

Spatial Analysis of Educational Land Uses for Achieving a Sustainable City through an Ecological Approach: A Case Study of Upper Secondary Schools in Babol City

1. Amirhossein Babazadeh Darvish[✉]: PhD Student, Department of Geography and Urban Planning, No.C., Islamic Azad University, Nour, Iran

2. Gholamreza Janbaz Ghobadi^{✉*}: Department of Geography, No.C., Islamic Azad University, Nour, Iran.

3. Sadroddin Motevalli[✉]: Department of Geography, No.C., Islamic Azad University, Nour, Iran

*Corresponding Author's Email Address: dr_janbaz@iau.ir

How to Cite: Babazadeh Darvish, A., Janbaz Ghobadi, G., & Motevalli, S.(2026). Spatial Analysis of Educational Land Uses for Achieving a Sustainable City through an Ecological Approach: A Case Study of Upper Secondary Schools in Babol City. *Manifestation of Art in Architecture and Urban Engineering*, 4(3), 1-30.

Abstract:

This study aimed to analyze the spatial distribution of upper secondary schools in Babol and assess the conformity of their current locations with sustainable-city indicators and ecological planning principles. This applied study employed a descriptive-analytical design and an integrated quantitative and spatial approach. The statistical population comprised residents of Babol and experts in urban planning. Using Cochran's formula, 380 residents were selected, while 30 experts were recruited through purposive sampling. Data were collected through documentary studies, field observations, a researcher-developed questionnaire, and a pairwise-comparison questionnaire. The one-sample Wilcoxon test, Pearson correlation coefficient, and Spearman rank correlation coefficient were applied using SPSS. Environmental, social, physical-spatial, and sustainable accessibility and transportation criteria were weighted through the fuzzy analytic hierarchy process. Geographic information system techniques, including spatial compatibility, accessibility-radius, network, and suitability analyses, were subsequently used to integrate the criteria and examine the spatial pattern of school locations. Testing the main hypothesis indicated that the current spatial distribution of upper secondary schools did not provide the conditions required to achieve an ecologically oriented sustainable city; therefore, the main hypothesis was rejected. Regarding the first subsidiary hypothesis, the environmental criterion received the highest normalized weight (0.428467), exceeding the physical-spatial, sustainable accessibility and transportation, and social criteria; thus, its priority in school-location decisions was confirmed. A statistically significant positive relationship was found between environmental education in schools and participation in urban environmental protection ($r=0.659$, $p<0.001$). Moreover, appropriate school location demonstrated a very strong, positive, and statistically significant association with sustainable-city achievement ($r_s=0.956$, $p<0.001$). The existing location pattern of upper secondary schools in Babol is insufficiently aligned with ecological sustainability requirements. School planning should therefore be revised by prioritizing environmental quality, spatial justice, sustainable accessibility, active transportation, compatibility with surrounding land uses, and stronger environmental education and participation programs.

Keywords: Spatial analysis, educational land use, upper secondary schools, sustainable city, ecological approach, Babol, geographic information system.

Received: 28 February 2026

Revised: 13 July 2026

Accepted: 20 July 2026

Initial Publication: 16 August 2026

Final Publication: 23 September 2026



تحلیل فضایی کاربری‌های آموزشی مدارس متوسطه به منظور تحقق شهر پایدار با رویکرد اکولوژیک: مطالعه موردی مدارس متوسطه دوم شهر بابل

۱. امیرحسین بابازاده درویش^{ID}: دانشجوی دکتری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران

۲. غلامرضا جانباز قبادی^{ID*}: گروه جغرافیا، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران. (نویسنده مسئول)

۳. صدرالدین متولی^{ID}: گروه جغرافیا، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: dr_janbaz@iau.ir

نحوه استناددهی: بابازاده درویش، امیرحسین، جانباز قبادی، غلامرضا، و متولی، صدرالدین. (۱۴۰۵). تحلیل فضایی کاربری‌های آموزشی مدارس متوسطه به منظور تحقق شهر پایدار با رویکرد اکولوژیک: مطالعه موردی مدارس متوسطه دوم شهر بابل. *تجلی هنر در معماری و شهرسازی*، ۴(۳)، ۳۰-۱.

چکیده

پژوهش حاضر با هدف تحلیل فضایی کاربری‌های آموزشی مدارس متوسطه دوم شهر بابل و ارزیابی میزان انطباق الگوی استقرار آن‌ها با شاخص‌های شهر پایدار و رویکرد اکولوژیک انجام شد. این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت، توصیفی-تحلیلی با رویکرد تلفیقی بود. جامعه آماری شامل شهروندان شهر بابل و کارشناسان حوزه برنامه‌ریزی شهری بود که از میان آنان، ۳۸۰ شهروند با استفاده از فرمول کوکران و ۳۰ کارشناس به روش هدفمند انتخاب شدند. داده‌ها از طریق مطالعات اسنادی، مشاهده میدانی، پرسشنامه محقق ساخته و پرسشنامه مقایسات زوجی گردآوری شدند. برای تحلیل داده‌ها از آزمون‌های ویلکاکسون تک‌نمونه‌ای، همبستگی پیرسون و همبستگی اسپیرمن در نرم‌افزار SPSS استفاده شد. همچنین، شاخص‌های زیست‌محیطی، اجتماعی، کالبدی-فضایی و دسترسی و حمل‌ونقل پایدار با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و تحلیل‌های مکانی در محیط GIS وزن‌دهی و تلفیق شدند. نتایج آزمون فرضیه اصلی نشان داد که توزیع فضایی کنونی مدارس متوسطه دوم، شرایط لازم برای تحقق شهر پایدار با رویکرد اکولوژیک را فراهم نکرده است؛ بنابراین، فرضیه اصلی رد شد. در آزمون فرضیه فرعی نخست، معیار زیست‌محیطی با وزن نرمال شده ۰/۴۲۸۴۶۷، بیشترین اهمیت را در مقایسه با معیارهای کالبدی-فضایی، دسترسی و حمل‌ونقل پایدار و اجتماعی کسب کرد و فرضیه مربوط به برتری شاخص‌های زیست‌محیطی تأیید شد. میان آموزش محیط‌زیست در مدارس و مشارکت در حفاظت از محیط‌زیست شهری، رابطه مثبت و معناداری مشاهده شد ($r=0.659, p<0.001$). همچنین، مکانیابی مناسب مدارس با تحقق شهر پایدار رابطه مثبت، بسیار قوی و معناداری داشت ($r_s=0.956, p<0.001$). استقرار فعلی مدارس متوسطه دوم بابل با الزامات پایداری اکولوژیک سازگاری کافی ندارد؛ از این رو، بازنگری در مکانیابی مدارس با اولویت‌دادن به کیفیت محیطی، عدالت فضایی، دسترسی پایدار، حمل‌ونقل فعال و ارتقای آموزش‌های زیست‌محیطی ضروری است.

کلیدواژگان: تحلیل فضایی، کاربری آموزشی، مدارس متوسطه دوم، شهر پایدار، رویکرد اکولوژیک، بابل، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

تاریخ دریافت: ۹ اسفند ۱۴۰۴

تاریخ بازنگری: ۲۲ تیر ۱۴۰۵

تاریخ پذیرش: ۲۹ تیر ۱۴۰۵

اولین انتشار: ۲۵ مرداد ۱۴۰۵

انتشار نهایی: ۱ مهر ۱۴۰۵



مقدمه

شهر مانند یک سیستم، نیازمند برنامه‌ریزی سیستمی است که در آن تمام عوامل و شاخص‌های مؤثر در حیات شهری مورد توجه قرار گیرد. برنامه‌ریزی شهری، افزون بر ابعاد کالبدی، باید به سلامت محیط آموزشی، به‌ویژه آموزش‌های مرتبط با محیط زیست و کاربری‌های آموزشی، توجه ویژه داشته باشد. کاربری‌های آموزشی، به‌عنوان بخش مهمی از کاربری‌های عمومی در نظام کاربری اراضی شهری، به‌دلیل تولید سفر بالا و تراکم جمعیتی در ساعات مشخص، از اهمیت فراوانی برخوردارند و نیازمند مدیریت دقیق مکان‌یابی و استانداردسازی هستند. (1) با بهره‌گیری از فناوری GIS، امکان تحلیل و مدیریت بهینه مکان‌های آموزشی برای برنامه‌ریزی اصولی و آینده‌نگر فراهم شده است که این امر در شهرهای در حال توسعه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. (2)

عصر حاضر را دوران بحران‌های محیط‌زیستی نامیده‌اند؛ بحرانی که بخش عمده آن ناشی از بهره‌برداری غیراصولی از منابع طبیعی و کمبود آگاهی فرهنگی در نحوه ارتباط انسان با طبیعت است. آموزش محیط زیست، به‌عنوان یکی از ابزارهای کلیدی سیاست‌گذاری عمومی، نقش مهمی در ارتقای نگرش‌ها و رفتارهای زیست‌محیطی ایفا می‌کند. تجربه مستقیم با طبیعت در دوران کودکی نیز تأثیر بسزایی بر شکل‌گیری احساس مسئولیت نسبت به حفظ طبیعت در بزرگسالی دارد. (3)

مدرسه، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ساختارهای طراحی شهری، نقشی محوری در آموزش مسائل محیط‌زیستی دارد. فضای فیزیکی مطلوب و سالم مدارس بر کیفیت یادگیری و عملکرد دانش‌آموزان تأثیر مستقیم می‌گذارد و توجه به فاکتورهای محیطی در فضاهای آموزشی از ضرورت‌های اساسی آموزش به‌شمار می‌آید. (4) همچنین، مدارس از جمله ساختمان‌های با مصرف بالای انرژی هستند که طراحی پایدار آن‌ها می‌تواند ضمن کاهش هدررفت انرژی، موجب افزایش آگاهی‌های محیط‌زیستی و بهبود سلامت و عملکرد دانش‌آموزان و معلمان شود. (5)

مفهوم توسعه پایدار که امروزه به‌طور گسترده پذیرفته شده است، ابعاد محیط‌زیستی، اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی را در بر می‌گیرد و تحقق آن نیازمند حضور عناصری چون آموزش پایدار، انرژی‌های تجدیدپذیر، ساختمان‌های پایدار، حمل‌ونقل مناسب و مدیریت پسماند است. آموزش پایدار، به‌عنوان رویکردی جامع، کلیت برنامه‌ریزی و مدیریت مدرسه را شامل می‌شود و بستر مناسبی برای توسعه دانش، نگرش و رفتارهای پایدار در دانش‌آموزان فراهم می‌سازد. (6) این رویکرد، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه‌ای همچون ایران، ضرورتی دوچندان دارد تا از طریق ساماندهی آموزش و فضای مدارس، به توسعه شهرهای پایدار یاری رساند. (7)

از سوی دیگر، رشد سریع و نامتوازن جمعیت شهری و دور شدن شهرها از طبیعت، موجب کاهش کیفیت زیست‌محیطی و افزایش نیاز به برقراری پیوند مجدد میان شهر و طبیعت شده است. در این میان، اجزای اکولوژیک همچون رودخانه‌ها و لکه‌های سبزی‌نگی، نقش کلیدی در ارتقای بهزیستی انسان و سایر گونه‌های زیستی ایفا می‌کنند. (8)

بر اساس مطالعات انجام‌شده در حوزه برنامه‌ریزی شهری و آموزش، توزیع نابرابر و نامناسب مدارس متوسطه، افزون بر پیامدهای کالبدی و محدودیت‌های دسترسی، مشکلات جدی در عدالت آموزشی و بهره‌مندی برابر دانش‌آموزان ایجاد می‌کند. این نابرابری فضایی معمولاً به بروز تراکم بیش از حد در برخی مدارس و نیز محرومیت گروه‌هایی از دسترسی سریع، ایمن و مطلوب به فضاهای آموزشی منجر می‌شود. چنین وضعیتی نه‌تنها کیفیت آموزش را کاهش می‌دهد، بلکه

تنش‌های اجتماعی و فرهنگی را نیز تشدید کرده و مانعی در مسیر تحقق توسعه پایدار شهری به‌شمار می‌آید. در شهر بابل نیز رشد سریع و پراکنش نامتوازن جمعیت در مناطق مختلف، توزیع مدارس را با پیچیدگی مواجه ساخته است؛ به‌گونه‌ای که عدم مکان‌یابی بهینه این فضاها موجب شده برخی دانش‌آموزان از دسترسی به آموزش مطلوب محروم بمانند و این چالش در مناطق کم‌برخوردار شهری بیشتر احساس شود. از این‌رو، تحلیل فضایی دقیق با بهره‌گیری از فناوری GIS، امکان شناسایی نقاط بحرانی و ارائه راهکارهای اصلاحی را فراهم ساخته و می‌تواند زمینه‌ساز عدالت آموزشی و توازن در توسعه کالبدی و عملکردی شهر باشد.

بنابراین، مهم‌ترین مسئله پژوهش حاضر، توزیع نامتوازن و نامناسب کاربری‌های آموزشی مدارس متوسطه دوم در شهر بابل است که به‌دلیل جانمایی در هم‌جواری‌های ناسازگار با سایر کاربری‌های شهری، موجب کاهش کیفیت آموزش، افزایش تراکم دانش‌آموزان فراتر از ظرفیت استاندارد، کاهش دسترسی به فضای آموزشی مناسب و در نهایت، اختلال در روند یادگیری شده است. این وضعیت، افزون بر تضعیف کیفیت کاربری‌های آموزشی، رابطه انسان با طبیعت را نیز مخدوش ساخته است. همچنین، ساختمان‌های مدارس، به‌عنوان مراکز پرمصرف انرژی، نیازمند طراحی پایدار هستند تا از هدررفت منابع جلوگیری شده و آثار منفی زیست‌محیطی آن‌ها کاهش یابد. از این منظر، انجام تحلیل فضایی کاربری‌های آموزشی مدارس متوسطه دوم با استفاده از فناوری GIS، ضرورتی اساسی برای ساماندهی بهینه این فضاها و حرکت در مسیر توسعه پایدار شهری با رویکرد اکولوژیک به‌شمار می‌رود. بر همین اساس، هدف اصلی این پژوهش، تحلیل فضایی کاربری‌های آموزشی مدارس متوسطه دوم به‌منظور تحقق شهر پایدار با رویکرد اکولوژیک در شهر بابل است. همچنین، پژوهش حاضر بر این فرض استوار است که توزیع فضایی کاربری‌های آموزشی مدارس متوسطه دوم می‌تواند به تحقق شهر پایدار با رویکرد اکولوژیک در شهر بابل منجر شود. افزون بر این، فرضیات فرعی پژوهش شامل آن است که شاخص‌های زیست‌محیطی، مهم‌ترین شاخص اکولوژیکی در تعیین کاربری مدارس متوسطه دوم شهر بابل به‌شمار می‌آیند؛ آموزش محیط زیست در سطح مدارس متوسطه دوم شهر بابل و مشارکت آن‌ها در راستای حفاظت از محیط زیست شهری، دارای رابطه‌ای معنادار و مثبت است؛ و میان مکان‌یابی مناسب مدارس متوسطه دوم بابل و تحقق شهر پایدار، رابطه‌ای معنادار و مثبت وجود دارد.

