فصلنامه مطالعات فضا و مکان

دوره ۳، شماره ۱، صص.۹۴-۸۵، پائیز ۱۴۰۳

ترجمه انگلیسی این مقاله با عنوان:
Lessons Learned from Singapore's Livability and Examining its Feasibility in Shiraz using the Fuzzy TOPSIS Method
در همین شماره به چاپ رسیده است.

درس آموخته‌های زیست‌پذیری سنگاپور و بررسی میزان تحقق‌پذیری آن در شهر شیراز با روش تاپسیس فازی

سعیده ساختمانی*[۱]، محمود رحیمی[۲]

۱. دانشجوی دکتری شهرسازی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲. دانشیار گروه شهرسازی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

کیفیت فضای شهری

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۲/۲۳
تاریخ بازنگری:
//
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۳/۷
تاریخ انتشـار:
۱۴۰۳/۹/۲۸

چکیده:

امروزه از یک سو رشد بی‌رویه شهرها و نبود برنامه‌ریزی و طراحی مناسب در ساخت باغشهرها در حومه‌های شهر و از سویی دیگر ساخت مجتمع‌های مسکونی فشرده باعث تخریب محیط زیست شهری و کاهش زیست‌پذیری شهری شده است. زیست‌پذیری شهری یکی از معیارهای اساسی برای سنجش کیفیت زندگی در مناطق شهری است که با ارتقاء آن، می‌توان کیفیت زندگی شهری را بهبود بخشید و باعث رضایت شهروندان در زمینه‌های مختلف شد. این تحقیق با هدف بهره‌مندی از درس‌آموخته‌های کشور سنگاپور در راستای تحقق‌پذیری زیست‌پذیری شهری در شهر شیراز پرداخته شده است. سنگاپور علی‌رغم محدودیت‌های زمین به عنوان یکی از قابل زندگی‌ترین و زیست‌پذیرترین کشورها رتبه‌بندی شده است. دکتر چئونگ هن (Cheong Koon Hean) به عنوان مدیر عامل هیئت مسکن و توسعه سنگاپور یک مدلی با عنوان تراکم زیست‌پذیر (livable density) برای طراحی مسکن اجتماعی در سنگاپور ارائه می‌دهد. در دهه‌های اخیر باغشهرها پراکنده و مسکن‌های اجتماعی فشرده‌ای در شیراز ساخته شده است. همچنین الکساندر میچرلیخ به عنوان شهرشناس معتقد است زندگی شهرنشینی نیاز به تراکم ویژه‌ای دارد؛ نه می‌توان در مناطقی همچون باغشهرها تراکم‌زدایی نمود و نه می‌توان در مسکن‌های اجتماعی متراکم به‌هم فشرد. از این رو بهره‌مندی از مدل تراکم زیست‌پذیر استفاده شده در سنگاپور جهت تحقق زیست‌پذیری در شهر شیراز درس‌آموخته‌ای مفید است. در این تحقیق، از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تاپسیس فازی برای تحلیل وضعیت زیست‌پذیری مناطق مختلف شیراز استفاده شده است. ابتدا شاخص‌های مختلف زیست‌پذیری شامل تراکم جمعیت، سرانه فضای سبز، کیفیت آب شناسایی و داده‌های مربوط به آن جمع‌آوری شده است. سپس با استفاده از مدل تاپسیس فازی، فاصله هر منطقه از ایده آل مثبت و منفی محاسبه و رتبه‌بندی نهایی بر اساس این شاخص‌ها انجام شده است.

واژگان کلیدی:
زیست‌پذیری شهری،
سنگاپور،
شهر شیراز،
کیفیت شهری،
تاپسیس فازی.

* **نویسنده مسئول :** *+989307183268* , *ssakhtemani1995@gmail.com*

مقدمه

طی نیم قرن گذشته، افزایش سریع جمعیت شهری به ویژه در کشورهای در حال توسعه، موجب تحولات گسترده‌ای در ساختار فیزیکی و اجتماعی شهرها شده است. (Ibrahim et al., 2002)

این فرآیند، به دلیل عدم وجود برنامه‌ریزی‌های کارآمد و کمبود زیرساخت‌های مورد نیاز، باعث بروز مشکلاتی در زمینه‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی شده است. (Hedblom et al., 2008)

این رشد سریع، در کنار چالش‌هایی همچون نبود خدمات بهداشتی و درمانی، کمبود فضاهای سبز و آلودگی‌های زیست‌محیطی، موجب کاهش کیفیت زندگی شهری و نارضایتی شهروندان گردیده است. یکی از مفاهیم اساسی در مواجهه با این چالش‌ها، مفهوم "زیست‌پذیری شهری" است. زیست‌پذیری به معنای فراهم آوردن فضایی برای زندگی که نه تنها نیازهای اساسی انسان‌ها را تأمین کند، بلکه موجب تعاملات اجتماعی، رفاه و سلامت شهروندان شود، در نظر گرفته می‌شود. در واقع، زیست‌پذیری به مجموعه‌ای از شرایط اشاره دارد که در آن شهروندان بتوانند در محیطی سالم و پایدار زندگی کنند و از خدمات بهداشتی، آموزشی، مسکن و حمل و نقل مناسب بهره‌مند شوند (National Research Council, 2002). بنابراین، توجه به این مفهوم به عنوان یک ابزار ارزیابی و بهبود کیفیت زندگی شهری، امری ضروری برای برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان شهری است.

