جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱٤۰۵، دوره۹ شماره۳، صص۳٤٤-۳۲۹

اثرات توسعه شهری برمنابع زیست محیطی با استفاده از روش تاپسیس با رویکرد توسعه پایدار(مطالعه موردی: شهر کرج)

محمدمهدی بهرامی[۱]، سعیدکامیابی[×۲]، محمدرضا زند مقدم[۳]

۱. دانشجوی دکتری گروه جغرافیاوبرنامه ریزی شهری،واحدسمنان،دانشگاه آزاداسلامی،سمنان،ایران،

0384198872@iau.ir

۲. استاد گروه جغرافیاوبرنامه ریزی شهری،واحدسمنان،دانشگاه آزاداسلامی،سمنان،ایران (نویسنده مسئول)

s.kamyabi@iau.ir

۳. دانشیار گروه جغرافیاوبرنامه ریزی شهری،واحدسمنان،دانشگاه آزاداسلامی،سمنان،ایران،

dr.zandmoghadam@iau.ir

تاریخ دریافت:۱٤۰۵/۰۳/۰۳ تاریخ بازنگری:۱٤۰۵/۰٤/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۵/۰۵/۱۸

چکیده

توسعه پایدار شهری در دوره پسامدرن دارای جنبه‌های گوناگونی است اما بر جنبه زیست محیطی آن تاکید شده است. رویکردهای اکولوژیکی بیشتر با هدف حفاظت منابع طبیعی وآشتی دادن انسان مدرن و طبیعت در فضای شهری مطرح شده است. شهر کرج نیز به واسطه تحولات بسیار زیاد در بستر زمانی محدود با شرایطی مواجه است که موانع و مسائل بر مسیر توسعه آن قرار گرفته است. این شهر از یک سو بنا به موقعیت مکانی خاص خویش یعنی قرارگیری در مسیر شاهراه ارتباطی غرب کشور و مجاورت شهر تهران و نیز استعدادهای محیطی فوق العاده‌اش و داشتن کارخانه‌ها و مناطق صنعتی از اهمیت ویژه‌ای در فرآیند توسعه منطقه‌ای برخوردار شده است. هدف اصلی این پژوهش، شناسایی نقاط ضعف و قوت و ارائه یک پیشنهاد راهبردی در احیای ساختار زیست محیطی شهر کرج است. روش تحقیق از نظر هدف کاربردی و از نظر روش و ماهیت توصیفی-تحلیلی است. جمع آوری اطلاعات به صورت اسناد کتابخانه‌ای، مشاهدات، پرسشنامه‌ای و نظرات کارشناسان و مدیران مربوطه بوده است. همچنین جهت تعیین حجم نمونه و تعداد پرسشنامه‌های مورد نیاز، از فرمول آماری کوکران بهره گرفته شد. برای اولویت‌بندی راهبردهای حاصل از روش TOPSIS همراه با مدل BOT توسط نرم‌افزار اکسل انجام شد. نتایج نشان می‌دهد در شهر کرج آلودگی آب و خاک کمتر از میانگین بوده ولی آلودگی هوا و صوت با میزان به ترتیب ۲,۷۵٦ و ۲,٤٦۵ درصد بیشترین میزان تاثیر را دارا می‌باشند. مطابق یافته‌ها مشخص شد که روند شتابان شهرنشینی و هجوم گسترده مهاجران، موجب توسعه فیزیکی، تخریب و از بین رفتن باغ‌ها و اراضی کشاورزی شده است.

واژگان کلیدی: توسعه شهری، محیط زیست، توسعه پایدار، تاپسیس، شهر کرج.

doi: 10.22034/gahr.2026.578945.2742 شاپا الکترونیکی:2645-3851

مقدمه

رشد جمعیت و گسترش شهرنشینی با تخریب و نابودی محیط‌های طبیعی، بهره‌برداری بی‌رویه از منابع همراه بوده است که از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی کشور در دهه‌های اخیر به شمار می‌روند. تغییرات سریع در کاربری اراضی و افزایش کاربری‌های ساخت انسان موجب تغییرات عمده و عمیق در ساختار و کارکرد اکولوژیکی سیمای زمین شده و پیامدهای گسترده‌ای در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ایجاد کرده است. مطالعات متعدد نشان می‌دهد که کاهش تنوع زیستی، تخریب پوشش گیاهی، فرسایش خاک، کاهش منابع آب شیرین، سیلاب‌های پیاپی و گسترش بیابان‌زایی، حاصل فرآیندهای پیچیده‌ای هستند که مدیریت آن‌ها نیازمند نگرشی سیستمی و یکپارچه است(آزاده عروه، ۱٤۰۰: ۲۵). در این میان، توسعه پایدار به‌عنوان چارچوبی اساسی برای بهره‌برداری صحیح از منابع آب و خاک، بیش از گذشته مورد توجه پژوهشگران و برنامه‌ریزان قرار گرفته است(آزاده عروه، ۱٤۰۰: ۲۹). حرکت به سوی توسعه پایدار مستلزم اصلاح الگوهای مدیریتی، توجه به توان اکولوژیکی سرزمین و ارتقای آگاهی عمومی نسبت به پیامدهای بهره‌برداری نادرست از منابع طبیعی است. ازاین‌رو بررسی الگوهای تغییر کاربری زمین‌ها، پیامدهای شهرنشینی و تأثیر آن بر محیط‌زیست، ضرورتی علمی و اجرایی دارد.

امروزه بیش از نیمی از جمعیت جهان در شهرها سکونت دارند. شهرها از یک‌سو به‌عنوان کانون‌های اصلی توسعه اجتماعی، اقتصادی و فضایی شناخته می‌شوند و از سوی دیگر، بستر شکل‌گیری بخش قابل توجهی از چالش‌ها و مسائل اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی به شمار می‌آیند. به‌بیان دیگر، نمودهای مثبت و منفی توسعه بیش از هر جای دیگر در شهرها ظاهر می شود. بر اساس گزارش سازمان ملل، در سال ۱۹۰۰ تنها حدود ۱۰ درصد جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کردند، در حالی‌که این رقم در سال ۲۰۰۳ به حدود ۵۰ درصد رسید. همچنین پیش‌بینی می شود جمعیت شهری تا سال ۲۰۳۰ به حدود ۵ میلیارد نفر و تا سال ۲۰۵۰ به بیش از ٦/۳ میلیارد نفر برسد؛ به عبارتی نزدیک به ۷۰ درصد جمعیت جهان در شهرها ساکن خواهند بود (Enquist & Sebhatu, 2018: 440). در این پژوهش رویکرد توسعه پایدار به عنوان مبنا در نظر گرفته شده است. ایده توسعه پایدار بر این اصل بنیادین تأکید دارد که بهبود کیفیت و سطح زندگی انسان باید به‌گونه‌ای دنبال شود که منجر به بهره‌برداری بی‌رویه از منابع طبیعی و تخریب محیط‌زیست نشود. این رویکرد بر حفظ ظرفیت‌های زیستی زمین و صیانت از منابع مشترک بشری برای نسل‌های حاضر و آینده تأکید می‌کند. شکل‌گیری مفهوم توسعه پایدار را می‌توان واکنشی به پیامدهای الگوهای رشد متعارف دانست؛ الگوهایی که تحت تأثیر تحولات اقتصادی، افزایش جمعیت، تغییرات سیاسی و گسترش فعالیت‌های انسانی، فشارهای گسترده‌ای بر محیط‌زیست وارد کرده‌اند. در واقع، گسترش نگرانی‌های جهانی درباره بحران‌های زیست‌محیطی و نابرابری‌های توسعه‌ای، زمینه‌ساز ظهور و تقویت این رویکرد در ادبیات برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری شد (Mouazen & Hernández,2020: 347).

