

## تدوین شاخص‌ها و معیارهای بومی مؤثر بر برنامه‌ریزی شهرهای کم‌کربن (مطالعه موردی: شهری ساری)

محمود جمعه‌پور<sup>۱</sup>، مارال معتدل<sup>۲</sup>

(دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۷ - پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۱، نوع مقاله: پژوهشی)

### چکیده

شهر کم‌کربن یا بدون کربن رویکرد جدیدی است که زیرمجموعه رویکرد شهر پایدار به شمار می‌رود. هدف اصلی آن، کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و کربن‌دی‌اکسید در شهرها و سکونتگاه‌هاست. شهر ساری، مرکز استان مازندران، دارای منابع طبیعی و موقعیت ویژه جغرافیایی است که در سال‌های اخیر با توسعه شتابان شهرها از مسیر توسعه هماهنگ با طبیعت خارج شده است. پژوهش حاضر در پی تدوین معیارها و شاخص‌هایی برای شهر ساری با رویکرد شهر کم‌کربن است و در این راه از روش کتابخانه‌ای و مطالعه اسنادی برای جمع‌آوری معیارها و شاخص‌های اولیه بهره گرفته شد. با مصاحبه عمیق با خبرگان و تحلیل آن از طریق نرم‌افزار مکس کیودا، معیارها و شاخص‌های بومی‌سازی شد و با ابزار پرسش‌نامه، شاخص‌ها و معیارها توسط کارشناسان امتیازدهی و اولویت‌بندی شد. بدین ترتیب این پژوهش از نظر ماهوی در گروه پژوهش‌ها کاربردی و از نظر هدف توصیفی-تحلیلی است. نتایج حاکی از آن است که سه معیار الگوی کاربری، مدیریت و سیاست‌گذاری در اولویت قرار دارند و شاخص‌هایی نظیر روش‌های حمل‌ونقلی پایدار، منابع تجدیدپذیر برای تأمین انرژی محلات و زیرساخت‌های سبز و پایدار، رتبه‌های اول تا سوم را به خود اختصاص دادند. نتایج نشان داد که علاوه بر عوامل کالبدی، آگاهی‌سازی و سیاست‌گذاری صحیح در جهت مشارکت شهروندان می‌تواند شکل‌گیری شهر کم‌کربن را تسریع کند.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی بدون کربن، ردپای کربن، شهر پایدار، شهر بدون کربن، گرمایش جهانی.

۱. دکتری، برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران. (mahjom1644@gmail.com)

نویسنده مسئول

۲. کارشناس ارشد، برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

### **Compilation of Effective Indigenous Indicators and Criteria in Zero-Carbon City Planning (Case study: Sari City)**

**Abstract:**

The zero-carbon or low-carbon city is a new approach, which is rooted in sustainable urban planning. The main goal of this model is to reduce greenhouse gas emissions and carbon dioxide in urban areas. Sari, which is the capital of Mazandaran, contains natural resources and is located in an especial geographical location. As a consequence of recent years' development, the city has gone out of the way of harmonious development with nature. This study aims to compile indicators and criteria of the zero-carbon model for Sari city. Thus, the document study method is used as the tool to review the general condition of the city and basic indicators and criteria. Then, the depth interviews were conducted with the experts and the analysis has done by MXQDA to find out the indigenous criteria and indicators. After that, the indicators and criteria were scored and prioritized by experts. As a result, this study would place applied and descriptive-analytical in terms of purpose. The final result has shown that land use, management, and policy-making are the top three indicators, respectively. The means of sustainable transportation, reusable energy sources for neighborhoods, and green infrastructure are the main three indicators. In conclusion, the physical variables are not the only effective elements in planning a zero-carbon city, raising awareness and making suitable policies for encouraging citizens' participation are also efficient.

**Key Words:** Carbon Foot Print, Global Warming, Sustainable City, Zero-Carbon City, Zero-Carbon Planning

## مقدمه

یکی از چالش‌های مهم عصر حاضر، به اثرات ردپای کربن در زندگی انسان‌ها و نقش شهرها در تولید آن و چگونگی کاهش و یا مقابله با این پدیده برمی‌گردد. اتفاقاتی که در پس انقلاب صنعتی رخ داد کالبد شهرها و نحوه زندگی شهروندان را دگرگون کرد. این دگرگونی‌ها نه تنها سبب شد محیط زندگی انسان‌ها آلوده شود و بر جسم و روان ایشان نیز اثر بگذارد، بلکه به گرمایش کره زمین کمک شایانی کرد. نخستین بار دانشمند سوئدی آرنه‌یوس به امکان گرمایش زمین بر اثر استفاده از سوخت فسیلی پی برد و در واقع وی رابطه میان گرمایش و تجمع کربن دی‌اکسید در جو را بیان کرد. پس از آن در ۱۹۸۰ دانشمندان به حقیقت این موضوع آگاه شدند (متیو<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳، ص ۸). امروزه بیشتر مردم جهان در شهرها ساکن هستند و بسیاری از آن‌ها نیز در ارتباط مستقیم و غیرمستقیم با شهرها هستند و این خود نشان‌دهنده اهمیت شهرها در ایجاد تغییرات است. طبق آمارها در هر پنج روز ما یک شهر جدید به اندازه پاریس می‌سازیم و هر سال به اندازه کشور ژاپن ساخت و ساز انجام می‌دهیم (فائوسینگ<sup>۲</sup>، ۲۰۲۲). فعالیت‌هایی همچون: حمل و نقل، تولید انرژی، تولیدات صنعتی و عملکرد مراکز هسته‌ای و مسکونی شهرها به تولید مستقیم گاز گلخانه‌ای توسط شهرها می‌انجامد. شواهد نشان می‌دهد که بیش از ۷۶ درصد کربن تولیدشده از سوخت‌های فسیلی در شهرها تولید می‌شوند (هاسیمی و عزیز الرحمان<sup>۳</sup>، ۲۰۱۸، ص ۸). گفته می‌شود بیش از دو سوم انتشارات شهری در کاربری‌های مسکونی، صنعتی و تجاری رخ می‌دهد و مربوط به مصرف سوخت و الکتریسیته است (سلطانی، ۱۳۹۵، ص ۴۵). تحقیقات نشان داده است که بیش از ۷۵ درصد از کل تولیدات گازهای گلخانه‌ای از مناطق شهری می‌آید که این درصد، نه تنها بر خود شهرها بلکه بر نواحی اطراف آن‌ها نیز تأثیرات مخربی می‌گذارد (شهرداری کلونا<sup>۴</sup>، ۲۰۱۲). با توجه به این که شهرها نقش بسیار مهم و تعیین‌کننده‌ای در انتشار ردپای کربن دارند و همچنین در حوزه‌های اقتصادی، زیرساخت‌ها، اجتماعی و فرهنگی و کالبدی، قدرتمند هستند، می‌توانند در کاهش تولید کربن مؤثر باشند. شهرهای بدون کربن، شهرهایی هستند که با توجه به وضعیت طبیعی منطقه توسعه می‌یابند، حفاظت از

1. Mattew
2. Fausing
3. Asysimi & Azizialrahman
4. Kelowna Municiple

فضای سبز و پوشش گیاهی شهری، بهره‌گیری از انرژی خورشید، باد و... به منظور جایگزین کردن سوخت‌های فسیلی و کاهش هدر رفت انرژی، تکیه بر اصول پیاده‌مداری و حمل و نقل عمومی و توجه به رأی و مشارکت شهروندان در مدیریت شهر از ویژگی‌های بارز شهرهای بدون کربن هستند. در حال حاضر بسیاری از شهرهای دنیا در پی کاهش تولید کربن هستند تا بتوانند به شهرهایی پایدار دست یابند. بدین منظور لازم است معیارها و شاخص‌هایی با توجه به شرایط شهر تدوین شود تا بدین هدف نائل شوند. شهر ساری با جمعیت ۳۴۷،۴۰۲ نفر در سال ۱۳۹۵، از سال ۱۳۰۰ به صورت رسمی به عنوان مرکز استان مازندران برگزیده شد و دارای جایگاه سیاسی و اداری ویژه‌ای در منطقه و کشور است. همچنین موقعیت جغرافیایی آن در یکی از غنی‌ترین استان‌های ایران از نظر منابع طبیعی، آن را مورد توجه می‌سازد. در خلال توسعه آن در سال‌های اخیر، شهر ساری با مشکلاتی نظیر آلودگی هوا و آب، ترافیک، کاهش فضای سبز، سیستم حمل و نقل عمومی نامناسب، بی‌نظمی در ساخت‌وسازها و کیفیت پایین بناهای شهر روبه‌رو بوده است که نشان‌دهنده توسعه ناپایدار و افزایش تولید کربن است. لازم است تا با استفاده از رویکردهای نوین و پایدار، شهر را در جهت رشدی پایدار و سبز هدایت کرد. بدین ترتیب هدف پژوهش تدوین شاخص‌ها و معیارهای بومی شهر بدون کربن برای شهر ساری است. بنابراین این پژوهش در پی یافتن شاخص‌ها و معیارهای مؤثر بر برنامه‌ریزی شهرهای کم کربن و اولویت‌بندی آنهاست.

