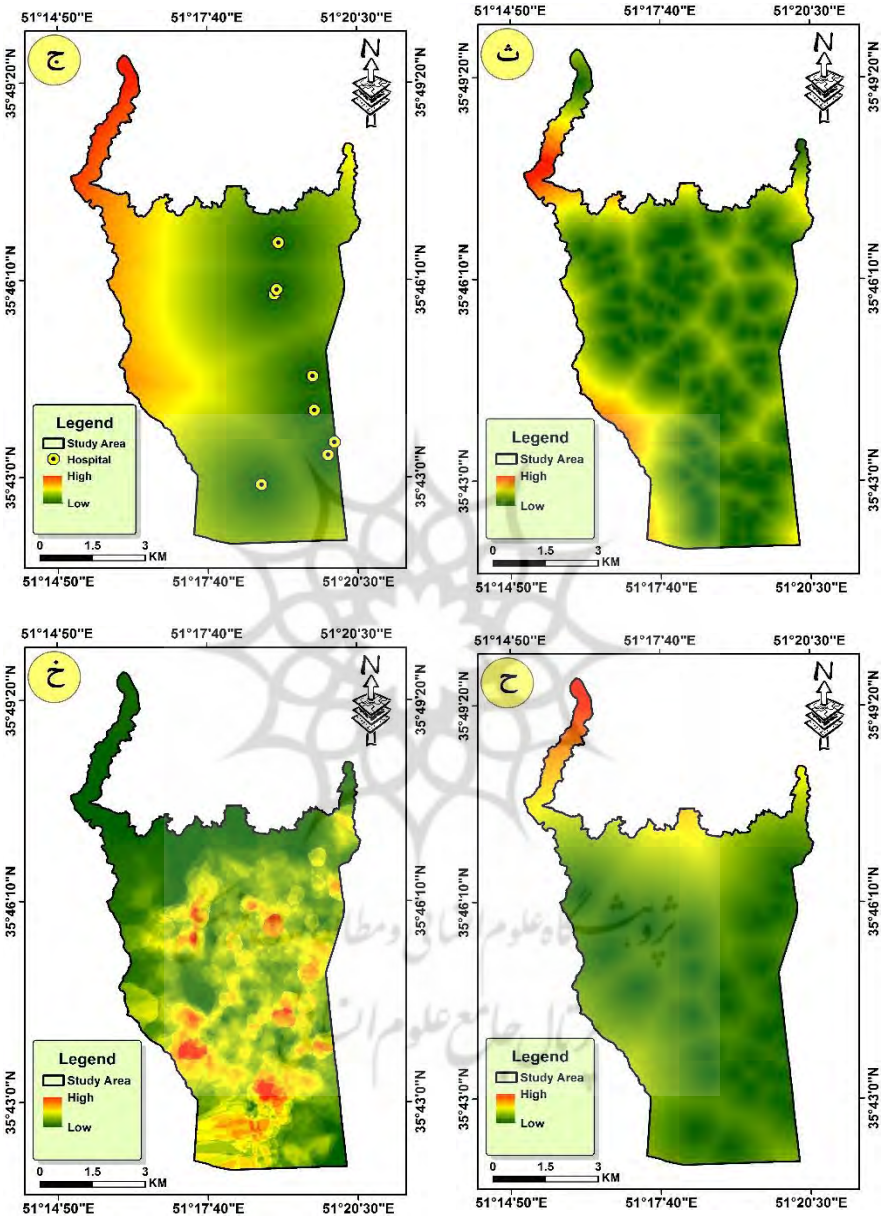
لایه‌های مکانی آن‌ها، در نظر گرفته شد. در گام بعد با استفاده از لایه‌های کاربری اراضی، شبکهٔ راه، پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای، و تراکم جمعیتْ لایهٔ مکانی هر معیار تصمیم‌گیری در محیط GIS تهیه شد. شکل ۴ لایهٔ معیارهای تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد.