در دهه‌های اخیر، توجه به ارتقای کیفیت زندگی شهری و پایداری محیطی، اقتصادی و اجتماعی به‌عنوان محورهای اصلی تحقق اهداف توسعه پایدار ۲۰۳۰ سازمان ملل مطرح شده است. در این راستا، هدف یازدهم توسعه پایدار بر ایجاد شهرها و اجتماعاتی ایمن، فراگیر و پایدار تأکید دارد و ارزیابی سطح پایداری شهرها را به ضرورتی اجتناب‌ناپذیر تبدیل کرده است(Xu et al., 2021: 290). توسعه شتابان شهرنشینی و گسترش شهرگرایی در ایران، به شکل‌گیری شکاف‌های گسترده اجتماعی و اقتصادی در مناطق شهری انجامیده است. افزایش سریع جمعیت، در کنار فقدان برنامه‌های منسجم برای رشد اجتماعی–اقتصادی و نبود راهبردهای کارآمد در توسعه شهری، موجب تشدید بیکاری، تورم، افزایش قیمت مسکن، ازدحام ترافیک و گسترش حاشیه‌نشینی شده است؛ روندی که بیش از همه در کلان‌شهرهای کشور نمود یافته است(Pilehvar, 2021: 61). مفهوم توسعه پایدار نتیجه افزایش آگاهی جهانی نسبت به چالش‌های محیط‌زیستی، مسائل اجتماعی–اقتصادی، فقر و نابرابری است که سرنوشت انسان و محیط را به‌طور متقابل به یکدیگر پیوند می‌دهد(حبیب پور و عابدینی، ۱٤۰۳: ۱۲). هرچند ادبیات اولیه توسعه پایدار بیشتر بر ابعاد محیط‌زیستی متمرکز بوده، اما دستیابی به پایداری بدون ارتقای سطح قابل‌قبولِ شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی ممکن نیست. با توجه به رشد جمعیت و تمرکز فعالیت‌های اقتصادی در شهرها ـ به‌ویژه شهرهای کوچک ـ توجه به ابعاد اجتماعی و اقتصادی پایداری و چالش‌های مرتبط با آن برای تحقق توسعه پایدار شهری اهمیت فزاینده‌ای پیدا کرده است(رمضانی و همکاران، ۱٤۰۰: ۸).

فعالیت‌های شدید انسانی و اقتصادی در نواحی شهری تأثیرات نامطلوبی بر منابع محلی و بوم‌سازگان گذاشته و منجر به کاهش تاب‌آوری بوم‌شناختی نیز شده است(Wang et al., 2023: 114). گسترش شهرها موجب اشغال و نابودی اراضی کشاورزی مرغوب و عقب‌نشینی فعالیت‌های کشاورزی به اراضی نامناسب شده و در نهایت تعادل زیست‌محیطی بین شهر و پیرامون آن را برهم زده است. این فرایند همچنین پیامدهایی مانند کاهش کیفیت منابع طبیعی و افزایش آلودگی هوا، آب و صدا را به همراه دارد(صالحی و جعفریان دهکردی، ۱۳۸۹: ۳۰). آلودگی هوا یکی از مهمترین چالش های زیست محیطی کلان شهرهای صنعتی است که تحت تاثیر هم زمان عوامل طبیعی و انسانی قرار دارد(باورصاد و جدبابا، ۱٤۰٤: ۱۸).

شهر کرج به‌عنوان مرکز استان البرز، طی چهار دهه اخیر یکی از بالاترین نرخ‌های رشد شهری کشور را تجربه کرده است. قسمت چشمگیری از این رشد ناشی از مهاجرت بوده است. این روند مهاجرتی، موجب افزایش تقاضای مسکن و گسترش فیزیکی شهر به‌سوی اراضی پیرامونی شده و پیامد آن کاهش محسوس اراضی کشاورزی و باغ‌های پیرامونی است؛ به‌طوری‌که مساحت باغ‌های اطراف کرج از حدود ۹۰۰۰ هکتار در دهه ۱۳٦۰ به کمتر از ۳۵۰۰ هکتار در سال ۱٤۰۰ کاهش یافته است.

تداوم این روند توسعه شتابان شهری در کرج، سبب شده ظرفیت‌های اکولوژیکی و منابع زیست‌محیطی شهر را با محدودیت‌های جدی روبه‌رو کند. توسعه افقی و پراکنده شهر، تمرکز کاربری‌های ناسازگار، استقرار صنایع و کارگاه‌های متعدد در حاشیه و درون محدوده شهری، کمبود سرانه فضای سبز، مدیریت ناکافی فاضلاب و پسماند، و افزایش آلودگی هوا و خاک، همگی بیانگر آن است که الگوی رشد موجود با اصول توسعه پایدار همخوانی ندارد و می‌تواند در میان‌مدت و بلندمدت، کیفیت محیط‌زیست شهری و سلامت ساکنان را با تهدید مواجه سازد. با وجود این، ارزیابی جامع و نظام‌مند اثرات توسعه شهری کرج بر شاخص‌های مختلف زیست‌محیطی و سنجش میزان پایداری این توسعه، کمتر به‌صورت کمی و مقایسه‌ای انجام شده است. در این راستا، مسئله اصلی پژوهش آن است که: توسعه شهری کرج در سال‌های اخیر چه تأثیری بر وضعیت منابع زیست‌محیطی شهر داشته است و بر اساس شاخص‌های منتخب زیست‌محیطی، وضعیت مناطق مختلف شهری از نظر میزان پایداری محیط‌زیست چگونه قابل ارزیابی و رتبه‌بندی است؟ به‌منظور پاسخ‌گویی به این پرسش، به کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند تاپسیس، امکان سنجش و مقایسه وضعیت مناطق شهری را در چارچوب رویکرد توسعه پایدار فراهم می‌آورد.

پیشینه پژوهش

احمدی(۱۴۰۳) با هدف تدوین راهبردهای توسعه پایدار شهری کرمانشاه و با تأکید بر برنامه‌ریزی راهبردی شهری، محدودیت‌های طرح‌های سنتی جامع و تفصیلی که عمدتاً کالبدی و کم‌انعطاف هستند مورد بررسی قرار گرفت. این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت توصیفی–تحلیلی بوده و داده‌ها از طریق مطالعات اسنادی گردآوری شد. در این تحقیق با استفاده از مدلSWOT نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای شهر شناسایی و برای اولویت‌بندی راهبردهای استخراج‌شده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ACEPT و TOPSIS استفاده شد. نتایج نشان داد که وضعیت توسعه شهری کرمانشاه در موقعیت تهاجمی قرار دارد و راهبردهایی مانند توسعه گردشگری، تقویت صنایع کانی غیرفلزی، گسترش فعالیت‌های بازرگانی با کشورهای همسایه و توسعه زیرساخت‌های ارتباطی می‌تواند در کاهش فقر و بیکاری و ارتقای جایگاه منطقه‌ای شهر مؤثر باشد.