پیشینه نظری و مطالعاتی پژوهش

کیفیت محیط و فضا از مواردی است که مورد توجه انسان‌ها بوده و همواره نیز تلاش برای بهبود آن می‌کنند. انسان‌ها طی هزاران سال آموخته‌اند که چگونه بهترین هماهنگی را با محیط اطراف خود و نیز چگونگی ارتباط و تعامل را با طبیعت داشته باشند. پس از اینکه انسان بر طبیعت و محیط زیست تسلط پیدا کرد، بدون اینکه توجهی به ظرفیت و توان آن داشته باشد، اقدام به گسترش بی‌رویه شهرها کرد که موجب اختلال در بستر طبیعی و نیز اکولوژیک شهرها، همچنین از هم‌گسیختگی جدی آن‌ها شد و در ابتدای قرن بیستم، اندیشمندان و صاحب‌نظران با توجه به آلودگی شهرها و دور شدن انسان‌ها از طبیعت، به سمت‌وسوی طراحی شهرها با رویکرد اکولوژیک شدند. در ابتدای این تفکر تا سال ۱۹۹۰ میلادی، شهر را سیستمی تصور می‌کردند که باید اکولوژی را به آن وارد کرد و نقص بزرگ آن این بود که شهر، پایه و بستر اصلی بود و اکولوژی جزئی از آن. از سال ۱۹۹۱، نگاه اصلی به شهر تغییر کرد و شهر بر روی بستر طبیعی و اکولوژیک انگاشته می‌شد.

فضای شهری

فضای شهری بخشی از فضاهای باز و عمومی شهر است که بستر شکل‌گیری حیات اجتماعی، تعاملات انسانی و تجربه روزمره شهروندان را فراهم می‌کند. این فضا صرفاً محدوده‌ای فیزیکی میان ساختمان‌ها نیست، بلکه عرصه‌ای زنده و چندبعدی است که در آن روابط اجتماعی، کنش‌های انسانی، ادراکات فردی و جمعی و ابعاد فرهنگی و مدنی شهر نمود می‌یابد؛ از این رو، می‌توان آن را تبلور زندگی اجتماعی و بستری برای حضور و مشارکت همگانی دانست. (9)

فضای شهری صحنه فعالیت‌های عمومی زندگی شهری، مانند رفت‌وآمد، ارتباط، اوقات فراغت، دادوستد و مشارکت اجتماعی است و به همین دلیل، نقشی اساسی در سازمان اجتماعی شهر و کیفیت زندگی شهری دارد. کیفیت این فضا تنها به فرم کالبدی وابسته نیست، بلکه عواملی چون نحوه استفاده مردم، احساس امنیت، دسترسی‌پذیری، حضورپذیری و امکان تعامل اجتماعی در آن نقش تعیین‌کننده دارند. هرگاه فضای شهری بتواند نیازهای عملکردی، اجتماعی و روانی شهروندان را پاسخ دهد، به مکانی معنادار و مؤثر در زندگی روزمره آنان تبدیل می‌شود. (10)

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فضای شهری، عمومی بودن آن است؛ باین حال، بهره‌مندی از آن برای همه افراد یکسان نیست و متغیرهایی مانند سن، جنسیت، موقعیت اجتماعی، شرایط فرهنگی، احساس تعلق و امنیت بر کیفیت تجربه افراد اثر می‌گذارد. از این رو، فضای شهری زمانی موفق است که امکان حضور ایمن، راحت و معنادار را برای گروه‌های مختلف اجتماعی فراهم سازد و به تقویت همبستگی اجتماعی، کاهش انزوا و افزایش سرزندگی شهری کمک کند. (11)

فضای شهری همچنین محل شکل‌گیری رابطه انسان و محیط و سازنده هویت شهری، حس مکان، احساس امنیت و خاطره جمعی است. (12) از منظر برنامه‌ریزی و طراحی شهری، این فضا زمانی واجد کیفیت است که میان ابعاد عملکردی و انسانی تعادل برقرار کرده و با ویژگی‌هایی مانند خوانایی، امنیت، دسترسی مناسب و تنوع عملکردی، زمینه تعاملات اجتماعی و زندگی جمعی را فراهم آورد. در مجموع، فضای شهری یکی از مهم‌ترین بسترهای تحقق حیات مدنی، کیفیت زندگی و پایداری اجتماعی در شهر به‌شمار می‌آید. (2)

مفهوم کاربری آموزشی یا فضاهای آموزشی

فضای تعلیم و یادگیری از مهم‌ترین فضاهای شهری است؛ زیرا مدرسه نخستین محیط رسمی خارج از خانه است که کودک بخش قابل‌توجهی از زمان مفید خود را در آن سپری می‌کند. از این رو، کیفیت محیط آموزشی از نظر سلامت، شادابی و زیبایی، در جلب توجه دانش‌آموزان و رشد روانی آنان نقش مهمی دارد. بر اساس مصوبه ۱۳۸۹/۳/۱۰ شورای عالی شهرسازی و معماری ایران، کاربری آموزشی به اراضی اختصاص‌یافته برای آموزش رسمی و عمومی تحت مدیریت وزارتخانه‌های آموزش و پرورش و کار و امور اجتماعی اطلاق می‌شود. این کاربری در سطوح مختلف تقسیمات شهری، شامل آموزشی-محله، آموزشی-ناحیه، آموزشی-منطقه و آموزشی-شهر تعریف شده و سرانه آن در شهرها بین ۳ تا ۵ مترمربع تعیین گردیده است. (2)

مدیریت این فضاها در کشور بر عهده وزارت آموزش و پرورش است و از دو جنبه قابل بررسی است: نخست، مدیریت نظام آموزشی شامل نیروی انسانی، برنامه‌ریزی درسی و ساختار آموزشی؛ و دوم، مدیریت فیزیکی فضاهای آموزشی شامل مکان‌یابی، ساماندهی، پیش‌بینی فضاهای موردنیاز و اعمال استانداردها. در این میان، فضای آموزشی به‌عنوان «معلم دوم» شناخته می‌شود. (13) این فضاها به دو بخش کلی تقسیم می‌شوند: فضاهای بسته یا سرپوشیده شامل فضاهای آموزشی، پرورشی، اداری، خدماتی و گردش، و فضاهای باز شامل محوطه، فضای بازی و ورزش، فضای صف و تفریح، فضای سبز و پارکینگ. (2)

از سوی دیگر، فضاهای آموزشی باید متناسب با تحول الگوهای آموزشی و پیشرفت فناوری، از انعطاف‌پذیری کافی برخوردار باشند تا بتوانند نیازهای کارکردی، اجتماعی، روانی و اقتصادی را پاسخ دهند. (14) این انعطاف‌پذیری در مقیاس کلان، میانی و خرد معنا می‌یابد؛ به گونه‌ای که هم در ارتباط با سیمای شهری و حس تعلق، هم در سازماندهی فضایی و هم در طراحی اجزا و مبلمان، پاسخ‌گوی نیازهای متغیر آموزشی باشد. (15)

مفهوم توسعه پایدار شهری

دو مفهوم پایداری شهری و توسعه پایداری شهری غالباً به دلیل نزدیکی معنی آن‌ها به جای یکدیگر به کار می‌روند. برای تمایز این دو باید توجه داشته باشیم که کلمه توسعه در «Development Urban sustainable» در واقع نشانگر فرایندی است که در طی آن پایداری می‌تواند اتفاق بیفتد، اما پایداری مجموعه‌ای از وضعیت‌هاست که در طول زمان دوام دارد. عبارت توسعه پایدار ورای مرزهای گسترش علم و تجارب و دادوستد و توسعه بشری، ارزش‌ها و تفاوت در فرهنگ‌هاست. در حقیقت، بسیاری از سازمان‌ها از عبارت توسعه تداوم‌پذیر بشری در برابر توسعه تداوم‌پذیر استفاده می‌کنند تا بدین ترتیب بر مسائلی نظیر اهمیت برابری جنسیتی، مشارکت در فرایندهای تصمیم‌گیری و دستیابی به تعلیم و تربیت و بهداشت و سلامتی تأکید نمایند. شهرها تبدیل به نقاط کانونی این مؤلفه‌ها، به عنوان مشترک اصلی توزیع‌کنندگان کالا و خدمات، شده‌اند. (16) باین حال، بسیاری از شهرها خواهند تبدیل به مشتریان عمده کالا و خدمات گردند و در عین حال، از منابع نواحی خارجی که به آن‌ها وابسته هستند بهره ببرند. در نتیجه افزایش استفاده از منابع و وابستگی‌های روزافزون در تجارت، گستره اثر اکولوژیکی شهرها به ماورای محل‌های جغرافیایی آن‌ها کشیده می‌شود. مشخص گردیده که مفهوم توسعه پایدار یک عبارت در حال تکامل و قابل بررسی است. گسترده‌ترین و معروف‌ترین تعریف این عبارت توسط کمیسیون Brundtland صورت گرفته که آن را به این صورت تعریف نموده است: توسعه‌ای که نیازهای موجود بدون نادیده گرفتن توانایی نسل‌های آینده برای مواجه شدن با خواسته‌هایشان برآورده سازد. در تعریف توسعه شهری پایدار چنین آمده است: بهبود و ارتقای کیفیت زندگی در یک شهر، شامل مؤلفه‌های اکولوژیکی، فرهنگی، سیاسی، مؤسسه‌ای، اجتماعی و اقتصادی، بدون اینکه باری بر دوش نسل‌های آینده گذاشته شود؛ باری که حاصل کاهش یک سرمایه طبیعی و بدون موازنه‌ای است. هدف ما این است که اصل گردش که بر یک تعادل ماده و انرژی استوار است و همچنین ورودی بازده مالی نقشی اساسی در تمام تصمیمات آتی مربوط به توسعه نواحی شهری ایفا کنند. (17)

معیارهای پایداری شهری

معیارهای پایداری شهری را می‌توان در ابعاد زیست‌محیطی، اجتماعی، مدیریتی و اقتصادی بررسی کرد که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

۱. برآورد ظرفیت اکوسیستم برای جذب آلودگی و پسماند

۲. محافظت و ارتقای تنوع زیستی

۳. حمایت از سلامت فردی و جمعی

۴. دسترسی آسان به کاربری‌های مختلف

۵. توزیع عادلانه امکانات و خدمات

۶. حکم‌روایی خوب شهری

۷. برخورداری از محیط زیست سالم و مطلوب

۸. رضایت شهروندان از کیفیت زندگی

۹. توجه به اقتصاد سبز

۱۰. بهره‌گیری بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر در مقایسه با انرژی‌های تجدیدناپذیر (18)

شکل پایدار شهری

شکل پایدار شهری تحت تأثیر عواملی چون پویایی سیستم‌های پیچیده در شهرها و ماهیت متغیر تعاریف مرتبط با کیفیت‌های زندگی قرار می‌گیرد. در این چارچوب نظری، تکراری و دغدغه تصمیم‌سازان در این حوزه بیشتر درک نگرش و روابط مابین آن‌ها، برای دستیابی به شکل شهری پایدار باید بدانیم شکل پایدار شهری چیست؟

مفاهیم خاصی که مورد قبول همه برای رسیدن به شهر پایدار است وجود دارد. در ادامه این مطالب، در جدول ۱، خلاصه‌ای از اینک مؤلفین این حوزه چه شکل شهری را مورد بررسی قرار داده‌اند و چه نتیجه‌ای به‌دست آوردند را معرفی خواهیم کرد.

جدول ۱: نتیجه‌گیری در خصوص شکل پایدار شهری

مؤلف	شکل شهری	نتیجه‌گیری
ویلیامز	افزایش تراکم شهری	تأثیرات افزایش تراکم ساختمانی بر محیط زیست، اقتصاد و کیفیت زندگی مردم شهرهای انگلستان بررسی شد. مشخص گردید مزایای استفاده از زمین، افزایش تحرک‌پذیری و برخی مزایای اقتصادی وجود دارد، ولی برخی از هدف‌های مهم سیاست‌گذاری افزایش تراکم شهری بررسی شد. مهم‌ترین آن‌ها این بود که از میزان تراکم کاسته شده است و مزایای اجتماعی نیز واضح نبود. علاوه مهمی از ذیل تأثیرات همسایه بد، تنش اجتماعی و کنترل کیفیت محیط زیست دیده می‌شود. افزایش تراکم ساختمانی در قسمت‌های داخلی شهر که از کاربری مختلط اراضی استفاده می‌کنند مفیدتر از حومه می‌باشد.
برتون	فشرده‌گی شهر	تأثیرات فشرده‌گی در مورد عدالت در انگلستان بررسی شد. ۴۱ شاخص فشرده‌گی مورد استفاده قرار گرفت و مشخص گردید که برخی از این شاخص‌ها، از قبیل خانه‌سازی با تراکم زیاد، تسهیلات شهری در مقیاس و میزان بازسازی دوباره و عمران زمین‌ها، در عدالت اجتماعی مؤثرند و برخی دیگر بدون تأثیر می‌باشند.
نیوتون	توسعه شهر فشرده، شهر مرزی، شهر گریدی، شهر فوق‌العاده، شهر حاشیه‌ای	تأثیرات روند توسعه آتی شهر ملبورن بر پایداری محیط زیست مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که شهر فشرده از نظر صرفه‌جویی در مصرف سوخت و تولید گازهای مضر مفیدتر است (صرفه‌جویی سوخت ۴۳ درصد) و هرچه تراکم ساختمانی بیشتر باشد، میزان تولید گازهای مضر کمتر می‌شود. تراکم ساختمانی در شکل گریدی، مرزی، حاشیه‌ای و در زون فشرده برای کیفیت هوا مفید است. اما شهرهای فشرده به‌خاطر وجود ذرات معلق در هوا برای مردم آزارآور می‌باشند. شهرهای فشرده به‌طور کلی می‌توانند به بهبود شرایط محیط زیست کمک کنند.
وان و نیور	ترکیب کاربری	اثرات کاربری مختلط بر روی میزان سفر بررسی شد و مشخص گردید که ترکیب کاربری‌های مختلف میزان تولید سفر را کاهش می‌دهد و استفاده از خودرو شخصی را کمتر می‌کند. استفاده از کاربری مختلط تأثیر بر خرید عمده مواد غذایی توسط مردم و نیز رفت‌وآمدها دارد.
باکستون	طراحی واحد همسایگی سستی (افزایش تراکم و روستاهای شهری)	طرح‌های سستی واحد همسایگی که دارای ۲۵۵ خانه در هکتار و خانه‌ها متنوع و دارای امکانات خرده‌فروشی و فرصت‌های شغلی محلی بوده و طراحی شبکه خیابان‌ها به‌خوبی انجام شده بود، از سرویس حمل‌ونقل عمومی خوبی برخوردار بود و ۷۰ درصد سطح هر قطعه زمین آسفالت بود. نتایج نشان داد طرح سستی واحد همسایگی دارای قابلیت کاهش انتشار گاز کربن تا ۲۴ درصد و کاهش مصرف انرژی الکتریکی تا ۲۶ درصد است و زمان و مسیر سفرهای شهری را کوتاه می‌کند.

