

ارزیابی نقش حمل و نقل در تحقق شهرهای کم کربن با استفاده از روش MICMAC (مطالعه موردی: شهرهای جلفا و جانانلو در منطقه آزاد ارس)

فاطمه منیری

دانشجوی دکتری گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد آستارا، دانشگاه آزاد اسلامی، آستارا، ایران

*حسین اصغری (نویسنده مسئول)

استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد آستارا، دانشگاه آزاد اسلامی، آستارا، ایران

علیرضا پورشیخان

استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد آستارا، دانشگاه آزاد اسلامی، آستارا، ایران

سیده صدیقه حسنی مهر

استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد آستارا، دانشگاه آزاد اسلامی، آستارا، ایران

چکیده

همزمان با رشد و توسعه اقتصادی کشورها، پدیده شهرنشینی و به تبع آن سیستم حمل و نقل شهری، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در نواحی شهری افزایش یافت. با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای با منبع کربن در سطح شهرها و پیامدهای ناگوار آن، ایده شهرهای کم کربن و کم کربن‌سازی شهرها در سطح بین‌المللی مطرح شد. استفاده بهینه از سیستم حمل و نقل، استفاده بهینه از انرژی، بهبود سیستم بازیافت و افزایش آگاهی عمومی از عوامل مهم در دستیابی به شهرهای کم کربن است. در این راستا، پژوهش حاضر با رویکرد توصیفی-تحلیلی و با بهره‌گیری از مدل تحلیل ساختاری و به روش MICMAC درصد ارزیابی و رتبه‌بندی متغیرهای موثر (با تاکید بر سیستم حمل و نقل) در کم کربن‌سازی شهرهای جلفا و جانانلو در منطقه آزاد ارس است. یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که متغیرهای سیاست‌های کلان مدیریتی (در سطح کشوری، منطقه‌ای و شهری)، زیرساخت‌های شهری در زمینه‌های مختلف از جمله حمل و نقل شهری، به‌کارگیری تکنولوژی‌های حمل و نقل الکترونیکی، بهبود شبکه راه‌های داخل شهری و متصل به بیرون شهر دارای بالاترین اثرگذاری در کم‌کربن‌سازی شهرهای جلفا و جانانلو در منطقه آزاد ارس هستند.

واژه‌های کلیدی: کم کربن‌سازی شهرها، حمل و نقل، جلفا، جانانلو، روش MICMAC.

۱. طرح مسئله

محیط زیست انسان و کیفیت آن از دیرباز دارای اهمیتی چشمگیر بوده است، به گونه‌ای که بشر همواره در حال تلاش برای بهبود کیفیت زندگی خود بوده است. تا پیش از انقلاب صنعتی، تعادل میان انسان و طبیعت همواره پا برجا بود. با شکل‌گیری انقلاب صنعتی، تحولات بزرگی در نحوه برخورد با طبیعت به وقوع پیوست. افزایش جمعیت، پیشرفت صنعت، بهبود تکنولوژی ساخت و ساز، استفاده گسترده از سوخت‌های فسیلی، گسترش روزافزون وابستگی به اتومبیل و ... سبب برهم خوردن این تعادل گردید (لطفی و همکاران، ۱۳۹۵). در سال‌های اخیر، جهان با تهدیدها و مخاطرات جدی زیست محیطی از قبیل تغییرات آب و هوایی و گرم شدن زمین مواجه است. عامل اصلی ایجاد این تغییرات، افزایش گازهای گلخانه‌ای است. طبق بررسی‌های انجام شده، بیشترین میزان مصرف انرژی در شهرها اتفاق می‌افتاد (فانگ، ۲۰۰۲).^۱ شهرها با دارا بودن بیش از نیمی از جمعیت جهان، به عنوان مراکز اصلی فعالیت‌های اقتصادی و مصرف انرژی به شمار می‌آیند. شهرها اگرچه تنها حدود ۲ درصد از سطح کره زمین را تشکیل می‌دهند، اما حدود ۷۵ درصد از انرژی جهان را مصرف می‌کنند و حدود ۸۰ درصد گازهای گلخانه‌ای متعلق به آنها است (ژنگ، ۲۰۱۱).^۲ در واقع، به دنبال شهرسازی و رشد اقتصادی، مصرف انرژی از منابع انرژی بدون دی‌اکسید کربن به منابع انرژی پر قدرت دی‌اکسید کربن (مانند سوخت‌های فسیلی) تغییر یافته است، که منجر به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در شهرها شد (خلیلی یادگاری و محمدی‌زادگان، ۱۳۹۲). از این رو، ایده شهرهای کم کربن برای جلوگیری از تولید کربن و ایجاد شهرهای پایدار گسترش یافت. در این راستا، پژوهش حاضر درصدد ارزیابی و تحلیل نقش سیستم حمل و نقل در تحقق شهرهای کم کربن در شهرهای جلفا و جانانلو در منطقه آزاد ارس است. موقعیت ژئواکونومیک و قرار گرفتن در مسیر جاده ابریشم و چهار راه تجاری اروپا و آسیای میانه و وجود راه‌های ارتباطی و مواصلاتی مناسب در پسرکانه و اتصال آن به شبکه راه‌های اصلی و راه آهن برقی به تبریز- جلفا و نزدیکی به دریای خزر و سیاه و وجود گمرک جلفا (به عنوان سطح یک مبادی ورودی و خروجی در مقیاس ملی)، وجود شهرک‌های صنعتی، وجود بازارچه‌های مرزی، وجود کلیسای سنت استپانوس در منطقه، مقاصد مهم گردشگری و ... از جمله مهم‌ترین عوامل اهمیت و توجه به بخش حمل و نقل در این شهرها است. در این پژوهش تلاش شده با تمرکز بر بخش حمل و نقل به عنوان یکی از بزرگترین منابع تولید دی‌اکسید کربن، چگونگی تحقق شهرهای کم کربن و بدون کربن در منطقه آزاد ارس تحلیل و تشریح شود. پژوهش حاضر به دنبال پاسخ-گویی به سوالات زیر است:

- ۱- مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار بر کم‌کربن‌سازی شهرهای جلفا و جانانلو چه عواملی هستند؟
- ۲- با کدام راهبرد می‌توان در راستای توسعه شهرهای کم کربن در منطقه آزاد ارس حرکت کرد؟