سنگاپور به عنوان یکی از زیست‌پذیرترین کشورها رتبه‌بندی شده است، بنابراین مطالعه و شناسایی عوامل تاثیرگذار در زیست‌پذیری سنگاپور می‌تواند در تحقق هدف برنامه‌ریزی و طراحی شهری همسو با مفهوم زیست‌پذیری در شهر شیراز موثر واقع شود. برنامه‌ریزی‌های ناکارآمد و رشد بی‌رویه شهری، موجب شده است که شهر شیراز کمتر بتواند فضایی زیست‌پذیر و با کیفیت زندگی مناسب برای شهروندان خود فراهم آورد. در سال‌های اخیر در شیراز ساخت باغ‌شهرها و ساده‌انگاری در ایجاد شهرک‌های خوابگاهی بدون توجه به ارزش‌های انسانی مشکلات فراوانی را بوجود آورده و مولفه زیست‌پذیری و ابعاد دیگر زندگی شهری فراموش شده است. این باغشهرها فاقد طراحی منظر مناسب و هماهنگ با محیط شهری است و تنها فقط به کاشت چند درخت و تعبیه استخر محدود شده که منجر به تنش آبی، هدر رفت منابع آبی، هزینه نگهداری، فضای سبز غیرقابل استفاده و مخاطره انداختن مسائل زیست‌محیطی و زیست‌پذیری شهری شده است. در این راستا، مفاهیم و شاخص‌های مختلفی برای سنجش زیست‌پذیری شهری مطرح شده است. در این تحقیق، با استفاده از مدل تاپسیس فازی، به تحلیل و ارزیابی وضعیت زیست‌پذیری در مناطق مختلف شهر شیراز پرداخته خواهد شد. مدل TOPSIS به دلیل قابلیت‌های خود در ارزیابی چندمعیاره و تطبیق آن با شرایط محیطی و اجتماعی مختلف، به عنوان یک ابزار مؤثر برای سنجش زیست‌پذیری شهری انتخاب شده است. این مدل به برنامه‌ریزان شهری کمک می‌کند تا مناطق با بالاترین و پایین‌ترین کیفیت زیست‌پذیری را شناسایی کنند و در نهایت، تصمیمات بهتری برای بهبود کیفیت زندگی شهروندان اتخاذ نمایند.

مبانی نظری

• مفهوم زیست‌پذیری شهری

زیست‌پذیری شهری به عنوان یکی از مفاهیم کلیدی در مطالعات برنامه‌ریزی شهری است و بر کیفیت زندگی شهروندان در محیط‌های شهری تأکید دارد. این مفهوم از اواخر دهه ۱۹۸۰ و با تأکید بر بهبود شرایط زندگی در شهرهای بزرگ و مقابله با چالش‌های ناشی از گسترش بی‌رویه حومه‌ها و ایجاد محیط‌های شهری بی‌روح، به طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفت. اولین بار توسط سوزان و هنری لنارد در کتاب "شهرهای زیست‌پذیر" (۱۹۸۷)، زیست‌پذیری به عنوان یک مفهوم اجتماعی و شهری معرفی شد. (بندرآباد،۱۳۹۰)در این دیدگاه، زیست‌پذیری شهری فراتر از تأمین نیازهای اولیه انسان‌ها، به برآورده کردن نیازهای اجتماعی، اقتصادی و محیطی شهروندان اشاره دارد.

زیست‌پذیری شهری به مجموعه‌ای از ویژگی‌ها اطلاق می‌شود که یک شهر را برای زندگی، کار، و تعاملات اجتماعی مناسب می‌سازد. این ویژگی‌ها می‌توانند شامل دسترسی به خدمات و امکانات شهری، امنیت، فضای سبز، حمل و نقل عمومی کارآمد، و مشارکت اجتماعی باشند. در واقع، زیست‌پذیری شهری به گونه‌ای طراحی و برنامه‌ریزی شده است که نه تنها کیفیت زندگی انسان‌ها را ارتقا بخشد، بلکه به توسعه پایدار محیطی نیز توجه دارد.(Thompson, 2007)

• نظریه‌های زیست‌پذیری شهری

نظریه‌های مختلفی در خصوص زیست‌پذیری شهری مطرح شده است که از مهم‌ترین آنها می‌توان به نظریه‌های آبراهام مازلو (۱۹۷۰) و اپلیارد (۱۹۸۱) اشاره کرد. نظریه مازلو که به هرم نیازها مشهور است، در ابتدا برای توضیح نیازهای انسانی در سطح فردی مطرح شد، اما در مقیاس اجتماعی و شهری نیز قابل کاربرد است. براساس این نظریه، انسان‌ها ابتدا به دنبال برآوردن نیازهای اساسی خود مانند تأمین غذا، مسکن و امنیت هستند و سپس به سراغ نیازهای اجتماعی و روان‌شناختی خود می‌روند .(Radchiff, 2001) در این چارچوب، زیست‌پذیری شهری به محیطی اطلاق می‌شود که این نیازها را در سطح اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و زیست‌محیطی فراهم کند.