پژوهش شو و همکاران[1](۲۰۲۱) با هدف سنجش سطح پایداری و شناسایی موانع مؤثر در توسعه پایدار منطقه کلان‌شهری دلتای رودخانه یانگ‌تسه، یک نظام شاخص جامع طراحی کردند و با بهره‌گیری از مدل ترکیبی GIS–آنتروپی–TOPSIS، پویایی‌های فضایی ۲۶ شهر این منطقه را طی سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۶ مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که علیرغم بهبود کلی سطح پایداری در این دوره، الگوی فضایی پایداری همچنان نسبتاً ثابت باقی مانده است. همچنین، تعاملات بین‌شهری در این منطقه به شکل نامتوازن و ناپایدار ظاهر شده و اثرات همکاری میان شهرها از انسجام کافی برخوردار نبوده است. افزون بر این، موانع توسعه پایدار به‌مرور زمان از عوامل

[1] Xu, X., et al.

مرتبط با پایداری قوی به سمت عوامل مرتبط با پایداری ضعیف تغییر جهت داده‌اند؛ موضوعی که می‌تواند بر برنامه‌ریزی‌های آتی مدیریت شهری تأثیرگذار باشد.

ژائو و همکاران(۲۰۲٤)[1]، در مطالعه‌ای درباره شهر زغال‌سنگی جیائوزو در چین، ظرفیت برد سه زیرسیستم منابع، محیط‌زیست و اجتماعی–اقتصادی را در دوره ۲۰۰٤ تا ۲۰۱۹ بررسی کردند. آن‌ها با ترکیب روش TOPSIS، تحلیل ارتباط خاکستری و وزن‌دهی آنتروپی، مدل ED-GRA-TOPSIS را برای کاهش ذهنیت در ارزیابی به‌کار بردند و با استفاده از مدل تشخیص درجه مانع، عوامل محدودکننده توسعه پایدار را شناسایی کردند. نتایج نشان داد ظرفیت برد جامع شهر روندی رو به بهبود داشته و در حالی‌که زیرسیستم منابع به دلیل وابستگی به ذخایر معدنی نوسان داشته، زیرسیستم‌های محیط‌زیست و اجتماعی–اقتصادی به‌طور پیوسته بهبود یافته‌اند. همچنین بهبود شاخص‌های اکولوژیکی مانند افزایش فضاهای سبز، کاهش آلاینده‌های صنعتی و بهبود مدیریت پسماند، نتیجه سیاست‌هایی نظیر کنترل استخراج معادن و احیای اراضی تخریب‌شده بوده است. یافته‌ها نشان می‌دهد عواملی مانند نوآوری علمی، حفاظت اکولوژیکی و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها در بلندمدت از محرک‌های اصلی توسعه پایدار محسوب می‌شوند.

کازانجاوغلو و همکاران(۲۰۲۳)[2] در پژوهشی با عنوان «پیامدهای پایداری زیست‌محیطی و رفاه اقتصادی راهکارهای یکپارچه انرژی‌های تجدیدپذیر در توسعه شهری» به بررسی نقش سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر و پایدار در تحقق توسعه شهری کم‌کربن پرداختند. آنان با تأکید بر ارتباط میان اهداف توسعه پایدار[3]و نظام انرژی شهری، چالش‌های فناورانه، اقتصادی، سیاسی و اجتماعی پیش‌روی اجرای مؤثر این سامانه‌ها را شناسایی کرده و با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی شامل Fuzzy Best–Worst Method و Fuzzy TOPSIS، این چالش‌ها و اهداف را وزن‌دهی و رتبه‌بندی نمودند. نتایج مطالعه نشان داد که اهداف توسعه پایدار نقشی محوری در پیشبرد انرژی‌های تجدیدپذیر در شهرها دارند و می‌توانند در کاهش آثار زیست‌محیطی ناشی از مصرف انرژی مؤثر باشند. در میان اهداف، هدف ۱۱(شهرها و جوامع پایدار) مهم‌ترین عامل در کاهش پیامدهای زیست‌محیطی شناخته شد، در حالی‌که هدف ۷ (انرژی پاک و مقرون‌به‌صرفه) و هدف ۱۳(اقدام علیه تغییرات اقلیمی) در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

گولر[4](۲۰۲۵) در پژوهشی با تمرکز بر چالش‌های ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی کشورهای عضو اتحادیه اروپا، یک چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره را برای مقایسه ۲۷ کشور ارائه می‌کند؛ چارچوبی که هدف آن ایجاد رتبه‌بندی قابل‌اتکا و مبتنی بر داده‌های واقعی برای استفاده در سیاست‌گذاری‌های ملی و منطقه‌ای است. در این مطالعه، وزن شش معیار زیست‌محیطی مشتق‌شده از شاخص‌های توسعه جهانی بانک جهانی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

[1] Zhao M., et al.
[2] Kazancoglu, Y., et al.
[3] SDGs
[4] Güler, E.

محاسبه و سپس این وزن‌ها در مدل TOPSIS برای رتبه‌بندی پایداری زیست‌محیطی براساس داده‌های سال ۲۰۲٤ ادغام شده‌اند. نوآوری پژوهش در استفاده از سه معیار فاصله—اقلیدسی، منهتن و چبیشف—و تحلیل حساسیت آنها با ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن برای بررسی پایداری نتایج است. یافته‌ها نشان می‌دهد که معیار فاصله منهتن نسبت به دو معیار دیگر عملکرد پایدارتر و باثبات‌تری در رتبه‌بندی ارائه می‌دهد. این پژوهش با ترکیب روش‌های وزن‌دهی مبتنی بر نظر خبرگان و معیارهای فاصله‌محور، گامی روش‌شناختی در پیشبرد ارزیابی پایداری زیست‌محیطی در اتحادیه اروپا محسوب می‌شود

سرور و همکاران(۱۳۹۳) درمقاله ای با عنوان میزان فشردگی و گستردگی توسعه شهری از منظرتوسعه پایدار(مطالعه موردی شهریزد) به روش توصیفی تحلیلی چگونگی توسعه شهری فشرده وگسترده شهر یزد را تبیین کرده است. دراین تحقیق برای جمع‌آوری اطلاعات از پرسشنامه و پایش میدانی استفاده شده است. براساس بررسی‌های صورت گرفته دریک دوره ٤۰ ساله مساحت شهر یزد ۱۹ برابر و جمعیت آن ۵ برابر افزایش یافته است.کاهش شدید تراکم ناخالص جمعیتی بیانگر گستردگی بیش از حد شهر و خالی ماندن فضاهای زیاد و غیرفعال سطوح شهری درمحدوده شهری یزد و توسعه افقی و گسترده شهر یزد می‌باشد که این امر باعث ناپایداری شهری درتوزیع بهینه خدمات و دسترسی به امکانات برای ساکنان شهر و افزایش هزینه های زیرساختی و اتلاف انرژی شده است.

مهدی حسینی و همکاران(۱۳۹٤) در مقاله ای با عنوان ارزیابی تاثیرات زیست محیطی گسترش بی رویه شهرها(مطالعه موردی پروژه مسکن مهر شهر طرقبه) پرداخته است. نتایج این مقاله نشان می دهد اجرای طرح مسکن مهر شهر طرقبه بیشترین تاثیر خود را بر آلودگی آب بالاخص از طریق آلودگی آبهای زیر زمینی دارد. پس از آن به ترتیب می توان بیان نمود که اجرای این طرح با کاهش گونه های گیاهی همراه می باشد و موجب تهدید تغییرات پوشش گیاهی می باشد. همچنین از طریق تولید مواد زائد جامد بیشترین تاثیر را در آلودگی خاک دارد. و در نهایت، اسکان جمعیت و ایجاد مشاغل مرتبط با آن، تردد خودروها و... از دیگر عوامل مرتبط پس از اجرای این طرح می باشد که بیشترین تاثیر خود را بر آلودگی هوا دارد و موثر بر افزایش صوت محیط بوده و آلودگی صوتی را به همراه دارد.