^۱ Fong^۲ Zheng

۲. پیشینه پژوهش

در خصوص پیشینه پژوهش و ارزیابی و تحلیل نقش سیستم حمل و نقل در تحقق شهرهای کم کربن و بدون کربن و ایجاد شهر زیست محیطی کم کربن، مطالعات کاربردی زیادی صورت نگرفته است. در این میان، می-توان به پژوهش‌هایی اشاره کرد که با موضوع این پژوهش نزدیکی موضوعی دارند. از جمله، بنفشه خسروی (۱۳۹۰)، در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود با عنوان «طراحی فضاهای شهری (گره‌ها) بدون کربن، نمونه موردی: میدان قدس تهران» تلاش کرده به منظور ارتقای سلامت روحی و جسمی شهروندان با محدود کردن حرکت سواره، که از عوامل موثر در تولید آلودگی‌های فضاهای شهری شهر تهران به شمار می‌آید و با ایجاد فضاهای سبز، گامی در جهت ارتقای کیفیت محیطی با رویکرد توسعه پایدار بردارد. راضیه السادات آقاعمو (۱۳۹۲)، در پایان‌نامه کارشناسی ارشد با عنوان «ارائه راهکار و سیاست‌های مناسب برای تحقق شهر کم کربن، نمونه موردی: شهر ری، تهران» به ارائه چارچوبی از معیارها و زیرمعیارها جهت تحقق شهر کم کربن برای کاهش میزان کربن تولیدی شهرهای ایران پرداخته است. موسوی خورشیدی و گلیچ (۱۳۹۲)، در مقاله‌ای با عنوان «تجدید حیات مراکز شهری: راهکاری جهت دستیابی به شهرهای کم کربن، مورد مطالعاتی: محلات ارگ و عودلاجان در منطقه ۱۲ شهر تهران» به این نتیجه رسیده-اند که دستیابی به شهرهای کم کربن با هدف جلوگیری از گرمایش جهانی، حفاظت زیست بوم، کاهش انتشارات کربن و افزایش زیست‌پذیری، از طریق برنامه‌ریزی و طراحی شهرهای فشرده مبتنی بر راهکارهایی همچون پیاده‌مداری، توسعه مختلط و چندکارکردی، حفاظت از مراکز شهری، توسعه حمل و نقل عمومی، حفاظت از منابع محیطی، حفظ مناظر و چشم اندازها، توسعه اجتماعات محلی و تقویت هویت و حس مکان در آنها ممکن می‌گردد. خلیلی یادگاری و محمدی‌زادگان (۱۳۹۲)، در مقاله‌ای با عنوان «مقایسه تطبیقی استراتژی‌های شهرهای کم کربن و رتبه‌بندی استراتژی‌های مدیریت پسماند در ایران» با الگو قرار دادن شهرهای کم کربن نظیر توکیو (ژاپن)، دانانگ (ویتنام)، سیبوی (فیلیپین) و سورابایا (اندونزی) به بررسی استراتژی‌های این شهرها و مقایسه با عملکرد آن در کشورهای دیگر نظیر برزیل، امریکا و ایران پرداخته‌اند. نتایج ارزیابی این تحقیق نشان داده، شهرهای کم کربن با انتخاب استراتژی‌های تغییر روش‌ها و کاهش تولید زباله به همراه تولید انرژی تجدیدپذیر از پسماند توانسته‌اند به اهداف کاهش انتشار خود دست یابند.

الهه سادات موسوی (۱۳۹۳)، در پایان‌نامه خود با عنوان «تدوین راهنمای طراحی شهری جهت توسعه شهری سالم با رویکرد کاهش کربن (نمونه موردی: سمنان)» درصدد ارائه راهکارهایی به منظور تبدیل سمنان به شهری سالم است. از این رو، با روش تحلیلی و با به کارگیری نرم‌افزار فلوننت و اکوتکت، شبیه‌سازی جریان حرکت ریزگردهای ناشی از گسترش فعالیت‌های صنعتی و اتومبیل‌ها در اطراف شهر سمنان و میزان انتشار کربن از مناطق مسکونی بررسی شده و نتایج حاصله نشان می‌دهد که این شهر در محاصره واحدهای آلاینده قرار دارد و تمرکز فعالیت‌های صنعتی و بزرگراه‌ها در مجاورت شهر منجر به گسترش نفوذ کربن به مناطق مسکونی شده است. از سوی دیگر،

محا سبه میزان کربن انتشار یافته از مناطق مسکونی و با به کارگیری نرم افزار فلونت نشان می‌دهد که طراحی‌های نامتناسب با اقلیم منجر به افزایش سطح مصرف سوخت‌های فسیلی و به تبع آن افزایش سطح انتشار کربن شده است. مریم فرمند (۱۳۹۳)، در پایان-نامه کارشناسی ارشد با عنوان «طراحی محله شهری با رویکرد کم کربن و بدون کربن (نمونه موردی: منطقه ۲۲ شهر تهران)» ابتدا با مطالعه مبانی نظری موجود و تجارب جهانی موفق در این زمینه، معیارهای طراحی محله کم کربن را شناسایی کرده، سپس با کاربست این معیارها و با توجه به ویژگی‌های محدوده طرح به طراحی محله با رویکرد مذکور پرداخته است. عبادی‌نیا و دیگران (۱۳۹۵)، در مقاله-ای با عنوان «ارزیابی سناریوهای حمل‌ونقل کم کربن شهر مشهد با استفاده از رویکرد جای پای بوم‌شناختی» تلاش کرده‌اند با تدوین سناریوهایی تا سال ۱۴۰۴ و مقایسه آن‌ها، بهترین سناریو را به‌منظور کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی آلاینده‌های بخش حمل‌ونقل در کلان‌شهر مشهد تعیین کنند. مقایسه اثرات اکولوژیک حمل‌ونقل در سه سناریو ارائه شده، نشان می‌دهد که سناریوی سوم با ردپای بوم‌شناختی معادل ۰/۰۰۴ هکتار به ازای هر فرد، مطلوب‌ترین سناریو برای کاهش جای پای بوم‌شناختی تا ۱۰ سال آینده است، ولی برای دستیابی به سطح مطلوبی از حمل‌ونقل کم کربن و پیشگیری از عواقب زیست‌محیطی ناشی از افزایش تقاضای سفر در چشم‌انداز کلان‌شهر مشهد، نباید از تأثیرات دیگر سناریوها چشم‌پوشی کرد.