از سوی دیگر، دانلد اپلیارد (۱۹۸۱) و آلن جیکوبز هفت هدف ضروری برای محیط‌های شهری زیست‌پذیر ارائه کردند که شامل «زیست‌پذیری»، «هویت و کنترل»، «دسترسی به فرصت‌ها»، «صحت و معنا»، «همبستگی و زندگی عمومی»، «اعتماد به نفس شهری» و «یک محیط برای همه» است. این اهداف بر اهمیت تعاملات اجتماعی و طراحی فضاهای شهری که مردم بتوانند در آنها زندگی و فعالیت کنند، تأکید دارند.(بندرآباد، ۱۳۹۰)

• رابطه زیست‌پذیری و تراکم

میان زیست‌پذیری شهری، کیفیت زیست محیطی شهرها و تراکم رابطه‌ای آشکار وجود دارد. بررسی تراکم شهرها و چگونگی همبستگی تراکم شهر با ویژگی‌های جمعیتی، اقلیمی و سکونتی هر شهر بر زیست‌پذیری و کیفیت زندگی شهری تاثیرگذار است. مبحث تراکم و تراکم مطلوب یا بهینه، خود زیربخشی از مبحث توسعه شهر است. (عزیزی،۱۳۹۳)

برای مثال آنچه در چند شهر بزرگ ایران اتفاق افتاده افزایش بلندمرتبه‌سازی در نواحی و خیابان‌های پرتراکم و شلوغ شهری است که نه تنها مسائل موجود و خدمات‌رسانی را پیچیده‌تر کرده است، بلکه ترافیک و بسیاری از مسائل شهری را به شکل بغرنج‌تری درآورده، زیرا در این گونه موارد، نه تنها به امکانات محیطی توجه نشده بلکه حتی به موضوع تراکم جمعیت و امکانات شبکه ارتباطات شهری نیز دقت نمی‌شود و در مواردی مشاهده می‌شود که در یک ناحیه یا منطقه شهری که تا حدود دو دهه پیش در آن یک تراکم جمعیتی کمابیش مناسب وجود داشت، اینک تراکم جمعیت به پنج تا ده برابر افزایش یافته بی آن‌که شبکه ارتباطات شهری، فضای سبز و شبکه خدمات شهری به صورت مناسبی دگرگون و مناسب‌سازی شده باشد. (سلطان‌زاده، ۱۳۹۰) همچنین توجه به اثرات پراکنده‌رویی دارای اهمیت است زیرا حومه‌های نا به سامان شهرها که پیرامون اکثر شهرهای دنیا دیده می‌شود یکی از علل مهم پیدایش آسیب‌های متعدد اجتماعی هستند که باعث غیرقابل زیست نمودن محیط شهری شده است. برای دستیابی به زیست‌پذیری شهری لازم است از گسترش لکه‌های نامنسجم پراکنده و بی‌رویه و ناموزون شهرها پرهیز نمود و به سامان‌دهی از درون پرداخت. (ریچارد راجرز،۱۹۹۵)

به باور جین جیکوبز باغشهر هاوئرد نتوانست یک شهر واقعی را برنامه‌ریزی نماید، پراکندگی و نبود تراکم مناسب در باغشهرها شهروندان را ناگزیر به استفاده‌ی بیشتر از خودروی شخصی می‌نماید. همچنین جیکوبز معتقد بود تراکم بالای ساختمانی و تعداد زیاد واحد مسکونی در یک قطعه باعث همسان شدن شدید واحدها و یکنواختی در طرح می‌شود. (پاکزاد، ۱۳۹۴) الکساندرمیچرلیخ شهرشناس آلمانی باغشهرها و مناطق مسکونی حومه‌ای را غیرمسئولانه ارزیابی کرد و همچنین مجتمع‌های مسکونی بلندمرتبه‌ی انبوه پرتراکم را نیز صورتی دیگر از حاشیه‌نشینی می‌دانست.

درس‌آموخته‌های زیست‌پذیری سنگاپور

دکتر چئونگ هن (Cheong Koon Hean) در شکل دادن و طراحی بسیاری از مناظر شهری سنگاپور تاثیرگذار بوده است. همچنین نقش کلیدی در پروژه خلیج مارینا (Marina Bay) و توسعه شهر جدید سنگاپور داشته است. دکتر چئونگ هن به عنوان مدیر عامل هیئت مسکن و توسعه پایداری، بلوک‌های مسکونی بلندمرتبه آژانس را بهبود بخشیده است و ۸۲ درصد از شهروندان کشور را در خود جای داده است. دکتر چئونگ هن یک مدلی با عنوان تراکم زیست‌پذیر (livable density) برای طراحی مسکن اجتماعی در سنگاپور ارائه می‌دهد و در آن از فناوری‌های سیستم‌های هوشمند جهت دستیابی به شهری زیست‌پذیر و در عین حال هوشمند استفاده می‌نماید. در پروژه طرح‌های جدید HDB برای ساخت مسکن عمومی از برنامه‌ریزی هوشمند و فناوری هوشمند برای ایجاد

محیطی پایدارتر، زیست‌پذیر و ایمن برای ساکنان استفاده شده است (شکل شماره ۱).