در پژوهشی با هدف شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های توسعه پایدار شهری در کلان‌شهر شیراز توسط رمضانی و همکاران(۱٤۰۰)، انجام دادند، محققان با بهره‌گیری از نظرات ۱٤ تن از مدیران ارشد و خبرگان شهری (شامل شهرداران مناطق و مدیران سازمان‌های نوسازی) به ارزیابی معیارهای پایداری پرداختند. این مطالعه با استفاده از روش ترکیبی تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل «تحلیل سلسله‌مراتبی فازی[1]» و «تاپسیس فازی[2]» نشان داد که در میان معیارهای اصلی، مؤلفه زیست‌محیطی با کسب بالاترین امتیاز، در رتبه نخست اهمیت قرار دارد و پس از آن معیارهای اقتصادی و اجتماعی در اولویت‌های بعدی جای گرفته‌اند. همچنین نتایج حاصل از تحلیل شاخص‌های خرد حاکی از آن بود که

[1] FAHP
[2] Fuzzy TOPSIS

«تراکم جمعیت» حیاتی‌ترین شاخص در فرآیند توسعه پایدار این شهر محسوب می‌شود. یافته‌های این تحقیق بر ضرورت مقابله با رشد بی‌رویه افقی و تخریب اراضی تأکید داشته و تقویت رویکرد اکولوژیک در مدیریت شهری را از طریق کاهش مصرف منابع و انرژی، گامی اساسی برای ارتقای ظرفیت پایداری و پاسخگویی به نیازهای نسل‌های آینده برمی‌شمارد.

در یک مطالعه‌ی موردی درباره شهر کرج که توسط فیروزبخت و همکاران(۱۳۹۱) انجام شد، رویکرد توسعه پایدار شهری، ساختار زیست‌محیطی شهر را در بستر شهرنشینی شتابان و پیامدهای آن ارزیابی کرده‌اند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که گسترش نامتوازن شهری و غلبه الگوهای توسعه برون‌زا، منجر به تشدید فشارهای زیست‌محیطی و بروز کاربری‌ها و فعالیت‌های ناسازگار شهری شده است. تحلیل راهبردی SWOT بیانگر آن است که ضعف‌های ساختاری و تهدیدهای محیطی بر قوت‌ها و فرصت‌ها غلبه داشته و مدیریت شهری نتوانسته از ظرفیت‌های موجود به‌طور مؤثر برای ارتقای پایداری زیست‌محیطی بهره‌برداری کند. بر این اساس، پژوهش راهبرد تنوعی(اقتضایی) را به‌عنوان چارچوب مناسب برای بهبود ساختار زیست‌محیطی و حرکت به سوی توسعه پایدار شهری پیشنهاد می‌کند.

مبانی نظری

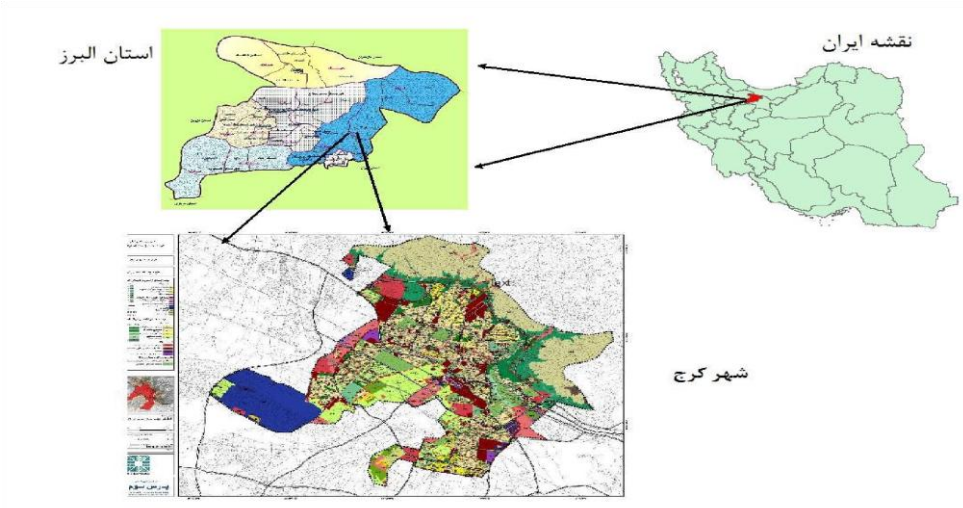
شاخص‌های زیست‌محیطی و توسعه پایدار شهری: توسعه پایدار شهری مستلزم ایجاد شهرها و سکونتگاه‌هایی امن، منعطف و پایدار است که تحقق آن در گرو اجرای پروژه‌های شهری بر اساس استانداردهای مدیریت پروژه و توجه هم‌زمان به شاخص‌های پایداری به‌ویژه شاخص‌های زیست‌محیطی است. ارزیابی پروژه‌های زیست‌محیطی شهری بر مبنای حوزه‌های دانشی مدیریت پروژه[1]و شاخص‌های پایداری نشان می‌دهد میزان انطباق این پروژه‌ها با معیارهای زیست‌محیطی و توسعه پایدار در سطحی متوسط قرار دارد و بهبود تعریف و مدیریت پروژه‌ها می‌تواند به تحقق بهتر توسعه پایدار شهری کمک کند(گلابچی و سامانی مجد، ۱٤۰۲: ۷). در سال‌های اخیر، توسعه شهرهای کم‌کربن به‌عنوان یکی از رویکردهای مهم در مواجهه با بحران جهانی تغییرات اقلیمی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. از آنجا که شهرها بخش قابل توجهی از انتشار گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص می‌دهند، حرکت به سوی الگوهای توسعه کم‌کربن برای کاهش آثار نامطلوب تغییرات اقلیمی و تحقق توسعه پایدار شهری امری ضروری به شمار می‌آید(Zhao et al., 2024: 61). برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد، توسعه پایدار را به‌عنوان فرایندی برای ارتقای کیفیت زندگی انسان‌ها تعریف می‌کند که در عین حال در چارچوب ظرفیت و توان اکوسیستم‌ها برای پشتیبانی از حیات و فعالیت‌های انسانی تحقق می‌یابد. شاخص‌های دقیق برای ارزیابی تأثیرات زیست محیطی در پژوهش‌ها در نظر گرفته نشده اما همانطور که توکر[2](۲۰۰۰) بیان کرده است، اندازه‌گیری جنبه‌های مختلف محیط زیست در ارتباط با نحوه تصمیمات و سیاست‌گذاری‌ها می‌باشد. مرور ادبیات شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری در حوزه توسعه

[1] PMBOK
[2] Tukker, A.

پایدار، به‌ویژه پایداری زیست‌محیطی، نشان می‌دهد که شهر پایدار بر مجموعه‌ای از اصول پایداری استوار است. در چنین شهری، ساختار فضایی و کارکردی در تعادلی هماهنگ با ملاحظات محیط‌زیستی شکل می‌گیرد؛ به‌گونه‌ای که کنترل و کاهش آلودگی‌های هوا، خاک و صوتی در کنار حفظ و تقویت پوشش گیاهی مناسب، از مهم‌ترین مؤلفه‌های تحقق پایداری در محیط شهری به شمار می‌آیند.