## مبانی نظری و پیشینه پژوهش

### ردپای کربن

به تمامی کربن‌های تولیدشده به صورت مستقیم یا غیرمستقیم بر اثر فعالیت‌هایی که برای تولید محصول صورت می‌گیرد، ردپای کربن<sup>۱</sup> گفته می‌شود. این فعالیت‌ها می‌تواند شخصی، سازمانی، کارخانه‌ای و دولتی باشد (لا سینده<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۹). اهمیت ردپای کربن در آن است که یکی از عناصر مهم تشکیل‌دهنده ردپای اکولوژیک است و یک تقاضای رقابتی برای آن در فضای سازنده بیولوژیکی وجود دارد. اگر ظرفیت زیستی به اندازه کافی برای جذب این مقدار از کربن آمادگی نداشته باشد، کربن حاصل از

1. Carbon Footprint  
2. Laseinde

سوخت‌های فسیلی در جو تجمع می‌یابد (شبکه جهانی ردپای کربن<sup>۱</sup>، ۲۰۱۵). ردپای کربن با ردپای اکولوژیک یکسان نیست. ردپای کربن اندازه‌گیری گازهای تولیدشده‌ای است که سبب گرمایش جو می‌شوند، ولی ردپای اکولوژیک بر اندازه‌گیری میزان استفاده از فضاهای زیستی تولیدی تأکید می‌کند (سنو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۱۴۱).

### شهر پایدار

واژه توسعه پایدار برای اولین بار توسط براتلند در ۱۹۸۷، در گزارش مشهور آن تحت عنوان «آینده مشترک ما»<sup>۳</sup> آورده شد. آنچه که در گزارش براتلند به آن توجه و بر آن تأکید شد این بود که وظیفه نسل حاضر آن است که از نیازها و فرصت‌های نسل آینده با حفاظت از منابع طبیعی و محیط‌زیست زمین، محافظت کند. نیاز است که مفهوم توسعه گسترش یابد تا نه تنها رشد اقتصادی را پوشش دهد، بلکه توسعه اجتماعی و فرهنگی را نیز در بر گیرد (دویت و ورهه<sup>۴</sup>، ۲۰۰۹، ص ۳۶). توسعه پایدار بنا بر تعریف عبارت‌اند از کاربرد منابع تجدیدشونده و احیاءپذیر برای پیش‌برد اقتصادی، حفاظت از گونه‌های جانوری و تنوع زیستی و پای‌بندی به حفظ پاک‌ی هوا، آب‌وخاک. توسعه پایدار به این معناست رشد باید به نحوی دنبال شود که موجب بازیافت منابع مادی و نه تهی ساختن آن‌ها شود و آلودگی‌ها به حداقل ممکن برسد (کیدنز، ۱۳۹۴، ص ۸۸۳-۸۸۴). پس از مطرح شدن مفهوم پایداری، تلاش‌های برنامه‌ریزان شهری برای به کارگیری این مفهوم در چارچوب الگوها و ارائه راهکارها در سطوح شهری و منطقه‌ای آغاز شد. تا سال ۲۰۳۰ حدود ۶۰ درصد ساکنان زمین، شهرنشین خواهند شد؛ یعنی از هر سه نفر، یک نفر در شهرهایی زندگی خواهد کرد که حداقل ۵۰۰ هزار نفر جمعیت دارند (دپارتمان و رابط اقتصادی و اجتماعی سازمان ملل متحد<sup>۵</sup>، ۲۰۱۷). در نتیجه می‌توان گفت که شهرها محل‌هایی هستند که می‌توانند تحولاتی اساسی در حوزه پایداری ایجاد کنند. در سال ۱۹۹۶ مشاوران URBED<sup>۶</sup> در این زمینه ایده‌ای را مطرح کردند که مشابه ایده‌هایی بود که در دهکده‌های شهری و دیدگاه نوشهرسازی وجود داشت. ویژگی‌های این محله پایدار

1. Global Footprint Network
2. Senu
3. Our Common Future
4. De wit & Verheye
5. Department of Economic and Social Affairs of United Nation
6. Urbanism Environment and Design

بدین ترتیب است: ابنیه و فضاهایی با مقیاس انسانی، شبکه خیابان همچون مسیر حرکت و فضاهای عمومی، اختلاط کاربری‌ها با نرخ اجاره‌بهای متنوع، کم‌ترین اثرگذاری زیست‌محیطی، انسجام و نفوذپذیری، دارای حس مکان، تشویق مردم به داشتن احساس مسئولیت در برابر محیط (فرمند، ۱۳۹۳، ص ۵۶). یکی دیگر از دستورالعمل‌های منتشرشده در مبحث محلات پایداری گزارش «مهارت‌هایی برای محلات پایدار<sup>۱</sup> است که در سال ۲۰۰۴ توسط دفتر نخست‌وزیری انگلیس با سرپرستی «جان ایگان<sup>۲</sup> نوشته شد. مؤلفه‌های محله پایدار در این دستورالعمل به این ترتیب بوده است: محلاتی سرزنده، همه‌شمول و هماهنگ با همه نیازها، مدیریت مناسب از طریق مشارکت فراگیر و کارا، فراهم کردن مکان‌هایی برای زندگی مردم از طریق روش‌های دوستدار محیط‌زیست، یک محیط مصنوع و طبیعی با کیفیت، خدمات حمل‌ونقلی و ارتباطی مناسب با امکان دسترسی به اماکن مختلف، اقتصاد محلی متنوع، پویا و پیشرفته، ایجاد گستره‌ای از خدمات مناسب، قابل دسترس، عمومی و خصوصی، محلی و داوطلبانه (فرمند، ۱۳۹۳، ص ۶۰).

### شهر کم‌کربن

پروتکل کیوتو<sup>۳</sup> عامل اصلی انتشار کربن را شهر(ها) معرفی کرده است. در سال ۲۰۰۲، ضوابط کاهش گاز دی‌اکسید کربن و برنامه اقدامات اقلیمی توسط پروتکل کیوتو به تصویب رسید و مفهوم «شهر کم‌کربن»<sup>۴</sup> گسترش پیدا کرد. براین اساس «شهر کم‌کربن» شهری است پایدار که تولید گازهای مضر همچون دی‌اکسید کربن در آن اندک است و استفاده از محصولات پاکیزه در آن ترویج می‌شود (روستا و همکاران، ۱۳۹۹، ص ۳۵). اولین تحقیقات با رویکرد کم‌کربن در سال ۲۰۰۳ میلادی آغاز شد. در واقع رویکرد کم‌کربن، اصطلاحی بود که برای مدل توسعه اقتصادی در گزارش «آینده انرژی ما»<sup>۵</sup> به کار گرفته شد. در سال ۲۰۰۴ دولت ژاپن، تحقیقاتی را بر روی مدل‌هایی که به «جامعه کم‌کربن»<sup>۶</sup> هدایت می‌شود به انجام رساند و اولین بار اصطلاح جامعه کم‌کربن را مطرح کرد (روستا و همکاران، ۱۳۹۹،