لطفی و دیگران (۱۳۹۵)، معیارهای طراحی شهری مبتنی بر محله‌های بدون کربن و کم کربن را تدوین کردند. این معیارها که زیرمجموعه-ای از راهکارهای طراحی شهری پایدار هستند را می‌توان در سطوح مختلف استفاده کرد. در میان مقیاس‌های مختلف، می‌توان از محله به عنوان مقیاس مناسب در بر گیرنده واحد ساخت شهر برای کاربست اصول و راهکارهای طراحی شهری کم کربن نام برد. این راهکارها به صورت کلی بر مبنای خلق محله‌ای که مصرف انرژی پایینی داشته باشد، محیطی مطلوب برای زندگی محلی را فراهم کند و از تاب‌آوری بیشتری برخوردار باشد، استوار است. حمیدیان‌پور و قاسمی (۱۳۹۷) نیز در مقاله‌ای با عنوان «شهر کم کربن به عنوان یک استراتژی مؤثر در برابر تغییرات اقلیمی» با مطالعات کتابخانه‌ای و مطالعه متون و ادبیات تخصصی و مفاهیم و تجارت موجود در این زمینه شهر کم کربن را به عنوان یک استراتژی در برابر تغییرات اقلیمی بررسی و به این مسئله اشاره کرده‌اند که شهرها عرصه کلیدی برای کاهش انتشار کربن است و سیاست‌های برنامه‌ریزی شهری جهت توسعه شهرهای کم کربن برای دستیابی به یک روش اقتصاد اکولوژیکی با مصرف کم، آلودگی کم، عملکرد بالا و کارایی بالا جهت سازگاری با تغییرات اقلیمی ضروری است.

۳. مبانی نظری پژوهش

گرچه در حال حاضر بسیاری از کشورها، اقدام به حل مسئله کربن کردند، اما اصطلاح شهر کم کربن کماکان نوپا است، به طوری که هنوز در مورد چگونگی تعریف آن به اجماع نرسیده‌اند. با این حال، این

اصطلاح نوپا، نیل به یک هدف از پایداری را منجر می‌شود (وایل و همکاران، ۲۰۰۹).^۳ شهر کم کربن چارچوبی برای پایداری است و در حال حاضر گسترش نظری و عملی توسعه پایدار بر اساس تحقق شهر کم کربن امکان‌پذیر است. شهر کم کربن مفهومی از یک ساختار شهری است، که بعد از اقتصاد کم کربن و جامعه کم کربن مطرح شده است. شهر کم کربن تاکید می‌کند که برنامه‌ریزی، سیاست‌ها و روش‌های یکپارچه باید تحت هدایت مفهوم کم کربن فرموله شده و عموم مردم باید به طرز گسترده‌ای در آن شرکت کنند. شهر کم کربن یک نوآوری در زمینه ساخت و ساز شهری و همچنین توسعه و ادغام با مفاهیم اقتصاد کم کربن و جامعه کم کربن است (وینیاو، ۲۰۱۰).^۴ اساساً شهرهای کم کربن شهرهایی هستند که اقدامات جدی و موثری برای کاهش اثرات زیست محیطی و همچنین انتشار دی اکسیدکربن انجام می‌دهند (رازک و کوئی، ۲۰۱۱).^۵ در واقع، اصطلاح شهر کم کربن به الگوهای توسعه شهری و رویکردهای توسعه اجتماعی برمی‌گردد که بر پایه اقتصاد کم کربن و شیوه زندگی سبز و رفتار شهروندان قرار دارد، که پیش‌نیاز آن طرحی برای ساختار جامعه کم کربن در سطح دولت و مدیریت است. شهر کم کربن از مفاهیم مختلفی از جمله اقتصاد کم کربن، حمل و نقل کم کربن، ساختمان‌های کم کربن، محیط ساخته شده کم کربن، جامعه کم کربن و خانواده‌های کم کربن تشکیل می‌شود (دایکینگ و ماتسوکا، ۲۰۱۳).^۶ مفهوم شهر کم کربن از موضوع عمده محیط زیستی در کاهش انتشار کربن به موضوع جامع شامل اجتماع، فرهنگ، اقتصاد و محیط زیست تغییر یافته است. شهر کم کربن به یک کلان سیستم تبدیل شده که ترکیبی از تکنولوژی کم کربن، تولید کم کربن، حالت مصرف و حالت عملکرد شهری کم کربن است (ونتونگ و هوز، ۲۰۱۰).^۷ شهرها به عنوان یکی از بزرگترین عاملان انتشار کربن و عامل اصلی توسعه اقتصادی و مدیریت اداری، همواره نقش مهمی در توسعه اقتصاد کم کربن ایفا می‌کنند (سو و همکاران، ۲۰۱۳).^۸ طبق نتایج تحقیقات پیشین، فعالیت‌های اقتصادی در مناطق شهری، عامل مصرف ۷۵ درصد از انرژی و انتشار تقریباً ۸۰ درصد گازهای گلخانه‌ای است. امروزه، شهرها نه تنها به منبع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای تبدیل شده‌اند، بلکه مکان‌هایی آسیب‌پذیر در برابر اثرات افزایش کربن و تبعات آن هستند. بنابراین شهرها در حل مسئله افزایش دی اکسید کربن به عنوان یکی از پیچیده‌ترین و ضروری‌ترین مشکلاتی که دنیا با آن روبه‌رو است، نقش کلیدی دارند. استراتژی‌های توسعه در شهرها مخصوصاً شهرهای صنعتی در حال ظهور به منظور مقابله با تغییرات آب و هوایی و تغییر اولویت‌های توسعه بر توسعه کم کربن جهانی متمرکز شدند (دایکینگ و ماتسوکا، ۲۰۱۳).^۹ به طور کلی، تئوری شهرهای کم کربن با مد نظر قرار دادن شاخص‌هایی به حفظ کیفیت شهرها کمک می‌-

^۳ While et al

^۴ Wenyao

^۵ Razak & Kui

^۶ Daiqing & Matsouka

^۷ Wentong & Huz

^۸ Su et al

^۹ Daiqing & Matsouka

کند. در جدول (۱)، شاخص‌های شهر کم کربن، طبق یافته‌های پژوهشی ویتینگ و همکاران (۲۰۰۸) ارائه شده است.