شکل شماره ۱) پروژه مسکن HDB در سنگاپور

برابر شود. با توجه به محدودیت‌های زمین، سنگاپور چاره‌ای جز اتخاذ یک مدل توسعه با تراکم بالا برای بهینه‌سازی زمین خود برای متناسب کردن با همه نیازها را ندارد. با این حال، علی‌رغم محدودیت‌های زمین و منابع، سنگاپور به عنوان یکی از قابل زندگی‌ترین و زیست‌پذیرترین شهرها رتبه‌بندی شده است. طراحان سنگاپور در آسیا سعی می‌کنند «تراکم زیست‌پذیر یا تراکم قابل زندگی» ایجاد کنند.

اقدامات انجام شده در راستای دستیابی به زیست‌پذیری در سنگاپور به شرح زیر است:

- **دستیابی به تراکم زیست‌پذیر (livable density):**

این در مورد دستیابی به یک محیط زندگی باکیفیت با وجود تراکم بالا است. تراکم زیست‌پذیر می‌تواند فرصت‌ها، تنوع و راحتی ایجاد کند. با تراکم بالا، می‌توان نزدیکی و دسترسی آسان‌تر به طیف وسیع‌تری از امکانات (فروشگاه‌ها، مدارس، سرگرمی‌ها، امکانات تفریحی، امکانات بهداشتی و غیره) را ارائه داد. همچنین استفاده شبکه‌های ریلی حمل و نقل عمومی راحت‌تر و مقرون به صرفه‌تر، که ازدحام ترافیک را کاهش می‌دهد. تراکم زیست‌پذیر همچنین به این معنی است که، حتی با ساختن گونه‌شناسی جدیدی از مسکن با تراکم بالا می‌توان با استفاده از پارک‌ها و امکانات تفریحی کافی، محیطی دلپذیرتر و سرسبز ایجاد نمود. در سنگاپور در پروژه‌های طراحی و توسعه ساختمان‌ها بسیار دقت شده به عنوان مثال در HDB (Singapore Housing & Development Board) انواع مختلفی از گونه‌شناسی مسکن مطالعه شده تا فضاهای زندگی و اجتماعی مناسبی ایجاد کنند که به خوبی تهویه شوند، با حس فضایی که با سبک زندگی ساکنان است متناسب باشد و پیوندهای اجتماعی را تشویق کند و بر روی دو مولفه زیست‌پذیری و پایداری تمرکز شده است. سنگاپور پیشرو در فناوری بتن پیش‌ساخته است، که آن را قادر می‌سازد تا به صورت مولد و مقرون به صرفه ساخت و ساز کند و در عین حال از مسکن باکیفیت اطمینان حاصل کند. در طراحی از طرح‌های پایداری مختلفی مانند فضای سبز، برداشت آب باران و استفاده از فتوولتائیک‌های خورشیدی (سلول‌های خورشیدی جهت تولید برق) برای تولید انرژی به کار رفته است. (Koon Hean, Cheong)

- **استفاده از فناوری‌های هوشمند در توسعه ساختمان‌های مسکونی بلندمرتبه در راستای ارتقا زیست‌پذیری:**

در دو دهه آینده، با توجه به پیشرفت‌های سریع در فناوری، سرعت تغییرات احتمالاً تسریع خواهد شد. برای سوار شدن بر موج تغییرات تکنولوژیکی، سنگاپور نیز این کار را برای تبدیل شدن آرزوها به یک ملت هوشمند انجام داده است. بهره‌گیری از نوآوری دیجیتال برای حمایت از جوامع قوی‌تر و زندگی بهتر و ا یجاد فرصت‌های بیشتر برای همه استفاده خواهد شد. پروژه HDB به عنوان بزرگترین توسعه دهنده مسکن در سنگاپور، دائماً مرزهای طراحی و برنامه‌ریزی شهری، را با بهره‌گیری از پیشرفت‌های فناوری برای ساخت شهرهای پایدار و هوشمند پیش می‌برد. پروژه مسکن HDB با سرمایه گذاری با آخرین فناوری اطلاعات و ارتباطات قابلیت زندگی، کارایی، پایداری و ایمنی را در املاک خود افزایش می‌دهد. تمرکز بر چهار بعد کلیدی است - برنامه‌ریزی هوشمند، محیط هوشمند، املاک هوشمند و زندگی هوشمند. هم شهرهای جدید و هم شهرهای موجود می‌توانند از کاربرد فناوری‌های هوشمند و راه‌حل‌های پایدار در سطح شهر بهره‌مند شوند. از آنجایی که همه مسکن‌های عمومی مجهز به کابل‌های فیبر نوری باند پهن هستند، بنابراین سنگاپور در موقعیت خوبی برای ساخت شهرهای هوشمندتر قرار دارد. به عنوان مثال، از همان ابتدا، از کامپیوتر و ابزارهای شبیه سازی و تحلیل داده ها در برنامه‌ریزی و طراحی شهر جهت ایجاد یک محیط زندگی مساعد، همراه با امکانات واقع در بهترین نقاط ممکن در داخل

