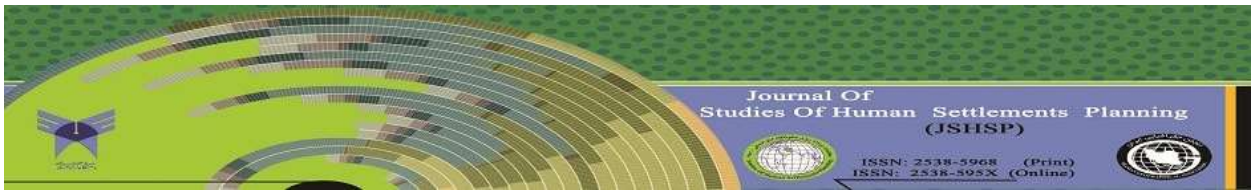
Vol. 18, Issue 2, Summer 2023, pp. 29-45 ISSN (Print): 2538-5968 ISSN (Online): 2538-595X



Research Article Dor: 20.1001.1.25385968.1402.18.2.20.9

Location Selection and Analysis of Higher Education Uses Using Geographic Information System (GIS) and Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) (Case Study: Babol City)

Mohammad Shafee Tilaki[1], Sadroddin Motevalli[2]*, Gholamreza Janbaz Ghobadi[3] & Bizhan Rahmani[4]

1. Ph.D. Condidate of Geography & Urban Planning, Nour Branch, Islamic Azad Universityr, Nour, Iran
2. Associate Professor, Department of Geography, Nour Branch, Islamic Azad University, Nour, Iran
3. Assistant Professor, Department of Geography, Nour Branch, Islamic Azad University, Nour, Iran
4. Assistant Professor, Department of Mathematics, Nour Branch, Islamic Azad University, Nour, Iran
* Corresponding author: Email: sadr_m1970@yahoo.com

Receive Date: 01 November 2022
Accept Date: 27 December 2022

ABSTRACT

Introduction: High education institutess are a key factor in the educational process. Centers that have a suitable location and are designed in a systematic program help the development of urban society in a suitable and efficient way. However, site selection of the high education centers, including Azad University, is a complex issue that involves many evaluations (technical, political, social, environmental and economic).
Research Aim: The most important goal of the research is to implement the correct and appropriate model for the location of higher education centers for the effectiveness of uses in the city.
Methodology: This research is applied in terms of purpose and descriptive-analytical and field in terms of method and nature, and the final weight of the criteria in preparing the location map was calculated using fuzzy hierarchical multi-criteria decision-making analysis. Based on this and by applying the weights of each criterion in the ArcGIS environment, the suitability of the lands of Babol city for the establishment of new higher education centers with an emphasis on the Islamic Azad University was determined.
Geographical area of research: Babol City is located in Babol Township of Mazandaran Province. There are 18 high education institutes (including universities and high education institutes) in this city.
Results and discussion: According to the opinion of experts, the criterion of the distance from flood-prone areas is the first priority with a relative weight of 0.098, and the land value criterion is the last priority with a relative weight of 0.035 to influence the optimal site selection of the high education institutes. According to the site selection map of high education institutes in Babol, the most suitable land for creating these centers is in the southwest and west part of the city and in the area of Farhangian, Nilufer, Azadegan, Taleghani and Andisheh complexes, as well as the current location of the Islamic Azad University of Babol branch.
Conclusion: There are three important points in choosing the location of university units with a sustainable development approach:1) Identifying the effects of the components of location and spatial distribution of high education; 2)Identifying the effects of the components of the stakeholders' satisfaction with high education; 3)Identifying the effects of the spatial components of high education site selection.

KEYWORDS: Site Selection, High Education, Multi-Criteria Decision Analysis, Fuzzy Logic, Babol City

فصلنامه علمی مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی
دوره ۱۸، شماره ۲ (پیاپی ٦٣)، تابستان ١٤٠٢
شاپای چاپی ٥٩٦٨- ٢٥٣٥ شاپای الکترونیکی X٥٩٥- ٢٥٣٨
http://jshsp.iaurasht.ac.ir
صص. ٤٥-٢٩

مقاله پژوهشی
Dor: 20.1001.1.25385968.1402.18.1.1.8

مکان‌گزینی و تحلیل کاربری‌های آموزش عالی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDA) (مطالعه موردی: شهر بابل)

محمد شفیعی تیلکی [۱]، صدرالدین متولی [۲*]، غلامرضا جانباز قبادی [۳] و بیژن رحمانی [٤]

۱. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران
۲. دانشیارگروه جغرافیا، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران
۳. استادیارگروه جغرافیا، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی واحد، نور، ایران
۴. استادیارگروه ریاضی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران
* نویسنده مسئول: Email: sadr_m1970@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۰ آبان ۱۴۰۱
تاریخ پذیرش: ۰۶ دی ۱۴۰۱

چکیده

مقدمه: مراکز آموزش عالی یک عامل کلیدی در فرآیند آموزشی هستند. مراکزی که مکان مناسبی داشته و در یک برنامه سیستماتیک طراحی شده‌اند، به شیوه‌ای مناسب و کارآمد به توسعه جامعه شهری کمک می‌کنند. با این حال، انتخاب مکان‌های مراکز آموزش عالی، از جمله دانشگاه آزاد، یک مسأله پیچیده است که شامل ارزیابی بسیاری می‌شود (فنی، سیاسی، اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی).

هدف پژوهش: با توجه به وجود تعداد زیاد مراکز آموزش عالی در شهر بابل و نیز حضور تعداد بالای دانشجویان، پیاده‌سازی الگوی صحیح و مناسب استقرار مکان مراکز آموزش عالی برای پیشبرد و اثربخشی آن‌ها در سطح شهر ضروری است که خود ابزارها و تکنیک‌های جدیدی را می‌طلبد.

روش شناسی تحقیق: این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش و ماهیت، توصیفی – تحلیلی بوده که هدف اصلی آن، مکان‌گزینی فضاهای آموزش عالی، یافتن مکان بهینه برای ایجاد فضای آموزشی با در نظر گرفتن کاربری‌های همجوار است. برای حصول به آن، ۱۵ معیار مکانی در قالب ۵ پارامتر برای مکان‌گزینی پهنه‌های مناسب ایجاد مراکز آموزش عالی در شهر بابل مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با استفاده از تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره سلسله مراتبی فازی، وزن نهایی آن‌ها در تهیه نقشه مکان‌یابی محاسبه گردید. بر این اساس و با اعمال وزن‌های هر یک معیارها در محیط ArcGIS، تناسب اراضی شهر بابل برای ایجاد مراکز جدید آموزش عالی با تأکید بر دانشگاه آزاد اسلامی مشخص شد.

قلمرو جغرافیایی پژوهش: شهر بابل واقع در شهرستان بابل استان مازندران است که از شمال به شهرستان بابلسر و دریای مازندران، از جنوب به رشته کوه‌های البرز، از غرب به شهرستان آمل و از شرق به شهرستان قائمشهر و ساری مرتبط است. این شهر دارای بافتی نامنظم (به‌ویژه در قسمت‌های مرکزی) بوده و از بعد کالبدی تنها در بخش‌های توسعه یافته اخیر در پیرامون شهر، نوعی بافت منظم را می‌توان مشاهده نمود. در این شهر ۱۸ مرکز آموزش عالی (اعم از دانشگاه و مؤسسه‌های آموزش عالی) وجود دارد.

یافته‌ها و بحث: بر اساس نظر خبرگان، معیار رعایت فاصله از پهنه‌های سیل‌خیز و یا سیل‌گیر با وزن نسبی ۰/۰۹۸ در اولویت اول و معیار ارزش زمین با وزن نسبی ۰/۰۳۵ در اولویت آخر تأثیرگذاری بر روی مکان‌گزینی بهینه مراکز آموزش عالی قرار گرفته است. با توجه به نقشه مکان‌گزینی کاربری آموزش عالی در شهر بابل، بیش‌ترین تناسب اراضی برای ایجاد این نوع کاربری در بخش جنوب غربی و غرب شهر و در محدوده شهرک‌های فرهنگیان، نیلوفر، آزادگان، طالقانی و اندیشه و همچنین موقعیت فعلی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمای بابل می‌باشد.

نتیجه‌گیری: بر اساس یافته های پژوهش حاضر می‌توان گفت که سه نکته مهم در مکان‌گزینی واحدهای دانشگاهی با رویکرد توسعه پایدار حائز اهمیت است: اول) شناسایی اثرات مؤلفه‌های مکان‌یابی و توزیع فضایی مرکزآموزش عالی . دوم) شناسایی اثرات مؤلفه‌های رضایت‌مندی ذی‌نفعان از مرکز آموزش عالی. سوم) شناسایی اثرات مؤلفه‌های مکانی مکان‌گزینی مرکزآموزش عالی.

کلیدواژه‌ها: مکان‌گزینی، آموزش عالی، تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره، منطق فازی، شهر بابل

مقدمه

تخریب محیط زیست، پدیده مهاجرت، جهش در شهرنشینی و در نهایت آشفتگی فضایی – کالبدی شهرها که نمود عینی آن توزیع و مکان‌یابی نامناسب کاربری‌های شهری است، از پیامدهای وقوع انقلاب سنعتی و به‌دنبال آن رشد سریع شهرنشینی و گسترش بی‌برنامه شهرها است (Liu et al., 2007؛ وارثی و رضایی، ۱۳۹۱؛ ملکی و همکاران، ۱۳۹۷). گسترش سریع شهرها باعث فشارهای زیاد بر ساختار کاربری اراضی و اکوسیستم شهری شده و شهرنشینی شتابان معاصر به‌خصوص در شهرهای کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران، موجب نابسامانی‌ها و مشکلاتی در شهرها از جمله در استفاده از اراضی، توزیع خدمات و امکانات در سطح شهرها شده است (شجاعیان و همکاران، ۱۳۹۲؛ ملکی و همکاران، ۱۳۹۷). این امر نتایج ناگواری را به دنبال خواهد داشت که از آن جمله می‌توان به تخریب محیط زیست، پدیده مهاجرت، جهش در شهرنشینی و در نهایت آشفتگی فضایی – کالبدی شهرها که نمود عینی آن توزیع و مکان‌یابی نامناسب کاربری‌های شهری است، اشاره نمود (Nuzir and Dewancher, 2014؛ Baser, 2020؛ Naghizadeh-Baghi et al., 2021؛ Ramadan and Effsat, 2021).

عمده‌ترین اثر رشد سریع شهرها، به‌هم ریختگی نظام توزیع خدمات و نارسایی سیستم خدمات‌رسانی است. امروزه عدم مکان‌گزینی بهینه مراکز خدمات شهری، مردم را با مشکلات عظیمی روبرو کرده است. بدون شک، تأمین رفاه و آسایش شهروندان از طریق برنامه‌ریزی‌های اصولی، از مهم‌ترین وظایف مدیران شهری است (احدنژاد دروشتی، ۱۳۹۱). بروز مشکلات و نابسامانی ناشی از ناسازگاری و عدم مطلوبیت کاربری‌ها، تسهیلات و خدمات شهری در شهرهای بزرگ، مدیران شهری را با چالش‌های فزاینده‌ای در ارائه راهبرد بهینه جهت پاسخ‌گویی به مشکلات حاصل از رشد شهری مواجه کرده است.

شهر به مانند یک سیستم، نیازمند برنامه‌ریزی سیستمی است. از موارد ضروری در برنامه‌ریزی سیستمی، در نظر گرفتن تمامی عوامل مؤثر در حیات شهر است. به عبارت دیگر، برنامه‌ریزی شهری باید علاوه بر آن‌که یک برنامه‌ریزی کالبدی باشد، برای بهداشت، مراکز آموزشی، محیط زیست و تمام فعالیت‌های موجود در شهر نیز برنامه داشته باشد. در این میان، خدمات آموزشی از مهم‌ترین خدمات و تسهیلات شهری محسوب می‌شود که توزیع فضایی آن به سبب تأثیر مستقیم در آسایش خانواده‌ها، کاهش هزینه سفرهای درون شهری، تناسب و انسجام فضاها، زیبایی شهر و ... از حساسیت برخوردار است (ولی‌زاده، ۱۳۸۶؛ Elsheikh, 2017؛ Mustaffa et a., 2021). اهمیت توجه به توزیع مراکز آموزش عالی و محل احداث آن‌ها جایگاه ویژه‌ای در طرح‌های برنامه‌ریزی شهری و آمایش سرزمینی مناطق شهری دارد. برای تشخیص و تعیین مکان مناسب به‌منظور استقرار مراکز آموزشی، شناخت نوع فعالیت، عملکرد، نیازمندی‌ها و کنش و واکنش‌هایی که کاربری آموزشی با دیگر کاربری‌ها دارد، ضروری می‌نماید (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۲؛ فیروزی و همکاران، ۱۳۹۵).