جدول ۱. شاخص‌های شهر کم کربن

تبدیل منطقی انرژی در برنامه ریزی توسعه	شاخص‌های کاهش مصرف انرژی
کاهش مصرف و تقاضای انرژی در زمینه‌های تولید گرمایش منازل، تهویه مطبوع و ترافیک	
کاهش درصد انرژی مصرفی برای گرمایش و انتقال انرژی	
اجتناب از هرگونه مصرف غیرضروری انرژی (مثلاً ترجیح دادن حمل و نقل عمومی محلی به وسایل نقلیه شخصی غیر از دوچرخه)	
گسترش مسیرهای پیاده و دوچرخه (ترجیحاً مجزا از مسیرهای موتوری)	
تغییر حمل و نقل صنعتی به ریل‌ها و اجتناب از رانندگان بدون سرنشین	
اجتناب از مترکم کردن ترافیک وسایل موتوری با تمرکززدایی و اختلاط کاربری‌ها (تمامی تاسیسات مهم باید در همه قسمت‌های شهر وجود داشته باشند).	
کوتاه کردن مسیر بین تولیدکننده و مصرف‌کننده	
کاهش استفاده از مواد	
ترجیح خریداران و خرده‌فروشان به محصولات منطقه‌ای	
ذخیره انرژی (کاهش انتقال سوخت)	شاخص‌های اجتناب از جریان‌های چرخه‌ای
جایگزین کردن انرژی سوخت با انرژی خورشیدی (این کار تأثیرات مثبتی بر آب و هوای شهر هم دارد)	
توسعه استفاده از مواد با دوام و قابل بازیافت در ساخت و بسته‌بندی مواد که بعد از مصرف قابل تجزیه باشند، بدون اینکه مواد سمی و یا بقایای حجیم از آنها برجای بماند.	
محدود کردن جریان‌های ماده و انرژی در عملکردهای محلی شهر	

مأخذ: (ویتینگ و همکاران، ۲۰۰۸)^{۱۱}

در شهرهای کم کربن، سیستم حمل و نقل نقش کلیدی دارد. آمار نشان می‌دهد حدود ۱۹ درصد از مصرف انرژی و بیش از یک چهارم دی اکسید کربن انتشار یافته در جهان، ناشی از حمل و نقل است. این میزان در بخش حمل و نقل عمومی بیش از سایر بخش‌ها در حال افزایش است. مطالعات آژانس بین‌المللی انرژی نشان می‌دهد بخش حمل و نقل بزرگترین مصرف‌کننده انرژی است (عبادی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵). در این میان، سهم سالانه ایران در انتشار دی اکسید کربن و سهم بخش حمل و نقل به‌ویژه حمل و نقل زمینی نشان می‌دهد، کل دی اکسید کربن منتشر شده در کشور در سال ۱۳۹۴، ۵۸۶ میلیون تن بوده است، که ۳۰ درصد آن از نیروگاه‌های تابع وزارت نیرو، بخش خصوصی و صنایع بزرگ، ۲۵ درصد آن از حمل و نقل، ۲۴ درصد آن از بخش خانگی، تجاری و عمومی و ۱۶ درصد آن از بخش مصرف انواع سوخت در صنعت بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵).

۴. مواد و روش پژوهش

هر پژوهش علمی نیازمند به کارگیری ابزارها و مدل‌هایی برای انجام روش‌های مورد نظر است. روش مطالعه در پژوهش حاضر جهت ارزیابی و رتبه‌بندی متغیرهای موثر در کم کربن‌سازی شهرهای جلفا و جانانلو

^{۱۱} Wittig et al

در منطقه آزاد ارس از نظر ماهیت و شیوه تحقیق، توصیفی- تحلیلی و روش گردآوری اطلاعات، کتابخانه‌ای و میدانی است. اطلاعات مورد نیاز پژوهش در بخش مبانی نظری با روش کتابخانه‌ای و اسنادی گردآوری شده و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش تحلیل اثرات متقابل/ ساختاری در قالب مدل MICMAC استفاده شده است.

روش تحلیل اثرات متقابل/ ساختاری، یکی از رایج‌ترین روش‌های آینده پژوهی است که با ورود به عرصه رویکرد سیستمی و نشان دادن توانایی خود، در اواخر دهه ۱۹۶۰ یک صعود واقعی را تجربه کرد که با کارهای جی فورستر^{۱۱} بر روی مدل‌های پویایی صنایع و پویایی شهرها (۱۹۶۱) شروع شد. تئودور گوردون و الفا هلمر^{۱۲} نیز روش تحلیل اثرات متقابل/ ساختاری را به سال ۱۹۶۶ مطرح کردند. روش تحلیل اثرات متقابل/ ساختاری به دنبال مشخص کردن متغیرهای کلیدی (آشکار یا پنهان) به منظور دریافت نظرات و تشویق مشارکت کنندگان و ذینفعان در مورد جوانب و رفتارهای پیچیده و غیرقابل پیش‌بینی یک سیستم است. روش تحلیل ساختاری ابزاری است برای پیوند عقاید و تفکرات که از طریق ماتریس ارتباط تمامی متغیرهای سیستم، به توصیف و شناسایی سیستم می‌پردازد. توانایی این مدل در شناسایی روابط بین متغیرها و در نهایت شناسایی متغیرهای کلیدی مؤثر در تکامل سیستم است. روش تحلیل ساختاری در مطالعه کیفی سیستم‌های به شدت متغیر کاربرد دارد. به‌طور کلی، تحلیل ساختاری در سه مرحله انجام می‌شود:

