Educational and Scholastic Studies *http://pma.cfu.ac.ir/*
Vol. 12, No. 2, Summer 2023 *Print ISSN: 2423-494X*
pp. 653- 677 *Online ISSN: 2645-8098*

Optimizing School Allocation Using Geographic Information Systems and TOPSIS Model (The Case of Tehran Area 18)

Maryam Mohammadzadeh[1], Zahra Azizi[2*], Hossein Aghamohamadi[2]

1. M.Sc. Student in Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

(Received: June 4, 2021; Accepted: April 9, 2022)

Abstract

Inadequate planning and lack of suitable land have led to suboptimal location of educational facilities in urban areas. Increasing the number of students and limited financial resources, lack of planning, lack of suitable land, not using urban planners and GIS, has led to the optimal location in most educational spaces. This study focuses on district 18 of Tehran, where the distribution of schools is heterogeneous. Using the TOPSIS model in a Geographic Information System (GIS) environment, this study aims to identify suitable locations for future school development. Criteria based on expert opinions and past research were categorized into four groups: compatible, semi-compatible, incompatible, and network of passages. Hierarchical analysis was used to prioritize and weight the criteria. After overlaying limitations and access radius for building schools, a location map was generated, classifying areas as suitable, relatively suitable, medium, relatively unsuitable, and unsuitable. Based on the results, the distance from industrial centers with a value of 0.18 was selected as the most important and the distance from administrative centers with a value of 0.017 as the least important layer. After overlapping the limitations of all uses and the radius of access to the permitted areas for building schools, the location map was selected and 5 floors were classified as suitable, relatively suitable, medium, relatively unsuitable and unsuitable. And the middle floor with an area of 1047766 square meters and 33.25% has the largest share of the area.

Keywords*:* GIS, Location, School, TOPSIS.

* **Corrensponding Author, Email:** zazizi@srbiau.ac.ir

مطالعات آموزشی و آموزشگاهی
دورهٔ ۱۲، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۲
صفحات ۶۷۷ ـ ۶۵۳

http://pma.cfu.ac.ir/
شاپای چاپی: ۴۹۴X - ۲۴۲۳
شاپای الکترونیکی: ۸۰۹۸-۲۶۴۵

مکان‌یابی مدارس با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل تاپسیس (نمونهٔ موردی: منطقهٔ ۱۸ شهر تهران)

مریم محمدزاده[۱]، زهرا عزیزی[۲*]، حسین آقامحمدی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران
۲. استادیار، گروه سنجش از دور و GIS، دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران
۳. استادیار، گروه سنجش از دور و GIS، دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۰)

چکیده

مکان‌گزینی ناصحیح کاربری‌های شهری خصوصاً کاربری آموزشی، منجر به ناهماهنگی بین نیازها و خدمات ارائه‌شده از سوی کاربری‌ها می‌شود. افزایش تعداد دانش‌آموزان و محدودیت منابع مالی، نبود برنامه‌ریزی، کمبود زمین مناسب، استفاده‌نکردن از برنامه‌ریزان شهری و سیستم اطلاعات جغرافیایی، باعث شده مکان‌یابی بهینه در اکثر فضاهای آموزشی اعمال نشود. در تحقیق حاضر منطقهٔ ۱۸ شهر تهران به دلیل پراکنش ناهمگن مدارس آن مطالعه شد. لذا با هدف یافتن محل‌های مناسب استقرار مدارس در آینده این منطقه با استفاده از مدل تاپسیس در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی مکانیابی انجام شد. به این منظور معیارهای مورد نظر بر اساس نظر کارشناسان و تحقیقات گذشته در چهار گروه سازگار شامل، فاصله از فضای سبز، اماکن ورزشی، مراکز فرهنگی و مناطق مسکونی؛ نیمه‌سازگار، شامل: فاصله از آتش‌نشانی و درمانی؛ ناسازگار شامل: فاصله از مراکز صنعتی، گورستان، مراکز تجاری، مراکز اداری، دامداری و مرغداری، حمل‌ونقل و انباری، و تأسیسات و تجهیزات شهری؛ و شبکهٔ معابر شامل: معابر اصلی و معابر فرعی انتخاب شد. برای اولویت‌بندی و وزن‌دادن به معیارها از تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد. بر اساس نتایج فاصله از مراکز صنعتی با ارزش ۰/۱۸ مهم‌ترین و فاصله از مراکز اداری با ارزش ۰/۰۱۷ کم‌اهمیت‌ترین لایه انتخاب شد. پس از هم‌پوشانی محدودیت تمام کاربری‌ها و شعاع دسترسی مناطق مجاز برای ساخت مدارس از نقشه مکان‌یابی انتخاب و ۵ طبقهٔ مناسب، نسبتاً مناسب، متوسط، نسبتاً نامناسب و نامناسب کلاس‌بندی شد که کلاس نامناسب با ۲۱۰۲۵۵ مترمربع و تنها با ۶/۶۷ درصد کمترین و طبقه متوسط با مساحت ۱۰۴۷۷۶۶ مترمربع و ۳۳/۲۵ درصد بیشترین سهم مساحت را دارد.

واژگان کلیدی: تاپسیس، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدرسه، مکان‌یابی، منطقهٔ ۱۸ تهران.

* نویسندهٔ مسئول، رایانامه: zazizi@srbiau.ac.ir

مقدمه

مکان‌گزینی ناصحیح کاربری‌های شهری خصوصاً کاربری آموزشی، منجر به ناهماهنگی بین نیازها و خدمات ارائه شده از سوی کاربری‌ها می‌شود. روند رو به افزایش تعداد دانش‌آموزان ازیک‌طرف و محدودیت منابع مالی، نبود برنامه‌ریزی، کمبود زمین مناسب، استفاده‌نکردن از برنامه‌ریزان شهری و سیستم اطلاعات جغرافیایی از طرف دیگر، باعث شده تا مکان‌یابی بهینه در اکثر فضاهای آموزشی اعمال نشود (شجاعیان، ملکی و امیدی‌پور، ۱۳۹۳، ص۱۳۸). در ساماندهی هر یک از کاربری‌های شهری برای دستیابی به الگوی مناسب برای استقرار آن باید مشخصات و نیازمندی‌های هر یک از کاربری‌ها با توجه به یکدیگر بادقت بررسی شود تا روابط بین آن‌ها از نظر هم‌جواری و سازگاری معلوم شود (سعیدنیا، ۱۳۸۷، ص۳). رشد بی‌رویه و افزایش مهاجرت به شهرها منجر به توسعهٔ غیر قابل کنترل نواحی شهری، خلق سکونتگاه‌های جدید، کاهش نرخ رفاه انسانی ساخت‌وسازهای بدون برنامه، گسترش مهارنشدنی و بروز تغییرات فراوان در ساختار فضایی شهرها و گستردگی شهرها شده است (مقصودی و همکاران، ۱۳۹٦، ص۷). کاربری‌های آموزشی یکی از انواع کاربری‌های اساسی در شهرهاست که مکان‌یابی بهینهٔ آن، ایمنی و رفاه شهروندان را در پی خواهد داشت. حال برنامه‌ریزان سعی دارند با ارائهٔ الگوی مناسب تخصیص زمین به کاربری‌های موردنیاز در شهرها و مکان‌گزینی مناسب آن‌ها در کالبد شهرها در جهت تأمین رفاه و ایمنی شهرها و آسایش شهرنشینان تأثیرگذار شده، امکان زیست بهتر در شهرها را فراهم آوردند (ولی‌زاده، ۱۳۸٤، ص۵).

مکان‌گزینی مدارس در شهرهای بزرگ همواره با مشکلات عدیده‌ای روبه‌رو بوده است. تعدد عوامل مؤثر در مکان‌یابی مدارس و افزایش روزافزون مشکلات زندگی شهری لزوم استفاده از روش‌های مؤثر و سیستم‌های رایانه‌ای را در مکان‌یابی مدارس بیش‌ازپیش آشکار کرده است. مقوله مکان‌گزینی مدارس به‌عنوان یکی از مراکز خدمات رسان در سطح شهری از جمله مباحثی است که در فرایند توسعه و سعادت هر جامعه‌ای دارای اهمیت است. مکان‌یابی فعالیتی است که قابلیت‌ها و توان‌های یک منطقه را از لحاظ وجود زمین مناسب و کافی و ارتباط آن با سایر کاربری‌ها و تسهیلات شهری برای انتخاب مکان مناسب برای کاربری خاص مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌دهد (فرهادی،

۱۳۷۹، ص۱). مهم‌ترین معیارهایی که در استقرار کاربری‌ها باید در نظر گرفته شود عبارت‌اند: از سازگاری با کاربری‌های مجاور، دسترسی آسان به آن از سوی همگان، رعایت عدالت در توزیع کاربری‌ها به‌ویژه کاربری‌های عمومی متوجه به شرایط مکانی مورد نیاز هر کاربری است (غفاری و همکاران، ۱۳۸۹، ص٦١). هدف این پژوهش ارزیابی معیارهای مؤثر در تعیین مکان مناسب مدرسه و استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تعیین مکان مناسب احداث مدرسه است و از آنجا که منطقهٔ ۱۸ شهر تهران از جمله مناطقی است که دارای پراکنش نامناسب مدارس به نسبت پراکنش جمعیت است، به عنوان مطالعهٔ موردی تحقیق حاضر در نظر گرفته شد.