جدول ۱. معیارهای مورد استفاده در تحقیق

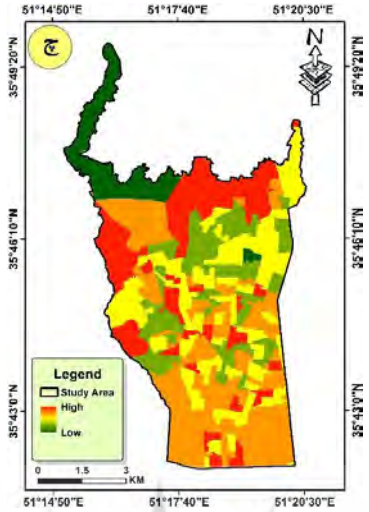
ردیف	معیار	مراجع
۱	فاصله از مناطق صنعتی	Lin & Tsai 2009; Lin et al. 2006; Sharmin & Neema 2013; Soltani et al. 2019; Wu et al. 2007 زندی و پهلوانی ۱۴۰۰؛ محمدی و همکاران ۱۳۹۸
۲	فاصله از راه‌های اصلی	Kumar et al. 2016; Sharmin & Neema 2013; Soltani & Marandi 2011; Vahidnia et al. 2009 زندی و پهلوانی ۱۴۰۰؛ محمدی و همکاران ۱۳۹۸
۳	فاصله از مراکز آموزشی	Chatterjee & Mukherjee 2013; Kumar et al. 2016; Sharmin & Neema 2013 محمدی و همکاران ۱۳۹۸
۴	آسیب‌پذیری لرزه‌ای	Adalı & Tuş 2019 زندی و پهلوانی ۱۴۰۰
۵	فاصله از فضای‌های سبز	Soltani et al. 2019 زندی و پهلوانی ۱۴۰۰؛ محمدی و همکاران ۱۳۹۸
۶	فاصله از مراکز بهداشتی و درمانی	Kumar et al. 2016; Soltani et al. 2019 زندی و پهلوانی ۱۴۰۰
۷	پراکندگی جمعیت	Adalı & Tuş 2019; Kumar et al. 2016; Soltani et al. 2019; Soltani & Marandi 2011 زندی و پهلوانی ۱۴۰۰
۸	فاصله از مناطق مسکونی	Kumar et al. 2016 زندی و پهلوانی ۱۴۰۰
۹	فاصله از بیمارستان‌های موجود	Adalı & Tuş 2019; Kumar et al. 2016; Sharmin & Neema 2013; Soltani et al. 2019; Vahidnia et al. 2009 زندی و پهلوانی ۱۴۰۰؛ محمدی و همکاران ۱۳۹۸



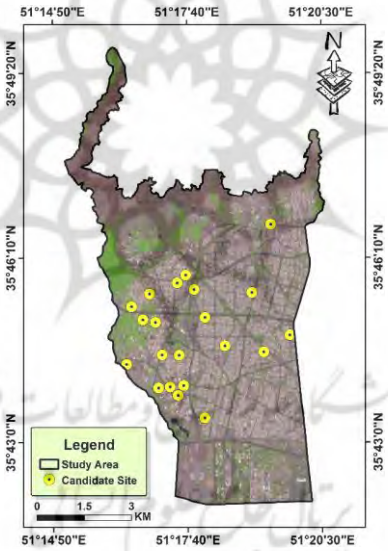
شکل ٤. الف) فاصله از راه‌های اصلی؛ ب) فاصله از مراکز آموزشی؛ پ) فاصله از فضاهای سبز؛ ت) فاصله از مناطق مسکونی



شکل ٤. ث) فاصله از مناطق صنعتی؛ ج) فاصله از بیمارستان‌های موجود؛ ح) فاصله از مراکز بهداشتی و درمانی؛ خ) تراکم جمعیت (ادامه)



شکل ٤. چ) آسیب‌پذیری لرزه‌ای (ادامه)



شکل ۵. چ) سایت‌های کاندید انتخاب‌شده

اجرای روش‌های وزن‌دهی و رتبه‌بندی

به منظور محاسبهٔ وزن معیارها با استفاده از روش‌های وزن‌دهی عینی کریتیک و آنتروپی شانون و روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ کوداس پس از استخراج مقادیر معیارها برای سایت‌های کاندید

(شکل ۵) مراحل اجرای روش‌ها بر اساس قسمت‌های ۱ـ ۲، ۲ـ ۲، ۲ـ ۳ در محیط برنامه‌نویسی متلب برنامه‌نویسی شد.