1. Skills for sustainable Communities
2. John Egan
3. Kyoto Protocol
4. Low-Carbon City
5. Our Energy Future
6. Low-Carbon Community

ص ۳۴-۳۵). «مدل کم‌کربن»<sup>۱</sup> به دنبال آن است که ردپای کربن شهرها را از طریق کاهش یا برانداختن استفاده از منابع انرژی که از سوخت فسیلی استفاده می‌کنند، کاهش دهد. این مدل ویژگی‌های جامعه کم‌کربن را با اقتصاد کم‌کربن<sup>۲</sup> ترکیب می‌کند، درحالی که مشارکت میان دولت‌ها بخش خصوصی و جامعه مدنی را تقویت می‌کن (گریچ و لاکاسانژ<sup>۳</sup>، ۲۰۱۷، ص ۴). محلات کم‌کربن نیازمند برنامه‌ریزی شهری فشرده، سیستم ترافیک انعطاف‌پذیر، ساختمان‌های کم‌مصرف در انرژی، محیط همسایگی سرزنده، دارای کارایی بالای انرژی، تسهیلات شهری درست و کامل، حفاظت محیطی حساس و آگاه و توانایی مشارکت عمومی هستند (ژائو<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۶، ص ۱۰۶۷). عدم تولید کربن در توسعه‌های شهری نیازمند آن است تا سه مرحله زیر را طی کند:

۱. کاهش مصرف انرژی تا حد ممکن در بخش‌های ساخت‌وساز و حمل‌ونقل؛
  ۲. استفاده از انرژی تجدیدپذیر؛
  ۳. خنثی کردن هرگونه انتشار کربن از طریق خرید اعتبارات کربن، کاشت درخت و سایر گزینه‌های تجدیدپذیر (نیومن و همکاران، ۱۳۹۸، ص ۸۳).
- آموزش و ساختارهای تشویقی برای پرورش جوامع مؤثر محلی کم‌کربن، دارای اهمیت هستند. این جوامع به‌عنوان یکی از جنبه‌های اشکال همکاری باهدف کاهش شدت کربن هستند که راستای تغییر سبک زندگی اعضا، مکانیزم‌ها و زمینه‌های قابل ملاحظه‌ای را که باعث تغییر رفتار می‌شود نشانه گرفته‌اند (روستا و همکاران، ۱۳۹۹، ص ۳۵). جدول ۱ شاخص‌ها و معیارهای شهر کم‌کربن را از دیدگاه نظریه‌پردازان نشان داده است.

#### پیشینه پژوهش

با تسریع روند افزایش گرمای کره زمین و توانایی بالقوه شهرها برای مقابله با آن برنامه‌ریزان و طراحان شهری به ارائه نظرات خود در قالب دسته‌بندی و ارائه شاخص‌ها و معیارهای تأثیرگذار بر تولید کربن توسط شهرها پرداخته‌اند که از جمله ایشان می‌توان به ونگ و همکاران (۲۰۱۱)، لطفی و همکاران (۱۳۹۵) و روستا و همکاران (۱۳۹۹) اشاره کرد. آنچه موجب تفاوت در پژوهش‌های نام‌برده شده، روش‌های مورد استفاده برای

1. Low-Carbon Model
2. Low-Carbon Economy
3. Grzych & Lacassagne
4. Zhao

جدول ۱ شاخص‌ها و معیارهای شهر کم‌کربن

شاخص و معیار	پدیدآور / سال
انرژی‌های تجدیدپذیر، کارایی انرژی، حمل‌ونقل پایدار، زیرساخت‌های سبز و تنوع زیستی، زیرساخت‌هایی برای کنترل سیل و آب‌وهوای مخرب	مرکز پایداری انرژی، اسمیریرین، تپا / ۲۰۱۸
حفاظت از زمین، تعدد حالت‌های حمل‌ونقل، کل تقاضای اولیه انرژی برای عملیات ساختمانی، گازهای گلخانه‌ای تولیدشده از انرژی استفاده‌شده در عملیات‌های ساختمانی و حمل‌ونقل کیفیت هوای محیط با توجه به ذرات ریز، پوشش درخت برای سایه و مدیریت دمای محیط، دسترسی و مجاورت به خدمات عمومی کلیدی انسانی	گریچ و لاکاسانژ <sup>۱</sup> ، ۲۰۱۷
انتخاب سایت همسایگی، برنامه‌ریزی فشرده، کاربری مختلط، اختلاط درآمدی محله مسکونی، چیدمان راه، مواد مورد استفاده در ساخت راه، برنامه‌ریزی سیستم ترافیک خارجی، برنامه‌ریزی سیستم ترافیک آرام، طراحی چشم‌انداز راه‌های هوشمند، طراحی جهت‌گیری ساختمان، کنترل فاصله بین ساختمان، طراحی ذخیره انرژی، مصالح ساخت، ساختمان هوشمند، ذخیره آب، جمع‌آوری زباله‌ها، پیکربندی سبز، حفاظت از چشم‌انداز، انحراف فاضلاب باران، صرفه‌جویی در مصرف آب، توسعه کم‌اثر، استفاده پایدار از آب، استفاده از انرژی‌های نو، مدیریت برنامه‌ریزی تدوین، مدیریت برنامه‌ریزی پیاده‌راه سازی، مدیریت محله	ونگ، ژو، هه، وانگ و پنگ <sup>۲</sup> ، ۲۰۱۶
بهبود زیرساخت‌ها برای تغییرات آب و هوایی آینده، استفاده از حمل‌ونقل هوشمند، مشارکت شرکت‌ها در برنامه‌ریزی، آموزش شهروندان و بخش خصوصی، همکاری بین بخش‌های کسب و کار و سازمان‌های تحقیقاتی، افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در شهر، سرمایه‌گذاری در انرژی خورشیدی، بهبود شبکه حمل‌ونقل عمومی، استفاده از مواد بازیافتی در زیرساخت‌ها، حفظ تنوع زیستی و محیط طبیعی، افزایش نسبت بازیافت به زباله‌های جامد ساختمانی و شهری	هوویلا و همکاران، ۲۰۲۲
رهبری، و هدایت، همکاری رشته‌ها و سازمان‌های مرتبط، هدف‌گذاری، مشارکت بخش خصوصی، حمل‌ونقل، کاربری‌ها، تراکم و فرم شهر، کاهش تقاضای انرژی، منابع تجدیدپذیر، بازیافت پسماندها، تولید انرژی، توسعه خدمات زیستی، استفاده یکپارچه از مهارت‌های فنی	فراکر <sup>۴</sup> ، ۲۰۱۳

1. Center for sustainable Energy, Esmee FairBairn, tcpa
2. Grzych & Lacassagne
3. Wang
4. Fraker



ادامه جدول ۱

پدیدآور / سال	شاخص و معیار
روستا و همکاران، ۱۳۹۹	سازمان فضایی، مورفولوژی و هندسه بافت، تراکم، الگوی ساخت تک‌بناها، ساخت جاده‌های محلی، تامین دسترسی، الگوی شبکه دسترسی، پارکینگ، الگوی کاربری، الگوی فعالیت، آب و خاک، سبزی‌نگی، آب و انرژی، فاضلاب و پسماند، عدالت و همه‌شمولی، مشارکت، مدیریت اقتصادی، همکاری‌های میان سازمانی، سیاست‌گذاری و قانون‌گذاری، آموزش و فرهنگ‌سازی
لطفی و همکاران، ۱۳۹۵	اختلاط کاربری، پیاده‌مداری، منابع انرژی تجدیدپذیر، تولید انرژی چندگانه، منظر طبیعی، منظر مصنوعی، خلاقیت اجتماعی، خلاقیت اقتصادی، خلاقیت زیست‌محیطی، خلاقیت کالبدی