مرحله اول: شناسایی پارامترها یا عوامل اولیه

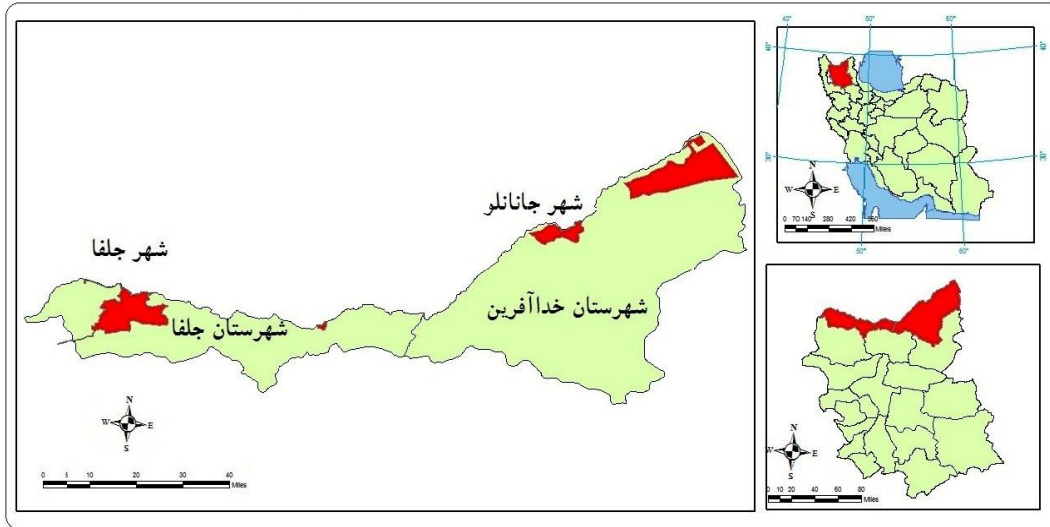
مرحله دوم: وارد کردن عوامل و اطلاعات به نرم افزار MICMAC

مرحله سوم: بررسی میزان و چگونگی روابط بین متغیرها

مرحله چهارم: شناسایی عوامل کلیدی (نعیمی و پورمحمدی، ۱۳۹۵).
 قلمرو جغرافیایی پژوهش حاضر منطقه آزاد ارس است. منطقه آزاد ارس در محدوده‌ای به وسعت ۵۱ هزار هکتار و در پیوند با رود ارس برنامه‌ریزی شده است. این محدوده بخش‌هایی از شهرستان‌های جلفا و خداآفرین را در مرزهای ایران با کشورهای آذربایجان، ارمنستان و نخجوان در بر می‌گیرد. منطقه آزاد ارس از چهار حوزه مستقل و وابسته شکل گرفته است. بخش اصلی آن با مساحت ۲۰ هزار و ۵۰۰ هکتار در شهرستان جلفا و سه بخش منفصل (قلی‌بیگلو به وسعت ۲۴ هزار هکتار، خداآفرین به مساحت ۶ هزار و ۱۰۰ هکتار و نوردوز به وسعت ۲۴۰ هکتار) محدوده منطقه آزاد ارس را تشکیل می‌دهند. منطقه آزاد ارس با مرکزیت جلفا در مسیر جاده ابریشم واقع شده است (طرح جامع منطقه آزاد ارس، ۱۳۹۵). براساس آخرین نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن (۱۳۹۵)، شهر جلفا دارای ۸۸۱۰ نفر جمعیت و ۲۵۴۷ خانوار و شهر جانانلو نیز ۱۷۴۲ نفر جمعیت شامل ۵۵۵ خانوار است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵).

^{۱۱} Jay Forrester

^{۱۲} Theodore Gordon and alpha Helmer



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهرهای جلفا و جانانلو در منطقه آزاد ارس
 مأخذ: (یافته‌های پژوهش)

۵. یافته‌های پژوهش

روش تحلیل ساختاری با بهره‌گیری از مفهوم تحلیل اثرات متقابل میان متغیرها، به دنبال مشخص کردن متغیرهای کلیدی به منظور دریافت نظرات و تشویق مشارکت‌کنندگان و ذینفعان در مورد جوانب و رفتارهای پیچیده و غیرقابل پیش‌بینی یک سیستم است. روش تحلیل ساختاری در پژوهش حاضر در سه مرحله انجام شده است:

الف. شناسایی متغیرهای اثرگذار بر سیستم از طریق مرور منابع، پویش محیطی و مصاحبه؛

ب. توصیف روابط میان متغیرها که طی این فرایند، شبکه‌ای از روابط میان متغیرها توصیف می‌شود؛

ج. شناسایی متغیرهای کلیدی با استفاده از نرم‌افزار MICMAC با هدف سناریوپردازی.

محاسباتی که در این پژوهش انجام شده، را می‌توان به دو بخش کلی تقسیم نمود. بدین‌صورت که در بخش اول داده‌ها و اطلاعات به‌دست‌آمده از کار میدانی (پرسشنامه) ابتدا وارد برنامه EXCEL شد و بعد از میانگین‌گیری، وارد نرم‌افزار MICMAC گردید و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در ابتدا متغیرهای اثرگذار بر کم‌کربن‌سازی شهرهای جلفا و جانانلو در منطقه آزاد ارس در قالب یک ماتریس ۲۱*۲۱ وارد نرم‌افزار MICMAC گردید. نحوه وارد کردن داده‌ها بدین صورت بوده است که ابتدا نظرات ۳۰ کارشناس انتخابی وارد برنامه اکسل گردید و برای هر سطر و ستون متغیرها، میانگین‌گیری گردید و میانگین‌های به‌دست‌آمده وارد ماتریس ۲۱ تایی MICMAC گردید. با توجه به خروجی به‌دست‌آمده از نرم‌افزار MICMAC شاخص پُرشدگی (در واقع نشان‌دهنده پایایی پرسشنامه یا داده‌ها می‌باشد) به‌دست‌آمده برای متغیرها با ۲ بار چرخش داده‌ای ۹۲٪ است؛ که این عدد نشان‌دهنده پایایی بالای داده‌های به دست آمده از پرسشنامه و اثرگذاری بالای متغیرها بر یکدیگر است. ویژگی عمومی ماتریس اولیه بدین شرح است: در مجموع با توجه به ماتریس ۲۱*۲۱ عدد ۴۱۰ ارزش محاسبه شده به‌دست‌آمده است

که از این تعداد: صفرها (بدون اثرگذاری) با عدد ۳۱ دارای کمترین میزان اثرگذاری، یکها (اثرگذاری ضعیف) ۴۱ عدد، دوها (اثرگذاری تقریباً متوسط ۷۸ عدد، سه‌ها (اثرگذاری بالا) ۲۹۱ عدد که دارای بیشترین میزان تکرار بوده است و P (متغیر بالقوه) بدون امتیاز به دست آمده اند (جدول ۲).