همچنین، توسعه آینده شهر ملبورن به صورت روستاهای شهری می‌تواند گسترش شهری را تا یک سوم کاهش داده و ۳ تا ۱۴ درصد مصرف انرژی و انتشار گازهای مضر را کاهش دهد.

رنه لاند	چگالی و اندازه شهر	قابلیت دسترسی به خدمات و تجهیزات شهرهای سوئد در فاصله سال‌های ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۵ بررسی گردید و مشخص شد که چنانچه چگالی افزایش یابد، دسترسی به تسهیلات شهری آسان‌تر می‌گردد و اینکه شهرهای بزرگ خدمات و تسهیلات بیشتری نسبت به شهرهای کوچک عرضه می‌نمایند.
آلبرتی	عناصری از شکل شهری که ممکن است بر اکوسیستم تأثیر بگذارد	شکل شهری دارای اثر زیادی بر اکوسیستم‌ها می‌باشد، ولی تاکنون مشخص نشده که کدام شکل شهری بهتر است. اندازه، ترکیب، دوام و پیوستگی درونی عناصر مهمی می‌باشند که می‌توانند بر بقای حیوان و گیاه تأثیر بگذارند. ازهم‌گسیختگی شکل شهری دارای آستانه معینی است که اگر از آن فراتر رود، آثار اکوسیستم فرو می‌ریزد. برای حمایت از اکوسیستم باید ساختار طبیعی اندازه‌گیری شود. تا حد امکان، شکل شهری دارای وحدت جامعی ممکن باشد.
اسکافهام و مارات	عناصری از شکل شهری که قابلیت انطباق را با گذشت زمان بیشتر می‌کند	مشخص نمودند که سیستم‌هایی که قادر به تغییر دوام و پایداری را فراهم می‌نمایند، یک سلول ساختمانی، با اندازه‌های مناسب برای تغییراتی که با گذشت زمان پیش می‌آید، دارای بهترین فرم و شکل می‌باشد؛ البته به شرط آنکه باعث اختلال در طرح اصلی شهر و یا شکل آن نشود.
نیوتن، کن و ورثی	تراکم (چگالی)	مشخص نمودند که در تمام شهرها رابطه‌ای بین چگالی (تراکم) ساختمانی و وابستگی به اتومبیل وجود دارد و نیز بیان کردند که چگالی ساختمانی یک متغیر اصلی برای میزان مصرف انرژی می‌باشد. علاوه بر آن، اگر تراکم ساختمانی زیاد باشد، مخارج مربوط به حمل‌ونقل شهری نیز کمتر خواهد بود. نیاز به برخی استراتژی‌ها، مثل گرمادهی (گرمایش) و کولرهای هوا، با افزایش تراکم در قسمت داخلی شهر افزایش می‌یابد، ولی در اطراف آن، با جلوگیری از رشد بخش‌های پراکنده شهر و توسعه حمل‌ونقل عمومی و ایجاد پیاده‌روها و مسیرهای جدید دوچرخه‌سواری مفید خواهد بود.

توسعه اکولوژیک

شهرنشینی یک ویژگی تعیین‌کننده عصر مدرن است، اما مدل فعلی توسعه شهری ردپای کلان منفی بر جای می‌گذارد، عمیقاً محیط اکولوژیک و عناصر آن را متأثر می‌سازد، اغلب تنوع زیستی را کاهش می‌دهد و نهایتاً زیست‌پذیری ساکنان را به خطر می‌اندازد. توسعه اکولوژیک سعی بر آن دارد تا با درک کاملی از تعامل میان محیط، اقتصاد، سیاست و فاکتورهای فرهنگی-اجتماعی که بر اساس اصول اکولوژیکی هستند، انسان‌ها را قادر سازد که در هارمونی و هماهنگی با طبیعت به شکوفایی رسیده و به توسعه پایدار دست یابند. در این شکل از توسعه، شهرها و روستاها باید با هدف ارتقای سلامتی و کیفیت زندگی ساکنانشان طراحی شوند و اکوسیستم‌هایی را که به آن‌ها وابسته می‌باشند حفظ کنند. توسعه اکولوژیکی شامل تصمیمات شهروندی، مدیریت عمومی، صنایع کارآمد اکولوژیکی، نیازها و توقعات مردم، فرهنگ و مناظر طبیعی با یکدیگر است و چاره این موضوع نیز تعریف مجدد هویتی و کالبدی مراکز این شهرها و انتساب نقش جدیدی برای هسته‌های شهری می‌باشد. پیش از این، ویژگی‌های شهر و جامعه فراصنعتی تعریف شد: مکان‌هایی که افول شهری و کمبود سرمایه‌گذاری و متعاقباً نرخ بالای بیکاری و ساختمان‌های فرسوده، در کنار رشد سریع و پروتوق یافت می‌شود. هر دو شرایط افول و رشد در کنار هم در یک شهر قابل مشاهده هستند. علت این مسئله اغلب نبود یک برنامه راهبردی در مواجهه با تغییرات جمعیتی و ساختارهای اقتصادی است.

جدول ۲: اصول مورد توجه در شهرسازی با رویکرد توسعه اکولوژیک

انرژی نهفته	مدیریت آب شهری	طراحی شهری
چرخه تولید	چرخه بازیافت آب و آبیاری	پایداری اجتماعی
انرژی تجدیدپذیر	کشاورزی شهری	کنترل شهر اکولوژیک

منابع انرژی و مصرف	بیولوژی‌های منظر شهر	سلامت و پیاده‌مداری
سیستم‌های ساخت	حداکثر تنوع زیستی اکوسیستم‌ها	تحرک و حمل‌ونقل عمومی
پیش‌ساختگی	باز یافت آب خاکستری	زیرساخت
کارایی انرژی	ذخیره‌سازی سیلاب‌های شهری	کارآمدی انرژی ساختمان‌ها
مدیریت منابع	مدیریت تأثیر تغییرات آب‌وهوایی	کاربری مختلط زمین
	مدیریت زباله	مسکن با قیمت مناسب
		کاهش وابستگی به اتومبیل

منبع (19):

توسعه اکولوژیکی تصمیمات شهروندی، مدیریت عمومی، صنایع کارآمد اکولوژیکی، نیازها و توقعات مردم، فرهنگ و منظر طبیعی را با یکدیگر پیوند می‌دهد و به این ترتیب، طبیعت، کشاورزی و محیط انسان‌ساخت می‌توانند به صورت کاربردی و سالم با یکدیگر یکپارچه شوند. (12) توسعه اکولوژیکی سعی دارد انسان را با درک اصول اکولوژیکی، در هماهنگی با طبیعت، به توسعه پایدار برساند و به شکوفایی برسد. در حقیقت، اکولوژی قصد دارد با برهم زدن نظم طبیعت و نیز هماهنگی طبیعت با محیطی که به دست انسان ساخته می‌شود، نشان دهد که این نظم و روابط موجودات و محیط زیست با انسان به یکدیگر وابسته است. بنا به گفته تای چی ونگ، ابعاد مختلف توسعه اکولوژیکی که جنبه‌های متعددی از زندگی انسان را تشکیل می‌دهند، امنیت، بهداشت، منظر، متابولیسم صنعتی و آگاهی هستند.

توسعه اکولوژیکی سعی بر آن دارد تا با درک کاملی از تعامل میان محیط، اقتصاد، سیاست و فاکتورهای فرهنگی-اجتماعی که بر اساس اصول اکولوژیکی هستند، انسان‌ها را قادر سازد که در هارمونی و هماهنگی با طبیعت به خواسته‌های خود و توسعه پایدار دست یابند. در این شکل از توسعه، شهرها و روستاها باید به ارتقای سلامتی و کیفیت زندگی ساکنانشان طراحی شوند و اکوسیستم‌هایی را که آن‌ها وابسته به آن هستند نیز ارتقا دهند. تصمیم‌گیری‌های شهروندی، مدیریت عمومی، سیاست‌های اکولوژیکی، نیازها و خواسته‌های مردم، فرهنگ و مناظر طبیعی، همه با یکدیگر ترکیب می‌شوند و به این ترتیب، طبیعت، کشاورزی و فعالیت‌های اقتصادی به صورت کاربردی و سالم با یکدیگر یکپارچه می‌شوند. (20)

جنبه‌هایی از زندگی انسان‌ها که با توسعه اکولوژیکی پیوند دارد:

۱. امنیت اکولوژیکی
۲. بهداشت اکولوژیکی
۳. متابولیسم صنعتی اکولوژیکی
۴. منظر اکولوژیکی
۵. آگاهی اکولوژیکی

جدول ۳: وجوه توسعه اکولوژیک

مفهوم	وجوه توسعه اکولوژیک
هوای پاکیزه، منابع آبی ایمن و قابل اطمینان، غذا، محیط زندگی و کاری سالم، خدمات شهری و حمایت در برابر سوانح طبیعی	امنیت اکولوژیک
کارایی و کارآمدی اقتصادی مهندسی اکولوژیکی به جهت بازیافت و تصفیه فضولات انسانی، آب‌های خاکستری و تمامی ضایعات	بهداشت اکولوژیک
حفاظت منابع و محیط از طریق گذار صنعتی، تأکید بر استفاده مجدد مصالح، ایجاد چرخه طبیعی، بهبود سیستم حمل و نقل کارآمد و پاسخ به نیازهای	متابولیسم صنعتی اکولوژیک
انسانی	
نظم دادن به سازه‌های ساخته شده، فضاهای باز مانند پارک‌ها، عوامل ارتباطی مانند خیابان‌ها و پل‌ها و عوارض طبیعی مانند توپوگرافی زمین و آبراه‌ها، به ترتیبی که تنوع زیستی و دسترسی به محیط‌های شهری را برای تمامی شهروندان به حداکثر رسانده و از منابع و انرژی محافظت نماید. به همین ترتیب، مشکلاتی مانند تصادفات اتومبیل، آلودگی هوا، تخریب جریان‌ات طبیعی آب، جزایر گرمایی و گرم شدن زمین را به حداقل برساند.	منظر اکولوژیک
به مردم کمک شود تا جایگاهشان در طبیعت و هویت فرهنگی‌شان را پیدا کنند. به همین ترتیب، بتوانند رفتار مصرفی را تغییر داده و توانایی‌شان را به جهت حفاظت از اکوسیستم‌های شهری باکیفیت بالا ببرند.	آگاهی اکولوژیک

منبع (21):

با توجه به مبانی نظری مطرح شده در زمینه تحلیل فضایی کاربری‌های آموزشی، شهر پایدار و رویکرد اکولوژیک، بررسی پیشینه پژوهش می‌تواند بستر مناسبی برای شناسایی ابعاد گوناگون این موضوع و تبیین جایگاه پژوهش حاضر در مطالعه مدارس متوسطه دوم شهر بابل فراهم آورد.

یزدانی و سعیدی زارنجی (2) در مقاله‌ای با عنوان «تحلیلی بر پراکنش فضایی مدارس در محلات منطقه ۲ شهرداری اردبیل» به تحلیل الگوی توزیع فضایی مدارس در این منطقه پرداختند. هدف پژوهش، بررسی نحوه توزیع متوازن و متناسب مدارس در محلات منطقه ۲ بود تا از میزان عدالت فضایی و بهره‌مندی مطلوب اقشار مختلف جامعه از امکانات آموزشی مطلع شوند. روش تحقیق توصیفی-تحلیلی و مبتنی بر داده‌های مرکز آمار ایران و شهرداری اردبیل بود. برای تحلیل پراکنش فضایی از تکنیک‌هایی مانند میانگین مرکزی، منحنی انحراف استاندارد، شاخص نزدیک‌ترین همسایگی، تحلیل لکه‌های داغ، شاخص موران جهانی، تحلیل تراکم کرنل و پلیگونی‌های تیسن در سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. نتایج نشان داد که توزیع مدارس در منطقه ۲ به صورت خوشه‌ای بوده و محلات پیرامونی از نظر دسترسی به مدارس وضعیت نامطلوبی دارند که نشان‌دهنده توزیع نامناسب و تمرکز مدارس در مرکز منطقه است. این نابرابری فضایی موجب عدم تحقق عدالت اجتماعی در توزیع خدمات آموزشی در سطح محلات شده است. پژوهش برای اولین بار به بررسی نابرابری‌های فضایی مدارس در محلات این منطقه پرداخته است و اهمیت توجه به ساماندهی عادلانه‌تر خدمات آموزشی را تأکید می‌کند.

حیدرزاده و شریف‌نژاد (3) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی مؤلفه‌های مدارس سبز با رویکرد معماری پایدار (مطالعه موردی مدارس ابتدایی شهر ارومیه)» به بررسی میزان تحقق شاخص‌ها و مؤلفه‌های مدارس سبز با تأکید بر معماری پایدار در مدارس ابتدایی شهر ارومیه پرداختند. هدف این پژوهش، شناسایی وضعیت موجود و میزان تحقق این مؤلفه‌ها بود. روش تحقیق توصیفی-پیمایشی بوده و داده‌ها با استفاده از پرسشنامه جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شده‌اند. نتایج نشان داد که مدارس ابتدایی شهر ارومیه از نظر برخورداری از شاخص‌ها و مؤلفه‌های مدارس سبز در سطحی پایین‌تر از حد متوسط قرار دارند که بیانگر نیاز به بهبود این شاخص‌ها و مؤلفه‌ها در حوزه معماری پایدار است.

کریم‌زاده و همکاران (8) در مقاله‌ای با عنوان «تحلیل فضایی مدارس متوسطه ناحیه یک کلان‌شهر تبریز با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و GIS به بررسی مکانی کاربری‌های آموزشی در ناحیه یک کلان‌شهر تبریز پرداختند. هدف این پژوهش، ارزیابی و تحلیل فضایی مراکز آموزشی دبیرستان‌ها و سازگاری آن‌ها با سایر کاربری‌های شهری بود. روش تحقیق توصیفی-تحلیلی و حجم نمونه شامل تمامی مدارس دبیرستان ناحیه یک شهر تبریز بود. این مطالعه با تلفیق مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP و مدل فازی و بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، معیارهای سازگاری، مطلوبیت، ظرفیت و وابستگی را تحلیل کرد. نتایج نشان داد که وضعیت توزیع فضایی دبیرستان‌ها در این ناحیه نامطلوب است. بر اساس ماتریس مطلوبیت، نسبت به شاخص‌های شیب و فاصله از رودخانه، اکثر مدارس در شرایط مطلوب قرار داشتند، اما ۴ مدرسه در وضعیت نسبتاً نامطلوب بودند. از ۷۷ دبیرستان مورد مطالعه، ۱۱ دبیرستان کاملاً مناسب، ۱۵ دبیرستان نسبتاً مناسب و ۳۰ دبیرستان در وضعیت نامناسب توزیع فضایی قرار داشتند.