از طرف دیگر، آموزش و به‌ویژه آموزش عالی، مهم‌تین عامل در فرآیند توسعه است. در کشورهای در حال توسعه، موفقیت تحصیلی افراد ارتباط مستقیمی با دستاوردهای فردی و فرصت‌های شغلی دارد. بنابراین، نه تنها بر توسعه یک کشور، بلکه بر توسعه فردی و همچنین توسعه اجتماعی و اقتصادی جامعه مانند جامعه، از جمله شرایط زندگی افراد تأثیر می‌گذارد. تأثیرگذاری آموزش عالی بر جنبه‌های مختلف توسعه مانند شایستگی، سواد و شیوه‌های حل مسائل می‌باشد (Lockheed and Verspoor, 1991؛ Baser, 2020). بنابراین، این عاملی اساسی برای توسعه یک کشور محسوب می‌شود (Jayaweera, 2016؛ Baser, 2020). در نتیجه، برنامه‌ریزی آموزشی در طرح‌های جامع و برنامه‌ریزی شهری مهم بوده که انتخاب مکان برای مراکز آموزش عالی نیز جزء مهم این برنامه‌ریزی می‌باشد.

مراکز آموزش عالی یک عامل کلیدی در فرآیند آموزشی هستند. مراکزی که مکان مناسبی داشته و در یک برنامه سیستماتیک طراحی شده‌اند، به شیوه‌ای مناسب و کارآمد به توسعه جامعه شهری کمک می‌کنند. از مراکز آموزش عالی انتظار می‌رود از فرهنگ موجود جامعه حفاظت کرده و آن را استمرار بخشند و جامعه‌ای را که در آن واقع شده‌اند، توسعه و تغییر دهند. بر این اساس، مراکز آموزش عالی می‌باید دارای ساختارهای فعال و پویا باشند. این پویایی با ایجاد فضاهای فیزیکی کافی در دانشگاه‌ها و مراکز نامبرده تشهیل می‌شود (Baser, 2020).

با این حال، انتخاب مکان‌های مراکز آموزش عالی، از جمله دانشگاه آزاد، یک مسأله پیچیده است که شامل ارزیابی بسیاری می‌شود (فنی، سیاسی، اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی). تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDA)[1] همراه با سیستم‌های

1. Multi-Criteria Decision Analysis

اطلاعات جغرافیایی (GISs) برای حل چنین مواردی، استفاده می‌شوند (Baser, 2020 ؛Drobne & Lisec, 2009). MCDA و GIS را می‌توان به‌صورت ابزاری ترکیب کرد که مقادیر زیادی از داده‌های ورودی از منابع مختلف را مدیریت می‌کند. این ابزار به‌طور مؤثر، سریع و با هزینه کم، کارایی بسیار دارد. با دسترسی به داده‌های سنجش از دور و توسعه فناوری‌های GIS، استفاده از MCDA جهت انتخاب مکان‌های مناسب برای اهداف گوناگون، در سال‌های اخیر بسیار رایج شده است. پژوهش‌های بسیاری از MCDA در ترکیب با GIS به‌منظور انتخاب مکان‌های مناسب برای اهداف مختلف استفاده نموده‌اند، از جمله مکان‌گزینی مناسب مراکز آموزش عالی (Ali, 2018 ؛Bukhari et al., 2010)، مکان‌های مناسب دفن پسماند جامد (Baser, 2019 ؛Vasiljevi´c et al., 2012)، ارزیابی‌های تناسب کاربری اراضی (Joerin and Thériault, 2019 ۳۶)، توسعه شهری (Drobne and Lisec, 2009 ؛Ghajari et al., 2018 ؛Yildirim and Bediroglu, 2019)، مکان‌های مرکز شهری پایدار (AbuSada et al., 2011)، مکان‌های مناسب ایستگاه آتش‌نشانی (Erden et al., 2011)، مکان‌یابی آبزی‌پروری، برنامه‌ریزی مکانی دریایی (Gumusay et al., 2016 ؛Stelzenmüller et al., 2017) و مکان‌های مناسب نیروگاه انرژی (Colak et al., 2020 ؛Habib et al., 2020).

یکی از نظریه‌های مورد استفاده در سیستم‌های تصمیم‌گیری، منطق مجموعه‌های فازی است (Mrówczy´nska, 2011). بخشی از این نظریه منطق فازی نامیده می‌شود که امکان وقوع چندین مقدار میانی را برای تعیین میزان تعلق یک عنصر معین به مجموعه فراهم می‌کند (Zadeh, 2008). اگر چه پژوهش‌های بسیاری، به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی را در مکان‌یابی مناسب مراکز خدمات شهری پیشنهاد داده‌اند (Cheng et al., 2005 ؛Ross, 2010 ؛Hüllermeie, 2011 ؛Jamshidi et al., 2013 ؛Fossati et al., 2015 ؛Chrobak et al., 2020)، اما تعداد کمی از آن‌ها، ترکیب این روش‌ها را برای انتخاب مکان‌های مناسب ایجاد مراکز آموزشی به‌خصوص آموزش عالی و یا دانشگاه در سطح شهر استفاده کرده‌اند (شجاعیان و همکاران، ۱۳۹۳؛ انصاری‌فرد و همکاران، ۱۳۹۴؛ فیروزی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Agrawal et al., 2020).

در این پژوهش محدوده مورد مطالعه ، شهر بابل واقع در استان مازندران است که به دلیل تعدد مراکز آموزش عالی و گستردگی شهر در حدود چهارگانه به نظر می رسد که تعیین کاربری اموزش عالی در جمله دانشگاه آزاد اسلامی واحد بابل نیازمند بازنگری است تا بتوان اولا مشکلات ناشی از سردرگمی دانشجویان و نبود خدمات و زیر ساختار لازم در بعضی از مراکز آموزشی عالی موجود را شناسایی و برطرف کرد ثانیا وجود کاربری های ناسازگار در اطراف مراکز آموزش عالی از جمله دانشگاه آزاد اسلامی سبب اختلال در خدمات دهی صحیح و کیفی مراکز مربوطه خواهد شد که لازم است موارد ایجاد مشکل شناسایی و راه حل مناسبی ارائه نمود.ضمنا با انجام این پژوهش می‌توان الگوی مناسبی را برای شهر ها و مراکز آموزش عالی دیگر با ویژگی‌های مشابه بابل و دانشگاه آزاد اسلامی واحد بابل ارائه نمود.

با توجه به مروری بر پیشینه پژوهش، در این مطالعه تلاش می‌شود تا از ترکیب GIS و Fuzzy، مکان‌های بهینه ایجاد مراکز آموزش عالی با تأکید بر دانشگاه آزاد اسلامی در شهر بابل شناسایی و اولویت‌بندی شود. این مکان‌یابی با تأکید بر استراتژی تحلیل، انعطاف‌پذیری روش و با توجه به شرایط محیطی و عوامل مؤثر انجام خواهد شد.

روش پژوهش

روش پژوهش در این مطالعه برحسب هدف از نوع کاربردی و بر اساس ماهیت و روش، از نوع توصیفی – تحلیلی و میدانی می‌باشد که با استفاده از داده‌های مکانی و کمی مرتبط با مسأله تحقیق در پی بررسی و تحلیل مکان‌گزینی فضایی مراکز آموزش عالی (با تأکید بر دانشگاه آزاد اسلامی) در شهر بابل است. در این پژوهش با استفاده از روش‌های کتابخانه‌ای و میدانی، اطلاعات مربوط به متغیرهای مؤثر بر مکان‌گزینی مراکز آموزش عالی استخراج و تنظیم شده‌اند. در روش کتابخانه ای از ابزاری چون فیش ، جدول ، نمودار ، نقشه های کاربری اراضی و غیره و در مطالعات میدانی، ابزار جمع‌آوری اطلاعات، پرسش‌نامه بوده است. جامعه هدف دانشجویان، اساتید و کارکنان واحد دانشگاهی بوده که جمع آن‌ها ۵۸۰۱ نفر در زمان نمونه‌گیری (نیمسال اول سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۰) بوده است (جدول ۱). حجم جامعه نمونه با استفاده از روش کوکران ۳۵۹ نفر محاسبه گردید که با استفاده از روش تصادفی هدفمند نمونه گیری صورت گرفته است برای تعیین روایی ابزار مطالعات میدانی، ابتدا پرسش‌نامه‌های طبقه‌بندی شده در اختیار اساتید راهنما و مشاور و افراد متخصص و صاحب‌نظر قرار داده شد تا درباره محتوای پرسش‌نامه‌ها و تناسب آن با سؤال‌ها و

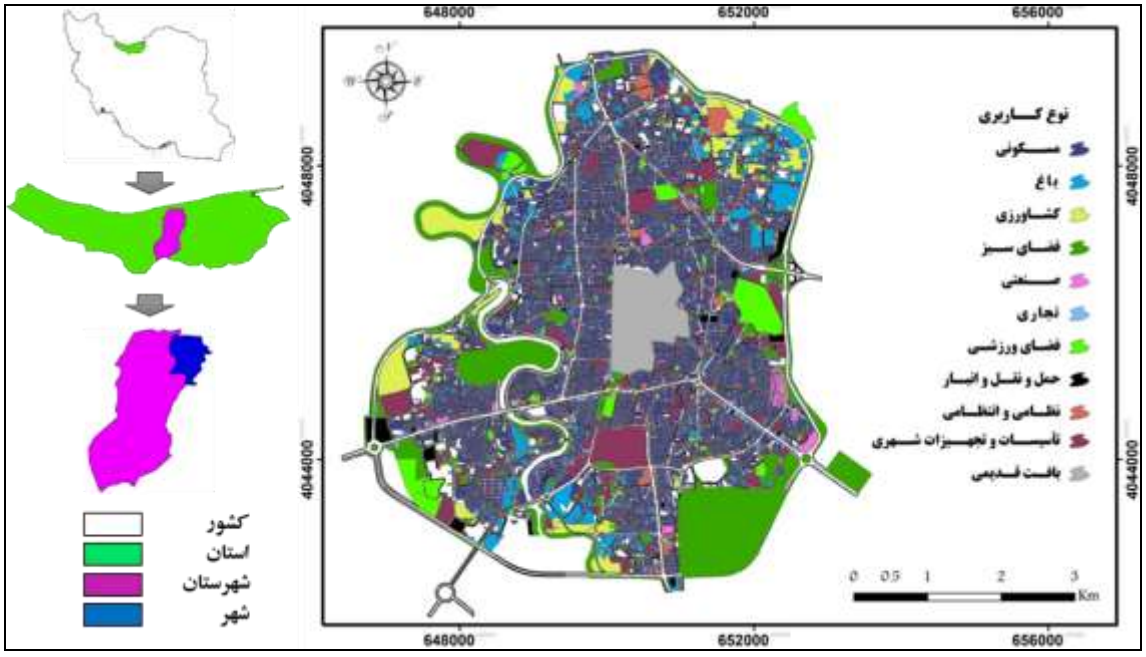
اهداف تحقیق قضاوت کنند. آن‌گاه پس از دریافت نقطه‌نظرهای آنان، پرسش‌نامه نهایی تنظیم شد و بدین‌طریق نسبت به‌روایی‌آن اطمینان حاصل شد. با استفاده از آزمون آلفای کرونباخ و از طریق اجرای پرسش‌نامه، پایایی ابزار سنجش مورد آزمون قرار گرفت که ضریب آن بیش‌تر از ۰/۷۸ به‌دست آمد که از بعد پایایی مورد تایید است.