قلمرو تحقیق

شهر کرج یکی از مادر شهرهای ایران و همچنین مرکز استان البرز است. این شهر یکی از شهرهای کوهپایه ای ایران می باشد و در دامنه رشته کوه های البرز و در بلندای ۱۶۱۱ متری از سطح دریا واقع شده است. شهر کرج با طول جغرافیایی ۹۱ درجه و ۱ دقیقه و ۶۱ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۶۹ درجه و ۲۱ دقیقه و ۲۹ ثانیه شمالی در فاصله ۲۱ کیلومتری تهران واقع شده است. جمعیت این شهر طبق آمار رسمی سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ برابر با ۱۹۷۳۴۷۰ نفراست.بر طبق نتایج کلی سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵، شهر کرج چهارمین شهر پرجمعیت ایران است. افزایش جمعیت کرج، افزایش وسائط نقلیه را درپی داشته است. در شهر کرج میدان شهید سلطانی به عنوان پایانه مسافربری کرج، محلی پر تردد و شلوغ در منطقه دو شهرداری است و بیشترین وسائط نقلیه سنگین و سبک در این میدان تردد دارد و پایانه اتوبوس رانی شهید کلانتری نیز در منطقه دو واقع شده است.اتوبان کرج ـ قزوین هم از میان منطقه دو عبور می کند.همچنین آزادراه تهران ـ کرج هم از میان منطقه ۱۱ کرج عبور می کند.لذا این دو منطقه از مناطق پرتردد کرج هستند(جعفری و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۷).



روش تحقیق

روش انجام این پژوهش از نظر هدف تحقیق، کاربردی و از منظر چارچوب پژوهش، توصیفی-تحلیلی است. ابزار جمع آوری اطلاعات، مشاهدات و پرسشنامه است که به شیوه نمونه‌گیری منظم از دیدگاه مسئولین مرتبط به دست

آمد. مهمترین شاخص های مورد بررسی در این پژوهش معیار آلودگی آب، آلودگی خاک، آلودگی هوا و آلودگی صدا می باشد.

روش و ابزار تحلیل

در این پژوهش، گردآوری داده‌ها در دو بخش انجام شده است: نخست، برای شناسایی پیشینه نظری و استخراج معیارهای مرتبط با ارزیابی ریسک‌های پروژه‌های آزادراهی، از روش کتابخانه‌ای استفاده شده است؛ و دوم، برای پاسخ‌گویی به سؤال‌های پژوهش و جمع‌آوری داده‌های میدانی، از پرسشنامه بهره گرفته شده است. پرسشنامه یکی از رایج‌ترین ابزارهای گردآوری داده در پژوهش‌های پیمایشی است و مجموعه‌ای از پرسش‌های هدفمند را در بر می‌گیرد که به‌وسیله آن می‌توان دیدگاه‌ها، نظرات و ادراک پاسخ‌دهندگان را با استفاده از مقیاس‌های مختلف سنجش کرد. پس از گردآوری داده‌ها، رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه‌های آزادراهی با قرارداد BOT براساس روش TOPSIS و مطابق جدول۱ و با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شده است. از آنجا که فرآیند انتخاب فناوری با عدم قطعیت، معیارهای متعدد و گاه متعارض همراه است، استفاده از روش های تصمیم گیری چندمعیاره می تواند چارچوبی نظام مند برای تحلیل گزینه ها فراهم کند(محمدی، ۱٤۰٤: ۱۱٦).

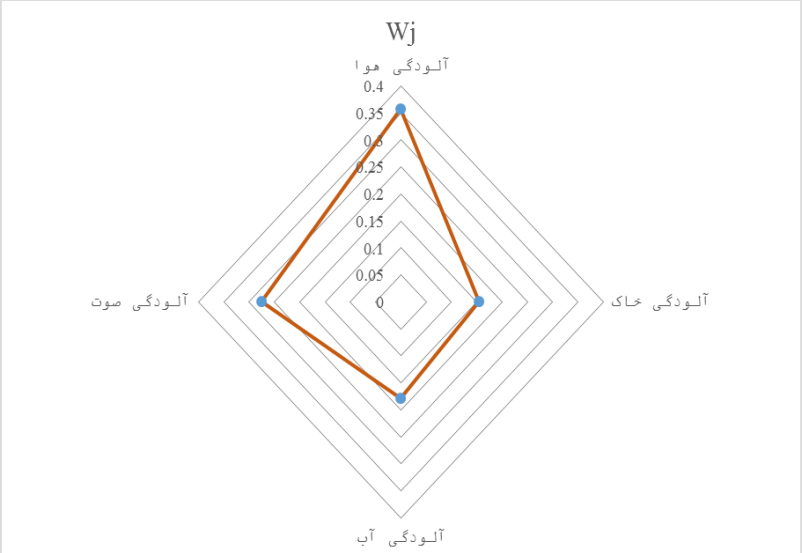
جدول۱. رابطه‌ی اصطلاحات کلامی با مقادیر آن

عبارات کلامی	خیلی زیاد(VH)	زیاد(H)	متوسط(M)	کم (L)	خیلی کم (VL)
مقادیر کلامی	(۱-۸,۰-٦,۰)	(۰,٤-۰,۸-۰,٦)	(۰,۲-۰,٤-۰,٦)	(۰,-۰,۲-۰,٤)	(۰-۰-۰,۲)

یافته های تحقیق

در این پژوهش شاخص‌های زیست محیطی مورد بررسی آلودگی آب، خاک، هوا و صوت است. برای محاسبه این شاخص‌ها با استفاده از تکنیک TOPSIS مطلوبیت هر شاخص به صورت یکنواخت افزایشی یا کاهشی است را بررسی کنیم و گزینه‌ای مناسب‌تر است که کمترین فاصله را از راه‌حل ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را از راه‌حل ایده‌آل منفی داشته باشد. مراحل اجرای این تکنیک در این پژوهش شامل نرمال‌سازی داده‌ها، اعمال وزن شاخص‌ها، تعیین راه‌حل‌های ایده‌آل، محاسبه فاصله از ایده‌آل‌ها و در نهایت رتبه‌بندی شاخص‌ها بوده است. پس از تشکیل ماتریس تصمیم داده‌ها با استفاده از روش نرمال‌سازی برداری استاندارسازی شدند. سپس با توجه به اهمیت نسبی معیارها وزن‌دهی انجام گرفت. نتایج وزن‌دهی براساس شکل۱، نشان داد که معیار آلودگی هوا با وزن ۰,۳۵ دارای بیشترین اهمیت بوده و پس از آن آلودگی صوت، آلودگی آب و آلودگی خاک به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. این وزن‌ها در مرحله تشکیل ماتریس نرمال وزن‌دار در روش TOPSISمورد استفاده قرار گرفتند. مقایسه نتایج وزن‌دهی با رتبه‌بندی نهایی نشان می‌دهد که اگرچه آلودگی

هوا از نظر پاسخ‌دهندگان مهم‌ترین معیار تلقی شده است، اما آلودگی صوت بر اساس تحلیل TOPSIS به عنوان بحرانی‌ترین عامل شناسایی گردیده است. این اختلاف بیانگر تفاوت بین ادراک ذهنی و شرایط واقعی سیستم مورد مطالعه است.