الانسانی و همکاران (12) راهنمایی در مورد استفاده از آب و ایجاد زهکشی در مراحل طراحی و عملیات مدرسه ارائه داده‌اند. این مطالعه مدیریت آب در بعضی از مناطق مختلف جهان را مورد بحث قرار می‌دهد که این مدارس با موفقیت در استفاده از استانداردها و استانداردهای حفاظت از آب و به‌کارگیری معیارها و شاخص‌های پایداری، به‌سوی ایجاد مدارس پایدار حرکت کرده‌اند. شکی نیست که بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌تواند کمک بزرگی به رشد و توسعه باشد. در این بین، نگرش به رویکردهای معماری پایدار در فضاهای آموزشی، از جمله مدرسه، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است؛ زیرا علاوه بر رعایت نکات اساسی ساختمان‌های سبز و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، وجود چنین مدرسه‌هایی ابزار آموزشی برای آموزش شیوه‌های پایدار به دانش‌آموزان است. این مقاله ابتدا به بررسی مدل توسعه پایدار می‌پردازد و سپس معماری پایدار به‌عنوان ابزاری برای دستیابی به توسعه پایدار معرفی می‌شود و به این سؤال پاسخ داده می‌شود که نقطه هم‌پوشانی و ارتباط توسعه پایدار و مدرسه پایدار به چه صورت است و آیا می‌توان با طراحی مدرسه‌های پایدار را به‌عنوان یکی از راهکارهای اساسی در دستیابی به اهداف توسعه پایدار پذیرفت. در ادامه، ویژگی‌های مدرسه پایدار بررسی و اصول کلی آن شرح داده می‌شود. هدف اصلی مقاله، معرفی این رویکرد جدید در طراحی فضاهای آموزشی است.

ساین (14) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی عناصر بوم‌شهر در سکونتگاه‌های سنتی دره کاتماندو»، به مقایسه دو نوع بوم‌شهر سنتی و جدید و عناصر تشکیل‌دهنده آن‌ها در این سکونتگاه‌ها پرداخت. هدف اصلی این پژوهش، شناسایی عناصر کلیدی و روش‌های بومی به‌منظور درک ظرفیت‌های اکولوژیک و فرهنگی این شهرها بود. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در شهرهای پایدار سنتی، مجموعه‌ای منسجم از عناصر و شیوه‌های طراحی وجود دارد که نه تنها به حفظ و حراست از محیط زیست کمک می‌کنند، بلکه تأثیرات مثبت اجتماعی و اقتصادی قابل‌توجهی نیز بر جای می‌گذارند. این عوامل در کنار یکدیگر توانسته‌اند تحول پایدار و مؤثر در اکوسیستم شهری ایجاد کنند و راهکارهای ارزشمندی برای مدیریت توسعه شهری ارائه دهند.

روش‌شناسی پژوهش

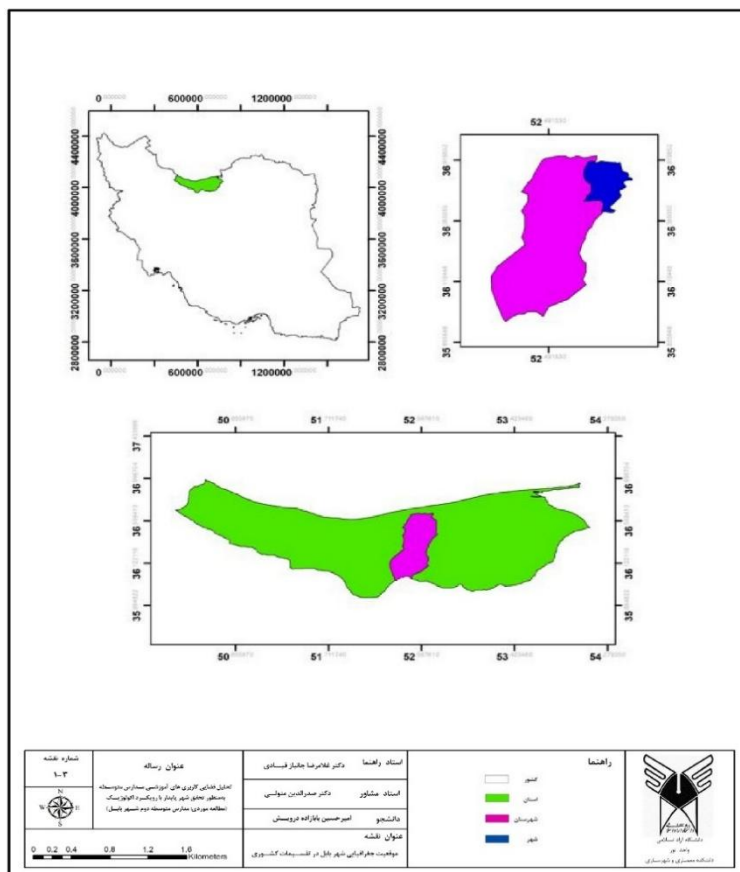
روش‌شناسی این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت، توصیفی - تحلیلی با رویکردی تلفیقی است. در این مطالعه، به‌منظور تحلیل فضایی کاربری‌های آموزشی مدارس متوسطه دوم شهر بابل و بررسی آن در چارچوب شهر پایدار با رویکرد اکولوژیک، از ترکیب روش‌های کمی و کیفی استفاده شده است. داده‌های موردنیاز از طریق مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای، مشاهده و برداشت‌های میدانی، پرسشنامه و در موارد لازم، مصاحبه با شهروندان و کارشناسان

گردآوری شد. جامعه آماری پژوهش شامل شهروندان شهر بابل و کارشناسان مرتبط است که حجم نمونه شهروندان بر اساس فرمول کوکران ۳۸۰ نفر و تعداد کارشناسان ۳۰ نفر تعیین شده است.

در مرحله تحلیل داده‌ها، برای بررسی شاخص‌ها و فرضیات پژوهش از نرم‌افزارهای SPSS و GIS بهره گرفته شده است. بدین منظور، داده‌های پرسشنامه با استفاده از آزمون‌های آماری توصیفی و استنباطی، مانند ویلکاکسون تک‌نمونه‌ای، همبستگی پیرسون و ضریب همبستگی اسپیرمن، تحلیل شدند. همچنین، برای مکان‌یابی بهینه مدارس و ارزیابی معیارهای اکولوژیک، لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS تهیه و با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، به‌ویژه فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (AHP) و (FAHP)، وزن‌دهی و تلفیق شدند. در نهایت، از نتایج تحلیل‌های فضایی برای شناسایی الگوی توزیع مدارس، تعیین نقاط مستعد و ارائه راهکارهایی در راستای تحقق پایداری شهری در شهر بابل استفاده شد.

شناخت محدوده مورد مطالعه

بابل، یکی از شهرهای مرکزی استان مازندران است که در ۲۱۷ کیلومتری شمال شرقی تهران، در مرکز شهرستان بابل و به فاصله ۴۸ کیلومتری از مرکز استان (ساری) واقع شده است. این شهر از سمت غرب به شهر آمل، از سمت شمال به شهر بابلسر و دریای خزر، از سمت شرق به شهر قائم‌شهر و از سمت جنوب به رشته‌کوه البرز وصل می‌گردد. ویژگی‌های جمعیتی و اجتماعی شهر بابل نشان می‌دهد که این شهر از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵ روندی پیوسته در افزایش جمعیت داشته است. جمعیت بابل از ۳۶'۱۹۴ نفر در سال ۱۳۳۵ به ۲۱۹'۴۶۷ نفر در سال ۱۳۹۰ و ۳۴۹'۰۹۸ نفر در سال ۱۳۹۵ رسیده است. نرخ رشد جمعیت در فاصله ۱۳۳۵ تا ۱۳۵۵ حدود ۱/۳۸ درصد بوده، در دهه ۱۳۵۵ تا ۱۳۶۵ هم‌زمان با دوره انفجار جمعیتی کشور به ۱/۷۰ درصد افزایش یافته و پس از آن، به تدریج کاهش پیدا کرده است؛ به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۰ به ۱/۰۹ درصد رسیده است. با وجود کاهش نرخ رشد، افزایش سالانه جمعیت همچنان قابل توجه بوده و لزوم برنامه‌ریزی شهری و خدماتی را ضروری می‌سازد. از نظر ساختار خانوار نیز تعداد خانوارها هم‌زمان با رشد جمعیت افزایش یافته و بعد خانوار از ۵ نفر در سال ۱۳۳۵ به ۳/۰۷ نفر در سال ۱۳۹۵ کاهش یافته است که بیانگر کوچک‌تر شدن اندازه خانوار در شهر بابل است. همچنین، بررسی ترکیب سنی جمعیت در سال ۱۳۹۵ نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی از جمعیت در گروه‌های سنی جوان و میان‌سال قرار دارند و این موضوع می‌تواند بر نیاز شهر به خدمات آموزشی، اجتماعی و رفاهی تأثیر مستقیم داشته باشد. از نظر تراکم جمعیت نیز شهر بابل در سال ۱۳۹۰ دارای تراکم نسبی ۶۲۹۲ نفر در هر کیلومترمربع بوده و بخش مرکزی شهرستان، که شهر بابل در آن واقع شده، متراکم‌ترین بخش منطقه به‌شمار می‌آید. (۲۲)



نقشه ۱: موقعیت جغرافیایی شهر بابل در تقسیمات کشوری

تحلیل یافته‌ها

پژوهش حاضر با تمرکز بر مدارس متوسطه دوم شهر بابل و با بهره‌گیری از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) و ابزارهای تحلیل فضایی در محیط GIS، تلاش نمود تا الگوی توزیع، میزان برخورداری و سطح پایداری اکولوژیک این کاربری‌ها را در مقیاس محلات شهری ارزیابی نماید. در این راستا، چهار دسته شاخص زیست‌محیطی، اجتماعی، کالبدی-فضایی و دسترسی و حمل‌ونقل پایدار، به‌عنوان ابعاد اصلی تحلیل، انتخاب و به‌صورت تلفیقی مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج حاصل از تحلیل‌ها نشان داد که ساختار فضایی استقرار مدارس در شهر بابل از الگوی یکنواخت و متعادل تبعیت نمی‌کند و تفاوت‌های معناداری میان محلات مرکزی و پیرامونی وجود دارد. تمرکز نسبی مدارس در برخی محلات برخوردار و هم‌زمان کمبود زیرساخت‌های مناسب در محلات کم‌برخوردار، بیانگر شکل‌گیری نوعی نابرابری فضایی در دسترسی به خدمات آموزشی پایدار است. این وضعیت، به‌ویژه در شاخص‌های زیست‌محیطی و حمل‌ونقل پایدار، نمود بیشتری داشته و نشان می‌دهد که استقرار مدارس عمدتاً تابع منطق دسترسی سواره‌محور و الزامات کالبدی گذشته بوده است، نه اصول برنامه‌ریزی اکولوژیک و توسعه پایدار شهری.

از منظر تحلیلی، تلفیق وزن‌دهی فازی با تحلیل‌های مکانی، امکان شناسایی دقیق‌تر الگوهای تمرکز، پراکنش و شکاف‌های فضایی را فراهم ساخت و مبنایی علمی برای اولویت‌بندی محلات در فرایند مداخله و سیاست‌گذاری ارائه داد. سطح‌بندی نهایی محلات نشان داد که برخی نواحی شهری از منظر پایداری اکولوژیک آموزشی در وضعیت مطلوب قرار دارند، در حالی که تعدادی دیگر نیازمند مداخلات ساختاری، زیرساختی و مدیریتی هستند. این یافته‌ها بیانگر آن است که تحقق شهر پایدار در حوزه آموزشی، مستلزم بازنگری در الگوی مکان‌یابی، نحوه توزیع خدمات و ارتباط آن با شبکه‌های زیست‌محیطی و حمل‌ونقل شهری است.

آزمون فرضیه‌های پژوهش

آزمون فرضیه اصلی

- توزیع فضایی کاربری‌های آموزشی مدارس متوسطه دوم منجر به تحقق شهر پایدار با رویکرد اکولوژیک در شهر بابل خواهد شد.

آزمون فرضیه اصلی پژوهش، گامی بنیادین در جهت درک چگونگی پیوند میان نظام آموزشی و پایداری کالبدی-اکولوژیک در شهر بابل است. این فرضیه بر این پیش‌فرض استوار است که نحوه چیدمان و توزیع مکانی مدارس متوسطه دوم، صرفاً یک تصمیم کالبدی نیست، بلکه متغیری تعیین‌کننده در میزان تاب‌آوری محیطی، کاهش اثرات مخرب انسانی و ارتقای کیفیت زیست‌شهری محسوب می‌شود. در واقع، تحقق «شهر پایدار با رویکرد اکولوژیک» مستلزم آن است که کاربری‌های آموزشی، به‌عنوان گره‌های فعال در ساختار شهر، نه تنها دسترسی عادلانه‌ای را برای شهروندان فراهم کنند، بلکه کمترین تداخل را با کانون‌های آلاینده داشته و بیشترین هم‌گرایی را با زیرساخت‌های سبز و طبیعی نشان دهند.

برای سنجش دقیق این فرضیه، نتایج حاصل از اولویت‌بندی شاخص‌های نوزده‌گانه در مدل تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) با واقعیت‌های فضایی مستخرج از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تطبیق داده شده است. اهمیت این آزمون در آن است که مشخص می‌کند آیا وزن‌های اختصاص‌یافته به شاخص‌های حیاتی، نظیر «کیفیت هوای پیرامونی»، «بهره‌وری انرژی» و «سرانه زمین»، در الگوی فعلی استقرار مدارس بابل تبلور یافته‌اند یا خیر. از این‌رو، در ادامه، با تحلیل لایه‌های اطلاعاتی و امتیازات نهایی محلات هفت‌گانه، میزان موفقیت توزیع فضایی موجود در حرکت به سمت پایداری اکولوژیک مورد واکاوی قرار می‌گیرد تا مشخص شود ساختار فعلی تا چه اندازه با استانداردهای یک شهر پایدار همسو یا از آن فاصله گرفته است.