اسدی آغبلاغی (۱۳۹۵) با استفاده از منطق فازی، بولین و فرایند سلسله‌مراتبی الگوی مناسبی برای رتبه‌بندی مناطق برای مکان‌یابی مدارس ابتدایی ارائه داد. سالمی، سیاسی و جوزی (۱۳۹۵) در مقاله‌ای به مکان‌یابی مدارس ابتدایی شهر بندرعباس است پرداختند. برای این منظور از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و ترکیبی از روش فازی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده کرد. شفیعی ثانی (۱۳۹۵) در پایان‌نامهٔ خود بافت غربی حاشیهٔ سبزوار به جهت مکان‌یابی مدرسهٔ فنی با مدل AHP بر پایهٔ GIS بررسی کرد. پناهی[1] و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیق به بررسی میزان مناسب بودن جغرافیایی مدارس موجود در مناطق ٦ و ۱۲ کلان‌شهر تهران پرداختند. موسی[2] و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی فرایند مکان‌یابی مدارس را بررسی کردند. آن‌ها در این تحقیق برای دستیابی به یک راهنمایی برای مکان‌های مدرسه از طریق برجسته‌سازی تعریف برنامه‌های آموزشی عمومی، تعیین مکان، و تأثیر آن بر توسعهٔ شهری پرداختند. احمد علی[3] (۲۰۱۸) به مطالعهٔ توسعهٔ مدرسه ابتدایی پرداختند. آن‌ها از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و مدل ارزیابی چند معیار (MCEM) استفاده کردند.

یی، کیم و کانگ[4] (۲۰۲۱) برای به‌دست‌آوردن زمان سفر بین مناطق مسکونی به زیرساخت‌های اجتماعی شامل امکانات زیربنایی اجتماعی مانند پارک‌ها، کتابخانه‌ها، مدارس ابتدایی، مراکز مراقبت

1. Panahi
2. Moussa
3. Ahmed Ali
4. Yhee, Kim & Kang

از کودکان، مهد کودک‌ها و امکانات ورزشی، توسط برنامه‌نویسی ناوبری در محیط GIS، نقشهٔ زمان سفر را برای شهر اینچئون، کرهٔ جنوبی ایجاد کردند که بر اساس آن میانگین زمان سفر با وزن جمعیت تعریف شده بود.

مکان‌یابی

مکان‌یابی انتخاب یک مکان مناسب برای احداث یک سری مراکز خدماتی بوده به‌طوری‌که بهترین عملکرد با توجه به اهداف مورد نظر فعالیت حاصل می‌شود، برای مکان‌یابی باید معیارها و عوامل مؤثر را در روند محاسباتی دخالت داد بر اساس مبانی مکان‌یابی از ابتدای استقرار بشر بر روی زمین جهت دستیابی بهتر به غذا، محل سکونت و موارد مشابه موردتوجه بوده است (پورمحمدی، ۱۳۹۱، ص۲).

۱. معیارهای مؤثر در مکان‌یابی

اصولاً در طراحی کالبد یک شهر و انتخاب مکان‌های مناسب برای استقرار هریک از فعالیت‌های شهری باید به سه مسئله مهم توجه کرد: الف) سازگاری نوع فعالیت مورد نظر در مکان با فعالیت هم‌جوار، ب) مطلوبیت مکان برای استقرار فعالیت مورد نظر و ج) مناسب‌بودن مکان فعالیت مورد نظر با نیازهای منطقه توجه کرد.

از آنجا که بدون در اختیار داشتن معیارهای مناسب توجه به این مسائل امکان‌پذیر نیست، تعیین مجموع‌هایی از معیارها برای انتخاب مکان مناسب جهت هر فعالیت شهری الزامی خواهد بود (صالحی، ۱۳۸۱، ص۱).

۲. معیارهای مؤثر در مکان‌یابی مدارس

سازگاری

سازگاری قرارگیری کاربری‌های سازگار در کنار یکدیگر و برعکس جداسازی کاربری‌های ناسازگار از یکدیگر است. از کاربری‌های ناسازگار با فضاهای آموزشی می‌توان به محل جمع‌آوری زباله، کارگاه‌ها صنایع مزاحم، پمپ بنزین و سایر محل‌های ذخیرهٔ سوخت، کشتارگاه‌ها، دامداری‌ها،

مرغداری، دکل‌های برق فشار قوی، شبکهٔ حمل و نقل، ترمینال‌ها و ... اشاره کرد و کاربری‌های نیمه‌سازگار آن‌ها که هرچند مجاورت مستقیم و بدون واسطهٔ آن‌ها با واحدهای آموزشی امری نامطلوب محسوب می‌شود، در عین حال، دوربودن آن‌ها از کاربری‌های آموزشی نیز نامطلوب است در نتیجه، این کاربری‌ها باید در فاصلهٔ مشخصی قرار گیرند. مانند کاربرهای آتش‌نشانی، بهداشتی، ارتباطی، پلیس و پارکینگ‌های عمومی (سازمان نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس کشور، ۱۳۹۲).

مطلوبیت

مطلوبیت باتوجه به ویژگی‌های طبیعی زمین مورد نظر و ویژگی‌های اقلیمی و همچنین، شعاع دسترسی دسترسی‌ها، تأسیسات و تجهیزات شهری مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد، منظور از مطلوبیت، حفظ عوامل طبیعی، چشم‌اندازها، فضای باز، فضاهای سبز، شبکهٔ معابر، راه‌ها و فضاهای مسکونی است (سازمان نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس کشور، ۱۳۹۲).

ظرفیت

ظرفیت مکانی به‌عنوان یک عامل اساسی تعیین‌کنندهٔ سطوح کاربری و حجم کالبدی آموزشی است. اندازه و ابعاد این سطوح باید جوابگوی فعالیت‌های آموزشی باشد. ظرفیت واحدهای آموزشی با جمعیت استفاده‌کنندهٔ آن باید دارای تناسب معقول و منطقی باشد و شکل و فرم مناسب داشته باشد (سازمان نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس کشور، ۱۳۹۲).

وابستگی

گاهی فعالیت‌های یک کاربری وابسته به فعالیت دیگر کاربری‌ها است. برای مثال یک محلهٔ مسکونی بدون خدمات آموزشی ناقص است و مراکز دیگر نیز هر یک به نحوی با سایر فعالیت‌ها در ارتباط وابسته‌اند (سازمان نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس کشور، ۱۳۹۲).

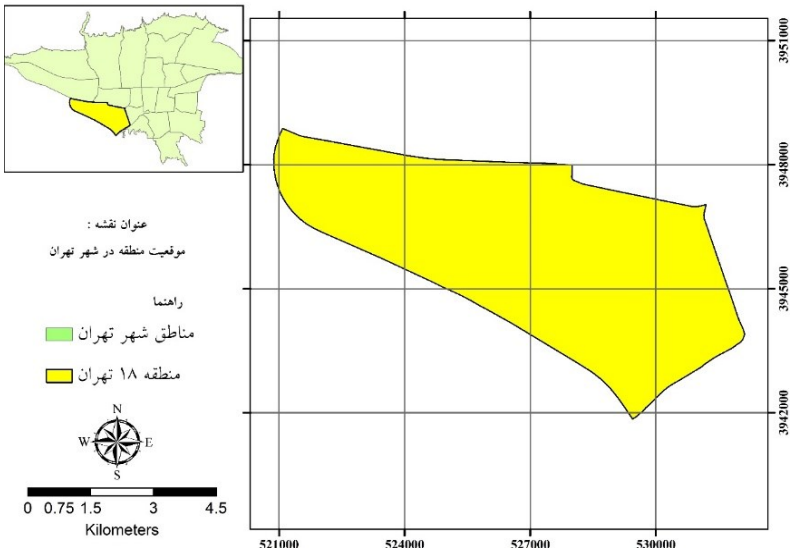
روش‌شناسی پژوهش

شیوهٔ کار در این تحقیق بر مبنای روش‌های مطالعات کتابخانه‌ای، تحلیلی و توصیفی است. مبانی و