جدول ۱. حجم جامعه و نمونه آماری به تفکیک گروه شغلی در مراکز آموزش عالی شهر بابل

متغیر	دانشجو	اعضای هیأت علمی	کارکنان	کل
حجم جامعه آماری	۵۴۷۹	۱۳۰	۱۹۲	۵۸۰۱
حجم جامعه نمونه	۲۹۴	۳۰	۳۵	۳۵۹

قلمرو جغرافیایی پژوهش

شهر بابل بین ۵۲ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۵ ثانیه تا ۵۲ درجه و ۴۲ دقیقه و ۳۵ ثانیه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه و ۴۸ ثانیه عرض شمالی قرار گرفته است. مساحت شهر بابل حدود ۲۲۹۵ هکتار بوده و در ۲۱۰ کیلومتری شمال‌شرقی تهران واقع شده است (شکل ۱). این شهر واقع در شهرستان بابل استان مازندران است که از شمال به شهر امیرکلا ، از جنوب به اراضی زراعی ، از غرب به زرگر شهر و از شرق به اراضی زراعی مرتبط است. مطابق با سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵، جمعیت این شهر برابر با ۲۵۰۲۱۷ نفر در قالب ۸۱۵۷۲ خانوار است (مرکز ملی آمار ایران، ۱۳۹۵). این شهر دارای بافتی نامنظم (به‌ویژه در قسمت‌های مرکزی) بوده و از بعد کالبدی تنها در بخش‌های توسعه یافته اخیر در پیرامون شهر، نوعی بافت منظم را می‌توان مشاهده نمود. در این شهر ۱۸ مرکز آموزش عالی (اعم از دانشگاه و مؤسسه‌های آموزش عالی) وجود دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به دانشگاه آزاد اسلامی واحد بابل ، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بابل، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، دانشگاه فرهنگیان، دانشگاه علوم و فنون مازندران و دانشگاه پیام نور اشاره کرد. با توجه به وجود تعداد زیاد مراکز آموزش عالی در این شهر و نیز حضور تعداد بالای دانشجویان، می‌طلبد تا این شهر از لحاظ زیرساخت‌های شهری چون پارک، زمین ورزشی، فضای فرهنگی و تفریحی و هتل مجهز بوده تا دانشجویان و مردم ساکن در شهر در اوقات فراغت مکان‌های مناسب داشته باشند.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و کاربری اراضی شهر بابل

یافته‌ها و بحث

عوامل زیادی را می‌توان در مکان‌گزینی مراکز آموزش عالی در نظر گرفت که تعداد قابل توجهی از آن‌ها نیاز بـه تحلیـل‌هـای تخصصی و استفاده از تکنیک‌های خاص (از جمله ابزار GIS) دارد. هنگام انتخاب معیارهای اولیه برای تعیین شرایط مکان مناسب، ردیابی استانداردهای مختلف ضروری است. دسترسی مناسب به داده‌های سنجش از دور و جغرافیایی، اساس استفاده از آن‌هـا را در سیستم منطق فازی تشکیل می‌دهد. در عین حال باید توجه داشت که کیفیت و در دسترس بودن داده‌های عددی (به‌ویژه داده‌های ارتفاعی) به‌طور مدام در حال افزایش است. در این مطالعه ۱۵ معیار مکانی برای مکان‌گزینی پهنه‌های مناسب ایجاد مراکز آمـوزش عالی در شهر بابل مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این معیارها شامل استفاده از زمین‌های فاقد کـاربری، دسترسـی بـه شـبکه ارتبـاطی (راه‌ها)، رعایت فاصله از کاربری‌های نظامی، رعایت فاصله از کاربری‌های صنعتی، رعایت فاصله از کاربری‌های اداری، نزدیکی بـه پارک و فضای سبز، رعایت فاصله از مراکز آموزشی عالی، نزدیکی به فضاهای ورزشی، نزدیکی به مراکز فرهنگی و مذهبی، رعایت فاصله از گسل، رعایت فاصله از پهنه‌های سیل‌خیز، فاصله از معابر درجه دو، رعایت فاصله از مراکز جمعیتی، تعیین فاصله از مراکـز درمانی و ارزش زمین‌های شهری می‌باشد. داده‌های مکانی منطقه مورد مطالعه شامل نقشه‌های کاربری اراضی طرح جامع شـهری بابل در مقیاس ۱:۲۰۰۰، نقشه توپوگرافی استاندارد ۱:۲۵۰۰۰، مدل رقومی ارتفاع با انـدازه سـلول ۱۰ متـری، نقشـه زمـین‌شناسـی ۱:۱۰۰۰۰۰ و سایر نقشه‌های تولید شده توسط بخش‌های خصوصی و دولتی، آمار جمعیـت و پایگـاه‌هـای اطلاعـات مکـانی اسـت (جدول ۲). نقشه‌های موضوعی تولید شده از این داده‌ها، نشان‌دهنده توزیع مکانی و فضایی مقادیر پارامترها در منطقه مورد مطالعـه است. چارت مفهومی مراحل انجام پژوهش در شکل (۱) ارائه شده است.

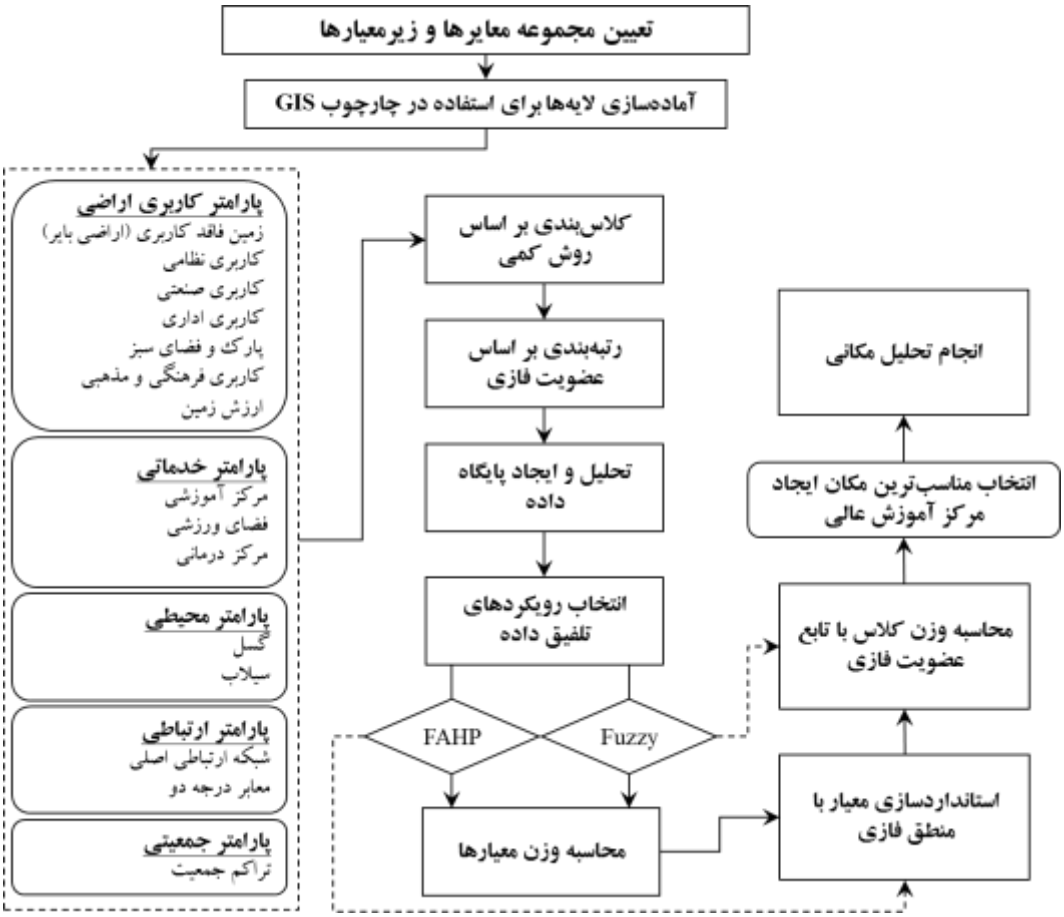
جدول ۲. مشخصات زیرمعیارهای مورد استفاده در مکان‌یابی پهنه‌های مناسب مراکز آموزش عالی در شهر بابل

ردیف	زیرمعیار	منبع تهیه و مشخصات
۱	استفاده از زمین‌های فاقد کاربری	نقشه کاربری اراضی طرح جامع شهری بابل (مقیاس ۱:۲۰۰۰)، تصاویر ماهواره‌ای Sentinel 2022
۲	نزدیکی به پارک و فضای سبز	نقشه کاربری اراضی طرح جامع شهری بابل (مقیاس ۱:۲۰۰۰)
۳	ارزش زمین	
۴	رعایت فاصله از کاربری‌های نظامی	
۵	رعایت فاصله از کاربری‌های صنعتی	
۶	رعایت فاصله از کاربری‌های اداری	
۷	رعایت فاصله از مراکز آموزشی عالی	
۸	نزدیکی به فضاهای ورزشی	
۹	نزدیکی به مراکز فرهنگی و مذهبی	
۱۰	تعیین فاصله از مراکز درمانی	
۱۱	رعایت فاصله از مراکز جمعیتی	نقشه کاربری اراضی طرح جامع شهری بابل (مقیاس ۱:۲۰۰۰)، بلوک آماری جمعیت شهر بابل در سال ۱۳۹۵
۱۲	دسترسی به شبکه ارتباطی (راه‌ها)	نقشه کاربری اراضی طرح جامع شهری بابل (مقیاس ۱:۲۰۰۰)، شبکه معابر موجود شهر بابل
۱۳	فاصله از معابر درجه ۲	
۱۴	رعایت فاصله از گسل	داده‌های برنامه آمایش استان مازندران (استانداری مازندران و مهندسین مشاور مازند طرح)، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)، داده‌های مطالعات مدیریت یکپارچه نوار ساحلی (ICZM)
۱۵	رعایت فاصله از سیلاب	

هدف از مکان‌گزینی فضاهای آموزش عالی، یافتن مکان بهینه برای ایجاد فضای آموزشـی بـا در نظـر گـرفتن کـاربری‌هـای همجوار است؛ لذا برای حصول به آن در شناسایی کاربری‌های مؤثر در کیفیت آموزشی مراکز آمـوزش عـالی، بایـد معیارهـایی بـر اساس سازگاری، آسایش، کارایی، مطلوبیت، سلامتی و ایمنی مورد توجه قرار گیرد. با توجه به شکل (۲)، در این مطالعـه ۱۵ معیـار مکانی در قالب ۵ پارامتر برای مکان‌گزینی پهنه‌های مناسب ایجاد مراکز آموزش عالی در شهر بابل مورد استفاده قرار گرفتـه‌انـد. از آنجایی‌که انجام پهنه‌بندی یا مکان‌گزینی مراکز آموزش عالی (دانشـگاه آزاد اسـلامی)، نیـاز بـه لایـه‌هـای رسـتری (سـطح) دارد، لایه‌های رقومی[1] معیارها، می‌باید از نوع داده رقومی به رستر تبدیل شوند. جهت انجام ایـن تبـدیل، از تـابع فاصـله اقلیدسـی[2] بـا حداکثر فاصله در محیط نرم‌افزاری ArcMap استفاده شده است. البته در خصوص لایه کاربری اراضی، ذکـر ایـن نکتـه ضـروری

1. Vector
2. Euclidean Distance

است که با توجه به ماهیت پلیگونی آن، ارزش گذاری هر کدام از کاربری‌ها بر اساس ارزش اقتصادی و میزان تناسب آن‌ها برای ایجاد فضای دانشگاهی به شرح جدول (۳) انجام گرفته است. ۱۵ معیار ذکر شده در بالا به دو دسته معیارهای شهری عمومی و اختصاصی مؤثر در مکان‌گزینی هدف دسته‌بندی شده‌اند. گسل، پهنه سیل‌خیز و شبکه دسترسی جزء معیارهای عمومی محسوب می‌شوند. برای تهیه لایه‌های گسل و پهنه‌های سیل‌خیز از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه بابل، داده‌های برنامه آمایش استان مازندران (استانداری مازندران و مهندسین مشاور مازند طرح)، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور) و داده‌های مطالعات مدیریت یکپارچه نوار ساحلی (ICZM) استفاده شده است. تهیه لایه شبکه دسترسی نیز بر اساس نقشه کاربری اراضی طرح جامع شهری بابل (مقیاس ۱:۲۰۰۰)، شبکه معابر موجود شهر بابل بوده است.