یافته‌های پژوهش

در این قسمت نتایج اجرای روش‌های وزن‌دهی عینی کریتیک و آنتروپی شانون و رتبه‌بندی سایت‌های کاندید با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ کوداس آمده است.

نتایج روش وزن‌دهی کریتیک

جدول ۲ نتایج اجرای روش وزن‌دهی عینی کریتیک، به منظور تعیین وزن معیارهای تصمیم‌گیری، را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در جدول مشاهده می‌شود، معیارهای فاصله از مراکز بهداشتی و درمانی و آسیب‌پذیری لرزه‌ای بیشترین وزن را میان ۹ معیار تصمیم‌گیری مکان‌یابی بهینهٔ بیمارستان و معیارهای فاصله از مراکز مسکونی و تراکم جمعیت کمترین وزن را داشته‌اند. سایر معیارها وزن تقریباً یکسان دارند.

جدول ۲. نتایج روش وزن‌دهی کریتیک

معیار	وزن
فاصله از راه‌های اصلی	۰/۱۰۹۶
فاصله از مراکز آموزشی	۰/۱۰۸۶
فاصله از فضاهای سبز	۰/۱۰۰۹
فاصله از مناطق مسکونی	۰/۰۸۹۲
فاصله از مناطق صنعتی	۰/۱۱۶۰
فاصله از بیمارستان‌های موجود	۰/۱۰۰۴
فاصله از مراکز بهداشتی و درمانی	۰/۱۴۲۳
تراکم جمعیت	۰/۰۹۹۹
آسیب‌پذیری لرزه‌ای	۰/۱۳۳۱

نتایج روش وزن‌دهی آنتروپی شانون

جدول ۳ نتایج اجرای روش وزن‌دهی عینی آنتروپی شانون، به منظور تعیین وزن معیارهای تصمیم‌گیری، را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در جدول مشاهده می‌شود، معیارهای فاصله از مناطق

صنعتی و فاصله از فضاهای سبز بیشترین وزن را میان ۹ معیار تصمیم‌گیری مکان‌یابی بهینهٔ بیمارستان و معیارهای آسیب‌پذیری لرزه‌ای و فاصله از بیمارستان‌های موجود کمترین وزن را داشته‌اند.

جدول ۳. نتایج روش وزن‌دهی آنتروپی شانون

معیار	وزن
فاصله از راه‌های اصلی	۰/۱۳۳۰
فاصله از مراکز آموزشی	۰/۱۰۱۲
فاصله از فضاهای سبز	۰/۱۶۳۷
فاصله از مناطق مسکونی	۰/۱۰۴۹
فاصله از مناطق صنعتی	۰/۲۰۲۰
فاصله از بیمارستان‌های موجود	۰/۰۷۰۸
فاصله از مراکز بهداشتی و درمانی	۰/۱۰۸۸
تراکم جمعیت	۰/۰۸۳۹
آسیب‌پذیری لرزه‌ای	۰/۰۳۱۷

نتایج روش تصمیم‌گیری کوداس

به منظور رتبه‌بندی سایت‌های کاندید با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ کوداس با در نظر گرفتن وزن به‌دست‌آمده برای معیارهای تصمیم‌گیری با دو روش وزن‌دهی عینی کریتیک و آنتروپی شانون سایت‌های کاندید رتبه‌بندی شدند. جدول ۴ نتایج رتبه‌بندی سایت‌های کاندید را با در نظر گرفتن وزن‌های به‌دست‌آمده از روش کریتیک نشان می‌دهد. بر اساس این نتایج، سایت‌های شمارهٔ ۱۵ و ۳ و ۱۴ به ترتیب مناسب‌ترین مکان و سایت‌های شمارهٔ ۱۱ و ۲ و ۱۰ نامناسب‌ترین مکان جهت احداث بیمارستان است. جدول ۵ نتایج رتبه‌بندی سایت‌های کاندید را با در نظر گرفتن وزن‌های به‌دست‌آمده از روش آنتروپی شانون نشان می‌دهد. بر اساس این نتایج، سایت‌های شمارهٔ ۱۶ و ۱۷ و ۱۸ به ترتیب مناسب‌ترین مکان و سایت‌های شمارهٔ ۴ و ۲ و ۱۱ نامناسب‌ترین مکان جهت احداث بیمارستان است. شکل ۶ موقعیت سایت‌های کاندید و بیمارستان‌های موجود در منطقهٔ ۵ را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۶ و نتایج رتبه‌بندی سایت‌های کاندید، هر دو روش (روش ترکیبی کریتیک ــ کوداس و آنتروپی شانون ــ کوداس) سایت‌های مناسبی جهت احداث بیمارستان انتخاب کرده‌اند. سایت‌های انتخابی دو روش در نیمهٔ