تئوری‌های تحقیق بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی تحقیقات گذشته جمع‌آوری شده است. معیارهای مورد استفاده بر اساس نظرات کارشناسان، مطالعات گذشته و ضوابط مکان‌یابی مدارس انتخاب و از شهرداری منطقهٔ ۱۸ تهران تهیه شد. معیارهای انتخاب‌شده در چهار گروه سازگار شامل، فاصله از فضای سبز، اماکن ورزشی، مراکز فرهنگی و مناطق مسکونی؛ نیمه‌سازگار شامل: فاصله از آتش‌نشانی و درمانی؛ ناسازگار شامل: فاصله از مراکز صنعتی، گورستان، مراکز تجاری، مراکز اداری، دامداری و مرغداری، حمل و نقل و انباری، و تأسیسات و تجهیزات شهری؛ و شبکهٔ معابر شامل: معابر اصلی و معابر فرعی قرار دارند. از نرم‌افزارArcGIS10.5 برای انجام مدل‌سازی استفاده شد. همچنین، مدل تاپسیس برای هم‌پوشانی، و برای رتبه‌بندی و بررسی وزن معیارها مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و نرم‌افزار Expert Choice انتخاب شد. پس از کنترل مختصات و روابط توپولوژی داده‌ها، با استفاده از تحلیل‌های رستری در نرم‌افزار ArcGIS اقدام به تهیه نقشه‌های مربوطه شد و در نهایت، نقشهٔ مکان‌یابی مدارس (متوسطهٔ دورهٔ دوم) ارائه شد. برای اعمال محدودیت میزان مجاورت هر معیار نیز از تحلیل Buffering و برای محاسبهٔ شعاع عملکرد مدارس موجود از تحلیل شبکه در نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد و بر روی نقشهٔ نهایی حاصل از تاپسیس اعمال شد تا در نهایت، مناطق بدون محدودیت به‌عنوان مناطق پیشنهادی ارائه شود.

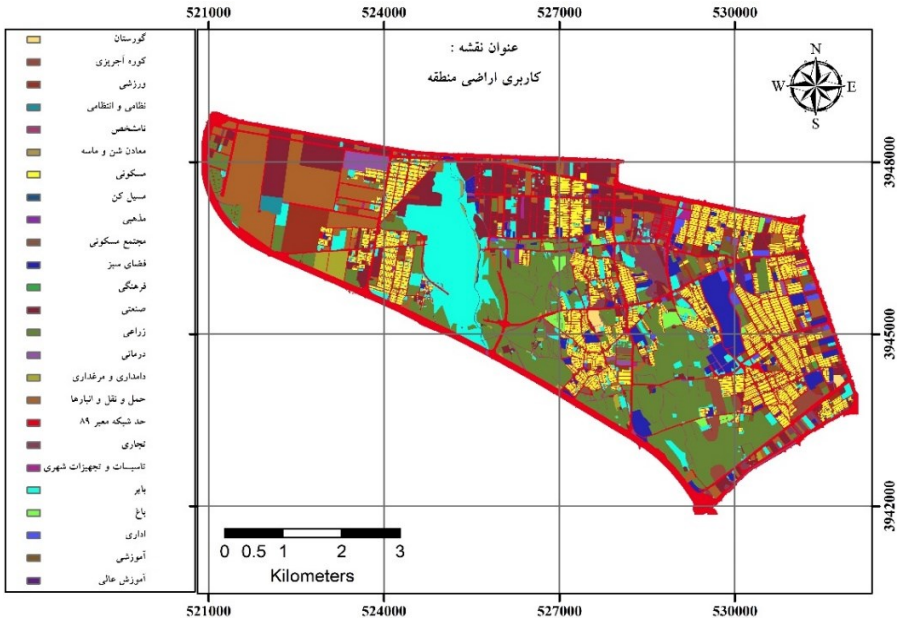
منطقه مورد مطالعه

منطقهٔ ۱۸ شهرداری تهران که در جنوب غربی این شهر واقع شده از شمال به بزرگراه فتح و ٤٥ متری جادهٔ کرج (آذری)، از شرق به جادهٔ ساوه (آیت‌اله سعیدی)، از جهت غرب به بزرگراه آزادگان و از سوی جنوب نیز به جادهٔ ساوه (آیت‌اله سعیدی) و بزرگراه آزادگان محدود می‌شود. اراضی این منطقه عموماً مسطح و دارای شیب ملایم از شمال به جنوب است. محدودهٔ حریم این منطقه تا اراضی قلعه حسن‌خان در تقاطع جادهٔ مخصوص و قدیم کرج امتداد می‌یابد.



شکل ۲. نقشهٔ موقعیت منطقه ۱۸ در شهر تهران (منبع: نگارنده)

به لحاظ ماهیت طبقاتی و نوع مشاغل ایجادشده و خصوصیات فرهنگی و اقتصادی ساکنان که اکثر مراجعان به شهر تهران تشکیل‌یافته، بافت مسکونی ایجادشده بسیار پرتراکم (تراکم خالص مسکونی ۷۱۸ نفر در هکتار و سرانهٔ زمین ۹۲٫۱۳ مترمربع) و بسیار ریزدانه و معابر با دسترسی کم عرض تشکیل گردیده است. بخش وسیعی از اراضی این منطقه (حدود ۷٤٥ هکتار) به کمربند سبز تهران اختصاص‌یافته که در مجاورت محدودهٔ ۲۵ ساله قرار گرفته است. این منطقه به‌عنوان منطقه‌ای حاشیه‌ای در برگیرندهٔ ٤٫۲۳ درصد دامداری‌های تهران صنایعی با عملکرد فرامنطقه‌ای است (پایگاه اینترنت شهرداری منطقهٔ ۱۸ تهران). در ادامه، نقشهٔ کاربری اراضی منطقهٔ مورد مطالعه مشاهده می‌شود.



شکل ۲. نقشهٔ کاربری اراضی منطقهٔ ۱۸ تهران (منبع: نگارنده)

سیستم اطلاعات جغرافیایی

سیستم اطلاعات جغرافیایی[1] مجموعه‌ای از سخت‌افزار و نرم‌افزار، داده‌های جغرافیایی و منابع انسانی است که به‌منظور کسب، ذخیره، به‌روزرسانی، به‌کارگیری تحلیل و نمایش کلیهٔ اشکال اطلاعات مرجع جغرافیایی طراحی می‌شود (محمدی، ۱۳۸۳).

مدل تاپسیس

مدل تاپسیس[2] با اولویت‌بندی بر اساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است. از این تکنیک می‌توان برای رتبه‌بندی و مقایسهٔ گزینه‌های مختلف و انتخاب بهترین گزینه و تعیین فواصل بین گزینه‌ها و گروه‌بندی آن‌ها استفاده کرد. در این روش علاوه بر درنظرگرفتن فاصلهٔ یک گزینه از نقطهٔ ایده‌آل، فاصلهٔ آن از ایده‌آل منفی هم در نظر گرفته می‌شود. بدین معنا که

1. Geographic Information System (GIS)
2. Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

گزینه انتخابی باید دارای کمترین فاصله از راه حل ایده‌آل بوده و در عین حال، دارای دورترین فاصله از راه حل ایده‌آل منفی باشد؛ بنابراین، باید ماتریس تصمیم‌گیری به یک ماتریس بی‌مقیاس‌شده با استفاده از رابطهٔ زیر تبدیل شود:

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} r_{ij^2}}} \qquad \text{رابطهٔ ۱}$$

n_{ij}: ماتریس بی‌مقیاس‌شده

r_{ij} : اوزان مقادیر

در این تحقیق برای محاسبهٔ وزن لایه‌ها از روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد.

در روش تحلیل سلسله‌مراتبی همان‌طور که پیش‌تر نیز بیان شد، پارامترها به‌صورت دوتایی با هم مقایسه می‌شوند. به‌منظور محاسبهٔ وزن نسبی پارامترها، اهمیت نسبی دو پارامتر به‌صورت عباراتی نظیر کاملاً مهم‌تر، اهمیت خیلی قوی و... بیان می‌گردد. این عبارات مطابق با جدول ۱ امتیازی بین ۱ تا ۹ تبدیل می‌شود. این اعداد می‌تواند به‌صورت فردی محاسبه شده باشد، یا تلفیقی از قضاوت کارشناسان باشد که در این حالت به‌منظور ترکیب نظرات مختلف کارشناسان در قضاوتی خاص، جواب‌ها با استفاده از میانگین‌گیری تبدیل به یک جواب می‌شود (امیری، ۱۳۸٦، ص۵۰).

جدول ۱. اهمیت نسبت‌ها در مقایسهٔ زوجی

درجهٔ اهمیت	تعریف	توضیح
۱	اهمیت مساوی	در تحقیق هدف، دو معیار اهمیت مساوی دارند.
۳	اهمیت اندکی بیشتر	تجربه نشان می‌دهد برای تحقیق هدف، اهمیت i کمی بیشتر از j است.
۵	اهمیت بیشتر	تجربه و تأمل نشان می‌دهد که اهمیت i آشکارا بیشتر از j است.
۷	اهمیت خیلی بیشتر	در عمل ثابت شد که اهمیت i خیلی بیشتر از j است.
۹	اهمیت مطلق	اهمیت خیلی بیشتر i نسبت به j طور قطعی به اثبات رسیده است.
۸،٦،٤،۲	مقادیر بینابین	هنگامی که حالت میانه‌ای وجود دارد.