جدول ۲. تحلیل اولیه داده‌های ماتریس متقابل

Indicator	Value
اندازه ماتریس	۲۱
چرخش داده‌ای	۲
صفرها	۳۱
یک	۴۱
دو	۷۸
سه	۲۹۱
P	۰
جمع	۴۱۰
پایایی	۹۲,۹۷%

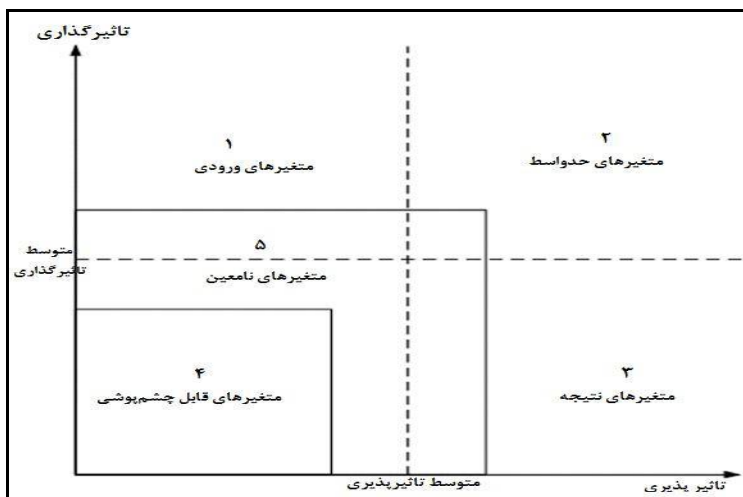
مأخذ: (یافته‌های پژوهش)

متغیرهای به دست آمده بعد از مطالعه منابع و پژوهش‌های مختلفی که در ارتباط با موضوع مورد مطالعه انجام شده است، استخراج گردید. در جدول (۳) متغیرهای شناسایی شده اثرگذار بر موضوع کم‌کربن‌سازی شهرهای جلفا و جانانلو در منطقه آزاد ارس ارائه شده است. در این مرحله بعد از آنکه متغیرها شناسایی و وارد ماتریس متقاطع نرم افزار MICMAC گردید، توسط کارشناسان و خبرگان امتیازات داده شد. سپس نمودار مربوط به متغیرهای تأثیرگذار و تأثیرپذیر بر موضوع کم‌کربن‌سازی شهرهای جلفا و جانانلو در منطقه آزاد ارس ارائه گردید. این نمودار از ۵ قسمت تشکیل شده و هر قسمت نشان‌دهنده میزان اثرگذاری تعدادی از متغیرهاست (شکل ۲).

جدول ۳. عوامل موثر بر کم‌کربن‌سازی شهرهای جلفا و جانانلو

ردیف	عوامل	ردیف	عوامل
۱	زیرساخت‌های حمل و نقل	۲	سیاست‌های کلان مدیریتی
۳	مدت‌زمان سفر و جابجایی	۴	آگاهی اجتماعی مردم
۵	هزینه سوخت	۶	سوخت پاک
۷	شبكة راه‌ها	۸	منابع انرژی جدید
۹	فضای سبز شهری	۱۰	حمل‌ونقل همگانی
۱۱	ساخت فشرده	۱۲	حمل‌ونقل غیر موتوری
۱۳	دسترسی	۱۴	حمل و نقل هوشمند
۱۵	اختلاط کاربری‌ها	۱۶	سوخت‌های فسیلی
۱۷	هزینه سفر	۱۸	انتقال کارخانه‌ها
۱۹	مدیریت حمل‌ونقل	۲۰	زمان سفر
۲۱	حمل‌ونقل الکترونیکی		

مأخذ: (یافته‌های پژوهش)



شکل ۲. ناحیه‌بندی متغیرها براساس میزان تأثیرگذاری مأخذ: (یافته‌های پژوهش)

ناحیه اول (متغیرهای ورودی یا کلیدی): نشان‌دهنده کلیدی‌ترین متغیرهای راهبردی اثرگذار بر موضوع کم‌کربن سازی شهرهای جلفا و جانانلو در منطقه آزاد ارس هستند. این متغیرها شامل حمل و نقل الکترونیک، حمل و نقل هوشمند و به‌کارگیری انواع انرژی مورد استفاده در جهان بجای انرژی در حال استفاده در کشور هستند.

ناحیه دوم (متغیرهای حد واسط): نشان‌دهنده متغیرهایی هستند که هم تأثیرپذیری و هم تأثیرگذاری زیادی دارند. در واقع، این متغیرها در برنامه‌ریزی بلندمدت برای این منطقه از اهمیت بالایی برخوردارند، این متغیرها عبارت‌اند از: هزینه سوخت، زیرساخت‌های حمل و نقلی کشور، تصمیمات کلان مدیریتی، اختلاط کاربری‌ها، فشرده‌سازی شهرها، مدیریت حمل و نقل، به‌کارگیری انرژی‌های جدید به مانند بنزین یورو ۲ به جای یورو ۴، سوخت‌های فسیلی، استفاده از انرژی‌های پاک (خورشیدی، بادی و...)، دسترسی مناسب، فرهنگ حمل و نقل عمومی، حمل و نقل غیر موتوری، کاهش زمان سفر.

ناحیه سوم (متغیرهای نتیجه): نشان‌دهنده متغیرهایی است که میزان تأثیرگذاری کم و میزان تأثیرپذیری زیاد دارند. مطابق با نظر کارشناسان و خروجی جدول در این ناحیه به دلیل اینکه تمامی متغیرها علاوه بر تأثیرگذاری دارای تأثیرپذیری هم هستند هیچ متغیر مطلق تأثیرگذاری (بدون تأثیرپذیری) وجود ندارد.

ناحیه چهارم (متغیرهای قابل‌چشم‌پوشی): نشان‌دهنده متغیرهایی است که تأثیرگذاری و تأثیرپذیری کمی دارند. این متغیرها حرکات یا روندها حاکمی را که تغییرات کمی دارند نشان می‌دهند و اصطلاحاً متغیرهای مستقل نامیده می‌شوند. این متغیرها عبارت‌اند از: آگاهی اجتماعی و فضاهای سبز شهری.