جدول ۴: اولویت‌بندی شاخص‌های زیست‌محیطی، اجتماعی، کالبدی-فضایی و دسترسی و حمل‌ونقل پایدار

معیار	وزن معیار	شاخص	وزن اولیه شاخص	وزن نهایی شاخص	رتبه شاخص
زیست‌محیطی	۰.۴۲۸۴۶۷	سرانه فضای سبز مدرسه	۰.۱۷۲۹۵	۰.۰۷۴۱۰۳	۵
		کیفیت هوای پیرامونی	۰.۳۸۰۶۹۵	۰.۱۶۳۱۱۵	۱
		میزان نفوذپذیری سطح	۰.۱۲۶۷۷	۰.۰۵۴۳۱۷	۷
		عایق‌بندی و بهره‌وری انرژی	۰.۲۴۴۷۵۹	۰.۱۰۴۸۷۱	۲
		مدیریت پسماند	۰.۰۷۴۸۲۶	۰.۰۳۲۰۶	۱۲
اجتماعی	۰.۱۱۰۸۶۴	استفاده چندمنظوره	۰.۲۶۶۴۳۶	۰.۰۲۹۵۳۸	۱۳
		ایمنی و امنیت	۰.۴۳۲۳۷۵	۰.۰۴۷۹۳۵	۹
		عدالت دسترسی	۰.۱۷۲۵۷	۰.۰۱۹۱۳۲	۱۷
		تعاملات اجتماعی	۰.۱۲۸۶۱۹	۰.۰۱۴۲۵۹	۱۹

کالبدی-فضایی	۰.۲۸۹۷۸۲	سرانه زمین به دانش آموز	۰.۲۶۹۰۴۹	۰.۰۷۷۹۶۶	۴
سازگاری کاربری‌ها	۰.۱۸۳۲۳	۰.۰۵۳۰۹۷	۸		
کیفیت کالبدی ساختمان	۰.۳۴۰۷۳۹	۰.۰۹۸۷۴	۳		
تراکم ساختمانی	۰.۱۱۵۵۹۷	۰.۰۳۳۴۹۸	۱۱		
زیبایی‌شناسی فضایی	۰.۰۹۱۳۸۶	۰.۰۲۶۴۸۲	۱۵		
دسترسی و حمل‌ونقل پایدار	۰.۱۷۰۸۸۶	۰.۰۴۲۲۸۸	۱۰		
سهولت دسترسی معلولین	۰.۱۱۱۴۴۱	۰.۰۱۹۰۴۴	۱۸		
ایمنی سفر	۰.۱۶۳۲۶۶	۰.۰۲۷۹	۱۴		
شعاع عملکردی	۰.۱۲۳۷۲۶	۰.۰۲۱۱۴۳	۱۶		
دسترسی به حمل‌ونقل عمومی	۰.۳۵۴۱۰۳	۰.۰۶۰۵۱۱	۶		
سهم سفرهای سبز	۰.۲۴۷۴۶۶	۰.۰۴۲۲۸۸	۱۰		

برای آزمون دقیق فرضیه اصلی بر اساس داده‌های جدول ۴، باید رابطه میان اوزان نهایی شاخص‌ها و واقعیت‌های فضایی شهر بابل (که در تحلیل‌های قبلی به دست آمد) را تبیین کرد.

تحلیل فرضیه بر اساس شواهد کمی به شرح زیر است:

غلبه شاخص‌های زیست‌محیطی بر ساختار فضایی: با توجه به اینکه دو شاخص برتر پژوهش (کیفیت هوا و بهره‌وری انرژی) مستقیماً با سلامت اکولوژیک در ارتباط هستند، توزیع فعلی مدارس بابل زمانی منجر به پایداری می‌شود که مدارس در پهنه‌هایی با کمترین میزان آلودگی و بیشترین پتانسیل نوسازی مستقر باشند. اما طبق تحلیل‌های فضایی فصل چهارم، تمرکز مدارس در هسته مرکزی بابل (محلات ۱ و ۲) و مجاورت با معابر شریانی پرتردد، با شاخص رتبه اول (کیفیت هوا) در تضاد است.

ضعف در شاخص‌های اجتماعی و دسترسی: پایین بودن وزن نهایی شاخص‌هایی مانند «تعاملات اجتماعی» (رتبه ۱۹) و «سهولت دسترسی معلولین» (رتبه ۱۸) نشان می‌دهد که در ساختار فعلی، ابعاد انسانی پایداری در حاشیه قرار گرفته‌اند. همچنین، رتبه پایین «سهم سفرهای سبز» (رتبه ۱۰) بیانگر آن است که توزیع فضایی فعلی مدارس هنوز نتوانسته است وابستگی به حمل‌ونقل موتوری را کاهش دهد که این امر با اصول شهر پایدار مغایرت دارد.

تمرکز کالبدی در برابر تفرق اکولوژیک: شاخص «کیفیت کالبدی ساختمان» (رتبه ۳ نهایی) نشان‌دهنده پایداری سازه‌ای خوب در برخی مناطق است، اما این پایداری کالبدی به معنای پایداری اکولوژیک نیست؛ چراکه شاخص‌هایی نظیر «مدیریت پسماند» و «عدالت دسترسی» در رتبه‌های بسیار پایین (۱۲ و ۱۷) قرار دارند.

جدول ۵: نتایج اولویت‌بندی و سطح‌بندی محلات شهر بابل بر اساس معیارهای چهارگانه پایداری اکولوژیک آموزشی

معیار	شماره محلات	وزن محلات	رتبه محلات
زیست‌محیطی	محله ۱	۰.۳۱۶۸۳۴	۱
	محله ۲	۰.۲۱۵۶۲۶	۲
	محله ۳	۰.۱۵۳۴۸۹	۳
	محله ۴	۰.۰۹۶۲۷۳	۴
	محله ۵	۰.۰۶۳۹۸۲	۶

محلۀ ۶	۰.۰۹۴۶۸۲	۵
محلۀ ۷	۰.۰۵۹۱۱۴	۷
محلۀ ۱	۰.۲۶۲۱۸	۱
محلۀ ۲	۰.۲۲۱۸۳۴	۲
محلۀ ۳	۰.۱۷۳۶۵۸	۳
محلۀ ۴	۰.۱۰۵۷۴۳	۵
محلۀ ۵	۰.۰۶۷۱۹۳	۶
محلۀ ۶	۰.۱۲۰۸۱۷	۴
محلۀ ۷	۰.۰۴۸۵۷۵	۷
محلۀ ۱	۰.۲۶۷۰۴۹	۱
محلۀ ۲	۰.۱۲۵۱۹۹	۳
محلۀ ۳	۰.۱۸۲۹۷۲	۲
محلۀ ۴	۰.۰۸۲۸۹۲	۴
محلۀ ۵	۰.۰۴۶۱۷۹	۵
محلۀ ۶	۰.۲۶۷۰۴۹	۱
محلۀ ۷	۰.۰۲۸۶۶۱	۶
محلۀ ۱	۰.۲۹۰۰۰۴	۱
محلۀ ۲	۰.۲۳۱۷۷۶	۲
محلۀ ۳	۰.۱۹۵۷۶۴	۳
محلۀ ۴	۰.۱۰۹۴۱	۴
محلۀ ۵	۰.۰۵۴۷۶۷	۶
محلۀ ۶	۰.۰۸۷۴۸۲	۵
محلۀ ۷	۰.۰۳۰۷۹۷	۷

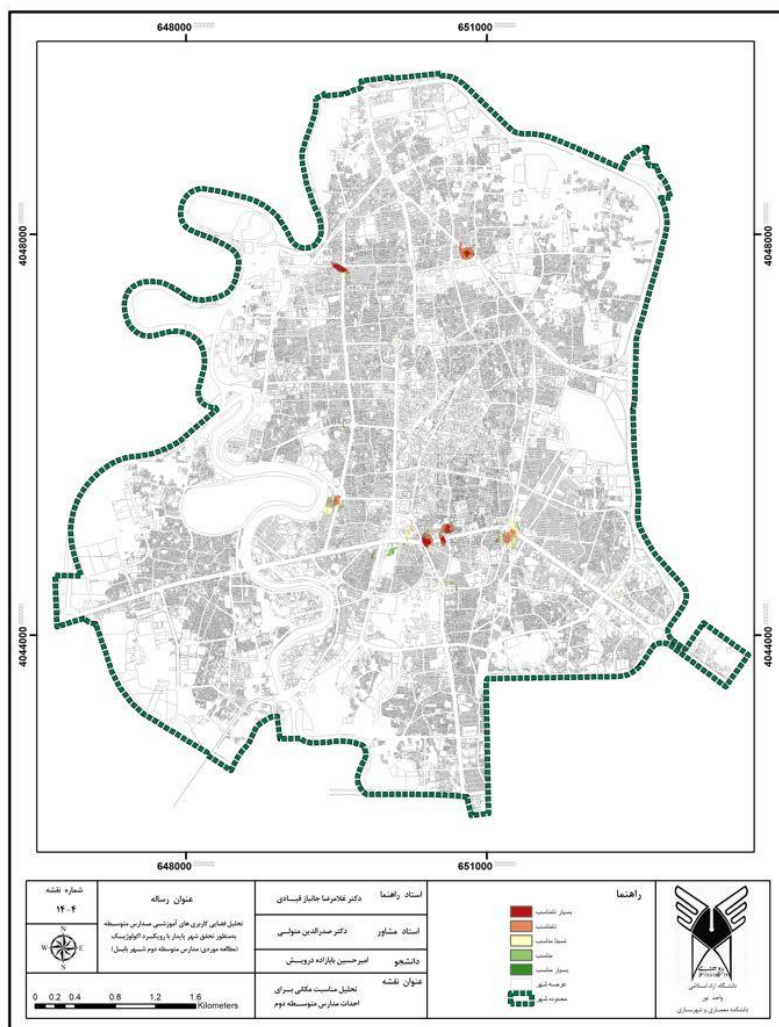
برای آزمون فرضیه اصلی بر اساس جدول اوزان محلات، باید به مفهوم «عدالت فضایی» و «تبادل اکولوژیک» توجه کرد. شهر پایدار شهری است که در آن خدمات به صورت متوازن توزیع شده باشند، اما داده‌های جدول نشان‌دهنده یک قطب‌بندی شدید فضایی است.

شکاف عمیق فضایی و نابرابری در برخورداری: بررسی اوزان محلات نشان‌دهنده یک نابرابری ساختاری در توزیع شاخص‌های پایداری است. محلۀ ۱ در تمامی معیارها (زیست‌محیطی: ۰/۳۱۶، اجتماعی: ۰/۲۶۲، کالبدی: ۰/۲۶۷ و دسترسی: ۰/۲۹۰) رتبه نخست را به خود اختصاص داده است. در مقابل، محلۀ ۷ در تمامی شاخص‌ها، با فاصله‌ای بسیار زیاد، در انتهای جدول قرار دارد (به‌ویژه در شاخص کالبدی با وزن ناچیز ۰/۰۲۸). از آنجا که یکی از ارکان اصلی شهر پایدار، «عدالت در دسترسی به خدمات» است، این تمرکز پایداری در یک نقطه و محرومیت مطلق در نقطه‌ای دیگر (محلۀ ۷)، با ذات توسعه پایدار در تضاد است.

عدم تعادل اکولوژیک (معیار زیست‌محیطی): در معیار زیست‌محیطی که حیاتی‌ترین بخش رویکرد اکولوژیک است، وزن محلۀ ۱ (۰/۳۱۶) بیش از ۵ برابر محلۀ ۷ (۰/۰۵۹) است. این امر نشان می‌دهد که توزیع فضایی مدارس به‌گونه‌ای نیست که تمامی دانش‌آموزان شهر از محیطی با کیفیت هوای مطلوب و فضای سبز کافی بهره‌مند شوند. شهر پایدار اکولوژیک مستلزم یک «شبکه هم‌پیوند» از فضاهای آموزشی سبز است، در حالی که وضعیت فعلی نشان‌دهنده لکه‌های جداافتاده و غیرمتوازن است.

گسست در پایداری کالبدی و دسترسی: در شاخص کالبدی-فضایی، محله ۱ و ۶ پیشرو هستند، اما افت شدید امتیاز در محله ۵ و ۷ نشان‌دهنده استقرار مدارس در بافت‌های فرسوده، متراکم یا فاقد استانداردهای نوسازی در این مناطق است. همچنین، در شاخص دسترسی، برتری مطلق محلات مرکزی (۱، ۲ و ۳) نشان می‌دهد که سیستم حمل‌ونقل پایدار آموزشی تنها در هسته مرکزی تقویت شده و محلات پیرامونی عملاً از چرخه حمل‌ونقل فعال و دسترسی آسان خارج مانده‌اند.

از طرفی، می‌توان گفت که محله ۶ یک استثنای جالب است؛ این محله در شاخص کالبدی رتبه اول (مشترک با محله ۱) را دارد، اما در شاخص دسترسی و زیست‌محیطی رتبه ۵ را کسب کرده است. این یعنی در این محله ساختمان‌های مدرسه خوبی داریم، اما محیط پیرامونی و دسترسی آن‌ها پایدار نیست! نتایج حاصل از اولویت‌بندی شاخص‌ها و سطح‌بندی محلات نشان می‌دهد که توزیع فضایی مدارس متوسطه دوم در شهر بابل از تعادل لازم برای تحقق پایداری اکولوژیک برخوردار نیست. این وضعیت در شواهد فضایی نیز قابل مشاهده است؛ به‌گونه‌ای که الگوی استقرار مدارس با پهنه‌های مناسب اکولوژیک انطباق کامل ندارد و بخشی از مدارس در محدوده‌های کم‌تناسب قرار گرفته‌اند (نقشه ۲).



نقشه ۲: تحلیل مناسب مکانی برای احداث مدارس متوسطه دوم جدید در شهر بابل به منظور تحقق شهر پایدار با رویکرد اکولوژیک

با انطباق نتایج مدل کمی (جدول وزن‌دهی) بر یافته‌های نقشه گرافیکی (نقشه ۲)، آزمون این فرضیه به شرح زیر تبیین می‌گردد:

ناهمسویی کانون‌های استقرار با پهنه‌های مناسب: مطابق با راهنمای نقشه، لکه‌های رنگی نشان‌دهنده تحلیل مناسبت مکانی هستند. مشاهده می‌شود که بخش قابل توجهی از مدارس موجود (نقاط قرمز و نارنجی در نقشه) در پهنه‌هایی مستقر شده‌اند که از نظر شاخص‌های اکولوژیک و کالبدی در وضعیت «بسیار نامناسب» و «نامناسب» قرار دارند. این موضوع به‌ویژه در هسته مرکزی شهر و در امتداد محورهای ارتباطی اصلی بابل مشهود است. از آنجا که شاخص «کیفیت هوای پیرامونی» و «بهره‌وری انرژی» بالاترین وزن را داشتند، استقرار مدارس در این پهنه‌های پرتراکم و آلوده، عملاً پایداری اکولوژیک را نقض می‌کند.

عدم بهره‌گیری از ظرفیت‌های اکولوژیک حاشیه رودخانه: نقشه نشان می‌دهد که پهنه‌های پیرامون رودخانه بابل‌رود (در غرب شهر) دارای پتانسیل بالاتری برای پایداری هستند، اما توزیع فضایی مدارس متوسطه دوم به سمت مرکز و شرق گرایش یافته و از این «کریدور سبز و آبی» فاصله گرفته است. این گسست فضایی میان مراکز آموزشی و منابع آبی (که در فرضیات فرعی به‌عنوان مهم‌ترین شاخص ذکر شده)، مانعی بزرگ در راه تحقق شهر پایدار با رویکرد اکولوژیک است.