منبع: آقابابایی، ۱۳۸۸، ص۱٤۵

اعداد حاصل از مقایسهٔ زوجی پارامترها در ماتریسی با عنوان ماتریس مقایسه آزموده می‌شود.

برای به‌دست‌آوردن حداقل و حداکثر هر یک از معیارها و محاسبهٔ مقدار تفاضل موجود بین مقدار حداقل و حداکثر محاسبه‌شده از رابطهٔ زیر استفاده شده است:

$$D_I^- = (V - V_{MAX})^2 = \sqrt{\sum_{J=I}^{N} \left(V_{IJ} - V_J^-\right)^2} \qquad \text{رابطهٔ ۲}$$

D_I^-: فاصله از ایده‌آل منفی

V_{ij}: گزینهٔ انتخابی

V_i: مقدار ماکسیمم هر معیار

$$D_I^+ = (V - V_{MIN})^2 = \sqrt{\sum_{J=I}^{N} \left(V_{IJ} - V_J^+\right)^2} \qquad \text{رابطهٔ ۳}$$

D_I^-: فاصله از ایده‌آل مثبت

V_{ij}: گزینه انتخابی

V_j^-: مقدار ماکسیمم هر معیار

سپس با رابطهٔ زیر فاصلهٔ نسبی از راه حل ایده‌آل محاسبه می‌شود:

$$Ci^+ = \frac{d^-}{d^+ + d^-} \qquad \text{رابطهٔ ٤}$$

d^-: فاصلهٔ مقدار حداقل

d^+: فاصلهٔ مقدار حداکثر

Ci^+: فاصلهٔ نسبی از راه حل ایده‌آل

در نهایت، مقدار به‌دست‌آمده، نشان‌دهنده مطلوب یا نامطلوب بودن دارد که هرچه به یک نزدیک‌تر باشد راهکار بهتری را نشان می‌دهد (حسینی، ۱۳۹۱، ص۱۷۹).

یافته‌های پژوهش

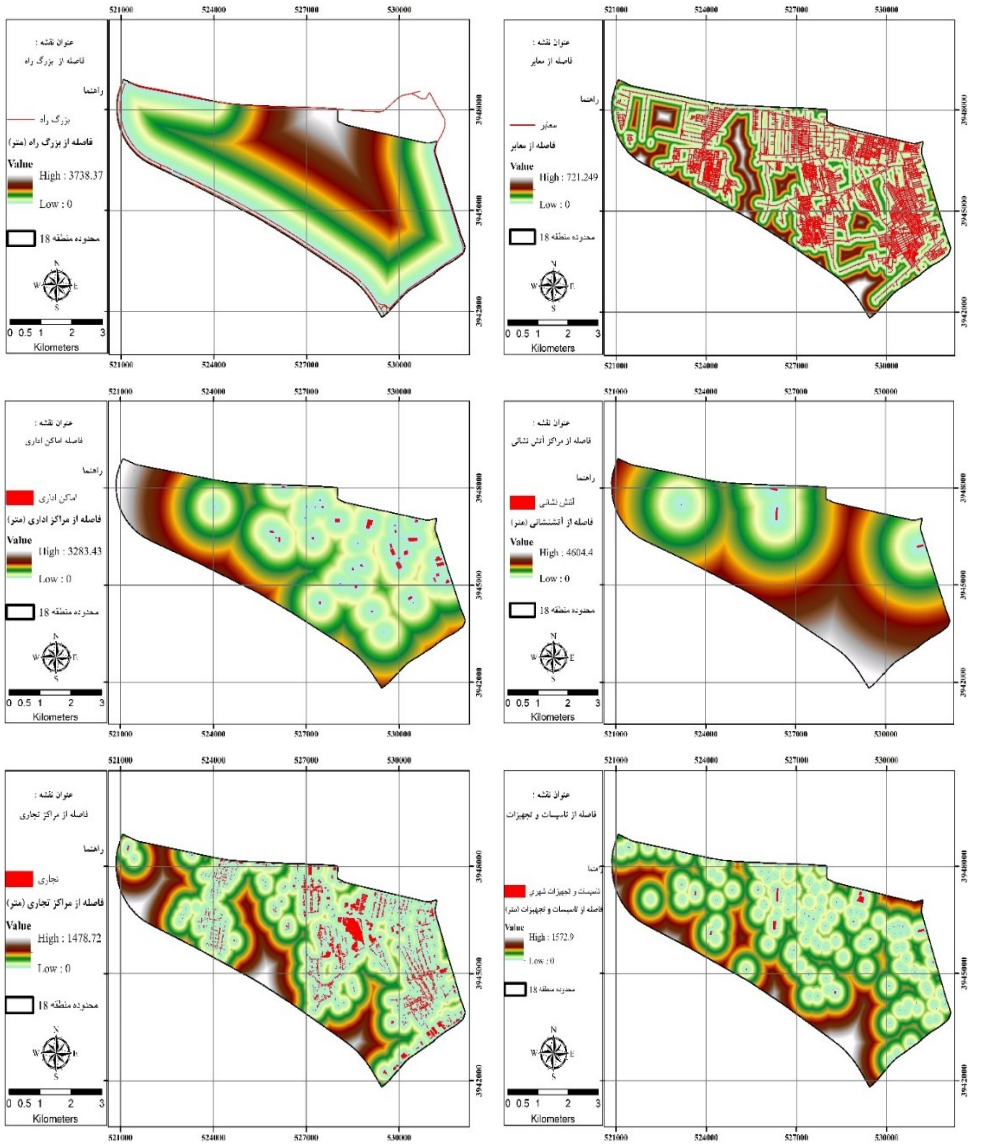
تهیهٔ لایهٔ رستری

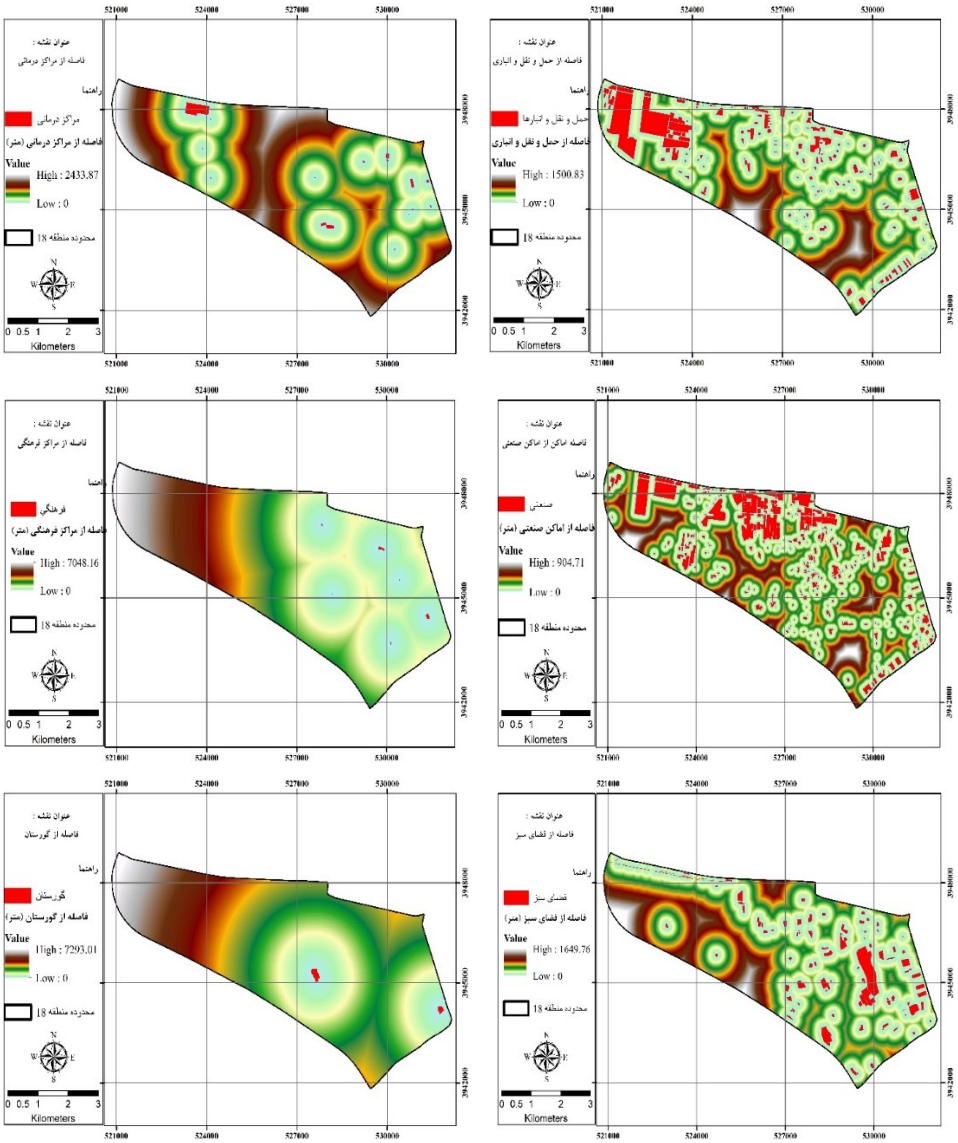
برای اعمال روابط مربوطهٔ مدل تاپسیس در GIS از لایه با فرمت رستری استفاده می‌شود. از آنجا که