شکل ۲. نمودار مفهومی مراحل انجام مکان‌گزینی مراکز آموزش عالی با تأکید بر دانشگاه آزاد اسلامی در شهر بابل

جدول ۳. ارزش‌گذاری کاربری‌ها بر اساس درجه تناسب آن‌ها برای ایجاد فضای دانشگاهی

ردیف	معیار	تابع عضویت ارزش‌های معیار
۱	بایر، مراکز آموزش عالی	۱۰
۲	زمین‌های کشاورزی	۸
۳	پارک‌های بزرگ (فضای سبز)	۷
۴	نظامی (پادگان‌های بزرگ) صنعتی مجزا	۶
۵	استادیوم‌ها و مجتمع‌های بزرگ ورزشی، بیمارستان بزرگ	۵
۶	مسکونی، جنگل‌ها و مراتع، جهانگردی	۴
۷	تجاری، ترمینال و مسافرخانه‌ها، فرهنگی	۳
۸	اداری منفرد، مدارس، آتش‌نشانی	۲
۹	درمانی، بهداشتی، مذهبی، گورستان، پارک‌ها و باشگاه‌های ورزشی	۰
۱۰	رودخانه، شبکه ارتباطی	NODATA

منبع: جاوری و همکاران، ۱۳۸۹؛ درخشان‌زاده و دادرس، ۱۳۹۷

علاوه بر معیارهای عمومی که برای مکان‌یابی کاربری‌های آموزش عالی ذکر شد، کاربری آموزش عالی، متناسب با فعالیت و خدمات اختصاصی که ارائه خوهند داد، باید معیارهای خاصی را نیز رعایت کنند. در این پژوهش، با توجه به شرایط محیطی و ساختار شهری بابل، معیارها و حرایم در نظر گرفته شده برای هر معیار، بر اساس مرور پیشینه پژوهش و همچنین نظر کارشناسان و متخصصین این امر، انتخاب شده و به سه دسته کاربری‌های سازگار، ناسازگار و نیمه سازگار تقسیم شده‌اند. کاربری‌های سازگار که شامل پارک و فضای سبز، اماکن فرهنگی و مذهبی و اماکن ورزشی می‌شود، در سالم‌سازی هوا، آرامش ذهنی و سلامتی مؤثر هستند. کاربری‌های نظامی، صنعتی و اداری که درجه ترافیکی بالایی دارند و به‌لحاظ سر و صدا و امنیت می‌توانند عملکرد مراکز آموزش عالی را تحت تأثیر قرار دهند، جزء کاربری‌های ناسازگار محسوب می‌شوند. بلوک‌های مسکونی، مراکز درمانی و مراکز انتظامی نیز از جمله کاربری‌های نیمه سازگار با مراکز آموزش عالی بوده که اگرچه می‌توانند در مواقع لازم به‌عنوان یک کاربری خدماتی در اخیار مراکز آموزش عالی قرار گیرند، لیکن به‌دلیل ماهیت اورژانسی و فوری، رعایت حریم استاندارد از این کاربری‌ها برای کاربری آموزش عالی و دانشگاه آزاد اسلامی لازم و ضروری به‌نظر می‌رسد.

مدل تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره سلسله مراتبی فازی

در ارتباط با به‌کارگیری روش فازی باید اشاره کرد که در تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره، تئوری فازی معمول‌ترین روش برای بحث و بررسی عدم قطعیت‌ها شناخته شده است. در واقع روشی است برای برگرداندن طیف متنوع و گسترده‌ای از اطلاعات – داده‌های عینی، اطلاعات کمی، نظرها و قضاوت‌های ذهنی و عینی به یک زبان طبیعی که توصیف اثرات محیط را فراهم می‌آورد. استانداردسازی داده‌ها، همه مقادیر و ارزش‌های لایه‌های نقشه‌ای را به دامنه یکسانی، مثلاً بین صفر تا یک یا صفر تا ۲۵۵، تبدیل می‌کند. در دامنه بین ۰ و ۱، اگر $\mu_A(x)=1$ باشد، در آن صورت یک عنصر x مشخصاً به A تعلق دارد. به همین ترتیب اگر $\mu_A(x)=0$ باشد، در آن صورت عنصر x مشخصاً به A تعلق ندارد. درجه بالای ارزش عضویت یک عنصر به معنای نسبت بالای تعلق آن به مجموعه است. در واقع، هر عدد فازی در عطف به یک واژه زبانی و یک مجموعه فازی مطرح می‌شود. با تبدیل ارزش‌های زبانی به اعداد فازی، انجام عملیات حسابی و منطقی بر روی آن‌ها، روال مشخصی به خود می‌گیرد.

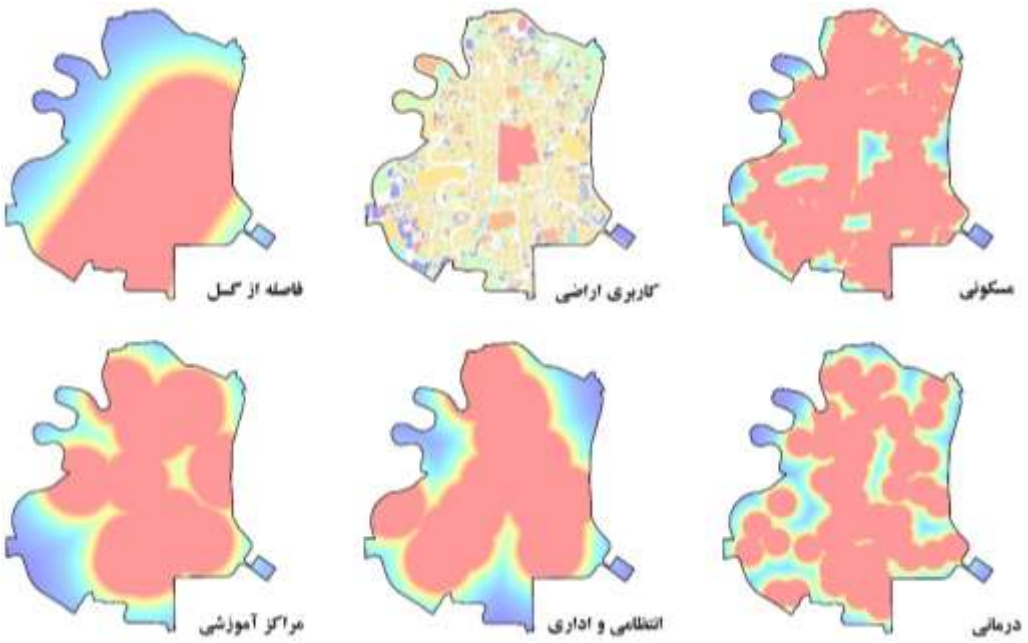
گام اول: نرمال‌سازی و استانداردسازی معیارها با استفاده از توابع عضویت فازی

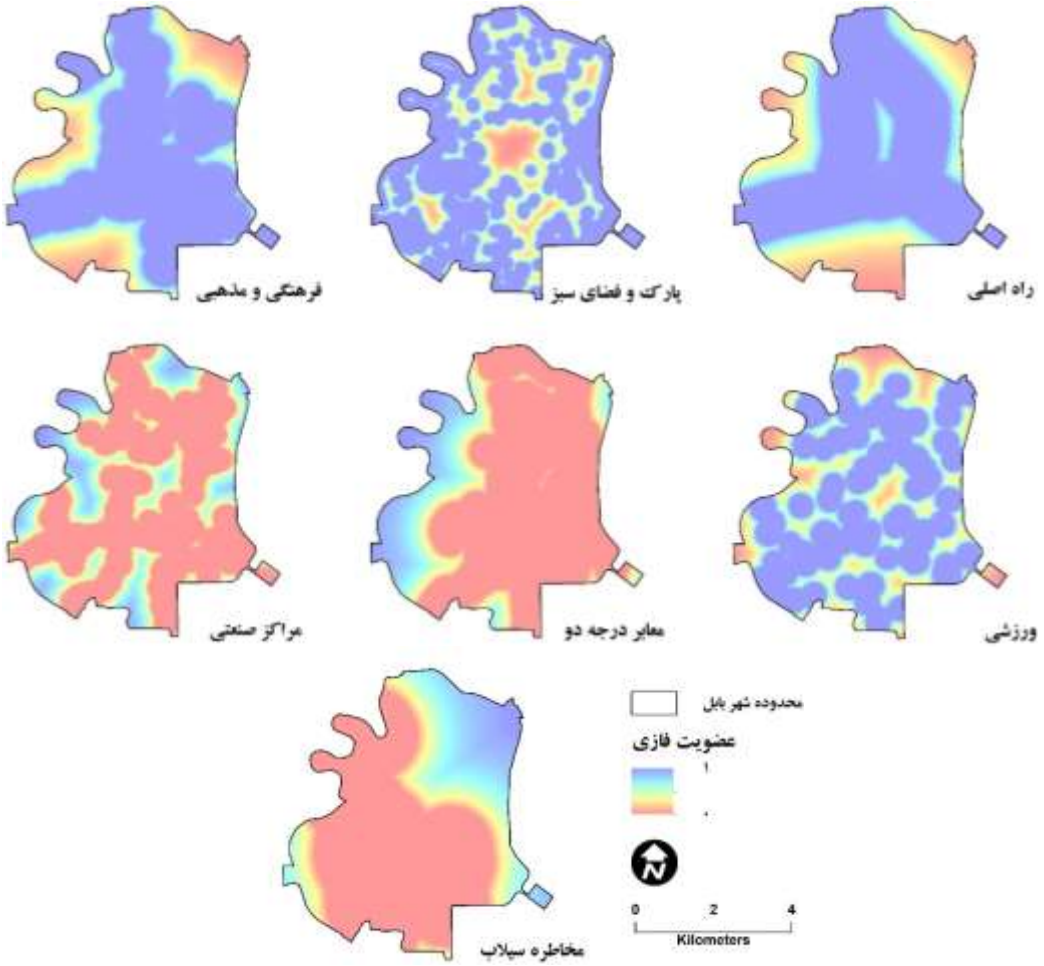
جدول ۴ توابع عضویت فازی مورد استفاده برای استانداردسازی زیرشاخص‌های به‌کار گرفته شده را نشان می‌دهد؛ با توجه به این جدول، از تابع‌های Linear، Small، Large، MS Small و MS Large برای استانداردسازی زیرشاخص‌های مؤثر در مکان‌گزینی بهینه دانشگاه آزاد اسلامی شهر بابل استفاده شده است. با بهره‌گیری از تابع‌های Linear - Increasing، MS Large و Large هر میزان از موقعیت هر کدام از متغیرهای مؤثر در مکان‌یابی فاصله گرفته شود، اراضی دارای تناسب بیش‌تری جهت کاربری دانشگاه آزاد اسلامی می‌باشند.

جدول ٤. توابع عضویت زیرمعیارهای مورد استفاده در مکان‌گزینی بهینه دانشگاه آزاد اسلامی شهر بابل

معیار	دامنه (متر)	تابع عضویت	نقطه کنترل	توصیف
استفاده از زمین‌های فاقد کاربری	–	Small	a=100	اراضی بایر دارای بالاترین تناسب برای مکان‌گزینی کاربری‌های آموزش عالی محسوب شده و پهنه‌های بایر دارای بالاترین عضویت فازی هستند.
دسترسی به شبکه ارتباطی (راه‌ها)	۱۵۰	MS Small	a=150, b=500	شبکه‌های ارتباطی اصلی، نقش مهمی در دسترسی آسان به مراکز آموزش عالی دارند؛ البته رعایت حریم مشخصی از آن‌ها به‌دلیل ایجاد آلودگی‌های صوتی و بصری، ایمنی، آلودگی هوا و ... ضروری می‌نماید. بر همین اساس، تا حریم ۱۵۰ متر از آن، امکان ایجاد مراکز آموزش عالی وجود ندارد. از حریم ۱۵۰ تا ۵۰۰ متر، بیش‌ترین تناسب برای ایجاد کاربری آموزشی در نظر گرفته شده و از ۵۰۰ متر بیش‌تر، تناسب اراضی با افزایش فاصله دوباره کاسته می‌شود.
رعایت فاصله از کاربری‌های نظامی	۲۰۰	MS Large	a=200, b=500	با توجه به مسائل امنیتی و آلودگی صوتی مراکز نظامی، هر چه فاصله از این مراکز بیش‌تر باشد، تناسب اراضی برای ایجاد مراکز آموزش عالی بیش‌تر می‌شود. رعایت حریم ۵۰۰ متر از این مراکز ضروری است.
رعایت فاصله از کاربری‌های صنعتی	۵۰۰	MS Large	a=500, b=1000	ایجاد آلودگی هوا، صوتی و شیمیایی، رعایت ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متری از کاربری‌های صنعتی را برای ایجاد مراکز آموزش عالی الزامی می‌نماید.