تمرکزگرایی کالبدی در برابر عدالت فضایی: پراکنش لکه‌های نامناسب در نقشه نشان می‌دهد که مدارس در بافت متراکم شهری با محدودیت سرانه زمین (شاخص رتبه ۴) مواجه هستند. این تمرکز در مرکز شهر باعث شده است که محلات پیرامونی (مانند محله ۷ که قبلاً تحلیل شد) فاقد مراکز آموزشی با استاندارد پایدار باشند. نقشه به‌وضوح نشان می‌دهد که در پهنه‌های وسیعی از شهر، هیچ لکه سبزرنگی (بسیار مناسب) که محل استقرار مدارس باشد، دیده نمی‌شود.

در نهایت، با استناد به جدول ۴، اگرچه «اهمیت» شاخص‌های اکولوژیک (با وزن ۰/۴۲۸) توسط خبرگان تأیید شده است، اما میان اولویت‌های نظری و واقعیت‌های فضایی مدارس بابل شکاف وجود دارد. توزیع فعلی مدارس، به‌دلیل نادیده گرفتن شاخص‌های با اولویت بالا (مانند کیفیت هوا در محلات متراکم مرکزی) و ضعف در شاخص‌های دسترسی پایدار در محلات پیرامونی (مانند محله ۷)، در مقطع فعلی منجر به تحقق شهر پایدار با رویکرد اکولوژیک نمی‌شود. بنابراین، فرضیه اصلی پژوهش در وضعیت موجود رد می‌شود. تحقق این فرضیه منوط به بازتوزیع مدارس با تمرکز بر پهنه‌های با کیفیت هوای مطلوب، ارتقای بهره‌وری انرژی ساختمان‌ها (رتبه ۲) و افزایش سرانه زمین به دانش‌آموز (رتبه ۴) در محلات محروم است تا تعادل اکولوژیک در کل ساختار شهری بابل برقرار گردد.

همچنین، با استناد به شکاف عددی قابل توجه میان محلات (به‌ویژه فاصله میان محله ۱ و ۷ در تمامی معیارها)، مشخص می‌گردد که توزیع فضایی کاربری‌های آموزشی در شهر بابل دارای یک «الگوی مرکز-پیرامون» نامتعادل است. شهر پایدار تنها با برخورداری از یک یا دو محله محقق نمی‌شود، بلکه نیازمند توزیع همگن شاخص‌های پایداری در کل پیکره شهر است.

لذا، با توجه به تمرکز شدید امتیازات در محلات مرکزی و محرومیت سیستماتیک محلات پیرامونی، فرضیه اصلی پژوهش رد می‌شود. یافته‌ها ثابت می‌کنند که توزیع فضایی فعلی مدارس نه تنها منجر به تحقق شهر پایدار با رویکرد اکولوژیک نشده، بلکه به بازتولید نابرابری‌های فضایی و اکولوژیک در سطح شهر بابل دامن زده است. تحقق این فرضیه مستلزم تمرکز سیاست‌گذاری‌های آتی بر محلات زیر خط میانگین پایداری (مانند محلات ۵ و ۷) است.

در نهایت، همچنین با توجه به خروجی نقشه شماره ۲، توزیع فضایی کنونی مدارس متوسطه دوم بابل نه تنها با معیارهای پایداری اکولوژیک همخوانی کامل ندارد، بلکه در موارد متعددی در تضاد با پهنه‌های مناسب شناسایی شده قرار گرفته است. غلبه رنگ‌های قرمز و نارنجی (نامناسب) در محل استقرار فعلی مدارس در نقشه، سندی تصویری بر عدم تحقق اهداف شهر پایدار در وضعیت موجود است.

لذا، فرضیه اصلی پژوهش در شرایط فعلی رد می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که ساختار فضایی آموزشی بابل برای حرکت به سمت پایداری، نیازمند یک بازنگری رادیکال و انتقال تدریجی یا بهسازی محیطی مدارس از پهنه‌های «نامناسب» مرکز شهر به سمت پهنه‌های «مناسب» و با پتانسیل اکولوژیک بالاتر در ساختار شهر است.

آزمون فرضیات فرعی

پس از تبیین وضعیت کلی فرضیه اصلی پژوهش، واکاوی دقیق‌تر ابعاد مسئله مستلزم آزمون فرضیات فرعی است که هر یک بر جنبه خاصی از مؤلفه‌های پایداری اکولوژیک در مکان‌یابی مدارس تمرکز دارند. فرضیات فرعی در واقع نقش حلقه‌های واسطی را ایفا می‌کنند که پیش‌فرض‌های نظری پژوهش را به یافته‌های عملیاتی حاصل از تحلیل‌های کمی و مکانی متصل می‌سازند. در این بخش، با استناد به اوزان استخراج شده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP)، تحلیل‌های فضایی بافرهای هم‌جواری و دسترسی در محیط GIS و همچنین سطح‌بندی‌های انجام گرفته در محلات هفت‌گانه شهر بابل، میزان صحت و سقم هر یک از ادعاهای فرعی پژوهش مورد سنجش قرار می‌گیرد. این فرایند، علاوه بر اعتبارسنجی مدل مفهومی تحقیق، امکان شناسایی دقیق‌ترین شاخص‌های تأثیرگذار و گلوگاه‌های نابرابری در توزیع فضایی مدارس را فراهم آورده و بستری تحلیلی برای ارائه راهبردهای اصلاحی در بخش نهایی فصل ایجاد می‌نماید.

آزمون فرضیه فرعی اول

- شاخص‌های زیست‌محیطی مهم‌ترین شاخص اکولوژیکی در تعیین کاربری مدارس متوسطه دوم شهر بابل می‌باشد.

در چارچوب توسعه پایدار شهری، «پایداری اکولوژیک» فراتر از یک مفهوم انتزاعی، به معنای ایجاد محیطی است که سلامت، امنیت و کیفیت زیست‌کاربران (به‌ویژه دانش‌آموزان) را در برابر مخاطرات و آلاینده‌های محیطی تضمین نماید. از آنجا که فضاهای آموزشی به‌عنوان کاربری‌های حساس شناخته می‌شوند، اولویت‌بندی شاخص‌های زیست‌محیطی نسبت به سایر ابعاد (کالبدی، اجتماعی و دسترسی) نشان‌دهنده میزان رویکرد حفاظتی و اکولوژیک در برنامه‌ریزی شهری است. این فرضیه در پی آن است تا بر اساس خرد جمعی خبرگان و وزن‌دهی نهایی در مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره، جایگاه محوری مؤلفه‌های محیطی را در ساختار فضایی مدارس شهر بابل مورد واکاوی قرار دهد. در واقع، تأیید این فرضیه به معنای آن است که در سلسله‌مراتب ارزش‌گذاری مکان‌یابی، «کیفیت زیست‌محیطی» به‌عنوان زیربنایی‌ترین لایه در تحقق مدرسه پایدار شناخته شده است.

جدول ۶: وزن نرمال شده و رتبه‌بندی معیارهای چهارگانه مؤثر بر مکان‌یابی مدارس متوسطه دوم شهر بابل بر اساس مدل FAHP

رتبه	معیار	وزن نرمال شده
۱	زیست‌محیطی	۰.۴۲۸۴۶۷
۴	اجتماعی	۰.۱۱۰۸۶۴
۲	کالبدی-فضایی	۰.۲۸۹۷۸۲
۳	دسترسی و حمل‌ونقل پایدار	۰.۱۷۰۸۸۶

برای آزمون این فرضیه از نتایج حاصل از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) استفاده شد. بر اساس جدول شماره ۶، وزن نرمال شده معیارهای چهارگانه پژوهش نشان می‌دهد که معیار زیست محیطی با وزن ۰.۴۲۸۴۶۷ در رتبه نخست قرار دارد. پس از آن، معیار کالبدی-فضایی با وزن ۰.۲۸۹۷۸۲ در رتبه دوم، معیار دسترسی و حمل و نقل پایدار با وزن ۰.۱۷۰۸۸۶ در رتبه سوم و معیار اجتماعی با وزن ۰.۱۱۰۸۶۴ در رتبه چهارم قرار گرفته‌اند.

برتری وزن معیار زیست محیطی نسبت به سایر معیارها بیانگر آن است که از دیدگاه خبرگان و بر اساس نتایج مدل FAHP، عوامل زیست محیطی بیشترین تأثیر را در تعیین مکان‌یابی و ارزیابی کاربری مدارس متوسطه دوم در شهر بابل دارند. این موضوع نشان می‌دهد که ملاحظات نظیر کیفیت محیطی، دوری از منابع آلودگی، شرایط اقلیمی و سایر مؤلفه‌های محیطی، نقش تعیین‌کننده‌ای در دستیابی به الگوی پایدار استقرار فضاهای آموزشی ایفا می‌کنند.

بنابراین، با توجه به کسب بالاترین وزن توسط معیار زیست محیطی در مقایسه با سایر معیارهای پژوهش، فرضیه موردنظر تأیید می‌شود و می‌توان نتیجه گرفت که شاخص‌های زیست محیطی مهم‌ترین شاخص اکولوژیکی در تعیین کاربری مدارس متوسطه دوم شهر بابل محسوب می‌شوند.

آزمون فرضیه فرعی دوم

- آموزش محیط زیست در سطح مدارس متوسطه دوم شهر بابل و مشارکت آن‌ها در راستای حفاظت محیط زیست شهری دارای رابطه معنادار و مثبت می‌باشد.

تحقق شهر پایدار اکولوژیک، علاوه بر زیرساخت‌های کالبدی، نیازمند شهروندانی آگاه و مسئولیت‌پذیر است که از دانش کافی برای مواجهه با چالش‌های زیست محیطی برخوردار باشند. مدارس متوسطه دوم، به‌عنوان آخرین حلقه از زنجیره آموزش عمومی، نقشی حیاتی در نهادینه‌سازی اخلاق محیط‌زیستی و تبدیل دانش نظری به کنش‌های عملی (مشارکت) ایفا می‌کنند. این فرضیه در پی واکاوی این پرسش است که آیا ارتقای سطح آگاهی‌های محیط‌زیستی در بسترهای آموزشی شهر بابل، توانسته است به تقویت رفتارهای مشارکتی دانش‌آموزان در راستای حفاظت از محیط زیست شهری منجر شود یا خیر. در واقع، بررسی رابطه معنادار میان این دو متغیر، نشان‌دهنده میزان اثربخشی نظام آموزشی در بازتولید سرمایه اجتماعی سبز و تبیین‌کننده جایگاه آموزش به‌عنوان پیش‌ران پایداری در زیست‌بوم شهری بابل است.

جدول ۷: نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن بین ابعاد زیست محیطی و اجتماعی در ارتباط با آموزش محیط زیست و مشارکت در حفاظت محیط زیست شهری

در مدارس متوسطه دوم شهر بابل

آزمون همبستگی اسپیرمن	ابعاد	شرح آزمون	زیست محیطی	اجتماعی
	زیست محیطی	ضریب همبستگی	۱.۰۰۰	۰.۶۵۹**
		سطح معناداری (دو دامنه)	-	۰.۰۰۰
		تعداد	۳۸۰	۳۸۰
	اجتماعی	ضریب همبستگی	۰.۶۵۹**	۱.۰۰۰
		سطح معناداری (دو دامنه)	۰.۰۰۰	-
		تعداد	۳۸۰	۳۸۰

به منظور آزمون فرضیه «آموزش محیط زیست در سطح مدارس متوسطه دوم شهر بابل و مشارکت آن‌ها در راستای حفاظت از محیط زیست شهری دارای رابطه معنادار و مثبت می‌باشد»، از آزمون همبستگی اسپیرمن استفاده شد. نتایج ارائه شده در جدول مربوطه نشان می‌دهد که ضریب همبستگی بین بعد زیست محیطی و بعد اجتماعی برابر با ۰.۶۵۹ به دست آمده است. مقدار مثبت این ضریب بیانگر آن است که با افزایش سطح آموزش‌های محیط زیستی در مدارس، میزان مشارکت در فعالیت‌های مرتبط با حفاظت از محیط زیست شهری نیز افزایش می‌یابد. همچنین، مقدار سطح معناداری (Sig) برابر با ۰.۰۰۰ و کمتر از سطح خطای ۰.۰۱ است که نشان می‌دهد رابطه مشاهده شده از نظر آماری معنادار می‌باشد.

بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت که بین آموزش محیط زیست در مدارس متوسطه دوم شهر بابل و مشارکت در حفاظت از محیط زیست شهری رابطه‌ای مثبت و معنادار وجود دارد. بنابراین، فرضیه موردنظر در سطح اطمینان ۹۹ درصد تأیید می‌شود و یافته‌ها حاکی از آن است که تقویت برنامه‌های آموزشی و ارتقای آگاهی‌های محیط زیستی در مدارس می‌تواند نقش مؤثری در افزایش رفتارهای مشارکتی و مسئولانه دانش‌آموزان در حفاظت از محیط زیست شهری ایفا نماید.

آزمون فرضیه فرعی سوم

- بین مکان‌یابی مناسب مدارس متوسطه دوم بابل و تحقق شهر پایدار رابطه معنادار مثبتی وجود دارد.

مکان‌یابی بهینه فضاهای آموزشی، به عنوان یکی از کاربری‌های حساس شهری، نقشی تعیین‌کننده در شکل‌دهی الگوهای سکونت، شبکه حرکتی و میزان برخورداری عادلانه ساکنان از خدمات دارد. در چارچوب نظری شهر پایدار، استقرار صحیح مدارس نه تنها بر کیفیت محیطی و کاهش هزینه‌های حمل و نقل اثر می‌گذارد، بلکه به ایجاد شهری انسانی‌تر، کم‌کربن‌تر و متعادل‌تر از منظر توزیع خدمات عمومی می‌انجامد. این فرضیه به دنبال سنجش آن است که آیا مدارس متوسطه دوم شهر بابل در مکان‌هایی قرار گرفته‌اند که بتوانند از طریق کاهش نابرابری فضایی، تقویت دسترسی پیاده، سازگاری کاربری‌ها و کاهش فشار محیط زیستی، به تحقق شاخص‌های اصلی پایداری کمک کنند یا خیر. به بیان دیگر، بررسی رابطه میان «مکان‌یابی مناسب» و «شهر پایدار» نشان می‌دهد که کیفیت تصمیم‌گیری‌های فضایی در حوزه آموزش تا چه حد در جهت هم‌افزایی با اهداف توسعه پایدار اکولوژیک عمل کرده است.