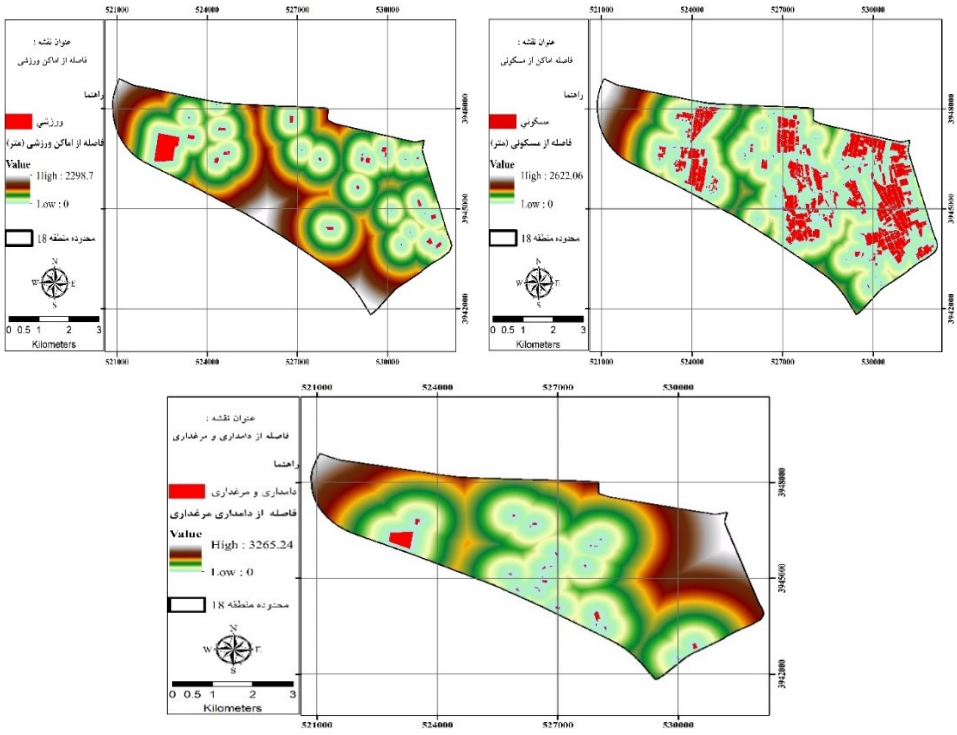
برای تمام معیارهای انتخاب‌شده در تحقیق میزان دوری و نزدیکی مورد نظر است، از تابع Euclidian Distnace یا فاصلهٔ اقلیدسی در نرم‌افزار ArcGIS10.5 استفاده شد و تمام معیارها به فرمت رستر با اندازهٔ پیکسل یکسان تبدیل شد. در ادامه، نقشه‌های رستری مربوط به ۱۵ معیار انتخاب‌شده آورده شده است.

قرارگیری منطقهٔ بین بزرگراه‌های آیت‌اله سعیدی، جادهٔ قدیم کرج و اتوبان آزادگان و نقش متفاوت معابر با فعالیت متفاوت بر آن شدیم لایهٔ بزرگراه از معابر شهری دیگر جدا در نظر گرفته شود؛ بنابراین، مدارس هرچه از بزرگراه‌ها دورتر و به معابر شهری دیگر نزدیک باشند، بهتر است. وجود مدارس در مجاورت کاربری‌های مسکونی هم به سبب امنیت بالا و دسترسی بهتر دانش‌آموزان و والدین نقش به سزایی در ساخت مدارس دارد. مراکز فرهنگی به جهت امکان استفاده مدارس از این امکان برای برگزاری و شرکت در مناسبات فرهنگی می‌تواند نقش مثبتی داشته باشد. مراکز اداری و تجاری در طول روز پذیرای جمعیت زیادی هستند که خود موجب افزایش ترافیکی و آلودگی صوتی شده و مجاورت آن‌ها با مدارس بر کیفیت بازدهی کلاس‌های درس تأثیر منفی خواهد گذاشت. مراکز آتش‌نشانی و درمانی برای تأمین امنیت و سلامت دانش‌آموزان از کاربرهای مهم مؤثر در ساخت مدارس هستند، اما نزدیکی به این معابر نیز موجب قرارگیری مدارس در معرض آلودگی‌های صوتی و بهداشتی می‌شود و نیمه‌سازگار هستند. نزدیکی به گورستان و دامداری و مرغداری‌ها از لایه‌هایی است که در تحقیقات قبلی کمتر به چشم می‌خورد، اما به دلیل وجود تعداد زیادی واحد دامداری و مرغداری و همچنین ۲ گورستان از این لایه‌ها نیز استفاده شد. مراکز صنعتی و کارگاهی و همچنین، تأسیسات و تجهیزات شهری زیادی در سطح منطقهٔ ۱۸ پراکنده شده‌اند و از کاربری‌های مزاحم برای مدارس است. فضای سبز و اماکن ورزشی از کاربرهایی هستند که نزدیکی مدارس به آن‌ها به دلیل استفاده از فضاهای تفریحی و امکانات رفاهی و همچنین، چشم‌انداز زیبا تأثیر مثبتی بر مدارس خواهند گذاشت. مراکز حمل و نقل و انباری‌ها نیز به دلیل ترافیک و آلودگی‌های زیاد تأثیر مستقیمی بر کیفیت مدارس خواهند گذاشت و دلیل انتخاب این لایه نیز وجود انباری‌های زیاد در منطقه است. به دلیل وجود بخشی از مسیر رودخانهٔ کن در منطقه ۱۸ از این لایه

به‌عنوان لایه محدودکننده استفاده شد. نزدیکی فرودگاه مهرآباد به منطقهٔ ۱۸ و ایجاد آلودگی‌های صوتی و مزاحمت‌های هنگام پرواز محقق را بر آن داشت از این لایه هم به‌عنوان لایه محدودکننده استفاده کند.




عنوان نقشه :
فاصله از مراکز درمانی
راهنما
مراکز درمانی
فاصله از مراکز درمانی (متر)
Value
High : 2433.87
Low : 0
محدوده منطقه 18
0 0.5 1 2 3
Kilometers
عنوان نقشه :
فاصله از حمل و نقل و انباری
راهنما
حمل و نقل و انبارها
فاصله از حمل و نقل و انباری
Value
High : 1500.83
Low : 0
محدوده منطقه 18
0 0.5 1 2 3
Kilometers
عنوان نقشه :
فاصله از مراکز فرهنگی
راهنما
فرهنگی
فاصله از مراکز فرهنگی (متر)
Value
High : 7048.16
Low : 0
محدوده منطقه 18
0 0.5 1 2 3
Kilometers
عنوان نقشه :
فاصله اماکن از اماکن صنعتی
راهنما
صنعتی
فاصله از اماکن صنعتی (متر)
Value
High : 904.71
Low : 0
محدوده منطقه 18
0 0.5 1 2 3
Kilometers
عنوان نقشه :
فاصله از گورستان
راهنما
گورستان
فاصله از گورستان (متر)
Value
High : 7293.01
Low : 0
محدوده منطقه 18
0 0.5 1 2 3
Kilometers
عنوان نقشه :
فاصله از فضای سبز
راهنما
فضای سبز
فاصله از فضای سبز (متر)
Value
High : 1649.76
Low : 0
محدوده منطقه 18
0 0.5 1 2 3
Kilometers



شکل ۳. نقشهٔ رستری معیارهای استفاده‌شده در تحقیق (منبع: نگارنده)