تدوین معیارهاست. ونگ و همکاران (۲۰۱۱) در مقاله خود با استفاده از نظرات متخصصین و مصاحبه عمیق با ایشان به جمع‌آوری آرای آن‌ها در خصوص شهرهای کم‌کربن و به طور خاص نمونه موردی پژوهش، شهر سوژه، به طبقه‌بندی معیارها و شاخص‌ها با بهره‌گیری از روش ANP پرداختند. لطفی و همکاران (۱۳۹۵)، از روش مطالعه اسنادی و کتابخانه‌ای در جهت جمع‌آوری نظرات و آرای محققان پیشین بهره بردند و معیارها و شاخص‌های شهر کم‌کربن را تدوین کردند. یکی از روش‌های قابل توجه که توسط روستا و همکاران (۱۳۹۹) استفاده شده است، بررسی معیارها از سی منبع علمی و سپس استفاده از پرسش‌نامه ماتریسی برای جمع‌آوری نظرات نه‌تن‌از پژوهشگران این حوزه است که نتایج آن با بهره‌گیری از روش «دنپ» در قالب شش مؤلفه کلی و نوزده شاخص برای محلات کم‌کربن تدوین شد. شهرهای بسیاری نیز در پی اجرای الگوی شهر کم‌کربن هستند تا میزان کربن تولیدی را کاهش دهند، لیکن مطالعات اندکی در زمینه اثرگذاری این الگو در عمل انجام شده است. لو و همکاران (۲۰۱۹)، با بررسی جامع اسناد و گزارش‌های منتشرشده درباره میزان تولید کربن به تدوین فهرستی از معیارهای شهر کم‌کربن اقدام کردند که شامل هشت گروه همچون اقتصادی، میزان استفاده از انرژی، ابعاد اجتماعی، حمل‌ونقل شهری، زباله‌های جامد، کاربری زمین و محیط‌زیست و کربن است. این فهرست در ۲۱ شهر جهان مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج نشان داد که هیچ‌یک از معیارها در محیط واقعی به‌درستی به‌کار گرفته نشده است، درحالی‌که در پژوهش‌ها بیشترین تأکید بر کاهش میزان استفاده از

انرژی در جهت کاهش تولید کربن بوده است در شهرها بیشترین تمرکز بر تغییر الگوی حمل‌ونقل برای رسیدن به این هدف بوده است. دارا بودن استراتژی‌های بلندمدت، از اولویت‌های برنامه‌ریزی شهرهای کم کربن است. پاموکار و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی سند حمل‌ونقل جدید لندن به نام استراتژی حمل‌ونقل شهرداری ۲۰۱۸، که با هدف دستیابی به شهری با کربن صفر تا سال ۲۰۵۰ نگاشته شده است به تعیین چارچوب اولویت بندی برای اقدامات مرتبط با این امر پرداختند. ایشان با استفاده از روش بهترین و بدترین<sup>۱</sup> و روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی<sup>۲</sup> با بررسی سند استراتژی شهر لندن، راهکارهایی را به عنوان اقدامات دارای اولویت ارائه دادند که از آن می‌توان به معرفی مناطق با انتشار صفر اشاره کرد. خروجی پیشنهادات ارائه شده در این مقاله بر تغییر حالت شهر به جابه‌جایی پایدار با هزینه اجرایی کم و حمایت عمومی بیشتر و حمل‌ونقل بدون کربن کمک می‌کند. شناسایی امکان تبدیل محلات به مناطق کربن صفر، خود نیازمند تحلیل‌ها و بررسی‌های دقیقی است که برخی از پژوهشگران به بررسی مؤلفه‌های مؤثر بر آن‌ها پرداختند. کومینوس (۲۰۲۲) در مقاله خود به مدل‌سازی برای ارزیابی امکان‌سنجی انتقال نواحی شهری به مناطق انرژی خاص صفر پرداخته است. کومینوس با بهره‌گیری از روش مرور ادبیات، طراحی مدل و تغذیه مدل با داده‌ها، شرایط آستانه‌ای را که یک منطقه شهری می‌تواند با استفاده از سیستم‌های هوشمند و انرژی تجدید به منطقه بدون تولید کربن<sup>۳</sup> تبدیل شود شناسایی کرده است. نتیجه حاصل از مدل‌سازی وی نشان داد که تحت تراکم جمعیتی معین، ۲۰۰ اینچ در هکتار ناخالص، یک منطقه مسکونی که از سوخت فسیلی برای تأمین انرژی خود استفاده می‌کند می‌تواند به منطقه‌ای بدون کربن تبدیل شود. نتایج حاصل از این تحقیق نظریه شهر فشرده را به‌عنوان یک فرم شهری کم‌مصرف رد می‌کند. مؤلفه‌های اثرگذار بر شهر کم کربن تنها به فرم محلات محدود نمی‌شود. ونگ و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از روش PMS-DID، اثرات واسطه‌ای و اثرات تعدیل‌کننده به بررسی وضعیت تولید کربن ۲۸۰ شهر چین از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۶ پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که کاهش کربن با افزایش سرمایه‌گذاری بر روی تحقیق و توسعه، کارایی انرژی و کاهش صنعت رابطه مستقیم دارد. همچنین بازاریابی

---

1. BMW
2. MCDM
3. NZED

دیجیتالی بر کاهش تولید کربن در شهرها بسیار اثرگذار بوده است و بر کاهش آلودگی اثر هم‌افزایی قوی دارد. برخی از پژوهشگران شهر کم‌کربن در سال‌های اخیر سینک کربن طبیعی<sup>۱</sup> را برای کاهش کربن در فضاهای شهری به کار بستند. سینک کربن طبیعی، شامل اقیانوس‌ها، خاک و جنگل‌هاست که بیشترین جذب کربن طبیعی را از محیط دارند. فن و وی (۲۰۲۲) با ساخت یک سینک طبیعی و قرار دادن آن در فضای شهر هانگ ژو، به بررسی میزان جذب و ذخیره کربن و سهم سینک طبیعی در خنثی‌سازی کربن اقدام کردند. نتایج نشان داد که ظرفیت جذب کربن توسط خاک و فضاهای سبز کوچک در مناطق ساخته شده بالاتر از سایر عناصر است. بنابراین برای دستیابی به هدف شهر با کربن صفر خالص، سیاست‌گذاران و مردم باید نه تنها به فضاهای سبز شهری به‌ویژه فضاهای سبز کوچک اهمیت بیشتری بدهند، بلکه باید حفاظت از خاک را نیز برای کاهش کاهش دهند. تخریب آن علاوه بر این، استراتژی‌های برنامه‌ریزی فضایی مربوط به مخازن کربن باید با استراتژی‌های با شدت بالا برای کاهش انتشار کربن هماهنگ شوند. پژوهش پیش رو نیز در ادامه تحقیقات مربوط به شهرهای کم‌کربن و بدون کربن است که با بررسی شرایط و مؤلفه‌های محیطی سعی دارند میزان انرژی مصرف شده را کاهش دهند و کارایی مجتمع‌های انسانی را بهبود ببخشند. همانند سایر پژوهش‌های بررسی شده در این حیطه، این تحقیق در پی یافتن معیارها و شاخص‌های اثرگذار بر برنامه‌ریزی شهری با تأکید بر کاهش تولید کربن است و به رتبه‌بندی و اولویت‌بندی هریک از آن‌ها خواهد پرداخت. لیکن تفاوت آن در بهره‌گیری از نظرات خبرگان و متخصصان باتجربه است که بر این موضوع اشراف دارند و با وضعیت شهر ساری و جامعه آن آشنا هستند و همچنین شاهد تغییر و تحولات صورت گرفته در سال‌های اخیر بودند. یکی از جنبه‌های بااهمیت در این پژوهش تأکید بر بومی‌سازی شاخص‌ها و حذف موارد کلی از میان آن‌هاست تا برنامه‌ریزان بتوانند یک چارچوب کلی از موارد اولویت‌بندی شده برای اجرا طرح‌های خود داشته باشند.