شکل ۱. محاسبات روش بی مقیاس سازی وزن ها در تکنیک تاپسیس در سنجش آلودگی زیست محیطی کرج

در مرحله بعد معیار ایده‌آل مثبت و منفی حساب گردید. محاسبه گردید. همان‌گونه که در شکل‌های مربوطه نشان داده شده است، آلودگی آب با بیشترین فاصله از حالت ایده‌آل، در نامطلوب‌ترین وضعیت قرار دارد. پس از آن، آلودگی خاک، آلودگی صوت و آلودگی هوا به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. کمترین فاصله مربوط به آلودگی هوا است که بیانگر وضعیت نسبتاً مطلوب‌تر این معیار در مقایسه با سایرین می‌باشد. همچنین اختلاف قابل توجه بین مقادیر فاصله‌ها نشان‌دهنده توزیع نامتوازن آلودگی در منطقه مورد مطالعه است. مقایسه این نتایج با وزن‌های اختصاص‌یافته به معیارها نشان می‌دهد که اگرچه آلودگی هوا از نظر پاسخ‌دهندگان دارای بیشترین اهمیت بوده است، اما آلودگی آب از نظر شرایط واقعی در وضعیت بحرانی‌تری قرار دارد. این اختلاف بیانگر شکاف بین ادراک ذهنی و وضعیت واقعی محیطی است. فرمول‌های بدست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده آل مثبت و منفی:

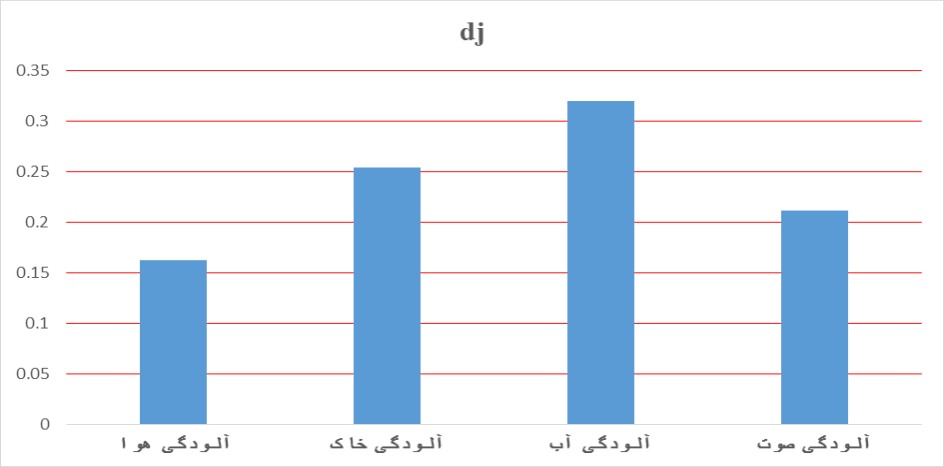
$$d_i^{+} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(V_{ij} - V_i^{+}\right)^2} \qquad i = 1,2,3,\dots,m$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(V_{ij} - V_i^-\right)^2} \qquad i = 1,2,3,\dots,m$$

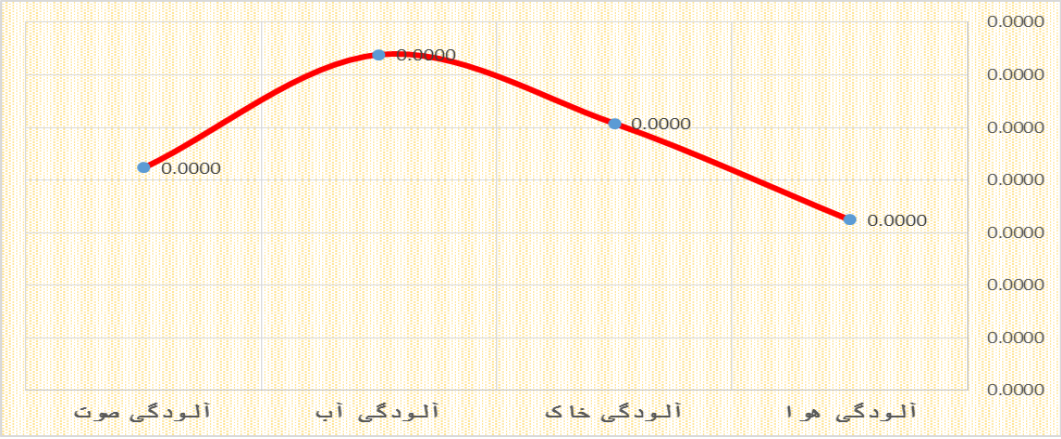
تعیین نزدیکی نسبی(CL_i^*) یک گزینه به راه حل ایده آل:

$$CL_i^* = \frac{CL_i^-}{CL_i^- + CL_i^+}$$

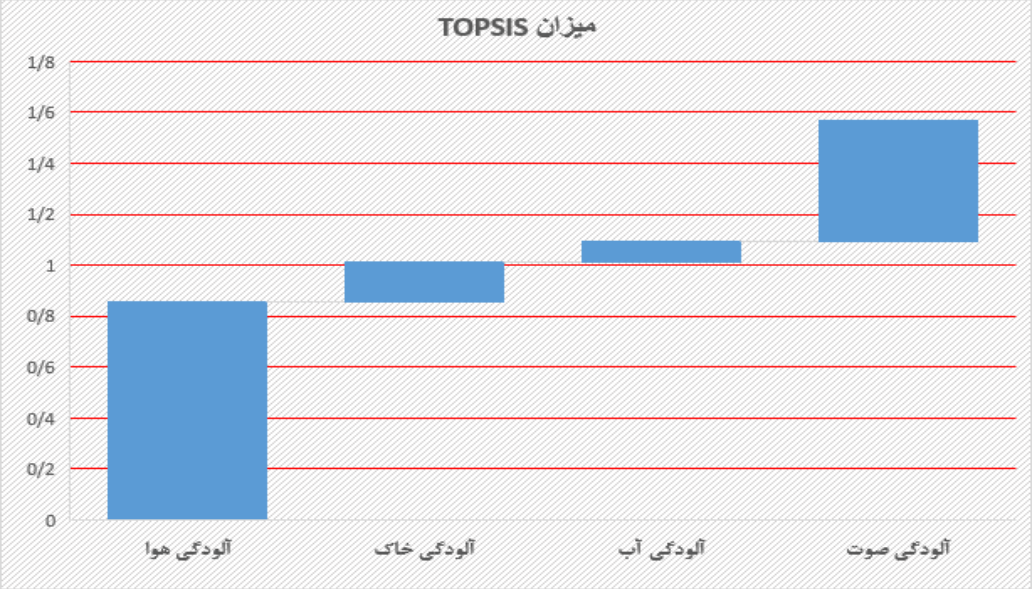
رتبه بندی گزینه ها: هر گزینه ای که CL_i^* آن بزرگتر باشد ،بهتر است.



شکل۲. محاسبات تعیین فاصله شاخص ها در تکنیک تاپسیس جهت سنجش آلودگی زیست محیطی کرج



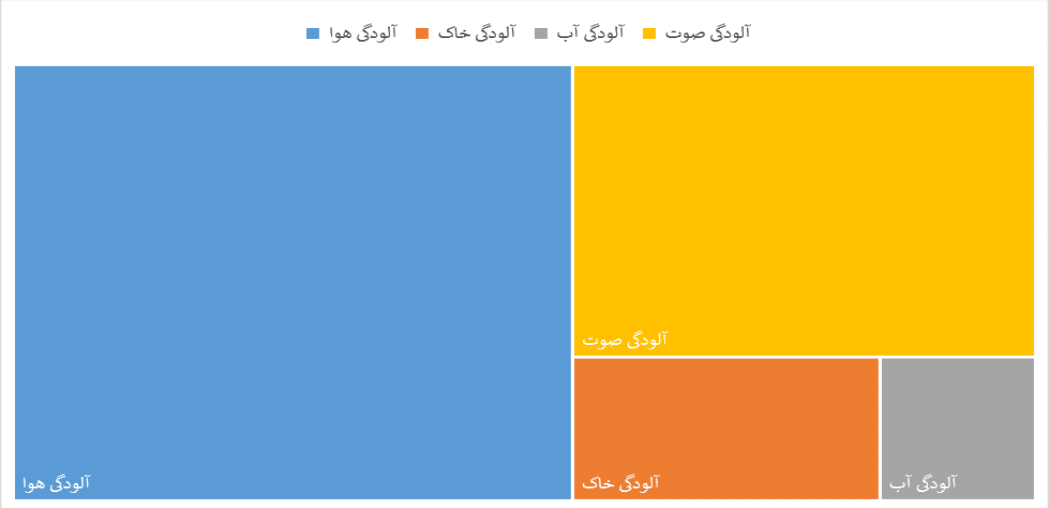
شکل۳. محاسبات تعیین فاصله شاخص ها در تکنیک تاپسیس جهت سنجش آلودگی زیست محیطی کرج