نرمال‌سازی نقشه‌ها

برای نرمال‌سازی لایه‌ها از توابع فازی در نرم‌افزار ArcGIS و ابزار fuzzy membership استفاده شد. خروجی حاصل از اعمال توابع فازی بر روی لایه‌ها مقداری بین صفر و یک را دارا خواهند بود. در این نقشه‌ها ارزش صفر نشان‌دهندهٔ عدم تناسب با ساخت مدارس و ارزش یک مناسب‌ترین مکان برای احداث مدارس در هر لایه است. مناطق مابین صفر و یک درجهٔ عضویت نسبت به میزان تناسب هر مکان با احداث مدارس را خواهند گرفت؛ بنابراین، برای لایه‌هایی که از نظر هم‌جواری با مدارس سازگار هستند، از تابع خطی کاهشی استفاده شد، خروجی این تابع به‌گونه‌ای است مناطق نزدیک به کاربری مورد نظر ارزش یک و مناطق دور ارزش صفر را به خود می‌گیرند. فضای سبز، کاربری ورزشی، کاربری فرهنگی و مسکونی کاربری سازگار در این تحقیق هستند. در مورد

معیارهای ناسازگار از تابع خطی افزایش استفاده شد، چراکه مدرسه جدید هرچه از این کاربری‌ها دورتر باشد مناسب‌تر خواهد بود؛ بنابراین با اعمال این تابع به کاربری‌های ناسازگار مناطق دورتر از عارضه ارزش یک و مناطق نزدیک‌تر ارزش صفر را به خود خواهند گرفت. فاصله از مراکز صنعتی، فاصله از مناطق تجاری، فاصله از گورستان و... نمونه کاربری ناسازگار در این تحقیق است. لایه‌هایی درمانی و آتش‌نشانی جزء کاربری‌های نیمه سازگار با مدارس هستند. اگرچه نزدیکی مدارس به این کاربری‌ها موجب افزایش امنیت دانش‌آموزان در مدارس خواهد شد اما مجاورت بیش از حد نیز موجب ایجاد آلودگی و ایجاد ترافیک و مزاحمت برای مدارس خواهد شد؛ بنابراین بهتر است میزان حریمی، جهت مجاورت مدارس با این کاربری‌ها در نظر گرفته شود که در این تحقیق بر اساس تحقیقات گذشته میزان حریم ۱۵۰ متر در نظر گرفته شده است و ضمن استفاده از تابع خطی کاهشی مناسب‌ترین مکان احداث مدرسه در نزدیکی کاربری آتش‌نشانی و درمانی ۱۵۰ متر خواهد بود و مناطق دورتر ارزش صفر به خود خواهند گرفت. برای معابر شهری نیز از تابع خطی کاهشی و برای بزرگراه‌ها از تابع خطی افزایشی استفاده شد. در جدول ۲ نوع لایه تابع استفاده شده و علت انتخاب این تابع آورده و در ادامه نقشه‌های مربوطه نیز مشاهده خواهد شد.

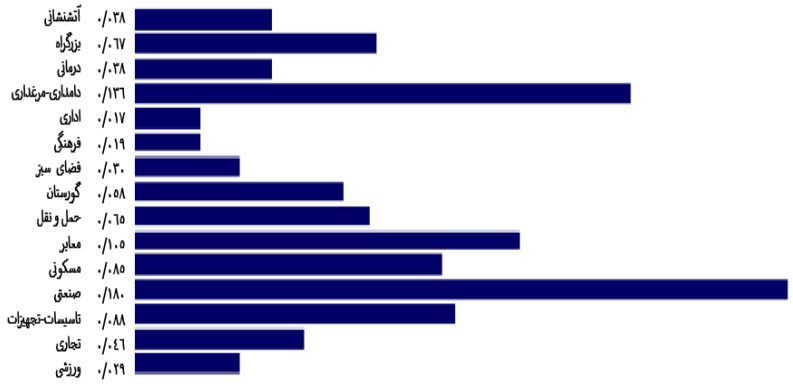
جدول ۱. تابع استفاده شده در هر معیار برای نرمال‌سازی

نام معیار	تابع استفاده‌شده	توضیحات
فاصله از معابر	خطی کاهشی	نزدیکی به معابر برای دسترسی بهتر
فاصله از بزرگراه	خطی افزایشی	دوری از بزرگ‌راه به دلیل آلودگی صوتی و امنیت تردد
فاصله از اماکن مسکونی	خطی کاهشی	نزدیکی به مناطق مسکونی موجب دسترسی آسان و امنیت بیشتر می‌شود.
فاصله از اماکن فرهنگی	خطی کاهشی	نزدیکی به اماکن فرهنگی جهت بهره‌وری مدارس
فاصله از مراکز تجاری	خطی افزایشی	دوری از مراکز تجاری جلوگیری از ترافیک و آلودگی صوتی
فاصله از مراکز آتش‌نشانی	گوسین	حد میانه نسبت به مراکز آتش‌نشانی به دلیل افزایش امنیت و کاهش آلودگی
فاصله از مراکز درمانی	گوسین	حد میانه نسبت به مراکز درمانی به دلیل افزایش امنیت و کاهش آلودگی
فاصله از گورستان	خطی افزایشی	دوری از گورستان به دلیل بار روانی و جلوگیری از آلودگی صوتی و بهداشتی

نام معیار	تابع استفاده‌شده	توضیحات
فاصله از اماکن صنعتی	خطی افزایشی	دوری از مراکز صنعتی به دلیل آلودگی
فاصله از مرغداری و دامداری‌ها	خطی افزایشی	دوری از دامداری و مرغداری به دلیل آلودگی
فاصله از فضای سبز	خطی کاهشی	نزدیکی به فضای سبز جهت استفاده از امکانات تفریحی و دید فضای منظر شهری بهتر
فاصله از مراکز حمل و نقل و انباری‌ها	خطی افزایشی	دوری از انبارها جهت مزاحمت ترافیک و آلودگی صوتی
فاصله از مراکز اداری	خطی افزایشی	دوری از ادارات به دلیل کاهش ترافیک و شلوغی
فاصله از اماکن ورزشی	خطی کاهشی	نزدیکی به اماکن ورزشی جهت بهره‌وری از امکانات ورزشی برای مدارس
فاصله از تأسیسات و تجهیزات شهری	خطی افزایشی	دوری از تأسیسات و تجهیزات به دلیل امنیت بیشتر

وزن‌دهی به لایه‌ها

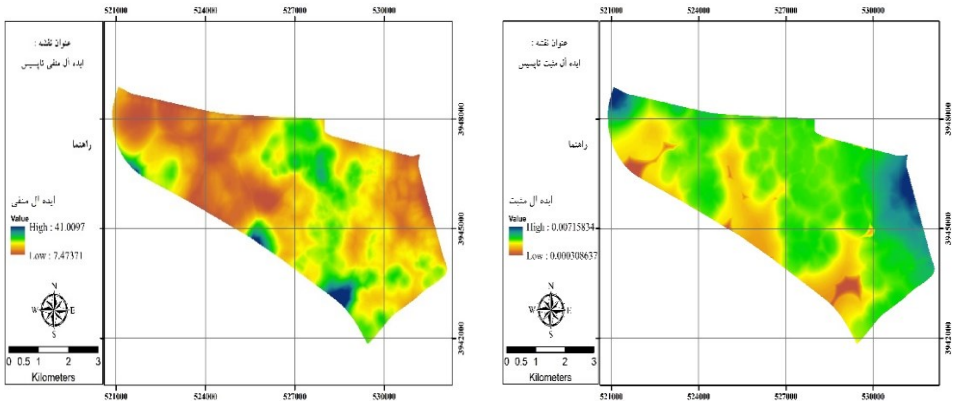
برای محاسبهٔ وزن هر معیار از روش وزن‌دهی AHP استفاده شد. به این منظور، پرسشنامهٔ مقایسات زوجی تهیه و با نظرخواهی از کارشناسان ماتریس مقایسات زوجی تشکیل شد. سپس، با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice وزن لایه‌ها محاسبه شد. نرخ ناسازگاری به‌دست‌آمده در این تحقیق ۰٫۰۸ بوده که کمتر از ۰٫۱ بوده و قابل قبول است. در ادامه، وزن محاسبه‌شده در نرم‌افزار ملاحظه می‌شود.



شکل ٤. وزن محاسبه‌شدهٔ معیارها در نرم‌افزار Expert Choice (منبع: نگارنده)

محاسبهٔ نقشه‌های پوینت منفی و مثبت

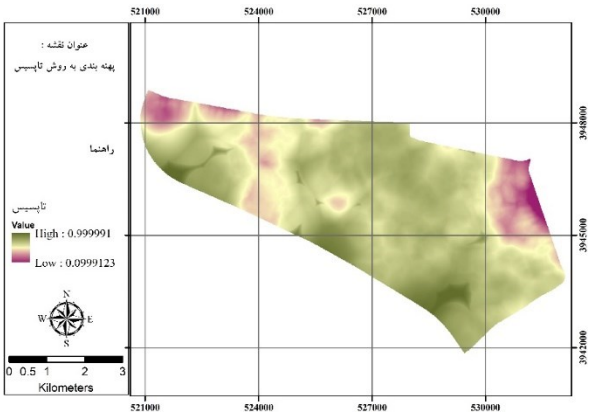
در این مرحله بر اساس روابط ۲ و ۳ مقدار ایده‌آل مثبت و منفی محاسبه شد. روابط مربوطه با استفاده از ابزار raster calculator در نرم‌افزار ArcGIS بر روی معیارها اعمال شد. در ادامه نقشه‌های ایده‌آل مثبت و منفی ملاحظه می‌شود.