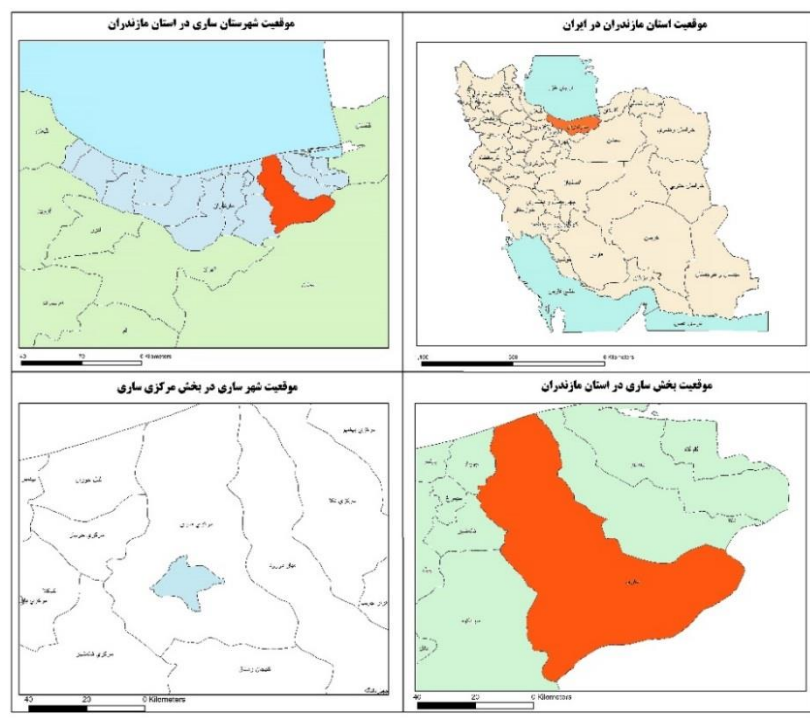
## روش

روش تحقیق در این پژوهش از نوع توصیفی و تحلیلی است و از نمونه موردی در آن

استفاده شده است. در مرحله اول با استفاده از روش اسنادی و مطالعه کتابخانه‌ای به جمع‌آوری اطلاعات و آمار موجود درباره مبانی نظری و داده‌های اولیه پژوهش پرداخته شد. در مرحله بعد، از مطالعه اسنادی برای بررسی وضع موجود در شهر ساری استفاده شد. شاخص‌ها و معیارها از طریق مصاحبه با بیست تن از صاحب‌نظران، کارشناسان و استادان حوزه‌های محیط زیست، جغرافیا، برنامه‌ریزی شهری و معماری که از وضعیت شهر ساری مطلع هستند، به دست آمده است. تحلیل آن با استفاده از کدگذاری توسط نرم‌افزار MXQDA (تحلیل محتوا) انجام گرفت. در نهایت رتبه‌بندی و وزن‌دهی هر یک از شاخص‌ها و معیارها با استفاده از آزمون فریدمن و نظرات پنجاه تن از کارشناسان صورت گرفت که از طریق طیف لیکرت اقدام به امتیازدهی به هر یک از معیارها و شاخص‌ها کرده‌اند.

#### محدوده مورد مطالعه

شهر ساری مرکز استان مازندران است. از لحاظ موقعیت جغرافیایی این شهر در طول شرقی ۵۳ درجه و ۳ دقیقه و عرض شمالی ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه واقع شده و ارتفاع متوسط آن از سطح دریای آزاد حدود ۴۰ متر است. ساری به عنوان مرکز استان مازندران از سابقه تاریخی قابل توجهی برخوردار است و در تمامی دوره‌های تاریخی که شهرهای آمل و بابل مرکز ناحیه بودند، مرکزیت اداری-سیاسی ناحیه و منطقه را عهده‌دار بوده است. شهر ساری به دلیل نزدیکی به شهر تهران و قرار گرفتن در مسیر ارتباطی خراسان رضوی از موقعیت ویژه‌ای برخوردار است. از نزدیک‌ترین شهرهای ساری می‌توان شهرهای قائم‌شهر در غرب، نکا در شرق، جویبار در شمال و کیاسر در جنوب اشاره کرد. از لحاظ موقعیت طبیعی این شهر در جنوب دریای مازندران و در منطقه‌ای جلگه‌ای و نسبتاً مسطح شهرستان ساری قرار دارد و در قسمت‌های جنوب و جنوب غربی آن کوه‌ها و تپه‌ماهورهای کم‌ارتفاع قرار دارد. رودخانه تجن یکی از پرآب‌ترین رودخانه‌های استان مازندران است که از ارتفاعات جنوب شهرستان سرچشمه می‌گیرد و پس از عبور از بخش شرقی به سمت شمال حرکت می‌کند و به دریای خزر می‌ریزد. از نظر توپوگرافی عمومی، شهر ساری در طبقه ارتفاعی ۰ تا ۱۰۰ قرار گرفته و شیب عمومی شهر از جنوب به شمال و بسیار ملایم است (مهندسین مشاور مازند طرح، ۱۳۹۴).

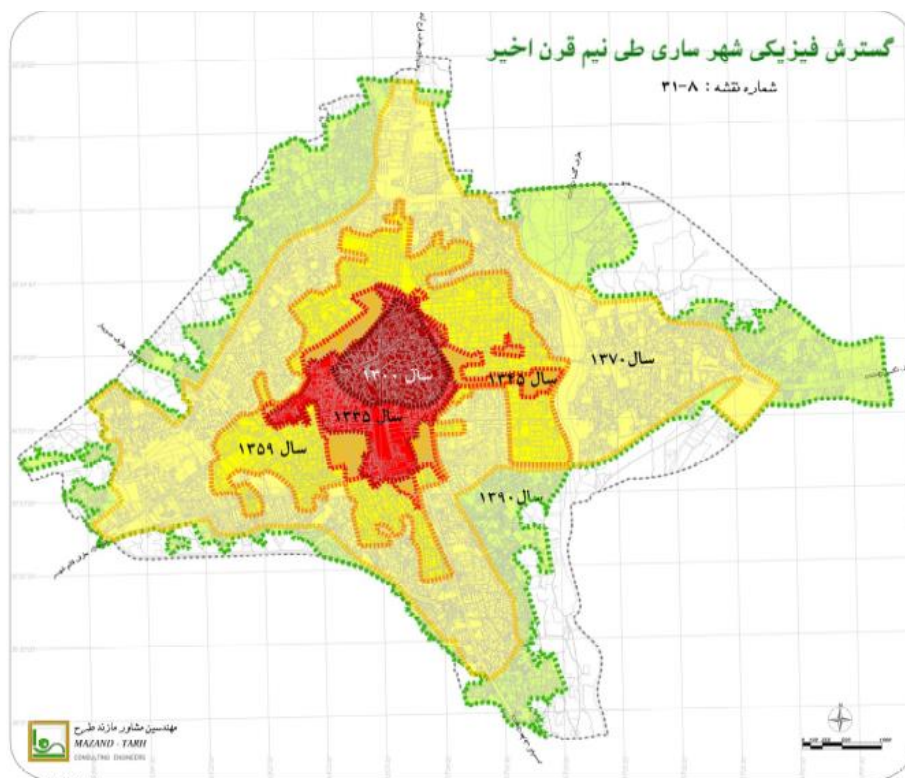


شکل ۱ موقعیت جغرافیایی شهر ساری

توسعه و تحول کالبدی شهر ساری از دهه نخست ۱۳۰۰ آغاز شد. نوسازی شهر طبق سیاست‌های دولتی و بدون برنامه‌ریزی انجام می‌گرفت و تا سال ۱۳۴۵ شمسی، ساری دارای ۳۴ محله و ۴۴۴۰۰ نفر جمعیت بوده است. بعد از انقلاب اسلامی در ایران، شهر ساری نیز گسترش فیزیکی بی‌سابقه‌ای را تجربه کرد. بخش عمده گسترش فیزیکی شهر ناشی از مهاجرت‌ها از سایر نقاط ایران به این شهر بود و گسترش قابل توجهی را در چهار جهت شهر به وجود آورد. در یک نتیجه‌گیری می‌توان گفت مساحت شهر ساری تقریباً ۱۶ برابر (از ۱۲۰ هکتار به ۳۰۰۰ هکتار) و جمعیت آن ۱۲ برابر افزایش (۱۰۰۰۰ نفر به ۳۴۸۰۰۰ نفر) را نسبت به سال‌های ۱۳۰۰ تجربه کرده است (مهندسین مشاور مازند طرح، ۱۳۹۴).