ناحیه پنجم (متغیرهای خوشه‌ای یا نامعین): نشان‌دهنده متغیرهایی است که از نظر سیستم وضعیت نامعینی در آینده دارند. این متغیرها عبارت‌اند از: متغیر انواع انرژی.

Classement par dépendance

Rank	Variable	Variable
1	هزینه سوخت - 3	هزینه سوخت - 3
2	زمان سفر - 2	زمان سفر - 2
3	مدیر حمل و - 14	مدیر حمل و - 14
4	زیرساخت - 1	زیرساخت - 1
5	عبرموتوری - 13	عبرموتوری - 13
6	عمومی - 11	عمومی - 11
7	سوخت پاک - 15	سوخت پاک - 15
8	انتقال کار - 19	انتقال کار - 19
9	سوخت فسیلی - 4	سوخت فسیلی - 4
10	سوخت برقی - 5	سوخت برقی - 5
11	دسترسی - 9	سوخت برقی - 5
12	اختلاط کار - 7	انرژی جدید - 16
13	اخت فشرده - 8	اختلاط کار - 7
14	انرژی جدید - 16	ساخت فشرده - 8
15	مدیریت کلا - 21	شبکه راهها - 6
16	شبکه راهها - 6	مدیریت کلا - 21
17	هوشمندسازی - 12	هوشمندسازی - 12
18	انواع انرژی - 17	انواع انرژی - 17
19	الکترونیک - 10	الکترونیک - 10
20	فضای سبز - 18	فضای سبز - 18
21	گلهای اجتم - 20	گلهای اجتم - 20

شکل ۷. طبقه‌بندی متغیرها براساس میزان وابستگی مأخذ: (یافته‌های پژوهش)

Classify variables according to their influences

Rank	Variable	Variable
1	مدیریت کلا - 21	مدیریت کلا - 21
2	زیرساخت - 1	الکترونیک - 10
3	شبکه راهها - 6	زیرساخت - 1
4	الکترونیک - 10	شبکه راهها - 6
5	هزینه سوخت - 3	هزینه سوخت - 3
6	سوخت برقی - 5	عبرموتوری - 13
7	عبرموتوری - 13	سوخت برقی - 5
8	انتقال کار - 19	انتقال کار - 19
9	اختلاط کار - 7	اختلاط کار - 7
10	زمان سفر - 2	زمان سفر - 2
11	هوشمندسازی - 12	مدیر حمل و - 14
12	مدیر حمل و - 14	هوشمندسازی - 12
13	سوخت فسیلی - 4	سوخت فسیلی - 4
14	اخت فشرده - 8	عمومی - 11
15	عمومی - 11	ساخت فشرده - 8
16	انرژی جدید - 16	انرژی جدید - 16
17	دسترسی - 9	دسترسی - 9
18	سوخت پاک - 15	سوخت پاک - 15
19	انواع انرژی - 17	انواع انرژی - 17
20	گلهای اجتم - 20	گلهای اجتم - 20
21	فضای سبز - 18	فضای سبز - 18

شکل ۶. طبقه‌بندی متغیرها براساس میزان اثرگذاری مأخذ: (یافته‌های پژوهش)

۶. نتیجه‌گیری
بخش حمل و نقل در ایران حدود ۲۵ درصد (یک چهارم) از کل دی اکسید کربن موجود در کشور را تولید می‌کند و با توجه به خصوصیات جغرافیایی و اقتصادی منطقه آزاد ارس از جمله قرار گرفتن در مسیر جاده ابریشم و چهار راه تجاری اروپا و آسیای میانه و وجود راه‌های ارتباطی و مواصلاتی متعدد در پسرکانه و اتصال آن به شبکه راه‌های اصلی، نزدیکی به دریای خزر و سیاه، وجود گمرک جلفا (به عنوان سطح یک مبادی ورودی و خروجی در مقیاس ملی)، وجود شهرک‌های صنعتی، وجود بازارچه‌های مرزی، وجود کلیسای سنت استپانوس در منطقه، مقاصد مهم گردشگری و ... سهم بیشتری از تولید کربن به بخش حمل و نقل تعلق می‌گیرد.

یافته‌های حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب مدل MICMAC در ارتباط با ارزیابی و رتبه‌بندی متغیرهای موثر در کم‌کربن‌سازی شهرهای جلفا و جانانلو در منطقه آزاد ارس نشان می‌دهد، که متغیرهای سیاست‌های کلان مدیریتی (در سطح کشوری، منطقه ای و شهری)، زیرساخت‌های شهری در زمینه‌های مختلف از جمله حمل و نقل شهری، به‌کارگیری تکنولوژی‌های حمل و نقل الکترونیکی، بهبود شبکه راه‌های داخل شهری و متصل به بیرون شهر، به ترتیب دارای بالاترین اثرگذاری بر کم‌کربن‌سازی شهرهای مورد مطالعه هستند. توسعه حمل و نقل در بستر شیوه‌های نوین الکترونیک، حمل و نقل هوشمند و به‌کارگیری انواع انرژی استاندارد مورد استفاده در جهان به جای انرژی در حال استفاده در کشور، از متغیرهای راهبردی اثرگذار بر موضوع کم‌کربن‌سازی شهرهای جلفا و جانانلو هستند. توسعه حمل و نقل در بستر شیوه‌های نوین الکترونیک، صرفه‌جویی در زمان، هزینه‌ها و نیروی انسانی را به دنبال داشته و شاخص‌های بهره‌وری را افزایش داده و نهایتاً تولید دی اکسید کربن را به صورت مستقیم و غیر

مستقیم کاهش می‌دهد. در سیستم حمل و نقل هوشمند (ITS) که از اطلاعات، ارتباطات و فناوری کنترل استفاده می‌شود، علاوه بر بهبود عملکرد شبکه حمل و نقل، برای جلوگیری از اتلاف وقت و حفظ جان انسان‌ها نیز به کار می‌روند و بدین صورت کیفیت زندگی و محیط زیست را بالا برده و کاهش قابل توجه کربن را نیز به دنبال دارد.