شکل ۵. نقشهٔ پوینت مثبت (سمت راست) و پوینت منفی (سمت چپ) (منبع: نگارنده)

محاسبهٔ نقشهٔ تاپسیس

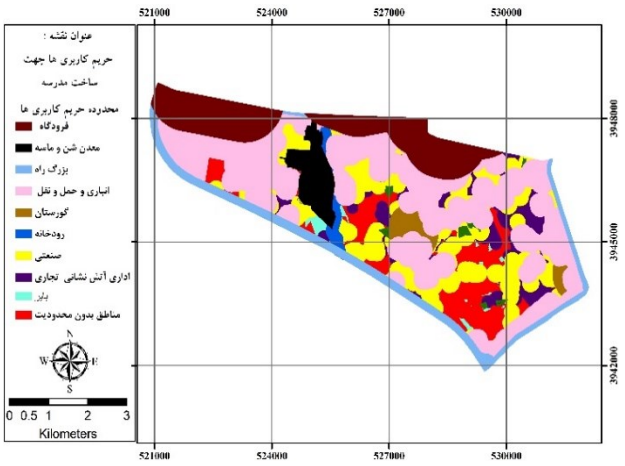
پس از مشخص‌شدن نقشه‌های ایده‌آل مثبت و منفی بر اساس فرمول ٤- نقشهٔ تاپسیس محاسبه شد.



شکل ٤. نقشهٔ مکان‌یابی تاپسیس (منبع: نگارنده)

ایجاد نقشه‌های محدودیت

علاوه بر فاصله از کاربری‌ها میزان محدودیتی برای مجاورت کاربری مدارس با آن‌ها لحاظ می‌شود. بر این اساس، میزان محدودیت معیار، حداقل فاصله موردنیاز استاندارد برای دوری از کاربری موردنظر است؛ بنابراین، بر اساس تحقیقات گذشته و نظرات کارشناسان میزان محدودیت برای کاربری‌های مورد نظر با استفاده از تابع Buffer در نرم‌افزار ArcGIS محاسبه شد. در ادامه، نقشهٔ حاصل از محدودیت تمام کاربری‌ها آورده شده است. در این تحقیق به دلیل مجاورت فرودگاه مهرآباد به منطقهٔ حریم فرودگاه نیز لحاظ شد..



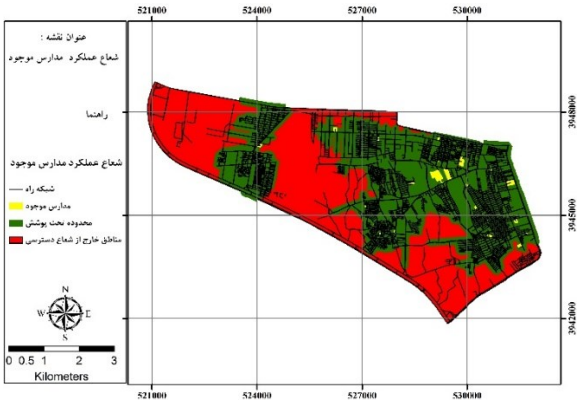
شکل ۷. نقشهٔ محدودیت حریم کاربری‌ها (منبع: نگارنده)

بر اساس نقشهٔ ۷ فقط مناطقی که با رنگ قرمز مشاهده می‌شوند، محدودیتی از نظر ساخت مدرسه نسبت به دیگر کاربری‌ها ندارند که برخی از این اماکن بایر بوده و شرایط ایده‌آل‌تری را دارند و در نقشه با رنگ فیروزه‌ای مشاهده می‌شوند. میزان حریم در نظر گرفته‌شده برای فرودگاه ۱۰۰۰ متر، بزرگ‌راه ۱۰۰ متر، انباری و حمل و نقل ۲۰۰ متر، گورستان‌ها ۵۰۰ متر، برای کاربری‌های درمانی، آتش‌نشانی، اداری، تجاری و رودخانه ۱۵۰ متر و برای کاربری صنعتی نیز ۲۵۰ متر در نظر گرفته شد. همچنین، معدن شن و ماسه موجود در منطقه نیز خود جز موارد محدودیت بوده و امکان

ساخت مدرسه در این مکان وجود ندارد. شایان ذکر است بسیاری از کاربری‌ها دارای هم‌پوشانی در میزان محدودیت هستند.

محاسبهٔ شعاع عملکردی مدارس موجود

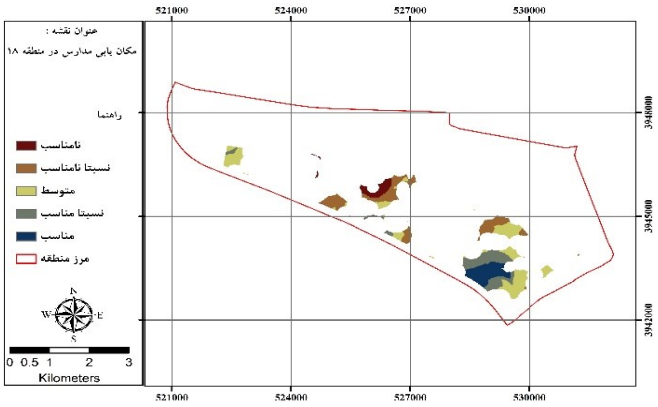
برای شناخت مناطق محروم و خارج از شعاع عملکردی مدارس، ابتدا لایهٔ مدارس دورهٔ متوسطهٔ دوم در سطح منطقهٔ شناسایی و با استفاده از تحلیل شبکه یا Network Analyst و تابع Service areas در نرم‌افزار ArcGIS شعاع دسترسی ۲۰۰۰ متر بر روی شبکهٔ معابر پیاده شد. در نقشهٔ زیر مناطق تحت پوشش مدارس موجود مشاهده می‌شود.



شکل ۸. نقشه شعاع عملکرد مدارس موجود در منطقهٔ ۱۸ (منبع: نگارنده)

اولویت‌بندی مناطق بدون محدودیت

در این مرحله مناطق دارای محدودیت از نقشهٔ تاپسیس (نقشهٔ ٦) حذف شد و دیگر مناطق بر اساس شکستگی‌های طبیعی در نرم‌افزار ArcGIS به ۵ طبقهٔ مناسب، نسبتاً مناسب، متوسط، نسبتاً نامناسب و نامناسب طبقه‌بندی شد. همچنین، بخشی از مناطق بدون محدودیت کاربری بایر داشته و طبیعتاً به دلیل عدم نیاز به تغییر کاربری دارای شرایط بهتری برای ساخت مدارس هستند؛ بنابراین با اشتراک‌گرفتن از کاربری‌های بایر و نقشهٔ نهایی مکان‌یابی اولویت‌های مد نظر محقق پیشنهاد داده شد که در ادامه، نقشه‌های مربوطه آورده شده است.



شکل ۵. نقشهٔ مکان‌یابی نهایی (منبع: نگارنده)

براساس تحلیل نتایج مطابقت نقشهٔ مکانیابی نهایی با نقشهٔ محله‌های منطقهٔ ۱۸ محله اسماعیل‌آباد در بخش جنوبی منطقهٔ ۱۸ به دلیل تراکم کم مدرسه و از طرفی بالابودن ارزش معیارهای مورد نظر در احداث مدرسه مناسب‌ترین محله است. وجود فضای سبز، نزدیکی به امکان فرهنگی، دسترسی آسان به سیستم حمل و نقل و ... از جمله ویژگی‌های این منطقه است. همچنین، عدم محدودیت کاربری و عدم همپوشانی شعاع عملکرد مدرسه پیشنهادی با مدارس موجود از ویژگی‌های این منطقه است. همان طور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، پیشنهاد محققان در این تحقیق نیز در محلهٔ اسماعیل‌آباد و در بخش جنوبی منطقهٔ ۱۸ است.