شکل ٤. رتبه بندی نهایی آلودگی زیست محیطی کرج براساس تکنیکTOPSIS

براساس محاسبات صورت گرفته طبق پرسشنامه های توزیع شده مطابق اشکال۲ و ۳، بر اساس روش کوکران نتایج نهایی براساس تکنیک تاپسیس شکل٤، نشان داد توسعه شهری بیشترین تاثیر را به ترتیب برآلودگی هوا، آلودگی صوتی، آلودگی خاک و آلودگی آب داشته است.

همچنین میانگین تاپسیس در موضوع مورد مطالعه طبق تکنیک تاپسیس برابر۲,۲۲٦ می باشد که نشان از تاثیرگذاری توسعه شهری بر دیگر منابع دارد.همچنین بر اساس میانگین تاپسیس صورت گرفته معیارهای آلودگی آب و خاک کمتر از میانگین بوده اند. اما تاپسیس آلودگی هوا و صوت با میزان به ترتیب ۲,۷٥٦ و۲,٤٦٥ درصد بیشترین میزان تاثیر را دارا می باشند. در مجموع، یافته‌های این پژوهش می‌تواند به عنوان ابزاری کاربردی برای تصمیم‌گیرندگان و مدیران شهری مورد استفاده قرار گیرد تا منابع و برنامه‌های کنترلی را به‌صورت هدفمندتر و بر اساس شرایط واقعی اولویت‌بندی نمایند(شکل٥).



شکل ۵. پهنه بندی نهایی آلودگی زیست محیطی کرج بر اساس تکنیک تاپسیس

نتیجه گیری نهایی

هدف اصلی این پژوهش، بررسی عوامل موثر و اثرگذار توسعه شهری بر منابع زیست‌محیطی در شهر بوده است. بر همین اساس، شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی مورد بررسی قرار گرفت و با بهره‌گیری از روش، نتایج مشخصی در ارتباط با وضعیت موجود و مسیرهای بهبود به دست آمد.

بر اساس یافته‌های پژوهش، شاخص‌های زیست‌محیطی بیشترین تأثیر را بر میزان پایداری یک شهر را داشته است و شاخص‌هایی همچون تراکم جمعیت، کیفیت محیط‌زیست، دسترسی به زیرساخت‌ها و الگوی گسترش کالبدی شهر نقش مهم و اصلی در ارتقای سطح پایداری یا ایجاد ناپایداری دارند. از طرف دیگر، همان‌طور که در اکثر پژوهش‌های مطرح شده نیز به آن اشاره کرده‌اند گسترش افقی شهر، افزایش تغییر کاربری‌های غیرضروری، فشار بر منابع آب و خاک و کاهش اثربخشی زیرساخت‌ها از مهم‌ترین عوامل تضعیف‌کننده پایداری شهری شناسایی شد. در مجموع نتایج نشان می‌دهد که شهر کرج در وضعیت(تهاجمی / تدافعی / رقابتی / محافظه‌کارانه) قرار دارد و حرکت به سمت الگوی توسعه شهری متراکم، کارآمد و اکولوژیک‌محور ضروری است. همچنین نتایج تحقیقات نشان داد که آلودگی هوا و آلودگی صوتی در این شهر بالاتر از میانگین است که نیاز به مدیریت شهری و برنامه‌ریزی دقیق برای بهبود و کاهش این آلاینده‌ها را دارد.

مقایسه یافته‌های این پژوهش با مطالعات داخلی و خارجی نشان می‌دهد که نتایج حاضر از نظر ماهیت و جهت‌گیری، همسو با روندهای علمی به‌روز در حوزه توسعه پایدار است: مشابه پژوهش احمدی(۱٤۰۳)، نتایج این تحقیق نیز نشان می‌دهد که گسترش افقی بی‌رویه شهر، موجب کاهش کارایی خدمات و افزایش نابرابری فضایی شده و نیاز به بازنگری راهبردی در مدیریت کالبدی شهر دارد. مانند نتایج مطالعات ژائو و همکاران (۲۰۲۲) و شو و همکاران (۲۰۲۱)، یافته‌ها نشان می‌دهد که شاخص‌های محیط‌زیستی مهم‌ترین نقش را در بهبود ظرفیت پایداری دارند و سیاست‌هایی نظیر مدیریت منابع، بازیابی اراضی، ارتقای سبزینگی و کاهش آلاینده‌ها باید در اولویت باشند. همسویی با پژوهش‌های بین‌المللی جدید مانند کازانج‌اوغلو و همکاران(۲۰۲۳) و گولر(۲۰۲۵) نیز در این است که فناوری‌های نوین، انرژی‌های تجدیدپذیر و ارتقای بهره‌وری انرژی نقش مؤثری در کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی و افزایش تاب‌آوری شهری دارند. نتایج تحقیق حاضر همچنین همانند یافته‌های رمضانی و همکاران(۱٤۰۰) نشان می‌دهد که تراکم جمعیت و کنترل توسعه افقی از مهم‌ترین پیش‌نیازهای دستیابی به توسعه پایدار هستند. مانند مطالعه فیروزبخت و همکاران(۱۳۹۱)، این پژوهش نیز تأکید می‌کند که غلبه الگوهای توسعه ناسازگار و ضعف در مدیریت یکپارچه شهری، نقش مهمی در کاهش پایداری و ایجاد بی‌نظمی فضایی دارد.

در نهایت، براساس مجموع یافته‌ها، این پژوهش نشان می‌دهد که حرکت به سوی الگوی توسعه شهری فشرده، کنترل گسترش افقی، تقویت زیرساخت‌های سبز، بهبود کیفیت محیط‌زیست شهری و بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند به‌طور مستقیم در ارتقای سطح پایداری شهر مؤثر باشد. همچنین، استفاده از رویکردهای نوین تصمیم‌گیری چندمعیاره، امکان تحلیل دقیق‌تر پویایی‌های پایداری و ارائه راهبردهای مبتنی‌بر شواهد را فراهم کرده و می‌تواند در سیاست‌گذاری شهری مورد استفاده قرار گیرد.