املاک استفاده خواهد شد. در یک محیط مرتفع، چنین مدل سازی طراحان را قادر می‌سازد تا شهرهای خود را برای بهره‌مندی از جریان‌های باد مطلوب جهت بهبود بخشیدن کیفیت هوا طراحی کنند، همچنین استفاده از مدل‌سازی جهت مشخص نمودن موقعیت زمین‌های بازی در سایه، و برای نصب پنل‌های خورشیدی روی پشت‌بام ساختمان‌هایی که نور خورشید بیشتر است. اپلیکیشن‌های هوشمند نیز می‌توانند به ساکنان کمک کنند که املاک خود را بهتر نگهداری کنند. با استفاده از فناوری سنسور و تجزیه و تحلیل داده‌ها، می‌توان بر تجهیزات مختلف مانند پانل‌های خورشیدی، روشنایی و آسانسور برای اطمینان از عملکرد خوب آنها نظارت نمود ، و حتی اقدامات پیش‌بینی جهت نگهداری و نیاز به تعمیرات را انجام داد. این باعث بالا بردن اطمینان، کارایی و مقرون به صرفه بودن است. در داخل خانه، کاربردهایی مانند سیستم های مدیریت انرژی خانه، سیستم های هوشمند هشدار نظارت بر سالمندان و سلامت از راه دور می تواند زندگی روزمره را برای ساکنان آسان تر کند و باعث ارتقا زیست‌پذیری شد. (Koon Hean, Cheong)

روش تحقیق

تحقیق حاضر با هدف تحلیل زیست‌پذیری شهری با استفاده از مدل تاپسیس فازی، مطالعه موردی شهر شیراز را مورد بررسی قرار می‌دهد. رویکرد تحقیق توصیفی-تحلیلی است که به جمع‌آوری و تحلیل داده‌های کمی در خصوص وضعیت زیست‌پذیری شهر شیراز پرداخته و از داده‌های مختلف برای ارزیابی استفاده می‌کند، همچنین از درس‌آموخته‌های شور سنگاپور در زمینه تحقق زیست‌پذیری پرداخته شده است. در این تحقیق، از روش‌های کتابخانه‌ای و اسنادی برای گردآوری اطلاعات استفاده شده است.

• مدل تاپسیس فازی

یکی از مهم‌ترین مدل‌های تحلیل زیست‌پذیری، مدل‌های چندمعیاره هستند که به تحلیل و ارزیابی چندین شاخص به صورت همزمان پرداخته و امکان رتبه‌بندی مناطق مختلف بر اساس کیفیت زیست‌پذیری را فراهم می‌آورند. در این راستا، مدل TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) که برای ارزیابی چندمعیاره به کار می‌رود، در پژوهش‌های مختلفی برای سنجش زیست‌پذیری شهری استفاده شده است. این مدل یکی از روش‌های رایج در مطالعات تصمیم‌گیری چندمعیاره است که برای ارزیابی چندین شاخص و رتبه‌بندی گزینه‌ها با استفاده از داده‌های کمی به کار می‌رود. مدل TOPSIS با مقایسه گزینه‌های مختلف و شبیه‌سازی آن‌ها به بهترین و بدترین وضعیت ممکن، به شناسایی مناطق با بیشترین و کمترین کیفیت زیست‌پذیری کمک می‌کند (Yoon & Hwang, 1995). در این تحقیق، از مدل تاپسیس فازی به منظور رتبه‌بندی وضعیت زیست‌پذیری مناطق مختلف شهر شیراز استفاده شده است.

• فرمول‌های مدل تاپسیس فازی

در مدل تاپسیس فازی، مراحل مختلف شامل شناسایی شاخص‌ها، وزن‌دهی به آن‌ها، و سپس ارزیابی وضعیت مناطق مختلف انجام می‌شود. فرمول‌های اساسی این مدل عبارتند از:

۱.ساخت ماتریس تصمیم‌گیری فازی

$$D=\begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} X_1 & X_2 & & X_j & & X_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1j} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2j} & \cdots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ X_{i1} & X_{i2} & \cdots & X_{ij} & \cdots & X_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mj} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix} \end{array}$$

۲.نرمالایزر کردن ماتریس تصمیم

$$r_{ij}=\frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} X_{ij}^{\,2}}}$$

۳. وزن‌دهی به ماتریس نرمالایزر شده

۴. محاسبه فاصله از ایده‌آل مثبت و منفی: در این مرحله، فاصله هر گزینه از وضعیت ایده‌آل مثبت (Best) و وضعیت ایده‌آل منفی (Worst) محاسبه می‌شود.