رعایت فاصله از کاربری‌های اداری و تجاری	۳۰۰	MS Large	a=150, b=300	با توجه به اصول پدافند غیر عامل، حجم ترافیک و اختلال در تردد، می‌باید حریم ۱۵۰ تا ۳۰۰ متری از کاربری‌های اداری، برای ایجاد مراکز آموزش عالی جدید در نظر گرفته شود.
نزدیکی به پارک و فضای سبز	۷۰۰	Small	a=200	سالم‌سازی هوا، آرامش ذهنی و زمین‌های بازی از تأثیرات مجاورت مراکز آموزش عالی با پارک و فضای سبز می‌باشد.
رعایت فاصله از مراکز آموزش عالی	۲۵۰۰	MS Small	a=1000, b=5000	در صورتی‌که مکان‌گزینی مراکز آموزش عالی موجود درست باشد، نزدیکی به آن‌ها می‌تواند معیار مناسبی برای کاربری‌های آموزش عالی جدید باشد.
نزدیکی به فضاهای ورزشی	۱۲۰۰	Small	a=500	فضاهای ورزشی مکانی برای سلامتی، تفریح، بازی و سرگرمی هستند؛ بنابراین، به هر میزان مجاورت با آن‌ها نزدیک‌تر باشد، تناسب اراضی برای ایجاد مراکز آموز عالی بیش‌تر است.
نزدیکی به مراکز فرهنگی و مذهبی	۲۰۰۰	Small	a=500	با توجه به ماهیت فرهنگی این اراضی، با رعایت حریمی مشخص از آن‌ها، تناسب اراضی برای کاربری آموزش عالی می‌تواند مطلوب باشد.
رعایت فاصله از گسل	۴۰۰۰	Large	a=1000	به هر میزان فاصله مراکز آموزش عالی جدید از عوامل مخاطره آفرین طبیعی بیش‌تر باشد، تناسب اراضی برای ایجاد این نوع از کاربری‌ها مطلوب‌تر است.
رعایت فاصله از سیلاب	۳۸۰۰	Large	a=500	به هر میزان فاصله مراکز آموزش عالی جدید از عوامل مخاطره آفرین طبیعی بیش‌تر باشد، تناسب اراضی برای ایجاد این نوع از کاربری‌ها مطلوب‌تر است.
فاصله از معابر درجه دو	۳۰۰	MS Large	a=100, b=500	ایجاد آلودگی هوا و صوت، حجم تردد و ترافیک و مسائل ایمنی، الزام رعایت حریم ۱۰۰ تا ۵۰۰ متری از معابر درجه دو شهری را بیان می‌نماید.
رعایت فاصله از مراکز جمعیتی	۱۰۰۰	MS Large	a=200, b=500	حجم بالای تردد و وجود ترافیک،آلودگی‌های صوتی و بصری و ماهیت عملکردی مراکز جمعیتی، رعایت حریم تا ۲۰۰ متری و ۲۰۰ تا ۵۰۰ متری از مراکز جمعیتی را ضروری می‌سازد.
تعیین فاصله از مراکز درمانی	۱۵۰۰	MS Large	a=150, b=500	به‌دلیل آلودگی هوا و بوهای نامطبوع ناشی از مراکز درمانی، رعایت حریم تا ۱۵۰ متری و از ۱۵۰ تا ۵۰۰ متری، برای ایجاد مراکز آموزش عالی ضروری است
قیمت زمین	–	Linear - Increasing	-	بر اساس داده‌ها و وزن‌های اختصاص داده در جدول ۲، زمین‌های دارای ارزش بالاتر اقتصادی، تناسب کم‌تری برای ایجاد مراکز آموزش عالی دارند. اگرچه ماهیت کاربری‌های اراضی نیز در این اولویت‌بندی مؤثر است.





شکل۳. عضویت فازی معیارهای مؤثر در مکان‌گزینی بهینه مراکز آموزش عالی با تأکید بر دانشگاه آزاد اسلامی در شهر بابل

بدین‌ترتیب، مقادیر بزرگ‌تر این زیرمعیارها، عضویت فازی بزرگ‌تری گرفته و به سمت یک میل می‌کند. تفاوت دو تابع Linear و Large در این است که Linear به‌صورت خطی مستقیم ارزش متغیرها را به عضویت فازی تبدیل می‌کند؛ اما در تابع Large از مقادیری همچون انحراف معیار برای تعیین عضویت‌های فازی استفاده می‌گردد. همچنین تابع MS Large دارای مقادیری چون میانه، انحراف معیار و میانگین بوده که با توجه به عدد اختصاص داده شده به مقدار میانگین، مقادی بزرگ‌تر از آن به سمت یک و مقادیر کوچک‌تر از آن به سمت صفر میل دارند. در تابع‌های Small و MS Small مقادیر کوچک‌تر ارزش کلاس زیرمعیارها، عضویت فازی بزرگ‌تر به‌خود می‌گیرند و بالعکس. MS Small عضویت فازی را بر اساس میانه و انحراف معیار تعریف نموده و مقادیر کوچک‌تر از میانگین عضویتی نزدیک به یک می‌گیرند. شکل (۳) نقشه‌های فازی شده معیارهای مؤثر در مکان‌گزینی کاربری‌های آموزش عالی شهر بابل را نشان می‌دهند.

گام دوم: تولید لایه معیارها

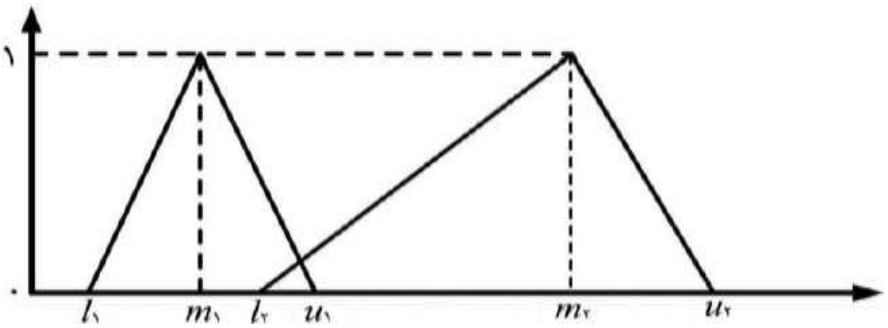
پس از فازی‌سازی معیارها به‌منظور مکان‌یابی بهینه، با به‌کارگیری مقایسات زوجی و تکنیک AHP فازی، به تولید و وزن‌دهی لایه‌های معیارهای مؤثر پرداخته شده است. این سلسله مراتب با مقایسه دودویی گزینه‌ها به‌جای اولویت‌بندی یک جای تمام گزینه‌ها در یک زمان، تهیه می‌شود که این قضاوت‌ها به‌صورت درجه تقدم مطرح می‌شوند. به منظور مقایسه دودویی میان شاخص‌ها، جدول (۵) برای درجه‌های مختلف تعریف شده است.

جدول ۵. درجه‌های مختلف تقدم برای اعداد مثلثی فازی

متغیرهای زبانی	اعداد مثلثی فازی	معکوس اعداد مثلثی فازی
بسیار قوی	(۹، ۹، ۹)	(۱/۱، ۹/۱، ۹/۹)
خیلی قوی	(۸، ۷، ۶)	(۱/۱، ۸/۱، ۷/۶)
قوی	(۶، ۵، ۴)	(۱/۱، ۶/۱، ۵/۴)
نسبتاً قوی	(۲، ۳، ۴)	(۱/۱، ۲/۱، ۳/۴)
هم ارز	(۱، ۱، ۱)	(۱، ۱، ۱)
اعداد میانه	(۷، ۸، ۹) (۵، ۶، ۷) (۳، ۴، ۵) (۱، ۲، ۳)	(۸/۹، ۷/۱، ۱/۱) (۶/۷، ۵/۱، ۱/۱) (۴/۵، ۳/۱، ۱/۱) (۲/۳، ۱/۱، ۱)

منبع: Cheng et al., 2005

اعداد مورد استفاده در این روش، اعداد مثلثی فازی هستند. دو عدد مثلثی $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ و $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ در شکل ۲ ترسیم شده است.



شکل ۲. اعداد مثلثی M_1 و M_2 (منبع: Chrobak et al., 2020)

که عملگرهای ریاضی آن به‌صورت روابط ۱ تا ۳ تعریف می‌شوند:

$$M_1 + M_2 = (l_1 + l_2 + m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (۱)$$

$$M_1 \times M_2 = (l_1 \times l_2 \times m_1 \times m_2, u_1 \times u_2) \quad (۲)$$

$$M_1^{-1} = \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1}\right), \qquad M_2^{-1} = \left(\frac{1}{u_2}, \frac{1}{m_2}, \frac{1}{l_2}\right) \quad (۳)$$

باید توجه داشت که حاصل ضرب دو عدد فازی مثلثی، یا معکوس یک عدد فازی مثلثی، دیگر یک عدد فازی مثلثی نیست. این روابط، فقط تقریبی از حاصل ضرب واقعی دو عدد فازی مثلثی و معکوس یک عدد فازی مثلثی را بیان می‌کنند. در این روش، برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی، مقدار S_k که خود یک عدد مثلثی است، از رابطه ۴ محاسبه می‌شود:

$$S_k = \sum_{j=1}^{n} M_{kj} \times \left[\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} M_{ij}\right]^{-1} \quad (۴)$$

که در آن k بیان‌گر شماره سطر و i و j به‌ترتیب، نشان‌دهنده گزینه‌ها و شاخص‌ها هستند. پس از محاسبه S_kها، درجه بزرگی آن‌ها نسبت به‌هم را باید به‌دست آورد. به‌طور کلی، اگر M_1 و M_2 دو عدد فازی مثلثی باشند، درجه بزرگی M_1 بر M_2، که با $V(M_1 > M_2)$ نشان داده می‌شود، به‌صورت رابطه ۵ تعریف می‌شود:

$$V(M_1 \geq M_2 = 1 \quad \text{if } m_1 \geq m_2$$
$$V(M_1 \geq M_2 = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) \quad \text{0therwise} \quad (۵)$$

میزان بزرگ‌تر بودن یک عدد فازی مثلثی از k عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه ۶ به‌دست می‌آید:

$$V(M_1 \geq M_2, \ldots, M_k) = V(M_1 \geq m_2), \ldots, V(M_1 \geq M_k) \quad (۶)$$

برای محاسبه وزن شاخص‌ها در ماتریس مقایسه زوجی از رابطه ۷ استفاده می‌شود:

$$W'(X_i) = \text{Min}\{V(S_i \geq S_k\}, \quad k \neq i, \quad k = 1, 2, \ldots, n. \quad (۷)$$

بنابراین، بردار وزن شاخص‌ها به‌صورت زیر خواهد بود:

$$W'(X_i) = [W'(c_1), W'(c_2), \ldots, W'(c_n)]^T \quad (۸)$$

که همان بردار ضرایب نابهنجار فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی است. به کمک رابطه ۹، نتایج نابهنجار به‌دست آمده از رابطه ۸ بهنجار می‌شود. نتایج بهنجار شده حاصل از رابطه ۹، W نامیده می‌شود:

$$w_i = \frac{w_i'}{\sum w_i'} \quad (۹)$$

جدول (۶) ماتریس مقایسه زوجی تشکیل شده بر اساس نظر خبرگان و امتیازدهی به‌صورت فازی را نشان می‌دهد. میانگین هندسی فازی هر سطر نیز در جدول (۷) ارائه شده است.

گام سوم: تولید لایه نقشه مکان‌گزینی مراکز آموزش عالی

پس از تخصیص مقادیر عضویت فازی برای کلاس معیارهای مورد استفاده در مکان‌گزینی اراضی مناسب ایجاد کاربری آموزش عالی و همچنین تعیین وزن فازی نهایی هر کدام از معیارها با تحلیل سلسله مراتبی فازی، در گام سوم نهایی، لایه‌های معیار وزن داده شده با استفاده از محاسبه رستری در محیط ArcMap و با تابع And با هم تلفیق شده تا نقشه نهایی و هدف تهیه شود.

جدول ٦. ماتریس مقایسات زوجی فازی معیارهای معیارهای مؤثر در مکان‌گزینی کاربری‌های آموزش عالی شهر بابل

P	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
C_1	(۱ ،۱ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۳ ،۲ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۵ ،۴ ،۳)	(۶ ،۵ ،۴)
C_2	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۱ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۴ ،۳ ،۲)	(۵ ،۴ ،۳)
C_3	(۴ ،۳ ،۲)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۱ ،۱)	(۱ ،۱ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)
C_4	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۱ ،۱)	(۱ ،۱ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۳ ،۲ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)
C_5	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۱ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۰/۳۳ ،۰/۲۵ ،۰/۲)	(۳ ،۲ ،۱)
C_6	(۳ ،۲ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۳ ،۲ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۱ ،۱ ،۱)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۳ ،۲ ،۱)
C_7	(۰/۳۳ ،۰/۲۵ ،۰/۲)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۳ ،۲ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۵ ،۴ ،۳)	(۴ ،۳ ،۲)	(۱ ،۱ ،۱)	(۴ ،۳ ،۲)
C_8	(۰/۲۵ ،۰/۲ ،۰/۱۷)	(۰/۳۳ ،۰/۲۵ ،۰/۲)	(۳ ،۲ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۱ ،۱ ،۱)
C_9	(۳ ،۲ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۴ ،۳ ،۲)	(۳ ،۲ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۴ ،۳ ،۲)	(۳ ،۲ ،۱)
C_{10}	(۴ ،۳ ،۲)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۳ ،۲ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۳ ،۲ ،۱)
C_{11}	(۳ ،۲ ،۱)	(۴ ،۳ ،۲)	(۳ ،۲ ،۱)	(۴ ،۳ ،۲)	(۴ ،۳ ،۲)	(۳ ،۲ ،۱)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۳ ،۲ ،۱)
C_{12}	(۳ ،۲ ،۱)	(۴ ،۳ ،۲)	(۳ ،۲ ،۱)	(۴ ،۳ ،۲)	(۴ ،۳ ،۲)	(۳ ،۲ ،۱)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۳ ،۲ ،۱)
C_{13}	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۰/۳۳ ،۰/۲۵ ،۰/۲)	(۰/۳۳ ،۰/۲۵ ،۰/۲)	(۱ ،۱ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۳ ،۲ ،۱)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)
C_{14}	(۳ ،۲ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۴ ،۳ ،۲)	(۵ ،۴ ،۳)	(۳ ،۲ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۳ ،۲ ،۱)
C_{15}	(۴ ،۳ ،۲)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۳ ،۲ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۳ ،۲ ،۱)

P	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}
C_1	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۴ ،۳ ،۲)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)
C_2	(۳ ،۲ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۵ ،۴ ،۳)	(۳ ،۲ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)
C_3	(۴ ،۳ ،۲)	(۳ ،۲ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۵ ،۴ ،۳)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)
C_4	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۱ ،۱ ،۱)	(۰/۳۳ ،۰/۲۵ ،۰/۲)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)
C_5	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۳ ،۲ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)
C_6	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۳ ،۲ ،۱)
C_7	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۴ ،۳ ،۲)	(۴ ،۳ ،۲)	(۴ ،۳ ،۲)	(۴ ،۳ ،۲)	(۴ ،۳ ،۲)	(۴ ،۳ ،۲)
C_8	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۴ ،۳ ،۲)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)
C_9	(۱ ،۱ ،۱)	(۱ ،۱ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۴ ،۳ ،۲)	(۳ ،۲ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)
C_{10}	(۱ ،۱ ،۱)	(۱ ،۱ ،۱)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)
C_{11}	(۳ ،۲ ،۱)	(۴ ،۳ ،۲)	(۱ ،۱ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۳ ،۲ ،۱)	(۴ ،۳ ،۲)
C_{12}	(۳ ،۲ ،۱)	(۴ ،۳ ،۲)	(۳ ،۲ ،۱)	(۱ ،۱ ،۱)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۴ ،۳ ،۲)	(۴ ،۳ ،۲)
C_{13}	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۳ ،۲ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۴ ،۳ ،۲)	(۱ ،۱ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)
C_{14}	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۴ ،۳ ،۲)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۳ ،۲ ،۱)	(۱ ،۱ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)
C_{15}	(۳ ،۲ ،۱)	(۳ ،۲ ،۱)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۰/۵ ،۰/۳۳ ،۰/۲۵)	(۳ ،۲ ،۱)	(۱ ،۰/۵ ،۰/۳۳)	(۱ ،۱ ،۱)

جدول (۸) وزن فازی نهایی هر یک از معیارهای مؤثر در مکان‌گزینی کاربری‌های آموزش عالی شهر بابل را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در شهر بابل بر اساس نظر خبرگان، معیار رعایت فاصله از پهنه‌های سیل‌خیز و یا سیل‌گیر با وزن نسبی ۰/۰۹۸ در اولویت اول و معیار ارزش زمین با وزن نسبی ۰/۰۳۵ در اولویت آخر تأثیرگذاری بر روی مکان‌گزینی بهینه مراکز آموزش عالی قرار گرفته است. بر این اساس و با اعمال وزن‌های هر یک معیارهای ۱۵ گانه در محیط ArcGIS، تناسب اراضی شهر بابل برای ایجاد مراکز جدید آموزش عالی با تأکید بر دانشگاه آزاد اسلامی مشخص شده که در شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول ۷. میانگین هندسی فازی معیارهای مؤثر در مکان‌گزینی کاربری‌های آموزش عالی شهر بابل

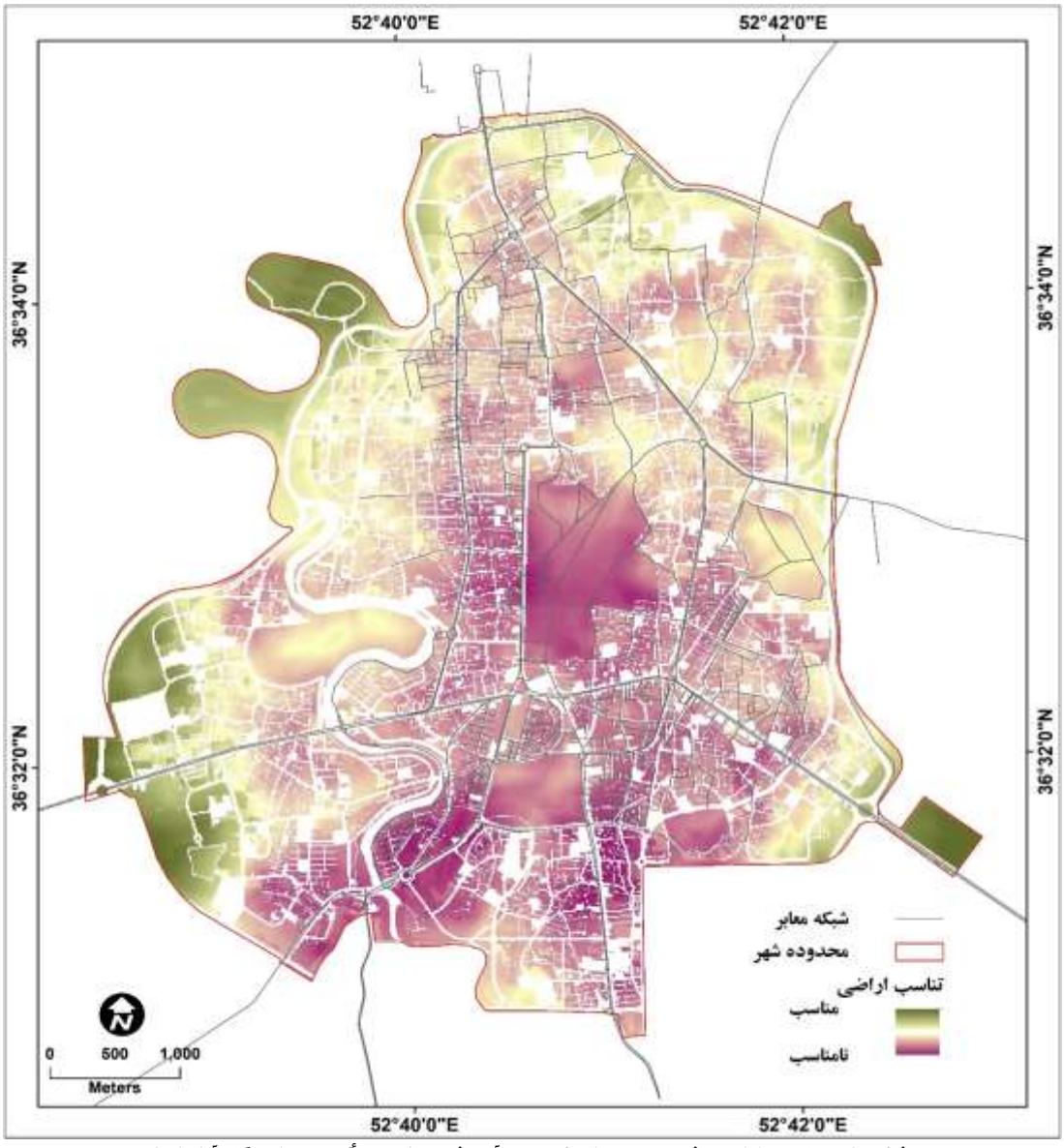
علامت	معیار	میانگین هندسی فازی هر معیار		
		حد پایین	حد متوسط	حد بالا
C_1	استفاده از زمین‌های فاقد کاربری	۰/۶۶	۰/۹۹	۱/۴۶
C_2	دسترسی به شبکه ارتباطی (راه‌ها)	۰/۹۱	۱/۴۷	۲/۱۱
C_3	رعایت فاصله از کاربری‌های نظامی	۰/۵۷	۰/۹۴	۱/۴۷
C_4	رعایت فاصله از کاربری‌های صنعتی	۰/۴۷	۰/۶۶	۱/۰۲
C_5	رعایت فاصله از کاربری‌های اداری و تجاری	۰/۴	۰/۶۲	۱/۰۵
C_6	نزدیکی به پارک و فضای سبز	۰/۶۱	۱/۱۴	۱/۶۴
C_7	رعایت فاصله از مراکز آموزش عالی	۰/۴۷	۰/۷۱	۱/۱۶
C_8	نزدیکی به فضاهای ورزشی	۰/۷۵	۱/۱۸	۱/۸۱
C_9	نزدیکی به مراکز فرهنگی و مذهبی	۰/۵۸	۰/۸۹	۱/۳۶
C_{10}	رعایت فاصله از گسل	۱/۱۲	۱/۷۸	۲/۳۵
C_{11}	رعایت فاصله از سیلاب	۱/۱۸	۱/۸۸	۲/۶۱
C_{12}	فاصله از معابر درجه دو	۰/۸۱	۱/۳۳	۲
C_{13}	رعایت فاصله از مراکز جمعیتی	۰/۵۹	۰/۹۵	۱/۵۱
C_{14}	تعیین فاصله از مراکز درمانی	۰/۵۷	۰/۸۸	۱/۳۸
C_{15}	قیمت (ارزش اقتصادی) زمین	۰/۴۲	۰/۶۱	۰/۹۵