#### یافته‌ها

در این بخش از تحقیق به بررسی یافته‌های حاصل از مصاحبه با بیست نفر از خبرگان که در زمینه شهرهای پایدار و کم‌کربن تحقیقاتی به عمل آورده‌اند و دارای اشراف کامل بر



شکل ۲ گسترش فیزیکی شهر ساری از ۱۳۰۰ تا ۱۴۰۰ ش  
منبع: مهندسین مشاور مازند طرح

وضعیت شهر ساری هستند، پرداخته شده است. ده نفر از مصاحبه‌شوندگان از استادان حوزه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، پنج نفر از خبرگان در زمینه معماری و طراحی شهری و پنج نفر دیگر از حوزه‌های جغرافیا و علوم زیست‌محیطی بوده‌اند. با توجه به این که با مصاحبه‌های صورت گرفته با این تعداد از خبرگان، تحقیق به اشباع نظری رسید از مصاحبه‌های بیشتر پرهیز شد. مصاحبه‌ها دو نوبت صورت گرفت و پرسش‌نامه از نوع نیمه‌ساختاریافته است. نظرات حاصل از مصاحبه‌ها نشان داده است که شاخص‌ها و معیارهای تأثیرگذار بر برنامه‌ریزی شهر کم‌کربن دارای ابعاد مختلفی از جمله فرهنگی، اقتصادی، زیست‌محیطی و کالبدی و حمل‌ونقلی است. تحلیل مصاحبه‌های مکتوب با استفاده از نرم‌افزار تحلیل محتوای MXQDA انجام گرفت. معیارها و معیارهای ذکر شده در مصاحبه با خبرگان در جدول ۲ ذکر شده است.

جدول ۲ ابعاد و زیر معیارهای مطرح شده توسط خبرگان

ابعاد	معیارها	شاخص‌ها
فرهنگی و اجتماعی	مدیریت / آگاهی بخشی اجتماعی / هدفمندی / رهبری متخصصان	میزان مشارکت شهروندان در اجرای طرح‌ها، همکاری میان نهادهای مختلف در برنامه ریزی محلات، به کارگیری نیروی کار بومی در زمینه مختلف، وجود برنامه زمان بندی شده برای رسیدن به اهداف، مشارکت بخش خصوصی در برنامه ریزی محلات، توجه به توانایی‌ها و ایده‌های جامعه محلی
اقتصادی	سیاستگذاری / مدیریت	حمایت کسب و کارهای پایدار و سبز، صرفه جویی مالی در مدیریت اقتصادی محلات، به کارگیری راهکارهای اقتصادی خلاقانه، حضور گروه‌های درآمدهای مختلف در سطح محلات به کارگیری منابع تجدیدپذیر برای تأمین انرژی محلات، وجود زیرساخت‌های پایدار و سبز، وجود سبزی‌نگی بالا در سطح محلات، توانایی تولید انرژی از طریق منابع انرژی چندگانه، طراحی بناهای هوشمند و سازگار با محیط، به کارگیری ایده‌های نو برای حفاظت از محیط زیست، به کارگیری انرژی‌های نو در تأمین انرژی سکونتگاه‌ها، وجود سامانه‌های ذخیره انرژی، به کارگیری درختان و گیاهان در کاهش دمای محیط، حفاظت خدماتی در سطح محلات، وجود سیستم‌های ذخیره و مدیریت آب، به کارگیری سامانه‌های هوشمند در مدیریت پسماندها، توجه به سازگاری کاربری‌های هم جوار در سطح محلات، وجود زیرساخت‌های هوشمند کنترل و جمع آوری فاضلاب، به کارگیری مصالح بومی و سازگار با محیط زیست در ساخت بناها و راه‌ها
زیست محیطی	طراحی خلاقانه / برنامه ریزی خلاقانه	وجود روش‌های حمل و نقلی پایدار، فرم شبکه دسترسی، وجود راه‌های دوچرخه، وجود پیاده‌راه‌های پیوسته در سطح محلات، وجود کاربری‌های مختلط در سطح محلات، توانایی دسترسی الگوی کاربری / فرم گسترده به خدمات عمومی، حضور روش‌های حمل و نقلی متنوع، به کارگیری فناوری‌های کم اثر در توسعه محلات، وجود سامانه‌های هوشمند کنترل ترافیک راه‌ها، بالا بودن میزان تراکم ساختمانی در محلات، وجود سامانه آرام سازی ترافیک، قرارگیری بناها در جهت استفاده از نور خورشید و باد، به کارگیری ایده‌های نو در زمینه ساخت تک بناها، توجه به چگونگی ساخت بناها از نظر فرم و شکل
کالبدی و حمل و نقل	الگوی کاربری / فرم و شکل بافت محلات / عدالت در دسترسی	

فراوانی و نسبت معیارها در مصاحبه‌های مکتوب در ارتباط با تدوین معیارهای شهر کم کربن برای هر یک از ابعاد و نیز کل مصاحبه‌ها در جدول ۳ براساس خروجی MXQDA آورده شده است. جدول ۳ به این صورت مطرح شده است که از بررسی ابعاد و زیرمعیارهای مرتبط با هر یک از آن‌ها به معیارهای بومی‌سازی شده در برنامه‌ریزی شهر کم کربن دست یافته است.

جدول ۳ فراوانی و نسبت معیارهای ذکر شده در مصاحبه در MXQDA

رتبه	درصد	فراوانی	معیارها
۱	۱۸,۵۵	۱۸	الگوی کاربری
۲	۱۵,۴۶	۱۵	مدیریت
۳	۱۳,۰۴	۱۳	سیاست گذاری‌ها
۴	۱۲,۳۷	۱۲	آگاهی بخشی اجتماعی
۵	۱۱,۳۴	۱۱	برنامه‌ریزی خلاقانه
۶	۹,۲۷	۹	فرم و شکل یافت محلات
۷	۷,۲۱	۷	عدالت در دسترسی
۸	۵,۱۵	۵	رهبری متخصصان
۹	۴,۱۲	۴	هدفمندی
۱۰	۳,۰۹	۳	طراحی خلاقانه
	۱۰۰	۹۷	جمع

باتوجه به رتبه‌بندی صورت گرفته و میزان فراوانی که از نرم‌افزار مکس کیودا استخراج شد، نشان می‌دهد که الگوی کاربری زمین رتبه نخست را به خود اختصاص داده است و بیشترین تأثیر را در برنامه‌ریزی و آینده شهرهای کم کربن داراست. ضعیف بودن مدیریت شهری و الگوهای سنتی آن موجب افزایش ناپایداری و تضعیف محیط‌زیست شهر شده است. از سوی دیگر سیاست گذاری‌های ناآگاهانه و بدون شناخت از ویژگی‌های شهر سازی موجب شده تا شهر با شتاب بیشتری جمعیت مهاجر را از اطراف به خود جذب کند، درحالی که زیرساخت‌ها و بناهای ساخته شده فاقد هرگونه مطابقت با الگوهای پایداری و شهر کم کربن هستند.

پس از آن که خبرگان معیارها و شاخص‌های موردنظرشان را مطرح کردند، شاخص‌های مطرح شده توسط کارشناسان، مدیران و افراد متخصص در این حوزه و از



طریق پرسش‌نامه وزن‌دهی و تعیین اهمیت شد. پایایی و روایی پرسش‌نامه مذکور توسط خبرگان مورد تأیید و مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا پرسش‌نامه‌ای نیمه‌ساختاریافته شامل ۴۲ شاخص که با استفاده از طیف لیکرت در اختیار پنجاه نفر از کارشناسان قرار گرفت تا امتیازدهی شود. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از آزمون فریدمن رتبه‌دهی و ارزش‌گذاری شد. آزمون فریدمن برای پژوهش‌های درون‌گروهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این آزمون مدل ناپارامتریک آزمون اندازه‌های مکرر و تعمیم‌یافته از آزمون ویلکاکسون است (بهشتی و لقمانی، ۱۳۹۹، ص ۳۰). جدول ۴، معناداری آزمون فریدمن در پرسش‌نامه شاخص‌ها را نشان می‌دهد. مقدار مجذور کای به‌دست آمده برای شاخص‌ها عدد ۵۳۲/۷۲۱ است که سطح خطای آن از ۰/۰۰۵ کم‌تر است. این نشان‌دهنده معنادار بودن رتبه‌بندی متغیرها در نمونه موردی است.