جدول ۸: نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن بین مکان‌یابی مناسب مدارس متوسطه دوم و تحقق شهر پایدار در شهر بابل

آزمون همبستگی اسپیرمن	ابعاد	شرح آزمون	مکان‌یابی مناسب مدارس متوسطه دوم	تحقق شهر پایدار
مکان‌یابی مناسب مدارس متوسطه دوم	ضریب همبستگی	۱.۰۰۰	۰.۹۵۶**	
سطح معناداری (دو دامنه)	-	۰.۰۰۰		
تعداد	۳۸۰	۳۸۰		
تحقق شهر پایدار	ضریب همبستگی	۰.۹۵۶**	۱.۰۰۰	
سطح معناداری (دو دامنه)	۰.۰۰۰	-		
تعداد	۳۸۰	۳۸۰		

به منظور آزمون فرضیه «بین مکان‌یابی مناسب مدارس متوسطه دوم شهر بابل و تحقق شهر پایدار رابطه معنادار و مثبتی وجود دارد»، از آزمون همبستگی اسپیرمن استفاده شد. نتایج ارائه شده در جدول ۸ نشان می‌دهد که ضریب همبستگی بین متغیر «مکان‌یابی مناسب مدارس متوسطه دوم» و «تحقق شهر پایدار» برابر

با ۰.۹۵۶ به دست آمده است. مقدار مثبت و بسیار بالای این ضریب بیانگر وجود رابطه‌ای مستقیم و بسیار قوی میان دو متغیر مورد بررسی است؛ به گونه‌ای که با بهبود وضعیت مکان‌یابی مدارس از منظر شاخص‌های زیست‌محیطی، کالبدی-فضایی، اجتماعی و دسترسی، میزان تحقق مؤلفه‌های شهر پایدار نیز افزایش می‌یابد. همچنین، مقدار سطح معناداری (Sig) برابر با ۰.۰۰۰ و کمتر از سطح خطای ۰.۰۱ است که نشان‌دهنده معنادار بودن این رابطه در سطح اطمینان ۹۹ درصد می‌باشد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که بین مکان‌یابی مناسب مدارس متوسطه دوم و تحقق شهر پایدار در شهر بابل رابطه‌ای مثبت و معنادار وجود دارد. بر این اساس، فرضیه پژوهش مورد تأیید قرار می‌گیرد و نتایج حاکی از آن است که برنامه‌ریزی صحیح در استقرار فضایی مدارس می‌تواند نقش مؤثری در ارتقای شاخص‌های پایداری شهری و بهبود کیفیت محیط شهری ایفا نماید.

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که الگوی استقرار فضایی مدارس متوسطه دوم در شهر بابل، با وجود برخورداری از برخی مزیت‌ها، مانند دسترسی نسبی در پهنه‌های مرکزی، با اصول شهر پایدار و رویکرد اکولوژیک فاصله معناداری دارد. تحلیل‌های مکانی و شاخص‌های کالبدی-فضایی بیانگر آن بود که مدارس عمدتاً در مناطق پرتراکم و نزدیک به کاربری‌های ناسازگار قرار گرفته‌اند؛ امری که موجب کاهش کیفیت محیطی و افزایش مخاطرات زیست‌محیطی شده است. بررسی‌های مبتنی بر مدل FAHP نیز بیانگر وجود نابرابری فضایی میان محلات بوده، به گونه‌ای که محلات ۱ و ۶ از بیشترین میزان برخورداری و محله ۷ از کمترین سطح مناسب بودن مکانی برخوردار است.

نتایج تحلیل شاخص‌های دسترسی و حمل‌ونقل نشان داد که نظام برنامه‌ریزی شهری بابل همچنان مبتنی بر الگوی «سواره‌محور» است و زیرساخت‌های حمل‌ونقل پیاده و دوچرخه در پیرامون مدارس توسعه کافی نیافته است. قرارگیری بخش قابل توجهی از مدارس در بافر ۱۵۰ متری معابر شریانی باعث افزایش تماس دانش‌آموزان با آلودگی هوا، آلودگی صوتی و مخاطرات ترافیکی شده است. این وضعیت با اصول پایداری اکولوژیک که بر کاهش وابستگی به خودرو، ارتقای تحرک فعال و دسترسی ایمن تأکید دارد، سازگار نیست و نیازمند مداخله جدی در سیاست‌گذاری شهری و برنامه‌ریزی آموزشی است.

نتایج آزمون‌های آماری، به‌ویژه همبستگی اسپیرمن، نشان داد که میان مکان‌یابی مناسب مدارس و تحقق شهر پایدار رابطه‌ای بسیار قوی و معنادار وجود دارد ($r = 0.956$, $Sig = 0.000$). همچنین، وزن شاخص‌های زیست‌محیطی (۰.۴۲۸) در مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره نشان می‌دهد که این گروه از شاخص‌ها بیشترین نقش را در تعیین کیفیت مکان مدارس ایفا می‌کنند. علاوه بر این، وجود همبستگی معنادار میان آموزش محیط‌زیستی و مشارکت شهروندی نشان می‌دهد که مدارس می‌توانند نه تنها به عنوان یک کاربری خدماتی، بلکه به عنوان یک «نهاد مولد رفتارهای پایدار» نقش آفرینی کنند. بر این اساس، فرضیات فرعی پژوهش تأیید و فرضیه اصلی (تحقق پایداری شهری توسط الگوی فعلی توزیع مدارس) رد شد.

قرار گرفتن مدارس در پهنه‌های ناسازگار، کمبود فضای سبز پیرامونی، ضعف شبکه حمل‌ونقل فعال و نابرابری فضایی میان محلات، همگی بیانگر وجود شکاف‌های ساختاری در سیاست‌گذاری آموزشی و شهری است. تحلیل‌ها نشان می‌دهد که شهر بابل، به رغم دارا بودن ظرفیت‌های محیطی، هنوز در مرحله «پاسخ‌گویی موضعی» به نیازهای آموزشی قرار دارد و برنامه‌ریزی فضایی مدارس با رویکرد «پیشگیرانه - اکولوژیک» صورت نمی‌گیرد. یافته‌ها با ادبیات نظری

توسعه پایدار، عدالت فضایی و برنامه‌ریزی اکولوژیکی همسو بوده و نشان می‌دهد که کیفیت محیطی و پایداری، نه تنها تابع کمیت فضاهای آموزشی، بلکه وابسته به نحوه استقرار، دسترسی‌پذیری و همسایگی کاربری‌ها است.

در مجموع، نتایج پژوهش بیانگر آن است که برای حرکت به سوی شهری پایدار در بابل، برنامه‌ریزی فضاهای آموزشی باید از وضعیت «پاسخ‌دهی منفعلانه» به «راهبردی مبتنی بر اکولوژی شهری» تغییر یابد. بازنگری در مکان‌یابی مدارس، بهبود شرایط محیطی پیرامونی، ارتقای شبکه حمل‌ونقل فعال، کاهش تمرکز مدارس در پهنه‌های مرکزی و توجه به محلات کم‌برخوردار، ضروری است. مدارس می‌توانند موتور محرک پایداری شهری باشند؛ اما تحقق این نقش تنها با استقرار اصول اکولوژیک در سیاست‌گذاری فضایی و ارتقای شاخص‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و کالبدی امکان‌پذیر خواهد بود. یافته‌های این پژوهش می‌تواند مستقیماً در اصلاح طرح‌های جامع، تفصیلی و برنامه‌ریزی آموزشی بابل مورد استفاده قرار گیرد.

پژوهش حاضر در امتداد مطالعه یزدانی و سعیدی زارنجی (2) که بر نابرابری فضایی و تمرکز مدارس در محلات شهری تأکید داشتند، نشان داد که مسئله توزیع مدارس تنها به عدالت فضایی محدود نیست، بلکه باید در پیوند با الزامات پایداری اکولوژیک و ظرفیت‌های محیطی شهر نیز تحلیل شود. در مقایسه با پژوهش حیدرزاده و شریف‌نژاد (3) که بر مؤلفه‌های مدارس سبز و کیفیت معماری پایدار در مقیاس بنای مدرسه تأکید داشت، این تحقیق نشان داد که پایداری مدرسه فقط به ویژگی‌های درونی و کالبدی ساختمان وابسته نیست، بلکه نحوه استقرار فضایی آن در شبکه شهری نیز در تحقق شهر پایدار نقش تعیین‌کننده دارد.

همسو با یافته‌های کریم‌زاده و همکاران (8)، این پژوهش نیز بر کارایی تلفیق مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و GIS در تحلیل فضایی مدارس تأکید می‌کند؛ با این تفاوت که در پژوهش حاضر، رویکرد اکولوژیک و شاخص‌های زیست‌محیطی جایگاه پررنگ‌تری در ارزیابی مطلوبیت مکانی مدارس یافته‌اند. با الهام از دیدگاه الناسانی و همکاران (12)، این پژوهش بر آن تأکید دارد که مدرسه پایدار باید فراتر از یک فضای آموزشی، به عنوان واحدی هماهنگ با مدیریت منابع، به‌ویژه آب، انرژی و الزامات زیست‌محیطی در نظر گرفته شود؛ موضوعی که برای شهر بابل با شرایط اقلیمی خاص، اهمیت بیشتری دارد. همچنین، در راستای نتایج ساین (14)، پژوهش حاضر نشان داد که تحقق پایداری در فضاهای آموزشی نیازمند توجه هم‌زمان به ظرفیت‌های اکولوژیک، زمینه‌های بومی و ویژگی‌های محیطی محلات است و نمی‌توان برای همه مدارس الگوی واحدی از پایداری ارائه کرد.

نوآوری پژوهش حاضر در آن است که استقرار مدارس متوسطه دوم را صرفاً به عنوان یک مسئله کالبدی یا آموزشی بررسی نمی‌کند، بلکه آن را در پیوند با پایداری شهری و رویکرد اکولوژیک تحلیل می‌کند. در این پژوهش، تلفیق تحلیل فضایی کاربری‌های آموزشی با شاخص‌های زیست‌محیطی، اجتماعی، کالبدی-فضایی و دسترسی پایدار، امکان ارائه الگویی جامع برای مکان‌یابی مدارس در شهر بابل را فراهم کرده است. از این منظر، پژوهش حاضر می‌کوشد با عبور از نگاه تک‌بعدی به آموزش، چارچوبی برای استقرار متوازن‌تر مدارس و ارتقای کیفیت محیط شهری ارائه دهد. بر این اساس، الگوی مفهومی استقرار پایدار مدارس متوسطه دوم در شهر بابل بر چهار بعد اصلی زیست‌محیطی، اجتماعی، کالبدی-فضایی و دسترسی و حمل‌ونقل پایدار استوار است. در این چارچوب، استقرار مدارس صرفاً یک مسئله خدماتی یا کالبدی نیست، بلکه باید در هماهنگی با ظرفیت‌های اکولوژیک شهر، ساختار اجتماعی محلات، کیفیت فضایی محیط و الگوی جابه‌جایی دانش‌آموزان تحلیل شود. بر این اساس، الگوی پیشنهادی می‌کوشد مکان‌یابی مدارس را در راستای ارتقای عدالت فضایی، کیفیت محیط آموزشی و پایداری شهری هدایت کند.

از نظر نظری، این الگو بر مبنای پایداری شهری، عدالت فضایی و برنامه‌ریزی کاربری زمین تکیه دارد. بنابراین، استقرار مدارس باید به گونه‌ای باشد که ضمن تأمین نیازهای آموزشی، با کیفیت محیطی، توزیع متوازن خدمات، سازگاری با بافت شهری و کارایی شبکه دسترسی نیز همسو باشد. در این میان، اصول اکولوژیک مکان‌یابی مدارس شامل کاهش مواجهه با آلودگی، هم‌جواری با فضاهای سبز، بهره‌گیری از نور و تهویه طبیعی، بهینه‌سازی مصرف انرژی و تقویت دسترسی‌های پایدار است. این اصول به صورت خلاصه در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱: اصول اکولوژیک در مکان‌یابی کاربری‌های آموزشی

در ادامه، الگوی پیشنهادی بر پیوستگی فضایی مدارس در ساختار شهری تأکید دارد. بر این اساس، مدارس باید در ارتباطی هماهنگ با شبکه معابر، محلات مسکونی، فضاهای عمومی و کاربری‌های سازگار سازمان‌دهی شوند تا دسترسی ایمن و کارآمد برای دانش‌آموزان فراهم شود. مجاورت با فضاهای سبز، مراکز فرهنگی و فضاهای ورزشی، در کنار فاصله از کاربری‌های ناسازگار و آلاینده، از مهم‌ترین الزامات این پیوستگی فضایی است. در نتیجه، مدرسه، به‌عنوان بخشی از شبکه خدمات شهری، نقشی مؤثر در کاهش نابرابری فضایی و ارتقای کیفیت محیط شهری خواهد داشت. ساختار این پیوند یکپارچه در شکل ۲ نشان داده شده است.

مدل یکپارچه اتصال فضایی مدارس در ساختار شهری



شکل ۲: مدل یکپارچه پیوستگی فضایی مدارس در ساختار شهری

در مجموع، الگوی نهایی پژوهش نشان می‌دهد که استقرار پایدار مدارس متوسطه دوم در شهر بابل زمانی محقق می‌شود که ملاحظات اکولوژیک، عدالت فضایی، کیفیت کالبدی و دسترسی پایدار به‌صورت هم‌زمان در مکان‌یابی و توسعه مدارس مورد توجه قرار گیرد. این الگو می‌تواند مبنایی برای تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی آموزشی و شهری با هدف توزیع متوازن‌تر خدمات و حرکت به‌سوی شهر پایدار باشد.

راهبردها و سیاست‌های اجرایی تحقق شهر پایدار در حوزه آموزشی بر پایه رویکردی یکپارچه و شهری-اکولوژیک استوار است؛ رویکردی که مدرسه را نه فقط یک کاربری آموزشی، بلکه عنصری اثرگذار در پایداری کالبدی، اجتماعی و زیست‌محیطی شهر می‌داند. در این چارچوب، راهبردهای زیست‌محیطی بر کاهش آلودگی، توسعه فضاهای سبز، بهره‌گیری از طراحی اقلیم‌گرا، بهینه‌سازی مصرف انرژی و تقویت الگوهای جابه‌جایی سبز تأکید دارند. هم‌زمان، راهبردهای اجتماعی-فرهنگی بر نقش مدرسه، به‌عنوان کانون اجتماعی محله، تحقق عدالت فضایی در دسترسی به خدمات آموزشی، ارتقای سلامت و ایمنی دانش‌آموزان و ترویج فرهنگ پایداری و مشارکت شهروندی متمرکز هستند.