غربی منطقه قرار دارند و با بیمارستان‌های موجود فاصله زیادی دارند. همچنین هر دو روش سایت‌های کاندید ۱۱ و ۲ را نامناسب‌ترین مکان جهت احداث بیمارستان تشخیص داده‌اند که با توجه به نزدیکی آن‌ها به بیمارستان‌های موجود صحت نتایج دو روش مشخص می‌شود.

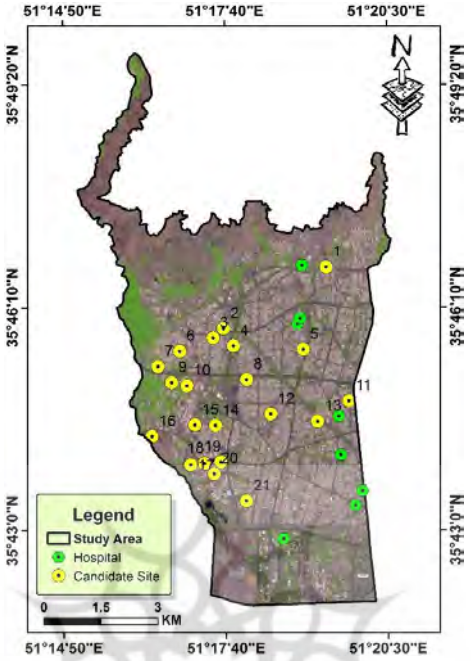
جدول ٤. نتایج روش کریتیک- کوداس

سایت	فاصلهٔ اقلیدسی	فاصلهٔ منهتن	درجهٔ تناسب	رتبه
۱	۰/۱۳۲۰	۰/۲۳۹۶	-۰/۰۶۱۰	۱۰
۲	۰/۰۶۷۹	۰/۱۵۹۱	-۳/۲۳۷۰	۲۰
۳	۰/۱۶۷۲	۰/۳۴۴۰	۲/۷۱۷۲	۲
۴	۰/۰۹۲۷	۰/۱۶۶۹	-۲/۳۰۳۷	۱۶
۵	۰/۱۰۵۶	۰/۲۲۸۳	-۱/۰۶۶۲	۱۴
۶	۰/۱۳۵۰	۰/۲۹۷۲	۱/۰۶۸۱	۹
۷	۰/۱۱۸۱	۰/۲۵۱۶	-۰/۳۰۱۶	۱۱
۸	۰/۱۰۴۹	۰/۲۴۰۷	-۰/۸۹۴۶	۱۲
۹	۰/۱۰۷۹	۰/۲۳۵۸	-۰/۹۰۶۴	۱۳
۱۰	۰/۰۸۰۱	۰/۱۶۸۳	-۲/۷۸۵۹	۱۹
۱۱	۰/۰۷۰۷	۰/۱۴۱۴	-۳/۴۶۳۱	۲۱
۱۲	۰/۰۹۵۲	۰/۲۱۶۹	-۱/۶۰۱۰	۱۵
۱۳	۰/۰۷۹۸	۰/۱۸۹۵	-۲/۴۹۶۳	۱۷
۱۴	۰/۱۵۶۰	۰/۳۵۸۶	۲/۶۸۱۹	۳
۱۵	۰/۱۵۳۹	۰/۳۸۴۳	۲/۸۸۴۳	۱
۱۶	۰/۱۶۸۳	۰/۳۲۴۳	۲/۴۶۴۳	۶
۱۷	۰/۱۶۱۵	۰/۳۴۷۱	۲/۶۴۸۷	۴
۱۸	۰/۱۵۵۷	۰/۳۴۹۷	۲/۵۶۱۱	۵
۱۹	۰/۱۴۶۹	۰/۳۵۴۵	۲/۳۰۵۸	۸
۲۰	۰/۱۵۶۴	۰/۳۳۱۵	۲/۳۳۸۵	۷
۲۱	۰/۰۸۲۳	۰/۱۸۱۷	-۲/۵۵۲۹	۱۸