جدول ۴ ارزیابی آزمون فریدمن از شاخص‌ها

N	۵۰
Chi-Square	۵۳۲,۷۲۱
Df	۴۱
Asymp. Sig.	۰,۰۰۳

آزمون آلفای کرونباخ برای پرسش‌نامه شاخص‌ها ۰/۹۹۴ از ۴۲ عدد از شاخص‌هاست که مورد ارزیابی قرار گرفتند. عدد به‌دست آمده از آلفای کرونباخ نشانگر پیوستگی بالا و همچنین پایایی بر طبق نظر کارشناسان در وضعیت عالی قرار دارد. جدول ۵ آزمون آلفای کرونباخ را برای شاخص‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۵ آزمون آلفای کرونباخ شاخص‌ها

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
۰,۹۹۴	۰,۹۹۴	۴۲

شاخص‌های رتبه‌بندی شده در جدول ۶، از تحلیل متن مکتوب مصاحبه با خبرگان به‌دست آمده است و توسط کارشناسان با استفاده از طیف لیکرت پنج تایی امتیازدهی شده است. وزن نهایی هر یک از شاخص‌های بومی توسط نرم‌افزار اس.پی.اس. محاسبه و رتبه‌بندی شد.

جدول ۶ رتبه‌بندی شاخص‌ها

رتبه	وزن نهایی	شاخص‌ها	رتبه	وزن نهایی	شاخص‌ها
۲۲	۲۲/۰۵	بالا بودن میزان تراکم ساختمانی در محلات	۱	۳۳/۹۳	وجود روش‌های حمل‌ونقلی پایدار
۲۳	۲۲/۰۲	حفاظت از زیست‌بوم و محیط طبیعی	۲	۳۳/۸۱	به‌کارگیری منابع تجدیدپذیر برای تأمین انرژی محلات
۲۴	۲۲/۰۰	پراکنش گسترده کاربری‌های خدماتی در سطح محلات	۳	۳۲/۵۲	وجود زیرساخت‌های پایدار و سبز
۲۵	۲۰/۹۳	وجود سیستم‌های ذخیره و مدیریت آب	۴	۳۲/۳۳	فرم شبکه دسترسی
۲۶	۲۰/۱۴	به‌کارگیری سامانه‌های هوشمند در مدیریت پسماندها	۵	۳۱/۶۹	وجود سبزی‌نگی بالا در سطح محلات
۲۷	۱۹/۹۳	قرارگیری بناها در جهت استفاده از نور خورشید و باد	۶	۳۰/۹۵	توانایی تولید انرژی از طریق منابع انرژی چندگانه
۲۸	۱۸/۱۲	وجود سامانه آرام‌سازی ترافیک	۷	۳۰/۶۹	وجود پیاده‌راه‌های پیوسته در سطح محلات
۲۹	۱۸/۰۲	حمایت کسب‌وکارهای پایدار و سبز	۸	۳۰/۱۷	طراحی بناهای هوشمند و سازگار با محیط
۳۰	۱۷/۷۴	توجه به سازگاری کاربری‌های هم‌جوار در سطح محلات	۹	۳۰/۰۷	وجود کاربری‌های مختلط در سطح محلات
۳۱	۱۷/۲۴	صرفه‌جویی مالی در مدیریت اقتصادی محلات	۱۰	۲۹/۳۳	به‌کارگیری ایده‌های نو برای حفاظت از محیط‌زیست
۳۲	۱۵/۳۳	به‌کارگیری ایده‌های نو در زمینه ساخت تک‌بناها	۱۱	۲۹/۲۹	توانایی دسترسی گسترده به خدمات عمومی
۳۳	۱۴/۹۳	وجود زیرساخت‌های هوشمند کنترل و جمع‌آوری فاضلاب	۱۲	۲۹/۱۲	به‌کارگیری انرژی‌های نو در تأمین انرژی سکونتگاه‌ها
۳۴	۱۴/۸۶	به‌کارگیری نیروی کار بومی در زمینه مختلف	۱۳	۲۸/۴۰	حضور روش‌های حمل‌ونقلی متنوع
۳۵	۱۴/۶۹	وجود برنامه زمان‌بندی شده برای رسیدن به اهداف	۱۴	۲۸/۳۳	حفاظت از منابع آب و خاک
۳۶	۱۴/۵۰	به‌کارگیری مصالح بومی و سازگار با محیط‌زیست در ساخت بناها و راه‌ها	۱۵	۲۷/۵۰	وجود کارایی انرژی در سطح محلات

ادامه جدول ۶

رتبه	وزن نهایی	شاخص‌ها	رتبه	وزن نهایی	شاخص‌ها
۳۷	۱۴/۱۷	مشارکت بخش خصوصی در برنامه‌ریزی محلات	۱۶	۲۵/۹۰	وجود سامانه‌های ذخیره انرژی
۳۸	۱۳/۸۳	وجود راه‌های دوچرخه	۱۷	۲۵/۶۴	به‌کارگیری درختان و گیاهان در کاهش دمای محیط
۳۹	۱۳/۶۹	به‌کارگیری راهکارهای اقتصادی خلاقانه	۱۸	۲۳/۷۹	میزان مشارکت شهروندان در اجرای طرح‌ها
۴۰	۹/۴۵	توجه به توانایی‌ها و ایده‌های جامعه محلی	۱۹	۲۳/۷۴	همکاری میان نهادهای مختلف در برنامه‌ریزی محلات
۴۱	۷/۷۶	توجه به چگونگی ساخت بناها از نظر فرم و شکل	۲۰	۲۲/۹۵	به‌کارگیری فناوری‌های کم‌اثر در توسعه محلات
۴۲	۶/۳۳	حضور گروه‌های درآمدهای مختلف در سطح محلات	۲۱	۲۲/۹۰	وجود سامانه‌های هوشمند کنترل ترافیک راه‌ها

ملاحظه می‌شود که از میان شاخص‌هایی که توسط کارشناسان رتبه‌بندی شد، مهم‌ترین آن‌ها روش‌های حمل و نقلی پایدار، منابع تجدیدپذیر برای تأمین انرژی محلات و زیرساخت‌های سبز و پایدار بودند. در انتهای جدول معیارهایی همچون توجه به توانایی و ایده‌های جامعه محلی، توجه به فرم و شکل بناها در هنگام ساخت و حضور گروه‌های درآمدی مختلف در سطح محلات کمترین وزن‌ها را به خود اختصاص داده‌اند.

### بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش معیارها و شاخص‌ها براساس شرایط موجود در شهر ساری، نحوه مدیریت و برنامه‌ریزی شهرها و با در نظر گرفتن تفاوت‌های آن به لحاظ فرهنگی، اقتصادی و... تدوین شده است. این امر از این جهت دارای اهمیت است که معیارها و شاخص‌ها، توسط خبرگان و کارشناسان باتجربه و دارای شناخت کامل نسبت به شهر و محیط آن پیشنهاد و شاخص‌ها و معیارها، بومی شد. با بررسی میزان اهمیت و اولویت‌بندی شاخص‌ها و معیارها مشخص گردید که شاخص‌های مرتبط با هر یک از معیارها در هر دو رتبه‌بندی

صورت گرفته، تقریباً در یک رده قرار گرفته‌اند. معیارهای بااهمیت، دارای شاخص‌های بااهمیت و برعکس هستند. در رتبه‌بندی شاخص‌ها، وجود حمل‌ونقل پایدار، به‌کارگیری منابع تجدیدپذیر برای تأمین انرژی محلات و وجود زیرساخت‌های سبز و پایدار است که نشان می‌دهد مؤلفه‌های کالبدی و حمل‌ونقلی نقشی اساسی در ایجاد محلات کم‌کربن ایفا می‌کنند. شاخص‌های توانایی تولید انرژی از طریق منابع انرژی چندگانه و استفاده از ایده‌های نو در برای حفاظت از محیط زیست نشان می‌دهد که طراحان و برنامه‌ریزان می‌بایست توجه بیشتری به استفاده از پتانسیل‌های طبیعی موجود در منطقه نشان دهند و طراحی و برنامه‌ریزی‌هایشان بر پایه استفاده هر چه بیشتر از منابع تجدیدپذیر و مصرف کم‌تر انرژی‌های فسیلی قرار دهند. قرارگیری مشارکت مردم در برنامه‌ریزی و همکاری میان سازمانی در اولویت‌های میانی نیز می‌تواند اهمیت همکاری میان متخصصان سازمان‌های مختلف، تدوین یک برنامه مشترک به‌منظور ایجاد هماهنگی و استفاده از توانایی‌های مردم و انجمن‌های محلات در حل مشکلات و ارائه راه‌حل در سطح محله را یادآور شود، امری که در کشور ایران نیازمند توجه بیشتر و عزم جدی‌تر مسئولان است. در تدوین معیارها و شاخص‌های شهرهای بومی برای الگوی شهرهای بدون کربن آنچه که بیش از همه مورد تأکید واقع شده است، آن است که تمامی عناصر موجود در شهر باید به‌گونه‌ای ترتیب و سامان یابند که در جهت هدف عالی آن یعنی کاهش و به‌صفر رساندن تولید کربن گام بردارند. به‌صفر رساندن ردپای کربن از آن جهت دارای اهمیت است که به کاهش مصرف انرژی در سطح منطقه و یا حتی در سطح ملی می‌انجامد، به‌حفظ زیست‌بوم کمک می‌رساند، جوامعی سرزنده و پویا را ایجاد می‌کند و درنهایت کاهش گرمای کره زمین و کاهش خطرات طبیعی را رقم می‌زند. بدیهی است که در نخستین گام می‌بایست به کالبد شهر و چگونگی تولید و مصرف انرژی توجه شود، زیرا مصالح و فرم‌های موجود در شهرها خود یکی از عوامل ایجاد کربن و هدررفت انرژی هستند. هرچند که وجود حمل‌ونقل سبز و پایدار می‌تواند کمک شایانی به کاهش تولید کربن کند، ولی فرم شبکه‌های دسترسی و توزیع و پراکنش کاربری‌ها و خدمات یکی از عوامل اصلی استفاده از خودروها و در نتیجه مصرف انرژی بیشتر و تولید ردپای کربن است. البته نباید نقش متخصصان در آگاه‌سازی مردم و ترغیب ایشان به همکاری و مشارکت در ساخت محلات بدون کربن نادیده گرفته شود.

## منابع

- باقری بهشتی، آ.، و لقمانی، ح (۱۳۹۹). واکاوی معیارهای مؤثر بر شهر شاد. *مجله علمی شهرسازی ایران*، ۳ (۵)، ۳۳-۲۴.
- جمعه پور، م. (۱۳۹۸). *برنامه ریزی محیطی و پایداری شهری و منطقه ای*. تهران: سمت.
- روستا، م.، و جوادپور، م.، و عبادی، م. (۱۳۹۹). تدوین مدل «محلۀ کم کربن» به منظور کاربست در برنامه ریزی و طراحی شهری. *دانش شهرسازی*، ۴ (۱)، ۴۸-۳۳.
- سلطانی، ع. (۱۳۹۵). *برنامه ریزی کاربری زمین شهری*. شیراز: انتشارات دانشگاه شیراز.
- فرمند، م. (۱۳۹۳). *طراحی محلۀ شهری با رویکرد کم کربن و بدون کربن*. پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه طراحی شهری. دانشکده هنر و معماری. دانشگاه شیراز.
- گیدنز، آ. (۲۰۰۱). *جامعه شناسی*. تهران: نشر نی.
- لطفی، س.، شعله، م.، فرمند، م.، و فتاحی، ک. (۱۳۹۵). تدوین معیارهای طراحی شهری برای محله های بدون کربن. *نقش جهان*، ۶ (۱)، ۹۲-۸۰.
- مهندسین مشاور مازند طرح (۱۳۹۴). *طرح جامع ساری*.
- نیومن، پ.، بیتلی، ت.، و بویر، ه. (۱۳۹۸). *شهرهای تاب آور پاسخی در برابر اوج نفت و تغییرات اقلیمی*. ترجمه م. حبیبیان و گ. زارع نژاد. تهران: دانشگاه تهران.
- De wit, P., & Verheye, W. (2009). Land Use Planning For Sustainable Development. In P. De Wit, & W. Verheye, *Land Use, Land Cover and Soil Sciences* (pp. 33-60). Oxford: EOLSS & UNESCO.
- Department of Economic and Social Affairs of United Nation. (2017). *The World's Cities in 2018*. United Nation.
- Fausing, K. (2020, January 17). smart and the city working title. Retrieved from weforum: <https://www.weforum.org/agenda/2020/01/smart-and-the-city-working-title>.
- Fan, Y., & Wei, F. (2022). Contributions of Natural Carbon Sink Capacity and Carbon Neutrality in the Context of Net Zero Carbon Cities: A Case Study of Hangzhou. *Sustainability*, 14, 2680.
- Fraker, H. (2013). *The Hidden Potential of Sustainable Neighborhood: Lessons from Low-Carbon Communities*. Island Press.
- Global Footprint Network. (2015, June). Climate change. Retrieved from footprintnetwork: <https://www.footprintnetwork.org/our-work/climate-change/>
- Grzych, C., & Lacassagne, S. (2017). *City pathway to low carbon models*. MOLOC & European Regional Development Fund.
- Hasyimi, V., & Azizalrahman, H. (2018). A Strategy-Based Model for Low Carbon Cities. *Sustainability*, 10 (12), 1-13.
- Huovila, A., Siikavirta, H., Antuña Rozado, C., Rökman, J., Tuominen, P., Paiho, S., Hedman, S., & Ylén, P. (2022). Carbon-neutral cities: Critical review of theory and practice. *Journal of Cleaner Production*, 341, 130912
- Kelowna Municipal. (2012). *Community Climate Action Plan*. Municiple: Kelowna Municiple.
- Komninos, N. (2022). Net Zero Energy Districts: Connected Intelligence for Carbon-Neutral Cities. *Land*, 11, 210
- Laseinde, O.T., Durojaye, O., & Ifetayo, O. (2019). A Descriptive Review of Carbon Footprint. In T. Ahrm, W. Karwowski, S. Pickl, & R. Taiar, *Human Systems Engineering and Design II* (pp. 960-968). Munich: Springer.

- Loua, Y., Jayanthab, W. M., Shenc, L., Liu, Z., & Shuc, T. (2019). The application of low-carbon city (LCC) indicators—A comparison between academia and practice. *Sustainable Cities and Society*, 51(101677), 1-8.
- Mattew, J. (2013). *Carbon Footprint Analysis: Concepts, Methods, Implementation, and Case Studies*. CRC.
- Pamucar, D., Deveci, M., Canitez, F., Paksoy, T., & Lukovac, V. (2021). A Novel Methodology for Prioritizing Zero-Carbon Measures for Sustainable Transport. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1093-1112.
- Sonu, G., Binod, P., & Raj Sonika, G. (2011). Ecological Footprint: A tool for measuring Sustainable development. *International Journal Of Environmental Sciences*, 140-144.
- The Esmée Fairbairn Foundation and the endorsement of the Town & Country Planning Association. (2018). *Low-carbon neighbourhood planning*. Bristol: Center for sustainable energy.
- Wang, H., Chen, C., Xiong, Z., & Li, D. (2023). How to Achieve Carbon Neutrality in Cities? Evidence from China's Low-Carbon Cities Development. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 20, 2121.
- Wang, X., Zhao, G., He, C., Wang, X., & Peng, W. (2016). Low-carbon neighborhood planning technology and indicator system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1066-1076.