بر اساس نظر کارشناسی خبرگان، متغیرهای هزینه سوخت، زیرساخت‌های شبکه حمل و نقل شهری، تصمیمات کلان مدیریتی، اختلاط کاربری‌ها، فشرده‌سازی شهرها، مدیریت حمل و نقل، به‌کارگیری انرژی‌های جدید مانند بنزین یورو ۲ به جای یورو ۴، سوخت‌های فسیلی، استفاده از انرژی‌های پاک (خورشیدی، بادی و ...)، دسترسی مناسب، فرهنگ حمل‌ونقل عمومی، حمل و نقل غیرموتوری، کاهش زمان سفر متغیرهای حد واسط در کم کربن‌سازی شهرهای جلفا و جانانلو تشخیص داده شده‌اند. به طور کلی، با توجه به اینکه حجم حمل و نقل برون شهری در منطقه آزاد ارس بسیار بیشتر از تردد های درون شهری در شهرهای جلفا و جانانلو (که منشعب از شرایط اقتصادی و جغرافیایی منطقه آزاد ارس) است؛ بنابراین توجه جدی به حمل و نقل برون شهری باید در برنامه‌ریزی‌ها در دستور کار قرار گیرد. همچنین پتانسیل خیابان باید بر رفع نیازهای مختلف شهر تمرکز کند و یک کانال برای وسایل نقلیه عمومی ارائه دهد.

کتابنامه

- آقاعمو، ر. ا. ۱۳۹۲. *ارائه راهکار و سیاست‌های مناسب برای تحقق شهر کم کربن، نمونه موردی: شهر ری، تهران*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد منتشر نشده، دانشگاه هنر.
- حمیدیان‌پور، م.، قاسمی، س.، و قاسمی، ن. ۱۳۹۷. *شهر کم کربن به عنوان یک استراتژی موثر در برابر تغییرات اقلیمی، دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد*.
- خسروی، ب. ۱۳۹۰. *طراحی فضاهای شهری (گره‌ها) بدون کربن، نمونه موردی: میدان قدس تهران*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد منتشر نشده، دانشگاه تربیت مدرس.
- خلیلی یادگاری، م.، و محمدی‌زادگان، م. ۱۳۹۲. *مقایسه تطبیقی استراتژی‌های شهرهای کم کربن و رتبه‌بندی استراتژی‌های مدیریت پسماند در ایران، سومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشگاه تهران*.
- عبادی‌نیا، ف.، شکوهی، م.، رهنما، م. ر.، و خوارزمی، ا. ع. ۱۳۹۵. *ارزیابی سناریوهای حمل‌ونقل کم کربن شهر مشهد با استفاده از رویکرد جابای بوم‌شناختی*. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۵(۱۹)، صص ۱۱۵-۱۲۹.
- فرمندی، مریم. ۱۳۹۳. *طراحی محله شهری با رویکرد کم کربن و بدون کربن (نمونه موردی: منطقه ۲۲ شهر تهران)*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد منتشر نشده. دانشگاه شیراز.
- لطفی، س.، شعله، م.، فرمندی، م.، و فتاحی، ک. ۱۳۹۵. *تدوین معیارهای طراحی شهری برای محله‌های بدون کربن*. *نقش جهان، مطالعات نظری و فناوری‌های نوین معماری و شهرسازی*، ۶(۱۱)، صص ۸۰-۹۲.
- موسوی، ا.، س. ۱۳۹۳. *تدوین راهنمای طراحی شهری جهت توسعه شهری سالم با رویکرد کاهش کربن (نمونه موردی: سمنان)*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد منتشر نشده. دانشگاه تربیت مدرس.

- موسوی خورشیدی، ر.، و گلیج، م. ر. ۱۳۹۲. تجدید حیات مراکز شهری: راهکاری جهت دستیابی به شهرهای کم کربن، مورد مطالعاتی: مجلات ارگ و عودلاجان در منطقه ۱۲ شهر تهران. دومین کنفرانس بین‌المللی مخاطرات محیطی. دانشگاه خوارزمی.
- نعیمی، ک.، و پورمحمدی، م. ر. ۱۳۹۵. شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر وضعیت آینده سکونتگاه‌های فرودست شهری سنندج با تأکید بر کاربرد آینده‌پژوهی. فصلنامه مطالعات شهری. ۵(۲۰)، صص ۶۴-۵۳.
- Daiqing, Z., Matsouka, Y. ۲۰۱۳. *Low carbon society scenario towards ۲۰۳۰ guangzho a win-win strategy for climate change and sustainable development of regional economy*. national development and reform commission graduate school of engineering, Kyoto university.
- Fong, W. K. et al. ۲۰۰۲. *Energy Consumption and Carbon Dioxide Emission Considerations in the Urban Planning Process in Malaysia*, Malaysia.
- Razak, A., Kui, F. ۲۰۱۱. *Low carbon cities framework and assesment system*. Kementerian Tenaga. Teknologi Hijau dan Air.
- Su, M. Li, R. Lu, W. Chen, Ch. Chen, B. & Yang, Z. ۲۰۱۳. Evaluation of a Low-Carbon City: Method and Application, *entropy*, ۱۵. ۱۱۷۱-۱۱۸۵.
- Wentong, Zh. & Hu, Y. ۲۰۱۰. Planning Strategy and Practice of Low-carbon City Construction. ۴th ISOCARP Congress.
- Wenyao, Y. ۲۰۱۰. Practice and Innovation of Low-carbon Concept in the Planning of Hongqiao Business District, The impact of spatial planning, urban design and built form on urban sustainability. ۴th ISOCARP Congress.
- While, A. Jonas, A. & Gibbs, D. ۲۰۰۹. From sustainable development to carbon control: eco-state restructuring and the politics of urban and regional development. *Transactions of the Institute of British Geographers*. ۳۵(۱).۷۶-۹۳.
- Wittig, R. Breuste, J. Finke, L. Kleyer, M. Rebele, F. Reidl, K. Schulte, W. & Werner, P. ۲۰۰۸. What Should an Ideal City Look Like from an Ecological View, Ecological Demands on the Future City. *Urban Ecology*. ۶۹۱-۶۹۸.
- Zhengzhong, X. ۲۰۱۱. *Models and Policy System for Low-carbon Economic Development in China*. Secretary General. China Public Economic Association.