جدول ۵. نتایج روش آنتروپی شانون- کوداس

سایت	فاصلهٔ اقلیدسی	فاصلهٔ منهتن	درجهٔ تناسب	رتبه
۱	۰/۱۴۲۴	۰/۲۶۹۲	۱/۱۰۸۹	۹
۲	۰/۰۵۹۹	۰/۱۴۹۱	-۳/۳۲۹۹	۲۰
۳	۰/۱۳۵۳	۰/۲۷۴۴	۱/۰۴۳۹	۱۰
۴	۰/۰۴۴۴	۰/۰۹۶۳	-۴/۶۷۲۳	۲۱
۵	۰/۰۷۹۲	۰/۱۸۲۷	-۲/۲۶۶۲	۱۷
۶	۰/۱۴۰۴	۰/۲۷۵۵	۱/۱۶۸۶	۸
۷	۰/۱۰۱۲	۰/۲۱۲۹	-۱/۱۵۵۷	۱۲
۸	۰/۰۹۲۹	۰/۲۰۶۳	-۱/۴۵۲۸	۱۳
۹	۰/۰۸۵۱	۰/۱۸۵۰	-۲/۰۴۹۱	۱۵
۱۰	۰/۰۶۷۱	۰/۱۴۰۸	-۳/۱۸۶۵	۱۸
۱۱	۰/۰۶۸۰	۰/۱۳۶۹	-۳/۲۲۵۶	۱۹
۱۲	۰/۱۰۹۹	۰/۲۲۶۴	-۰/۶۵۳۳	۱۱
۱۳	۰/۰۸۹۰	۰/۱۹۶۲	-۱/۷۰۸۰	۱۴
۱۴	۰/۱۵۱۷	۰/۳۲۴۴	۲/۲۱۰۱	۷
۱۵	۰/۱۵۵۱	۰/۳۴۹۷	۲/۶۶۰۶	۵
۱۶	۰/۲۱۴۵	۰/۳۶۹۲	۴/۵۵۴۷	۱
۱۷	۰/۲۰۹۰	۰/۳۴۶۰	۳/۹۹۶۷	۲
۱۸	۰/۱۸۶۹	۰/۳۳۹۹	۳/۳۵۶۴	۳
۱۹	۰/۱۷۱۱	۰/۳۴۶۰	۳/۱۱۷۶	۴
۲۰	۰/۱۷۶۰	۰/۳۰۹۴	۲/۵۸۱۰	۶
۲۱	۰/۰۸۶۷	۰/۱۷۸۶	-۲/۰۹۹۰	۱۶

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۶. موقعیت سایت‌های کاندید و بیمارستان‌های موجود

بحث و نتیجه

دسترسی مناسب شهروندان به مراکز بیمارستانی بسیار حیاتی است و توزیع نامطلوب این مراکز سبب عدم دسترسی مطلوب و نارضایتی شهروندان می‌شود. تعیین مکان مناسب جهت احداث بیمارستان تصمیمی پیچیده و دشوار است و نیاز به استفاده از روش‌های مناسب و کارا و علمی دارد. تحقیق حاضر با هدف ارائهٔ یک روش ترکیبی- شامل سیستم اطلاعات جغرافیایی، روش‌های وزن‌دهی عینی، تصمیم‌گیری چندمعیاره- با تأکید بر کارایی روش‌های وزن‌دهی عینی و تلفیق آن‌ها با سیستم اطلاعات جغرافیایی به منظور مکان‌یابی بهینهٔ بیمارستان در منطقهٔ ۵ کلان‌شهر تهران انجام شد. در تحقیق حاضر از سیستم اطلاعات جغرافیایی به منظور تجزیه‌وتحلیل و مدیریت و نمایش اطلاعات و نتایج استفاده شد. روش‌های وزن‌دهی عینی وزن عینی و نه وزن موضوعی (اهمیت معیارها نسبت به هم) را تعیین می‌کند که در این تحقیق از دو روش وزن‌دهی عینی کریتیک و آنتروپی شانون استفاده شد. روش وزن‌دهی کریتیک، همانند روش محبوب فرایند