فرمول فاصله از ایده‌آل مثبت به شکل زیر است:

$$S_{i*}=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(v_{ij}-v_j^{*}\right)^2} \qquad i=1,2,3,\cdots,m$$

فرمول فاصله از ایده‌آل منفی به شکل زیر است:

$$S_{i-} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2} \qquad i = 1,2,3,\cdots,m$$

محاسبه شاخص نزدیکی به ایده‌آل: نهایتاً، شاخص نزدیکی به ایده‌آل برای هر گزینه به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$C_{i*} = \frac{S_{i-}}{S_{i*} + S_{i-}}$$

- **روش وزن‌دهی شاخص‌ها**

برای وزن‌دهی شاخص‌ها، به جای استفاده از روش آنتروپی، می‌توان از روش‌های دیگر مانند روش وزن‌دهی مستقیم (که بر اساس نظر کارشناسان یا داده‌های موجود انجام می‌شود) یا روش مقایسات زوجی استفاده کرد. در این تحقیق، از روش مقایسات زوجی استفاده شده است، که در آن اهمیت هر شاخص نسبت به شاخص‌های دیگر تعیین می‌شود. این روش شامل مقایسه مستقیم هر شاخص با سایر شاخص‌ها و تخصیص وزن به آن‌ها بر اساس درجه اهمیت آن‌ها است. به این صورت که شاخص‌هایی که اهمیت بیشتری دارند، وزن بیشتری دریافت می‌کنند.

- **تحلیل داده‌ها و ارزیابی زیست‌پذیری**

پس از گردآوری داده‌ها و وزن‌دهی شاخص‌ها، مدل تاپسیس فازی برای تحلیل و ارزیابی زیست‌پذیری در شهر شیراز به کار گرفته شده است. این مدل با تحلیل مقادیر مربوط به هر شاخص و ارزیابی آن‌ها در مقایسه با وضعیت ایده‌آل، به رتبه‌بندی مناطق مختلف شیراز از نظر زیست‌پذیری می‌پردازد. فرآیند ارزیابی شامل تعیین میزان انحراف هر منطقه از وضعیت ایده‌آل است که در نهایت به تصمیم‌گیری‌های بهتر و مؤثرتر در زمینه بهبود شرایط زیست‌پذیری کمک می‌کند (Hwang & Yoon, 1981; Evans, 2002).

- **ماتریس تصمیم‌گیری**

برای تحلیل مدل تاپسیس فازی، ابتدا یک ماتریس تصمیم‌گیری بر اساس داده‌های جدول شماره۱ ایجاد می‌کنیم. این ماتریس شامل مقادیر شاخص‌ها برای هر یک از ۱۰ منطقه شهری شیراز است. شاخص‌های مختلفی مانند تراکم جمعیت، سرانه فضای سبز، و سرانه آب مصرفی در هر منطقه در جدول شماره۱ هستند.

- **جدول استاندارد**

در جدول شماره۲ جدول استاندارد شده برای شاخص‌های مختلف (تراکم جمعیت، سرانه فضای سبز و سرانه آب مصرفی) برای هر یک از مناطق ۱ تا ۱۰ شهر شیراز آورده شده است.

جدول شماره ۱) ماتریس تصمیم‌گیری

ردیف	شاخص	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	منطقه ۵	منطقه ۶	منطقه ۷	منطقه ۸	منطقه ۹	منطقه ۱۰
۱	تراکم جمعیت (نفر به ازای هر کیلومتر مربع)	112.79	297.57	211.00	211.00	297.02	143.04	186.43	233.00	211.00	305.00
۲	نرخ رشد جمعیت(%)	1.37	1.09	1.11	1.46	1.75	1.23	2.10	1.76	1.99	1.53
۳	سرانه فضای سبز عمومی (متر مربع)	0.88	1.10	1.56	0.95	1.23	0.98	0.85	0.75	0.86	1.40
۴	سرانه آب مصرفی (متر مکعب)	0.19	0.18	0.24	0.27	0.33	0.17	0.21	0.15	0.23	0.07

جدول شماره ۲) جدول استاندارد

ردیف	شاخص	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	منطقه ۵	منطقه ۶	منطقه ۷	منطقه ۸	منطقه ۹	منطقه ۱۰
۱	تراکم جمعیت (نفر/کیلومتر^2)	0	0.96	0.51	0.51	0.96	0.16	0.38	0.63	0.51	1
۲	سرانه فضای سبز (متر مربع)	0.16	0.43	1	0.25	0.59	0.28	0.12	0	0.14	0.80
۳	**سرانه آب مصرفی (متر مکعب)**	0.46	0.46	0.69	0.77	1	0.40	0.54	0.31	0.62	0

جدول شماره ۳) فاصله از ایده آل‌های مثبت و منفی

ردیف	منطقه	تراکم جمعیت (X_1)	سرانه فضای سبز (X_2)	سرانه آب مصرفی (X_3)	فاصله از ایده آل مثبت (D_i^+)	فاصله از ایده آل منفی (D_i^-)
۱	منطقه ۱	0	0.16	0.46	0.958	1.148
۲	منطقه ۲	0.96	0.43	0.46	1.208	0.691
۳	منطقه ۳	0.51	1	0.69	0.859	1.156
۴	منطقه ۴	0.51	0.25	0.77	1.190	0.597
۵	منطقه ۵	0.96	0.59	1	1.445	0.591
۶	منطقه ۶	0.16	0.28	0.40	0.839	1.069
۷	منطقه ۷	0.38	0.12	0.54	1.100	0.782
۸	منطقه ۸	0.63	0	0.31	1.221	0.782
۹	منطقه ۹	0.51	0.14	0.62	1.176	0.635
۱۰	منطقه ۱۰	1	0.80	0	1.020	1.280

مقادیر به دست آمده با استفاده از روش Min-Max Normalization در دامنه ۰ تا ۱ نرمال شده‌اند، که این امکان را می‌دهد که مقایسه بهتری بین مناطق مختلف و شاخص‌های مختلف داشته باشد.