پس از طبقه‌بندی نقشهٔ مکان‌یابی مساحت هر طبقه نیز محاسبه شد که در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. جدول مساحت طبقات هر کلاس در نقشهٔ نهایی

کلاس	مساحت (مترمربع)	درصد مساحت
مناسب	٤٦٨٩٨٥٫٠٧	١٤٫٦٩
نسبتاً مناسب	٦١١٤٥٩٫٦٥	١٩٫٤١
متوسط	١٠٤٫٦٦٧٧٫٦	٣٣٫٢٥
نسبتاً نامناسب	٨١٨٣١٠٫٤٨	٢٥٫٩٧
نامناسب	٢١٠٢٥٥٫٥٧	٦٫٦٧

بر اساس جدول ۳، کلاس نامناسب با ۲۱۰۲۵۵ مترمربع و تنها با ٦٫٦٧ درصد کمترین مساحت و طبقهٔ متوسط با مساحت ۱۰٤۷۷٦٦ مترمربع و ۳۳٫۲۵ درصد مساحت بیشترین سهم را دارا است.

بحث و نتیجه‌گیری

برنامه‌ریزی و ارائهٔ خدمات زیرساخت‌های اجتماعی بر اساس رویکرد حداقل آستانهٔ جمعیت برای برنامه‌ریزی زیرساخت‌های اجتماعی ارائه می‌شود. با این حال، مدیران شهری استراتژی‌هایی را برای ایجاد برنامه‌ریزی زیرساخت‌های اجتماعی بر اساس دسترسی پیشنهاد می‌کنند (یی، کیم و کانگ، ۲۰۲۱، ص۱۲).

با درنظرگرفتن میزان محدودیت مجاورت کاربری‌ها علاوه بر تعیین اصولی محل ساخت‌وساز موجب بهره‌وری بیشتر مدارس خواهد شد. ظرفیت‌سنجی و تعیین شعاع عملکردی مدارس نیز یکی عوامل مهم در مشخص‌کردن وضعیت موجود است. یکی از مشکلات عمدهٔ تحقیقات علمی، در دسترس نبودن اطلاعات مکانی یا به‌روز نبودن آن‌ها است. برای مکان‌یابی بهتر است ابتدا میزان سرانه‌ها، ظرفیت و شعاع عملکرد کاربری‌ها بررسی شده و سپس، در صورت نیاز اقدام به مکان‌یابی شود که برای این کار دسترسی به ظرفیت مدارس، جمعیت مناطق و... موردنیاز است که در این تحقیق حاصل نشد.

این مطالعه روشی را برای ارزیابی منطقهٔ ۱۸ تهران بر اساس رویکرد دسترسی به طور جامع پیشنهاد کرد. با استفاده از روش تاپسیس و سیستم اطلاعات جغرافیایی برنامه‌ریزان شهری می‌توانند دسترسی کلی به زیرساخت‌های اجتماعی را مقایسه کرده و شکاف‌های منطقه‌ای بر اساس معیارهای موردنظر شناسایی کنند، زیرا روش پیشنهادی شاخص‌هایی برای ارزیابی یک منطقه از نظر دسترسی کلی در نظر می‌گیرد. این مطالعه همچنین، روشی را برای شناسایی مناطق مسکونی با دسترسی ضعیف به مدارس پیشنهاد کرد. در مقایسهٔ معیارهای مورد بررسی در این تحقیق دوری از مناطق صنعتی، دامداری و مرغداری، معابر اصلی و بزرگراه‌ها به عنوان عوامل بسیار مهم شناخته شد که براساس نقشهٔ نهایی مکانیابی که در آن بخشی از محلهٔ اسماعیل‌آباد را به عنوان بهترین منطقه برای احداث مدرسه پیشنهاد می‌کند عملکرد منطقی مدل تاپسیس به‌وضوح قابل مشاهده است. همچنین،

کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی به لحاظ تعیین موقعیت‌های مکانی مناسب بر مبنای معیارهای مورد نظر در این تحقیق آشکار است. نتایج مطالعهٔ موردی فوق می‌تواند به مسئولان در برنامه‌ریزی مناسب هنگام اولویت‌بندی و سرمایه‌گذاری در انتخاب موقعیت مکانی مناسب مدارس کمک کند. تحقیقات اسدی آغبلاغی (۱۳۹۵) نیز بر کارآمدی روش تاپسیس و تحقیقات سالمی، سیاسی و جوزی (۱۳۹۵) نیز بر لزوم به‌کارگیری روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری در مکان‌یابی مدارس تأکید دارد.

منابع

اسدی آغبلاغی، شهاب (۱۳۹۵). *مکان‌یابی مدارس ابتدایی شهرکرد با استفاده از منطق فازی، بولین و فرایند سلسله‌مراتبی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی*. پایان‌نامهٔ ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لارستان.

امیری، فرشاد (۱۳۸٦). *مکان‌یابی پست‌های فشار قوی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

آقابابایی، محبوبه (۱۳۸۸). *تحلیل فضایی ایستگاه‌ها و خدمات آتش‌نشانی شهر خمینی‌شهر اصفهان با استفاده از GIS*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، رشتهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان.

پورمحمدی، محمدرضا (۱۳۹۱). *برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری*. تهران: انتشارات سمت.

حسینی، سیداحمد (۱۳۹۱). *نقش شبکه‌های ارتباطی در توزیع کاربری‌ها با رویکرد پدافند غیر عامل، مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۳ شهرداری تهران*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، رشتهٔ جغرافیای شهری، دانشگاه زنجان.

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

سازمان نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس کشور (۱۳۹۲). *چهارچوب کلی تحقیقات تعیین ضوابط، مکان‌یابی و اولویت‌بندی مکانی با استفاده از GIS*.

سالمی، مهدی، سیاسی، زهرا، و جوزی، سیدعلی (۱۳۹۵). ارزیابی مکان‌گزینی فضاهای آموزشی ابتدایی با استفاده GIS و AHP (مطالعهٔ موردی: شهرستان کارون). *مطالعات مدیریت شهری*، ۸(۲۸)، ۸٦-٦۹.

سعید نیا، احمد. (۱۳۸۷). کتاب سبز شهرداری‌ها، انتشارات شهرداری‌ها.

شجاعیان، علی، ملکی، سعید، و امیدی‌پور، مرتضی (۱۳۹۳). ساماندهی مکان‌گزینی مراکز آموزشی شهری با استفاده از منطق بولین تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ فازی؛ مطالعهٔ موردی: مدارس مقطع راهنمایی مناطق ۸گانهٔ شهر اهواز. *مطالعات برنامه‌ریزی آموزشی*، ۲(٤)، ١٦٦-١٣٧.

شفیعی ثانی، مهدی (۱۳۹۵). *مکان‌یابی مدرسهٔ فنی در سکونتگاه‌های غیررسمی سبزوار (بافت غربی) با مدل AHP بر پایهٔ GIS*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، رشتهٔ مهندسی معماری، دانشگاه حکیم سبزواری.

مقصودی، مهران، زمانزاده، سیدمحمد، اهدائی، افسانه، یوسفی زشک، روح‌الله، و یمانی، مجتبی (۱۳۹٤). تحلیل نقش عوامل محیطی در مکان‌گزینی سکونتگاه‌های پیش‌از تاریخ دشت ورامین با استفاده از منطق فازی. *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، ۱۹(۳)، ۲٦۳-۲٦۱.

غفاری، سیدرامین، شفقی، سیروس، و صالحی، نگین (۱۳۸۹). ارزیابی سازگاری کاربری اراضی شهری با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ فازی. *مطالعات و پژوهش‌های شهری منطقه‌ای*، ۱(٤)، ۷٦-۵۹.

صالحی، رحمان (۱۳۸۱). *ساماندهی فضایی مکان‌های آموزشی زنجان با استفاده از GIS*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، رشتهٔ جغرافیای شهری، دانشگاه تهران.

محمدی، عسل (۱۳۸۳). مکان‌یابی مراکز امدادرسانی (در شرایط وقوع زلزله) با استفاده از GIS و روش ارزیابی چندمعیاری (AHP). *هنرهای زیبا*، ۱۱، ۱٦-۵.

ولی‌زاده، رضا (۱۳۸۳). *مکان یابی مراکز آموزشی دبیرستان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، نمونهٔ موردی شهر تبریز. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی (علوم جغرافیایی)*، (۷)۱۰، ۸۷-۵۹.

Ahmed Ali, Kh. (2018). Multi-criteria decision analysis for primary school site selection in al-mahaweel district using GIS technique. *Journal University of Kerbala*, 16(1), 342-350.

Moussa, M., Mostafa, Y., & Abou Elwafa, A. (2019). School Site Selection Process. *Procedia Environmental* Sciences 37, 282-293.

Panahi, M., Yekrangnia, M., Bagheri, Z., Pourghasemi, H. R., Rezaie, F., Nasiri Aghdam, I., & Damavandi, A. A. (2019). GIS-Based SWARA and Its Ensemble by RBF and ICA Data-Mining Techniques for Determining Suitability of Existing Schools and Site Selection of New School Buildings. *Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences*, 161-188.

Yhee, H., Kim, S., & Kang, S. (2021). GIS-based evaluation method for accessibility of social infrastructure facilities. *Applied Sciences*, 11, 55-81.