جدول ۸. وزن نهایی معیارهای مؤثر در مکان‌گزینی کاربری‌های آموزش عالی شهر بابل

علامت	معیار	وزن فازی معیارها			فازی‌زدایی	وزن نهایی
		حد پایین	حد متوسط	حد بالا		
C_1	استفاده از زمین‌های فاقد کاربری	۰/۰۲۶	۰/۰۵	۰/۱۳۱	۰/۰۶۹	۰/۰۵۴
C_2	دسترسی به شبکه ارتباطی (راه‌ها)	۰/۰۳۶	۰/۰۷۴	۰/۱۹	۰/۱	۰/۰۷۸
C_3	رعایت فاصله از کاربری‌های نظامی	۰/۰۲۳	۰/۰۴۷	۰/۱۳۲	۰/۰۶۷	۰/۰۵۳
C_4	رعایت فاصله از کاربری‌های صنعتی	۰/۰۱۹	۰/۰۳۳	۰/۰۹۲	۰/۰۴۸	۰/۰۳۸
C_5	رعایت فاصله از کاربری‌های اداری و تجاری	۰/۰۱۶	۰/۰۳۱	۰/۰۹۵	۰/۰۴۷	۰/۰۳۷
C_6	نزدیکی به پارک و فضای سبز	۰/۰۲۴	۰/۰۵۷	۰/۱۴۸	۰/۰۷۶	۰/۰۶
C_7	رعایت فاصله از مراکز آموزش عالی	۰/۰۱۹	۰/۰۳۶	۰/۱۰۴	۰/۰۵۳	۰/۰۴۱
C_8	نزدیکی به فضاهای ورزشی	۰/۰۳	۰/۰۵۹	۰/۱۶۳	۰/۰۸۴	۰/۰۶۶
C_9	نزدیکی به مراکز فرهنگی و مذهبی	۰/۰۲۳	۰/۰۴۵	۰/۱۲۲	۰/۰۶۳	۰/۰۵
C_{10}	رعایت فاصله از گسل	۰/۰۴۵	۰/۰۸۹	۰/۲۱۲	۰/۱۱۵	۰/۰۹
C_{11}	رعایت فاصله از سیلاب	۰/۰۴۷	۰/۰۹۴	۰/۲۳۵	۰/۱۲۵	۰/۰۹۸
C_{12}	فاصله از معابر درجه دو	۰/۰۳۲	۰/۰۶۷	۰/۱۸	۰/۰۹۳	۰/۰۷۳
C_{13}	رعایت فاصله از مراکز جمعیتی	۰/۰۲۴	۰/۰۴۸	۰/۱۳۶	۰/۰۶۹	۰/۰۵۴
C_{14}	تعیین فاصله از مراکز درمانی	۰/۰۲۳	۰/۰۴۴	۰/۱۲۴	۰/۰۶۴	۰/۰۵
C_{15}	قیمت (ارزش اقتصادی) زمین	۰/۰۱۷	۰/۰۳۱	۰/۰۸۶	۰/۰۴۴	۰/۰۳۵

با توجه به نقشه مکان‌گزینی کاربری آموزش عالی در شهر بابل، بیش‌ترین تناسب اراضی برای ایجاد این نوع کاربری در بخش جنوب غربی و غرب شهر و در محدوده شهرک‌های فرهنگیان، نیلوفر، آزادگان، طالقانی و اندیشه و همچنین موقعیت فعلی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمای بابل می‌باشد. همچنین بخش جنوب شرقی شهر نیز، در محدوده مراکز آموزش عالی همچون دانشگاه آزاد اسلامی و نیز دانشگاه علمی – کاربردی مرکز بابل دارای تناسب اراضی مناسبی جهت کاربری آموزش عالی است. در بخش شمالی

شهر، موقعیت مراکز آموزش عالی همچون دانشگاه فرهنگیان مرکز شهید رجایی بابل، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل و مرکز رشد آن بر روی نقشه مکان‌گزینی پهنه‌های مناسب برای کاربری آموزش عالی، تناسب اراضی نسبتاً مناسب تا نسبتاً نامناسب را برای این مراکز نشان می‌دهد.



شکل ٤. تناسب اراضی شهر بابل برای کاربری آموزش عالی با تأکید بر دانشگاه آزاد اسلامی

این در حالی است که مراکز آموزش عالی واقع شده در مرکز شهر شامل دانشگاه علوم و فنون، پردیس بین‌الملل دانشگاه علوم پزشکی بابل، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بابل، دانشگاه پیام نور و دانشگاه غیر انتفاعی طبری، به‌لحاظ تناسب اراضی در پهنه‌های با تناسب کم قرار گرفته‌اند. دلیل این عدم تناسب را می‌توان وجود مراکز صنعتی، تراکم اراضی مسکونی و شبکه‌های شهری درجه دو با حجم تردد و ترافیک بالا، نزدیکی به پهنه‌های مخاطره‌آمیز سیلاب و گسل و نیز وجود مراکز تجاری و اداری با حجم ترافیک بالا ذکر کرد.

عدم تناسب اراضی مراکز آموزش عالی شهر بابل را می‌توان به‌عنوان یکی از مسائل آسیب‌شناسی موقعیت این مراکز مطرح نمود؛ موضعی که در پژوهش‌های مختلفی به آن پرداخته شده است. ملکی و همکاران (١٣٩٧) نیز در پژوهش آسیب‌شناسی محل استقرار مراکز آموزشی مقطع ابتدایی منطقه ٧ شهر اهواز، بر اساس نتیجه نهایی تلفیق لایه‌ها نشان دادند که از مجموع ٢٧ مدرسه

مقطع ابتدایی منطقه ۷ شهر اهواز از نظر الگوی همجواری و سازگاری با سایر کاربری‌های همجوار، ۸ دبستان در طیف نامناسب و کاملاً نامناسب، ۹ دبستان در طیف متوسط و ۱۰ دبستان هم در طیف کاملاً مناسب و مناسب قرار گرفته‌اند. همچنین معینی‌فر و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهش خود مشخص کردند که مدارس مستقر در مرکز ناحیه، دارای ظرفیت پایین فضای باز و کلاس درس هستند و بعضی مدارس نیز سازگاری نسبتاً اندکی با کاربری‌های همجوار دارند. فتایی (۱۳۹۳) در پژوهش خودنشان داده است که بر اساس تحلیل شبکه‌ای، دسترسی به مراکز آموزشی در سطح شهر کوهدشت به جز چند محله در مرکز شهر، مابقی محلات سطح دسترسی نامطلوبی به مدارس ابتدایی دارند. ده‌دهی (۱۳۹۱) در پژوهش خود مشخص نمود که وضعیت موجود در مکان‌گزینی مدارس متوسطه در ناحیه سه شهر کرج، چه به‌لحاظ شعاع عملکردی و چه به‌لحظ همجواری‌ها، مناسب نبوده و از استانداردهای لازم به دور است.

با توجه به آسیب‌شناسی موقعیت مراکز آموزش عالی شهر بابل و نقشه مکان‌گزینی اراضی برای ایجاد این نوع از کاربری در شهر، به‌ترتیب اولویت می‌توان بخش جنوب غربی شهر (جاده ورودی آمل به بابل و بلوار نوشیروانی) در محدوده شهرک‌های چمران، آزادگان، اندیشه و شهرداری را به‌عنوان اولویت یک تناسب اراضی مراکز آموزش عالی معرفی کرد. در اولویت دوم تناسب اراضی مراکز آموزش عالی شهر بابل می‌توان بخش غربی شهر شامل محدوده شهرک‌های امید تا ارغوان را پیشنهاد داد که البته با توجه به وجود اراضی کشاورزی و باغی در این قسمت و نیز نزدیکی به رودخانه بابلرود، پهنه‌بندی دوره‌های بازگشت سیلاب و همچنین ارزیابی و توجیه اقتصادی تغییر کاربری ضروری می‌نماید. اولویت پیشنهادی سوم برای مکان‌گزینی کاربری‌های آموزش عالی، محدوده جنوب شرقی شهر در مسیر جاده بابل – قائمشهر و موقعیت فعلی دانشگاه آزاد بابل است. در خصوص این اولویت پیشنهادی هم با توجه به قرارگیری کاربری‌های ناسازگاری همچون نمایندگی‌های فروش خودرو و مراکز صنعتی، طرح توجیه فنی – اقتصادی و مطالعات مکان‌گزینی با به‌کارگیری طرح کاداستر قطعات کاربری‌ها در این محدوده الزامی است.

نتیجه گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که فضاهای آموزشی یکی از کاربری‌های مهم شهر هستند که به‌واسطه عملکرد خود نسبت به سایر خدمات شهری از اهمیت قابل توجهی برخوردار هستند. سوابق نشان می‌دهد یکی از موارد مهم در احداث این مراکز نامشخص بودن ضوابط و معیارهای علمی و فنی برای مکان‌یابی است.

با توسعه شهرها و مطرح شدن اصل توسعه پایدار، توجه به اصل پایداری هر چه بیش‌تر مورد سؤال قرار می‌گیرد. مسائل و مشکلات موجود به‌ویژه در شهرها، نشان‌گر عدم تحقق مشخصه‌های پایداری در آن‌هاست. فرآیند توسعه پایدار شهری در روند رو به رشد خود به شاخص‌های مهمی وابسته است. یکی از شاخص‌های مورد توجه در این فرآیند، مراکز آموزش عالی است که در راستای دست‌یابی به توسعه پایدار از طریق تربیت تصمیم‌گیرندگان و تصمیم‌سازان آینده و ارائه خدمات مشاوره‌ای، فنی، آموزشی و پژوهشی پیش فرآیندهای تولید دانش و انتقال فضای آن در جامعه ارتباط برقرار می‌کند. این مراکز به‌عنوان فضای خاص علمی، فرهنگی و کالبدی و به سبب ویژگی‌ها و کارکردهای خاص خود، در فضای شهری می‌توانند ابعاد و کارکردهای متنوعی در فرهنگ‌سازی و ارتقای عملکرد فرهنگ شهرنشینی بر عهده داشته باشند.

در سال‌های اخیر به‌علت رشد سریع شهرنشینی و متقابلاً نبود یک برنامه‌ریزی و مدیریت جامع در نظام شهری کشور، همچون دیگر خدمات شهری، این فضاها نیز با مسائل و مشکلات عدیده‌ای روبه‌رو شده‌اند که بیش‌تر ناشی از کمبود توزیع ناموزون و نامتناسب، عدم مکان‌یابی بهینه و عدم پیش‌بینی فضاهای مناسب برای این کاربری‌ها در سطح شهر می‌باشد.

در این پژوهش جهت تحلیل فضایی و مکان‌گزینی مراکز آموزش عالی در راستای توسعه پایدار شهری در شهر بابل، بر اساس مطالعات انجام شده از معیارهای استفاده از زمین‌های فاقد کاربری، دسترسی به شبکه ارتباطی (راه‌ها)، رعایت فاصله از کاربری‌های نظامی، رعایت فاصله از کاربری‌های صنعتی، رعایت فاصله از کاربری‌های اداری و انتظامی، نزدیکی به پارک و فضای سبز، رعایت فاصله از مراکز آموزش عالی، نزدیکی به فضاهای ورزشی، نزدیکی به مراکز فرهنگی و مذهبی، رعایت فاصله از گسل، رعایت فاصله از پهنه‌های مخاطره‌آمیز سیلاب، فاصله از معابر درجه دو، رعایت فاصله از مراکز جمعیتی، تعیین فاصله از مراکز درمانی و قیمت زمین در قالب تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شده است. این تکنیک برای مقایسه زوجی معیارها و همچنین در راستای مدل‌سازی روابط فضایی معیارها تطابق بیشتری با سیستم‌های شهری داشته و ترکیب آن

همراه با به‌کار گیری سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌تواند تعداد زیادی گزینه را با معیارهای متعدد با دقت عمل بالایی مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد که پژوهش حاضر نیز گویای این واقعیت است. نتیجه نهایی به‌کارگیری روش‌های مذکور در جهت ساختاربندی مسأله، میزان مطلوبیت جهت مکان‌گزینی مراکز آموزش عالی را نشان می‌دهد.

یافته‌های مکان‌گزینی و مطالعات و بررسیهای میدانی نشان داد که به‌طور کلی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بابل و دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمای بابل در وضعیت نسبتاً مطلوبی نسبت به معیارهای پژوهش قرار گرفته‌اند. اگرچه در مکان‌یابی فضاهای آموزشی باید اصول و معیارهای لازم رعایت شود تا این فضاها به‌صورت متوازن در سطح شهر توزیع شوند.

نتایج تحقیق حاکی از آن است که در مطالعات مکان گزینی مراکز آموزش عالی ۱۵ شاخص به کار گرفته در این تحقیق به دلیل مطلوبیت و راستی‌آزمایی میدانی الگوی مناسبی برای سایر شهرهای با ویژگی‌های مشابه محدوده مورد مطالعه می باشد.

بر اساس یافته های پژوهش حاضر می‌توان گفت که سه نکته مهم در مکان‌گزینی واحدهای دانشگاهی با رویکرد توسعه پایدار حائز اهمیت است:

اول) شناسایی و بررسی اثرات مؤلفه‌های مکان‌یابی و توزیع فضایی آموزش عالی (دانشگاه آزاد اسلامی) و آزمودن نقطه ضعف‌های واحدهای دانشگاهی فعلی در سطح شهر مورد مطالعه؛

دوم) شناسایی و بررسی اثرات مؤلفه‌های رضایت‌مندی ذی‌نفعان از آموزش عالی (دانشگاه آزاد اسلامی) بر وضعیت واحدهای دانشگاهی مورد نظر؛

سوم) شناسایی و بررسی اثرات مؤلفه‌های مکانی مکان‌گزینی آموزش عالی (دانشگاه آزاد اسلامی) برای تشخیص و شناسایی فضاهای جدید و پیشنهادی واحدهای دانشگاهی در سطح شهر مورد مطالعه و به حداقل رساندن ضعف‌های مرتبط با توزیع فضایی این کاربری‌ها.