در بعد کالبدی-فضایی، سازماندهی فضایی متناسب با محریت، انعطاف‌پذیری فضاهای آموزشی، هماهنگی کالبد مدرسه با بستر طبیعی و پیوند روشن آن با شبکه دسترسی و حمل‌ونقل پاک اهمیت می‌یابد. همچنین، در حوزه حمل‌ونقل پایدار و دسترسی ایمن، کاهش وابستگی به خودروی شخصی، توسعه پیاده‌روی

و دوچرخه سواری، ارتقای ایمنی ترافیکی، تأمین عدالت در دسترسی و بهره گیری از فناوری های هوشمند از اولویت های اصلی به شمار می رود. در مجموع، اجرای این سیاست ها در قالب راهکارهای کوتاه مدت، میان مدت و بلندمدت می تواند زمینه استقرار متوازن مدارس، بهبود کیفیت محیط آموزشی و حرکت تدریجی شهر به سوی پایداری را فراهم سازد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش به ما یاری رساندند تشکر و قدردانی می گردد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ گونه تضاد منافی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازن اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازن و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

خلاصه مبسوط

Extended Abstract

Introduction

Educational land uses constitute a critical component of urban public-service systems because their spatial distribution directly affects educational equity, accessibility, travel generation, environmental quality, and the everyday safety of students. In rapidly growing cities, the concentration of schools in central districts and their insufficient provision in peripheral neighborhoods may intensify spatial inequality, increase dependence on motorized transportation, and expose students to traffic hazards, air pollution, noise, and incompatible surrounding land uses. Sustainable urban planning therefore requires educational facilities to be considered not merely as buildings in which formal instruction occurs, but as sensitive urban nodes whose location, physical condition, environmental performance, and relationship with green and transportation networks influence broader patterns of urban sustainability. From an ecological perspective, school planning should integrate environmental health, green-space provision, energy efficiency, waste management, surface permeability, safe mobility, social participation, and

equitable access. Previous studies have emphasized that sustainable educational environments can improve students' environmental knowledge, attitudes, learning conditions, and participation in environmentally responsible practices (5, 12, 13). Research on green schools has also demonstrated that many existing educational facilities remain below desirable sustainability standards, especially regarding environmentally responsive architecture and resource efficiency (3, 4, 23). Meanwhile, spatial investigations of educational services have shown that unequal school distribution and inappropriate location patterns can undermine social justice and generate substantial disparities among urban neighborhoods (2, 8, 9). These concerns are particularly significant in Babol, a rapidly developing city whose population growth, central concentration of services, environmental pressures, and uneven neighborhood development have complicated the balanced provision of upper secondary schools (20, 22).

The principal objective of this study was to analyze the spatial distribution of upper secondary educational land uses in Babol and determine the extent to which their existing location pattern contributes to the realization of a sustainable city based on an ecological approach. The study was founded on the assumption that the sustainability of educational facilities depends on the simultaneous consideration of environmental, social, physical-spatial, and sustainable accessibility and transportation criteria. Accordingly, the conceptual framework treated schools as interconnected elements of the urban ecological structure rather than isolated service buildings. The environmental dimension included school green-space provision, surrounding air quality, surface permeability, insulation and energy efficiency, and waste management. The social dimension comprised multifunctional use, safety and security, accessibility justice, and social interaction. The physical-spatial dimension incorporated land area per student, compatibility with neighboring land uses, physical quality of buildings, building density, and spatial aesthetics. Finally, the sustainable accessibility and transportation dimension addressed the share of green trips, access to public transportation, travel safety, functional service radius, and accessibility for persons with disabilities. This multidimensional framework is consistent with sustainable-city perspectives that emphasize environmental protection, accessibility, equitable service distribution, public health, good governance, citizen satisfaction, green economic principles, and the increased use of renewable energy (6, 16, 18). It also reflects ecological urban-development approaches that connect public decision-making, efficient resource use, natural landscapes, social needs, and the organization of the built environment (1, 14, 21). Three subsidiary propositions were therefore examined: environmental indicators are the most important ecological criteria in determining school land use; environmental education in upper secondary schools is positively related to participation in urban environmental protection; and appropriate school location is positively associated with the achievement of a sustainable city.

This applied study employed a descriptive-analytical methodology with an integrated quantitative and spatial approach. The statistical population consisted of residents of Babol and experts associated with urban planning, educational development, environmental assessment, and spatial decision-making. Using Cochran's sampling formula, 380 citizens were selected, while 30 experts were recruited through purposive sampling to provide informed judgments regarding the relative significance of the proposed criteria and indicators. The required information was collected through documentary and library research, field observation, site surveys, a researcher-developed questionnaire, pairwise-comparison questionnaires, and, where necessary, interviews with citizens and specialists. Statistical analyses were conducted using SPSS and included descriptive procedures, the one-sample Wilcoxon test, Pearson correlation, and Spearman rank-order correlation. Spatial analyses were implemented in a geographic information system and included the preparation and integration of thematic layers, assessment of spatial compatibility, evaluation of service radii and accessibility, network-based analysis, and identification of suitable areas for future school development. The analytic hierarchy process and fuzzy analytic hierarchy process were used to weight and combine the

environmental, social, physical-spatial, and transportation-related indicators. The use of fuzzy weighting reduced the rigidity of conventional pairwise comparisons and permitted expert judgments to be represented under conditions of uncertainty. The combined application of GIS and multicriteria decision-making has been recognized as an effective approach for evaluating the compatibility, desirability, capacity, and spatial adequacy of educational facilities (8). The methodological design also corresponded with studies emphasizing the need to connect school planning with sustainable architecture, ecological design, flexible educational spaces, and environmentally responsible urban management (11, 15, 24). The final outputs included indicator weights, neighborhood rankings, statistical tests of the subsidiary hypotheses, and a spatial suitability map identifying ecological opportunities and constraints affecting upper secondary school locations.

The findings demonstrated that the current spatial structure of upper secondary schools in Babol does not follow a uniform or balanced pattern and is characterized by substantial disparities between central and peripheral neighborhoods. The environmental criterion received the highest normalized weight, 0.428467, followed by the physical-spatial criterion with 0.289782, sustainable accessibility and transportation with 0.170886, and the social criterion with 0.110864. Among the nineteen indicators, surrounding air quality ranked first with a final weight of 0.163115, insulation and energy efficiency ranked second with 0.104871, physical building quality ranked third with 0.098740, land area per student ranked fourth with 0.077966, and school green-space provision ranked fifth with 0.074103. In contrast, social interaction, accessibility for persons with disabilities, accessibility justice, functional radius, and spatial aesthetics received comparatively low rankings. Neighborhood-level analysis revealed a pronounced spatial polarization. Neighborhood 1 ranked first in environmental, social, and transportation criteria and shared the first physical-spatial rank with Neighborhood 6. Neighborhood 7 consistently occupied the lowest position, particularly in physical-spatial quality, where its weight was only 0.028661. The environmental weight of Neighborhood 1 was more than five times that of Neighborhood 7, indicating a serious imbalance in students' access to schools with favorable air quality, green space, and ecological conditions. The spatial suitability map further showed that several existing schools were located in unsuitable or highly unsuitable zones, especially in dense central areas and along major transportation corridors. Statistical testing supported the first subsidiary hypothesis because environmental indicators achieved the highest overall weight. A significant positive correlation was also observed between environmental education and participation in environmental protection ($r_s = 0.659$, $p < 0.001$), confirming the second subsidiary hypothesis. Furthermore, appropriate school location was strongly and positively associated with sustainable-city achievement ($r_s = 0.956$, $p < 0.001$), confirming the third hypothesis. Nevertheless, the principal hypothesis was rejected because the existing distribution pattern had not yet produced an ecologically sustainable urban educational system.

The results indicate that the spatial concentration of schools in central areas of Babol has produced a center-periphery pattern that conflicts with the principles of spatial justice, ecological balance, and sustainable accessibility. Although central neighborhoods benefit from comparatively strong access and higher-quality physical facilities, their schools are frequently exposed to traffic congestion, air pollution, noise, limited land area, and incompatible surrounding uses. Peripheral neighborhoods, by contrast, suffer from inadequate service coverage, weaker infrastructure, limited active-transportation options, and lower environmental and physical quality. These findings support earlier research demonstrating that the unequal geographical distribution of schools can reproduce educational and social inequality and that GIS-based analysis is essential for identifying underserved areas and unsuitable locations (2, 8, 9). The predominance of environmental criteria also confirms that school sustainability cannot be reduced to the architectural quality of buildings alone. A school may have a structurally adequate building while remaining ecologically unsustainable because of polluted surroundings, poor access, insufficient green space, ineffective waste management, or dependence on motorized travel. This interpretation extends studies of green-school

architecture by emphasizing the broader urban setting in which educational facilities operate (3, 5, 23). The strong relationship between environmental education and participation also demonstrates that schools can function as generators of ecological awareness and collective environmental behavior, thereby supporting the social dimension of sustainable urban development (10, 12, 13). The exceptionally strong association between appropriate school location and urban sustainability further suggests that educational planning should be integrated into comprehensive and detailed urban plans. Priority actions should include improving schools in environmentally disadvantaged neighborhoods, strengthening pedestrian and cycling infrastructure, reducing exposure to arterial roads, expanding green and permeable surfaces, enhancing energy performance, ensuring accessibility for students with disabilities, and directing future facilities toward ecologically suitable underserved areas.

The study concludes that the existing spatial distribution of upper secondary schools in Babol is insufficiently aligned with the requirements of an ecologically oriented sustainable city. The current pattern combines excessive concentration in several central neighborhoods with inadequate provision and weaker environmental conditions in peripheral areas, thereby reinforcing spatial inequality and limiting equitable access to sustainable educational services. Although environmental quality was identified as the most influential dimension and appropriate school location exhibited a very strong relationship with sustainable-city achievement, these priorities have not been fully reflected in the actual urban distribution of schools. The present system therefore requires a fundamental shift from reactive and building-centered planning toward an integrated ecological and spatial strategy. Future school planning should simultaneously address environmental health, physical quality, compatibility with neighboring land uses, social equity, active transportation, public-transit access, safety, green-space provision, energy efficiency, and the functional needs of students. Existing schools in unsuitable zones should be environmentally upgraded where relocation is impractical, while new facilities should be directed toward underserved neighborhoods and areas with greater ecological capacity. Through coordinated action among urban planners, educational authorities, environmental agencies, and local communities, upper secondary schools can become active components of a connected urban ecological network and contribute to a more balanced, inclusive, healthy, and sustainable Babol.

References

1. Navabi SA. Designing sustainable urban space with an ecological approach: Case study of Nazhvan neighborhood [Master's thesis]: Sheikh Bahaei University; 2024.
2. Moradi F. Analysis of the spatial distribution of non-profit schools with a social justice approach: Case study of urban non-profit schools in Zanjan [Master's thesis]: University of Zanjan; 2023.
3. Heydarzadeh M, Sharif-Nejad J. Examining the components of green schools with a sustainable architecture approach: Case study of elementary schools in Urmia. *Environmental Research and Technology*. 2022;14(11):93-102.
4. Naeimi Shirmard A, Sadeghian H-A, Ghaneian M, Jam-Barsang S, Meybodi H, Hejazi Shirmard M. Assessing the compliance of elementary schools in Tehran's District 3 with sustainable school indicators. *Toloo-e Behdasht*. 2020;19(15):1-11.
5. Zarei M, Motamednia F, Mirzakoochak Khoshnevis A. Presenting a model for evaluating the impact of key green school factors on students' learning. *Educational Leadership and Management Quarterly*. 2021;15(3):107-22.
6. Sodiq A, Baloch AB, Shoukat N, Mohamoud Jama A. Towards modern sustainable cities: Review of sustainability principles and trends. *Journal of Cleaner Production*. 2019;227:972-1001.
7. Khalkhali A, Gharamani S. Comprehensive quality management: Predicting the value of quality institutionalization in schools. *New Approach in Educational Management*. 2012;3(10):1-20.
8. Alirezaei M, Karimzadeh H, Zarei A. Spatial analysis of secondary schools in District 1 of Tabriz metropolis using multi-criteria decision-making techniques and GIS. *New Perspectives in Human Geography*. 2021;13(4):27-53.
9. Salimi Sobhan M, Mansouri K. An analysis of the spatial distribution of educational centers and their appropriate organization: Case study of Piranshahr. *Journal of Territorial Geographic Engineering*. 2020;4(8):445-59.
10. Taei H, Shabiri SM, Hatami J, Larijani M. Designing a sustainable schools model for developing sustainable cities based on the analytic network process (ANP). *Environmental Education and Sustainable Development*. 2019;8(2):121-36.
11. Tabibzadeh KA-S, Ardashiri M, Banazadeh B. Examining the architecture of educational spaces with emphasis on improving spatial qualities: Girls' upper-secondary schools in Shiraz. *Architecture Studies*. 2020;3(15):1-22.

12. Goldman D, Ayalon O, Baum D, Weiss B. Influence of green school certification on students' environmental literacy and adoption of sustainable practice by schools. *Journal of Cleaner Production*. 2018;183:1300-13.
13. Akbariarmand M, Babae F, Mohammadi A, Mohammadnejad N. Comparison of the level of knowledge and environmental attitudes of high school students in environmental school and non-environmental school in order to achieve sustainable development goals. *Sustainability, Development and Environment Quarterly*. 2016;3(2):81-9.
14. Chang CC, Leitner H, Sheppard E. A green leap forward? Eco-state restructuring and the Tianjin-Binhai Eco-City model. *Regional Studies*. 2016;50(6):929-43.
15. Karami P. Redesigning educational spaces of kindergartens in Ilam city with an ecological approach [Master's thesis]: Bakhtar Institute of Higher Education, Ilam; 2018.
16. Biswas R, Jana A, Arya K, Ramamritham K. A good-governance framework for urban management. *Journal of Urban Management*. 2019;8(2):225-36.
17. Esmati Z, Edalatjoo T. Analyzing the role of upstream documents and development plan laws of the Islamic Republic of Iran in environmental protection. *Journal of Environmental Science and Technology*. 2020;22(5):239-54.
18. Rasouli SH, Molania Jeloudar S, Malmir M, Noupour Houlari F. Sociology of urban development with emphasis on the conflict between competition and cooperation: Field study of Sari city. *Journal of Society and Politics Studies*. 2024;2(8).
19. Hodson CB, Heather AS. Green urban landscapes and school-level academic performance. *Landscape and Urban Planning*. 2017;160:16-27.
20. Bakhshi A, Alizadeh Fard A, Rasouli SH. Measuring livability indicators in Iranian cities: Case study of Babol. *Urban and Regional Sustainable Development Studies*. 2022;3(2):24-40.
21. Register R. *Ecocity Summit Report*. San Francisco; 2008.
22. Shokri Firouzjah P, Seyd Beygi S, Kianzhad Z, Rasouli SH. Spatial analysis of small cities in Babol County based on urban livability indicators. *Urban Social Geography*. 2021(18):113-27.
23. Eslamiyeh F, Oladian M, Safari M. Prioritizing the components of green schools using a fuzzy approach in Iran's education system. *New Approach in Educational Management*. 2020;11(1):83-103.
24. Haji Molla Hossein P, Ghorbani B, Afshin, editors. *Sustainable architecture in schools with an approach to green life and dynamism in design*. Fourth International Conference on Modern Studies in Civil Engineering, Architecture, Urban Planning, and Environment in the 21st Century; 2020; Tehran.