تحلیل شبکه، قادر به در نظر گرفتن همبستگی میان معیارهاست و روش وزن‌دهی آنتروپی شانون، همانند روش‌های ترکیبی با منطق فازی، قادر به مدل‌سازی عدم قطعیت موجود در معیارهاست. در تحقیق حاضر از روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ کوداس به منظور رتبه‌بندی سایت‌های کاندید استفاده شد. یکی از مزایای این روش تصمیم‌گیری استفاده از دو معیار ارزیابی فاصلهٔ اقلیدسی و منهتن است که هنگام برابری معیار ارزیابی اول برای دو گزینه معیار ارزیابی دوم می‌تواند تکمیل‌کنندهٔ فرایند رتبه‌بندی باشد. نتایج روش‌های وزن‌دهی عینی با هم متفاوت بود و بر اساس نتایج روش کریتیک (جدول ۳) معیارهای فاصله از مراکز بهداشتی و درمانی و آسیب‌پذیری لرزه‌ای بیشترین وزن و معیارهای فاصله از مراکز مسکونی و تراکم جمعیت کمترین وزن را در مکان‌یابی بهینهٔ بیمارستان داشتند؛ درحالی‌که بر اساس نتایج روش آنتروپی شانون (جدول ۴) معیارهای فاصله از مناطق صنعتی و فاصله از فضاهای سبز بیشترین وزن و معیارهای آسیب‌پذیری لرزه‌ای و فاصله از بیمارستان‌های موجود کمترین وزن را در مکان‌یابی بهینهٔ بیمارستان داشتند. علاوه بر این، نتایج هر دو روش با روش‌های وزن‌دهی موضوعی مورد استفاده در تحقیقات قبل نیز متفاوت بود. مثلاً در تحقیقات پیشین معیار فاصله از بیمارستان‌های موجود مهم‌ترین معیار مکان‌یابی بیمارستان بوده است؛ اما روش آنتروپی شانون آن را معیاری کم‌اهمیت تشخیص داد. نتایج رتبه‌بندی سایت‌های دو روش تقریباً یکسان بود؛ به گونه‌ای که هر دو روش استفاده‌شده (کریتیک- کوداس و آنتروپی شانون- کوداس) سایت‌های واقع در نیمهٔ غربی منطقهٔ ۵ را، که در همسایگی مناطق ۲۱ و ۲۲ واقع شده‌اند، مناسب‌ترین مکان‌ها جهت احداث بیمارستان تشخیص دادند. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، استفاده از روش‌های وزن‌دهی عینی، همانند روش‌های وزن‌دهی موضوعی، می‌تواند به نتایج درست و منطقی منجر شود. همچنین در روش‌های وزن‌دهی عینی می‌توان مزیت‌های روش‌های وزن‌دهی موضوعی را داشت (همانند مدل‌سازی همبستگی بین معیارها و عدم قطعیت) و در عمل این روش‌ها می‌توانند جایگزین روش‌های وزن‌دهی موضوعی شوند؛ درحالی‌که از صحت بسیار بالایی برخوردارند. استفاده از سایر روش‌های وزن‌دهی عینی و مقایسهٔ نتایج آن‌ها برای تحقیقات آینده پیشنهاد می‌شود.

منابع

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

زندی، ایمان؛ پرهام پهلوانی (۱۴۰۰). «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)»، *آمایش سرزمین*، د ۱۳، ش ۱، صص ۲۴۷ ـ ۲۸۰.