تقدیر و تشکر

این پژوهش مستخرج از رساله دکتری رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری بوده که در دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور از آن دفاع شده است.

منابع

احدنژاد دروشتی، محسن؛ مولائی قلیچی، محمد؛ جوادزاده اقدم، هادی و حاتمی، افشار. (۱۳۹۱). تحلیل الگوی پراکنش فضایی مراکز آموزشی و سامان‌دهی مناسب کالبدی آن با استفاده از GIS (مطالعه موردی: منطقه ۸ تبریز). *پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، ۳(۸)، ۱۸-۱.

انصاری‌فرد، بهناز؛ لسانی، مهدی؛ غضنفرپور، حسین و خیاطزاده، احمد. (۱۳۹۴). کاربرد روش‌های فازی و AHP برای جانمایی مدارس ابتدایی در ناحیه یک آموزشی شهر کرمان. *نشریه مطالعات نواحی شهری*، ۲(۳)، ۲۲-۱.

جاوری، مجید؛ شاهیوندی، احمد؛ الله‌دادی، نورالدین و سلطانی، مرضیه. (۱۳۸۹). استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مکان‌یابی مراکز آموزش عالی (نمونه موردی: دانشگاه پیام نور خرم‌آباد). *جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۱(۱)، ۲۲-۳.

درخشان‌زاده، محمد و دادرس، بیژن. (۱۳۹۷). تحلیل فضایی و مکان‌یابی مراکز آموزشی (مدارس متوسطه) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (شهر دهدشت استان کهگیلویه و بویراحمد). *جغرافیا و روابط انسانی*، ۱(۲)، ۱۸-۱.

ده‌دهی، غلامرضا. (۱۳۹۱). تحلیل نظم مکانی و الگوی توزیع فضایی کاربری‌های شهری، مطالعه موردی: کاربری‌های آموزش متوسطه ناحیه ۳ شهر کرج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، *دانشگاه پیام‌نور تهران، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی*.

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. (۱۳۸۲). ضوابط طراحی ساختمان‌های آموزشی تهران، برنامه‌ریزی معماری همسان مدارس ابتدایی و راهنمایی. *انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور*، تهران.

شجاعیان، علی؛ ملکی، سعید و امیدی‌پور، مرتضی. (۱۳۹۲). سامان‌دهی مکان‌گزینی مراکز آموزش شهری با استفاده از منطق بولین و تصمیم‌گیری چند معیاره فازی مطالعه موردی: مدارس مقطع راهنمایی مناطق ۸ گانه شهر اهواز. *فصل‌نامه مطالعات برنامه‌ریزی آموزشی*، ۲(۴)، ۱۶۵-۱۳۷.

فتایی، مجتبی. (۱۳۹۳). تحلیلی بر برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهر کوهدشت با تأکید بر کاربری آموزشی (مدارس ابتدایی). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، *دانشگاه یزد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی*.

فیروزی، محمد علی؛ رحمانی، پیروز؛ حسینی شه‌پریان، نبی‌الله و فریدون‌نژاد، مریم. (۱۳۹۵). مکان‌یابی مراکز آموزشی با استفاده از مدل ترکیبی منطق بولین و FAHP (مطالعه موردی: مدارس راهنمایی شهر دهدشت). *فصل‌نامه تعلیم و تربیت*، ۱۲۷، ۱۷۷-۱۵۵.

معینی‌فر، مریم؛ شکوهی، علی و شیخی، زهرا. (۱۳۹۴). ارزیابی نحوه استقرار فضاهای آموزشی با استفاده از مدل تلفیقی تاپسیس و آنتروپی شانون. *پژوهش‌های جغرافیایی انسانی*، ۴۷(۲)، ۲۶۴-۲۴۹.

ملکی، سعید؛ پیوند؛ ندا و اسدی کلمتی؛ اقبال. (۱۳۹۷). آسیب‌شناسی محل استقرار مراکز آموزشی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (نمونه موردی: مدارس ابتدایی منطقه ۷ شهر اهواز). *فصل‌نامه جغرافیا و مطالعات محیطی*، ۷(۲۸)، ۳۲-۹.

وارثی، حمیدرضا و رضایی، نعمت‌الله. (۱۳۹۱). تحلیل فضایی و مکان‌یابی مراکز آموزشی (مقطع راهنمایی) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (نمونه موردی: منطقه ۳ شهر اصفهان). *مجله علمی تخصصی برنامه‌ریزی فضایی*، ۱(۴)، ۳۸-۱۹.

ولی‌زاده، رضا. (۱۳۸۶). مکان‌یابی مراکز آموزشی دبیرستان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، نمونه موردی شهر تبریز. *نشریه علوم جغرافیایی*، ۷(۱۰)، ۸۷-۵۹.

AbuSada, J., & Thawaba, S. (2011). Multi criteria analysis for locating sustainable suburban centers: A case study from Ramallah Governorate, Palestine. *Cities*, *28*(5), 381-393.

Agrawal, A., Agrawal, A., & Bansal, P. (2020). Integration of fuzzy logic with Metaheurisitics for education center site selection. *Education and Information Technologies*, 26, 103-124.

Ali, K.A. (2018). Multi-criteria decision analysis for primary school site selection in Al-Mahaweel district using GIS technique. *Jornal of Kerbala University*, 16, 342-350.

Baser, V. (2019). Optimization of existing solid waste landfill sites using GIS and MCDA: the case of Giresun, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, *28*(12), 9033-9043.

Baser, V. (2020). Effectiveness of school site decisions on land use policy in the planning process. *International Journal of Geo-Information*, *9*(662), 1-16.

Bukhari, Z., Rodzi, A., & Noordin, A. (2010). Spatial multi-criteria decision analysis for safe school site selection. *Inernational Journal of Geoinformation Researches Development*, 1: 1-14.

Cheung, W.W.L., Pitcher, T.J., & Pauly, D. (2005). A fuzzy logic expert system to estimate intrinsic extinction vulnerabilities of marine fishes to fishing. Boil. *Conservation*, 124, 97-111.

Chrobak, K., Chrobak, G., & Kazak, J.K. (2020). The use of common knowledge in fuzzy logic approach for vineyard site selection. *Remote Sensing*, *12*(1775), 1-31.

Colak, H.E., Memisoglu, T., & Gercek, Y. (2020). Optimal site selection for solar photovoltaic (PV) power plants using GIS and AHP: A case study of Malatya Province, Turkey. *Renewable Energy*, 149, 565-576.

Drobne, S., & Lisec, A. (2009). Multi-attribute decision analysis in GIS: Weighted linear combination and ordered weighted averaging. *Informatica*, 33, 459-475.

Drobne, S., & Lisec, A. (2009). Multi-attribute decision analysis in GIS: Weighted linear combination and ordered weighted averaging. *Informatica*, *33*(4), 459-475.

Elsheikh, R.F.A. (2017). Multi-criteria decision making in hotel site selection. *International Journal of Engineering Science Invention*, 6, 15-18.

Erden, T., & Coskun, M.Z. (2011). Cografi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarsi yöntemi yardimiyla itfaiye istasyon yer seçimi. TMMOB Karita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. *Türkiye Bilimsel ve Teknik Kurultay*, 301–304.

Fossati, J.P., Galarza, A., Martín-Villate, A., Echeverría, J.M., & Fontan, L. (2015). Optimal scheduling of a microgrid with a fuzzy logic controlled storage system. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 68, 61-70.

Ghajari, Y.E., Alesheikh, A.A., Modiri, M., Hosnavi, R., Abbasi, M., & Sharifi, A. (2018). Urban vulnerability under various blast loading scenarios: Analysis using GIS-based multi-criteria decision analysis techniques. *Cities*, *72*(Part A), 102-114.

Gumusay, M.U., Koseoglu, G., & Bakirman, T. (2016). An assessment of site suitability for marina construction in Istanbul, Turkey, using GIS and AHP multicriteria decision analysis. *Environmental Monitoring and Assessment*, *188*(12), 677-695.

Habib, S.M., Suliman AE, R.E., Al-Nahry, A.H., & Abd El Rahman, E.N. (2020). Spatial modeling for the optimum site selection of solar photovoltaics power plant in the northwest coast of Egypt. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, *18*(9), 100313.

Hüllermeier, E. (2011). Fuzzy machine learning and data mininga. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining Knowledge. Discovery*, 1, 269-283.

Jamshidi, A., Yazdani-Chamzini, A., Siamak, H.Y., & Khaleghi, S. (2013). Developing a new fuzzy inference system for pipeline risk assessment. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. *26*(1), 197-208.

Jayaweera, K.N. Application of Geographic Information Systems for Government School Sites Selection. Ph.D. Thesis, *University of Sri Jayewardenepura*, Nugegoda, Sri Lanka, 2016.

Joerin, F., Thériault, M., & Musy, A. (2001). Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment. *International Journal of Geographical Information Science*, 15(2): 153-174.

Liu, Y., Lv, X., Qin, X., H., Guo, H., Yu, Y., Wang, J., & Mao, G. (2007). An integrated GIS-based analysis system for land-use management of lake areas in urban fringe. *Landscape and Urban Planning*, *82*(4), 233-246.

Lockheed, M.E., & Verspoor, A.M. (1991). Improving Primary Education in Developing Countries. *Oxford University Press for World Bank*: New York, NY, USA, 1991.

Mrówczynska, M. Neural networks and neuro-fuzzy systems applied to the analysis of selected problems of geodesy. In Computer Assisted Mechanics and Engineering Sciences; *Institute of Fundamental Technological Research: Warsaw*, Poland, 2011.

Mustaffa, A.A., Bahiah, B., Rasib, A.W., & Saifullizan, M.B. (2021). GIS and multi-criteria analysis for school site selection (Study case: Malacca historical city). *International Journal of Integrated Engineering*, *13*(4), 234-241.

Naghizadeh-Baghi, A., Behrooz Damirchi, F., Moharramzadeh, M., Jamiodulo, M., & Nobakht, F. (2021). Spatial analysis and site selection of ardabil sports venues using GIS. *Journal of Advanced Sport Technology*, *5*(2), 77-89.

Nuzir, F.A., & Dewancker, B.J. (2014). Understanding the role of education facilities in sustainable urban development: A case study of KSRP, Kitakyushu, Japan. *Procedia Environmental Sciences*, 20, 632-641.

Ramadan, M.S., & Effat, H.A. (2021). Geospatial modeling for a sustainable urban development zoning map using AHP in Ismailia Governorate, Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 24, 191-202.

Ross, T.J. Fuzzy Logic with engineering applications. *John Wiley & Sons, Ltd*.: Hoboken, NJ, USA, 2010.

Stelzenmüller, V., Gimpel, A., Gopnik, M., & Gee, K. (2017). Aquaculture site-selection and marine spatial planning: The roles of GIS-based tools and models. In Aquaculture Perspective of Multi-Use Sites in the Open Ocean; *Springer: Cham, Switzerland*, 131-148.

Vasiljevic', T.Z., Srdjevic', Z., Bajcetic, R., & Miloradov, M.V. (2012). GIS and the analytic hierarchy process for regional landfill site selection in transitional countries: A case study from Serbia. *Environmental Management*, 49, 445-458.

Yildirim, V. (2012). Application of raster-based GIS techniques in the siting of landfills in Trabzon Province, Turkey: A case study. *Waste Management and Research*, *30*(9), 949-960.

Zadeh, L. (2008). Fuzzy logic. *Scholarpedia*, 3, 1766.

How to cite this article:
Shafee Tilaki, M., Motevalli, S., Janbaz Ghobadi, Gh., & Rahmani, B. (2023). Location Selection and Analysis of Higher Education Uses Using Geographic Information System (GIS) and Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) (Case Study: Babol City). *Journal of Studies of Human Settlements Planning*, *18*(2), 29-45.

ارجا به این مقاله:
شفیعی تیلکی، محمد؛ متولی، صدرالدین؛ جانباز قبادی، غلامرضا و رحمانی، بیژن. (۱۴۰۲). مکان‌گزینی و تحلیل کاربری‌های آموزش عالی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDA) (مطالعه موردی: شهر بابل). *مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۸ (۲)، ۴۵-۲۹.

فصلنامه علمی

مطالعات برنامه ریزی سکونتگاه های انسانی