• فاصله از ایده آل‌های مثبت و منفی

با توجه به جدول ۳ فاصله از ایده آل‌های مثبت و منفی که در مورد زیست‌پذیری شهری به مناطق مختلف شیراز داده شده است، می‌توان تحلیلی در خصوص وضعیت هر منطقه انجام داد. در اینجا، شاخص‌ها شامل تراکم جمعیت(X_1) ،

سرانه فضای سبز (X_2) و سرانه آب مصرفی (X_3) هستند. همچنین، دو شاخص مهم برای ارزیابی هر منطقه وجود دارد: فاصله از ایدهآل مثبت(D_i^+) ، که نشان‌دهنده فاصله منطقه از بهترین شرایط ممکن برای هر شاخص است، و فاصله از ایده آل منفی(D_i^-) ، که نشان‌دهنده فاصله منطقه از بدترین شرایط ممکن برای هر شاخص است. منطقه ۳ به عنوان بهترین منطقه از نظر زیست‌پذیری شناخته می‌شود، زیرا از نظر فاصله به ایده آل مثبت دارای فاصله نزدیکی است (فاصله ۰،۸۵۹) و از ایده آل منفی نیز فاصله مناسبی دارد. این منطقه دارای سرانه فضای سبز ۱ است که نشان‌دهنده وضعیت مطلوب آن در این زمینه است. همچنین، تراکم جمعیت آن ۰،۵۱ است که در مقایسه با دیگر مناطق، نشان‌دهنده وضعیت نسبتاً بهتری در این زمینه است. بنابراین، منطقه ۳ به دلیل تعادل در شاخص‌ها، بهترین شرایط زیست‌پذیری را دارد. براساس جدول های ۴ و ۵ می‌توان نتیجه گرفت که منطقه ۳ بهترین وضعیت زیست‌پذیری را از دیدگاه شاخص‌های مورد نظر دارند. در مقابل، منطقه ۵ وضعیت ضعیفی در مقایسه با سایر مناطق دارند. از این رو، نیاز به توجه ویژه و بهبود در زمینه‌های مختلف زیست‌محیطی و اجتماعی در برخی مناطق مانند منطقه ۵ وجود دارد. برای بهبود شرایط زیست‌پذیری، لازم است که در این مناطق اقدامات مناسبی در خصوص افزایش فضای سبز، کاهش تراکم جمعیت و بهینه‌سازی مصرف آب انجام شود.

نتیجه‌گیری

زیست‌پذیری شهری و کیفیت زندگی به طور مستقیم با یکدیگر مرتبط هستند. کیفیت زندگی به نحوه تجربه افراد از محیط‌های شهری و میزان رضایت آنها از شرایط زندگی‌شان در یک شهر اشاره دارد. مطالعه و پژوهش در رابطه با درس‌آموخته‌های زیست‌پذیری در سنگاپور حائز اهمیت است زیرا سنگاپور به عنوان کشوری که توانسته مفهوم زیست‌پذیری را به عنوان یکی از رویکردهای دستیابی به محیط شهری قابل زیست و باکیفیت در برنامه‌ریزی و طرح‌های شهری خود استفاده کند.

تحلیل وضعیت زیست‌پذیری مناطق مختلف شهر شیراز با استفاده از مدل تاپسیس فازی نشان‌دهنده تفاوت‌های قابل توجه در شاخص‌های مختلف زیست‌پذیری مانند تراکم

جدول شماره ۴) شاخص نزدیکی نسبی (CL)

ردیف	منطقه	فاصله از ایده‌آل مثبت (Di)	فاصله از ایده‌آل منفی (Di)	شاخص نزدیکی نسبی (CL)
۱	منطقه ۱	0.958	1.148	0.545
۲	منطقه ۲	1.208	0.691	0.363
۳	منطقه ۳	0.859	1.156	0.573
۴	منطقه ۴	1.190	0.597	0.334
۵	منطقه ۵	1.445	0.591	0.290
۶	منطقه ۶	0.839	1.069	0.561
۷	منطقه ۷	1.100	0.782	0.415
۸	منطقه ۸	1.221	0.782	0.390
۹	منطقه ۹	1.176	0.635	0.350
۱۰	منطقه ۱۰	1.020	1.280	0.556

جدول شماره ۵)
رتبه‌بندی مناطق بر اساس شاخص‌های زیست‌پذیری

ردیف	رتبه	منطقه	شاخص نزدیکی نسبی(CL)
۱	۱	منطقه ۳	0.573
۲	۲	منطقه ۶	0.561
۳	۳	منطقه ۱۰	0.556
۴	۴	منطقه ۱	0.545
۵	۵	منطقه ۷	0.415
۶	۶	منطقه ۸	0.390
۷	۷	منطقه ۹	0.350
۸	۸	منطقه ۲	0.363
۹	۹	منطقه ۴	0.334
۱۰	۱۰	منطقه ۵	0.290

جمعیت، سرانه فضای سبز، و سرانه آب مصرفی است. بر اساس محاسبات انجام‌شده و جدول‌های موجود، نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل فازی شامل فاصله هر منطقه از ایده آل‌های مثبت و منفی به طور مشخصی بیانگر وضعیت هر منطقه از نظر شاخص‌های زیست‌پذیری است.

مناطقی که در نزدیکی به ایده آل‌های مثبت قرار دارند، وضعیت زیست‌پذیری بهتری دارند. به عنوان مثال:

- منطقه ۳ با شاخص نزدیکی به ایده آل مثبت برابر با ۰,۸۵۹ و شاخص نزدیکی به ایده آل منفی برابر با ۱,۱۵۶ و شاخص نزدیکی نسبی ۰,۵۷۳بهترین وضعیت زیست‌پذیری را در بین سایر مناطق به خود اختصاص داده است.
- منطقه ۶ نیز با شاخص نزدیکی به ایده آل مثبت ۰,۸۳۹ و نزدیکی به ایده آل منفی ۱,۰۶۹و شاخص نزدیکی نسبی ۰,۵۶۱ در رتبه دوم قرار دارد و وضعیت خوبی از لحاظ زیست‌پذیری دارد.

در مقابل، مناطقی که به ایده آل‌های منفی نزدیک‌تر هستند، وضعیت زیست‌پذیری ضعیف‌تری دارند:

- منطقه ۵ با با فاصله زیاد از شاخص نزدیکی به ایده آل مثبت ۱,۴۴۵ و نزدیکی به ایده آل منفی ۰,۵۹۱ و شاخص نزیی نسبی ۰,۲۹۰در رتبه دهم و بدترین وضعیت قرار دارد بنابراین از نظر زیست‌پذیری نیاز به توجه و بهبود بیشتری دارد.
- منطقه ۴ نیز با فاصله زیاد از ایده آل مثبت (فاصله ۱,۱۹۰) و نزدیکی به ایده آل منفی (فاصله ۰,۵۹۷) و شاخص نزدیکی نسبی ۰,۳۳۴ در رتبه نهم قرار دارد و دارای وضعیت ضعیفی است که به برنامه‌ریزی‌های ویژه برای بهبود شاخص‌های زیست‌پذیری در این منطقه نیاز است.

با توجه به تحلیل‌های انجام‌شده، نتیجه‌گیری می‌شود که منطقه ۳ بهترین وضعیت را از لحاظ زیست‌پذیری دارد و باید به عنوان الگوی بهبود برای سایر مناطق در نظر گرفته شود . مناطق ۵ و ۴ که وضعیت ضعیف‌تری دارند، نیاز به توجه ویژه در زمینه‌های مختلف زیست‌محیطی و شهری دارند، به ویژه در زمینه‌های افزایش فضای سبز، کاهش تراکم جمعیت و بهینه‌سازی مصرف منابع آب.

در نهایت با فراهم نمودن زیرساخت‌ها و برنامه‌ریزی مناسب و ایجاد تعادل بین تراکم و فضای سبز و با مصرف بهینه آب می‌توان زیست‌پذیری شهری را ارتقا داد و برنامه‌ریزی‌های مطلوبی برای توسعه زیست‌پذیر در شهر شیراز انجام گیرد که باعث بهبود رتبه‌بندی نهایی شود.

فهرست منابع:

عزیزی، محمد مهدی. (۱۳۹۳)، **تراکم در شهرسازی**، انتشارات دانشگاه تهران.

سلطان‌زاده، حسین. (۱۳۹۰)، **از خانه تا برج، معماری و طراحی داخلی برج‌های مسکونی**، معماری و فرهنگ شماره ۴۴.

بندرآباد، علیر ضا.(۱۳۹۰) . **شهر زیست‌پذیر: از مفاهیم تا مصادیق** . تهران: انتشارات آذرخش.

پاکزاد، جهانشاه. (۱۳۹۴)، **سیر اندیشه‌ها در شهرسازی(۲)**، انتشارات آرمانشهر.

راجرز، ریچارد، **شهرهای پایدار برای سیاره‌ای کوچک**، ترجمه خسرو افضلیان (۱۳۹۲)، انتشارات کتابکده کسری.

Koon Hean, Cheong (phd), **nation – building, Singapore style: better living through density**.

Yoon, K. P., & Hwang, C. L. (1995**). Multiple attribute decision making: An introduction**. Springer.

Evan, R. (2002). **Sustainability and livability: Two sides of the same coin**. Journal of Urban Planning, 24(2), 98–110.

Evans, J. (2002). **Urban sustainability and the role of environmental policy**. Urban Studies, 39(5), 1025–1043.

Hedblom, M., et al. (2008). **Urban planning and environmental impacts: A review of the global cities**. Journal of Environmental Management, 62, 12–23.

Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981**). Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications**. Springer-Verlag.

Ibrahim, M. K., et al. (2002**). Urbanization and its effects on public services in developing countries**. Environment and Urbanization, 1, 1–16.

National Research Council. (2002**). Sustainable Urban Development: The Role of Urbanization in the Environmental and Economic Sustainability of Cities**. Washington, DC: National Academy Press.

Yoon, K. P., & Hwang, C. L. (1995**). Multiple Attribute Decision Making: An Introduction**. Springer-Verlag