ارائه پیشنهادات

۱. هدایت سمت توسعه شهر در جهاتی غیر از زمین های کشاورزی و کنترل بیشتر بر محدوده های شهری

۲. ایجاد مدیریت یکپارچه محیط زیست شهری و تدوین برنامه های جامع محیط زیست شهر کرج از طریق تهیه مدل توسعه پایدار شهری با رویکرد زیست محیطی و با مشارکت کمیته های راهبردی مدیریت شهری

۳. ساماندهی و حفاظت از باغ ها و اراضی کشاورزی و توسعه فضای سبز در سطح ومقیاس عملکرد شهری، منطقه ای و محلی و توسعه پارک های جنگلی

٤. گسترش استفاده از انرژی های تجدیدپذیر و به حداقل رساندن مصرف انرژی های فسیلی در سطح شهر از طریق رشد هوشمندانه بر اساس تخصیص کاربری به صورت منسجم با گرایش به حمل و نقل عمومی و توسعه پیاده روی از طریق کاربری های مناسب در هر ناحیه و محله شهری و توسعه شبکه ریلی و کاهش وابستگی به خودرو شخصی و ارتقای تکنولوژی تولید و مصرف سوخت مناسب باحداقل آلایندگی

۵. تقویت و تغذیه سفره های آب زیرزمینی کرج و پیشگیری از آلودگی منابع آب های زیرزمینی به عنوان بخشی از منابع تامین آب کرج و اصلاح و احداث تصفیه خانه های مورد نیاز در محل های مناسب و استفاده از آب بازیافتی و اعمال سیاست جلوگیری از مصرف فاضلاب خام جهت کشاورزی

٦. بهینه سازی مدیریت پسماندها و بازیافت زباله ها به ویژه پسماندهای خطرناک بیمارستانی و نخاله های ساختمانی

۷. جایگزینی تدریجی صنایع متوسط و کوچک با فناوری بالا و پاک به جای صنایع بزرگ و آلاینده

فهرست منابع

– آزاده عروه، اسفندیار(١٤٠٠). برنامه ریزی محیطی و نقش گروه های اجتماعی و مدیریت منابع طبیعی برای توسعه پایدار زمین،چهارمین همایش بین المللی زیست شناسی و علوم زمین،همدان.

–احمدی، زهرا(١٤٠٣). تدوین راهبردهای توسعه پایدار شهری با استفاده از تکنیک های SWOT، ACEPT، TOPSIS (مطالعه موردی: شهر کرمانشاه). فصلنامه جغرافیا و روابط انسانی، ٦(٤)، ١٠١٣–٩٩٦.

–حبیب پور، نگین و عابدینی، اصغر(۱٤۰۳). نقش زیرساخت‌های سبز در افزایش تاب‌آوری اقلیمی (مورد مطالعه: محلات منطقه ٤ شهر ارومیه). فصلنامه جغرافیا و روابط انسانی، انتشار آنلاین از ۲۰ مهر ۱٤۰۳.

– رمضانی، پیمان و اسکندری، علیرضا و اخلاصی، بهزاد(۱٤۰۰). شناسایی و اولویت بندی شاخص های توسعه پایدار شهری در شهر شیراز با استفاده از روش ترکیبی تصمیم گیری چند معیاره تحلیل سلسله مراتبی فازی و تاپسیس فازی،هفتمین کنفرانس بین المللی مطالعات نوین مدیریت و حسابداری در ایران، تهران.

– صالحی، اسماعیل، نگهبان، سعید، و جعفریان دهکردی، زهره (۱۳۸۹). مطالعه و بررسی تأثیرات توسعه شهری بر محیط زیست. نشریه اطلاعات جغرافیایی(سپهر)، ٤(٦)، ۲۵–۳٦.

– باورصاد، شکوه و جدبابا، سیده مدیا(۱٤۰٤). آلودگی هوا و توسعه شهری در بستر بحران های زیست محیطی: تحلیل موردی کلان شهر اهواز و استان خوزستان، The 28th National Conference on Geography and Environment.

– سرور، رحیم، درویش ورچه زاده، بهروز و جاوید، علیرضا(۱۳۹۳). میزان فشردگی و گستردگی توسعه مدیریت شهری از منظر توسعه پایدار(مطالعه موردی: شهر یزد). فصلنامه اقتصاد و مدیریت شهری، ۳(۹)، ۳۵–۷٤.

–فیروزبخت، علی، پرهیزکار، اکبر، و ربیعی فر، ولی اله (۱۳۹۱). راهبردهای ساختار زیست محیطی شهر با رویکرد توسعه پایدار شهری(مطالعه موردی: شهر کرج). فصلنامه پژوهش های جغرافیای انسانی(پژوهش های جغرافیایی)، ٤٤(۸۰)، ۲۳۹–۲۱۳.

حسینی، مهدی، برقچی، معصومه، باقرزاده، فهیمه، و صیامی، قدیر (۱۳۹٤). ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی گسترش بی‌رویه شهرها(مطالعه موردی: پروژه مسکن مهر شهر طرقبه). فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۵(۱۸)، ٤۳–۵۸.

گلابچی,محمود و سامانی مجد,امیر مسعود(۱٤۰۲). مطالعه شاخص‌های زیست‌محیطی توسعه پایدار شهری بر اساس استاندارد مدیریت پروژه PMBOK(مطالعه موردی شهر اصفهان). فصلنامه توسعه پایدار شهری, ۲(۲), ۱–۱۰.

– محمدی، پرنیا(۱٤۰٤)، مدل تصمیم گیری چندمعیاره برای انتخاب فناوری های نوظهور در سازمان های صنعتی،بیست و هفتمین کنفرانس ملی اقتصاد، مدیریت و حسابداری،شیروان.

- Enquist, B., & Sebhatu, S. P. (2018). Service innovation, sustainability and quality meeting city challenges in the age of accelerations. International Journal of Quality and Service Sciences, 10(4), 431-446.
- Mouazen, A. M., & Hernández, A. B. (2020). The role of sustainability in the relationship between migration and smart cities: a bibliometric review. Digital Policy, Regulation and Governance, 19(2), 341-355.
- Xu, X., Zhang, Z., Long, T., Sun, S., & Gao, J. (2021). Mega-city region sustainability assessment and obstacles identification with GIS–entropy–TOPSIS model: A case in Yangtze River Delta urban agglomeration, China. Journal of Cleaner Production, 294, 126147.

- Pilehvar, A.A., 2021. Spatial-geographical analysis of urbanization in Iran. Humanities and Social Sciences Communications, 8, Article 63.
- Wang, Y., Cai, Y., Xie, Y., Zhang, P., & Chen, L. (2023). A quantitative framework to evaluate urban ecological resilience: Broadening understanding through multi‐attribute perspectives. Frontiers in Ecology and Evolution, 11, 1144244.
- Zhao, M.Wei, J.Han, Y.Shi, J.Wang, S. (2024). Water resource security evaluation and barrier analysis in Henan Province utilizing the DPSIR framework. Front. Environ. Sci.12, 1354175.
- Zhou,T.Luo,X.Liu,X.Zhai,X.Sun,Y.Liu,G (2024). The green and low-carbon development pathways in the urban and rural building sector in Shaanxi Province, China. Energy Build.306, 113952.
- Tukker, A, (2000): Life cycle assessment as a tool in environmental impact assessment, Environmental Impact Assessment Review, 20, PP.435-456.
- Anwar, M. R., & Sakti, L. D. (2024). *Integrating Artificial Intelligence and Environmental Science for Sustainable Urban Planning*. IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSDI), 5(2), 179–191.
- Kazancoglu, Y., Berberoglu, Y., Lafci, C., Generalov, O., Solohub, D., & Koval, V. (2023). Environmental sustainability implications and economic prosperity of integrated renewable solutions in urban development. Energies, 16(24), 8120
- Güler, E. (2025). Analysis of environmental sustainability of European Union member states using AHP-TOPSIS methods according to world development indicators. *Environmental Research Communications*, 7(7), 075021
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Methods for multiple attribute decision making. In *Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey* (pp. 58-191). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.