علوی، سید علی؛ علی احمدآبادی؛ محمد مولائی قلیچی؛ ولی پاتو؛ کاظم برهانی (۱۳۹۲). «مکان گزینی مناسب بیمارستان های شهری با استفاده از تکنیک های تلفیقی مدل تحلیلی تصمیم‌گیری چند معیاره و تحلیل های فضایی سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه ۷ شهر تهران) »، بیمارستان، د ۱۲، ش ۲، صص ۹-۱۸.

محمدی، کمال؛ علی‌اصغر آل‌شیخ؛ محمد طالعی (۱۳۹۸). «مکان‌یابی مراکز بیمارستانی با تلفیق روش‌های بهترین- بدترین دنپ، ویکور، و کوپراس (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۱ شهر تهران)»، *نشریهٔ مهندسی فناوری اطلاعات مکانی*، د ۷، ش ۳، صص ۱۷ ـ ۴۳.

References

Adalı, E. A., & Tuş, A. (2021). Hospital site selection with distance-based multi-criteria decision-making methods. *International Journal of Healthcare Management*, *14*(2), 534-544.

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)", *Hospital*, 12(2), pp. 9-18. (in Persion)

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

Chatterjee, D. (2014). "Can fuzzy extension of Delphi-analytical hierarchy process improve hospital site selection?", *International Journal of Intercultural Information Management*, 4(2-3), pp. 113-128.

Chatterjee, D., & Mukherjee, B. (2013). Potential hospital location selection using fuzzy-AHP: an empirical study in Rural India. *International Journal of Innovative Technology and Research*, *1*(4), pp. 304-314.

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.

Gul, M. & Guneri, A. F. (2021). "Hospital Location Selection: A Systematic Literature

Review on Methodologies and Applications", *Mathematical Problems in Engineering*. vol. 2021, Article ID 6682958, 14 pages, 2021. https://doi.org/10.1155/2021/6682958

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), pp. 254-2.

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), pp. 25-44.

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.

Lin, C.-T. & Tsai, M.-C. (2009). "Development of an expert selection system to choose ideal cities for medical service ventures", *Expert Systems with Applications*, 36(2), pp. 2266-2274.

Lin, C.-T., Wu, C.-R., & Chen, H.-C. (2006). "Selecting the Location of Hospitals in Taiwan to Ensure a Competitive Advantage via GRA", *Journal of Grey System*, 18(3), pp. 263-274.

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)", *Engineering Journal of Geospatial Information Technology*, 7(3), pp. 1-20.

Moradian, M. J., Ardalan, A., Nejati, A., Boloorani, A. D., Akbarisari, A., & Rastegarfar, B. (2017). "Risk criteria in hospital site selection: a systematic review", *PLoS currents*, 9. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5419719/

Pınar, M. & Antmen, Z. F. (2019). "A Healthcare Facility Location Selection Problem with Fuzzy TOPSIS Method for a Regional Hospital", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16, pp. 750-757.

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

Senvar, O., Otay, I., & Bolturk, E. (2016). "Hospital site selection via hesitant fuzzy TOPSIS", *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), pp. 1140-1145. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896316309296

Shannon, C. E. (1948). "A mathematical theory of communication", *The Bell system technical journal*, 27(3), pp. 379-423.

Sharmin, N. & Neema, M. (2013). "A GIS-based multi-criteria analysis to site appropriate locations of hospitals in Dhaka City", *Hospital*, 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.

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(43), pp. 71-89.

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.

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.

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.

Wu, J., Sun, J., Liang, L., & Zha, Y. (2011). "Determination of weights for ultimate cross efficiency using Shannon entropy", *Expert Systems with Applications*, 38(5), pp. 5162-5165.

Zandi, I. & Pahlavani, P. (2021). "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", *Town and Country Planning*, 13(1), pp. 247-280.

Zandi, I. & Delevar, M. R. (2021). Integration of GIS, Shannon Entropy and Multi-Criteria Decision Making for Hospital Site Selection, Presented at the 29th Annual GIS Research UK Conference (GISRUK), Cardiff, Wales, UK (Online): Zenodo. http://doi.org/10.5281/zenodo.4680857

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی