مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی (مطالعه موردی: شهر اردبیل)

حسن خاوریان [۱*]، ساسان نیکفال مغانلو[۲]

۱*- استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی.

۲- دانشجوی دکتری، رشته جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی.

* ایمیل نویسنده مسئول: h5_khavari@uma.ac.ir

تاریخ دریافت : ۱۴۰۱/۱۰/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۵

چکیده

تحقیق حاضر تلاشی در راستای جانمایی بهینه ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی در سطح شهر اردبیل می‌باشد. تحقیق حاضر به لحاظ ماهیت، کاربردی و از نظر روش، توصیفی- تحلیلی بوده که با استفاده از نرم‌افزار ARCGIS و با بهره‌گیری از مدل (WLC) در قالب ۵ معیار و ۲۷ زیر معیار به جانمایی ایستگاه شارژ خودروهای الکتریکی مبادرت نموده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر، مکان‌های مناسب و متناسب با اراضی بایر موجود در سطح شهر و اراضی با موقعیت مناسب استقرار ایستگاه شارژ خودروهای الکتریکی همچون محدوده داخل بزرگراه شهدا خاصه کنار خیابان امام خمینی (مابین تقاطع باهنر و میدان جهاد) که به دلیل تراکم کاربری‌ها و زیرساخت‌ها و به‌ویژه قرارگیری هسته مرکزی شهر به‌عنوان شهری تقریباً تک‌هسته‌ای اشاره نمود. همچنین می‌توان در مسیرهای اطراف مرکز شهر (محدوده غربی و شمال غربی شهر و قسمت‌های داخلی و خارجی بزرگراه بسیج در سمت محله‌های شهریار (آرازعلی) و ارس و شهرک کارشناسان) به جهت تمرکززدایی از هسته اصلی شهر جهت احداث ایستگاه بهره گرفت. همچنین با توجه به اینکه شهر اردبیل دارای ماهیتی گردشگر پذیر بوده و از سوی دیگر شهر اردبیل در مسیر حرکت شمال غرب کشور به سمت شمال کشور قرار دارد؛ می‌توان در دروازه‌های ورودی و خروجی مهم شهر با بهره‌گیری از اراضی بایر و نیز در صورت امکان سازگاری و همراه سازی با کاربری‌های سوخت‌گیری (پمپ‌بنزین‌ها)، می‌توان از تعبیه و جانمایی ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی بهره‌مند نمود.

کلمات کلیدی

"مکان یابی بهینه"،"ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی "، "تصمیم گیری چندمعیاره_ MCDM "، "شهر اردبیل ".

۱. مقدمه

روند کنونی افزایش مصرف انرژی در جهان که پس از انقلاب صنعتی در اواسط قرن هجدهم میلادی شتاب گرفت، بشر را با دو بحران بزرگ روبرو کرده است. نخست، آلودگی محیط‌زیست در اثر سوزاندن سوخت های فسیلی و دوم، شتاب در جهت به پایان بردن این منابع (محسنی، شکری، ۱۳۹۲). صنعتی شدن جوامع امروزی، منجر به بهره‌برداری بیشتر و فشرده‌تر از سوخت‌های فسیلی زغال‌سنگ، نفت و گاز به‌منظور استفاده در تولید و حمل‌ونقل شده است. احتراق این سوخت‌ها، منجر به افزایش آزاد شدن گاز دی‌اکسید کربن به اتمسفر و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود (صالح و همکاران، ۱۳۸۴). ازآنجایی‌که انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط حمل‌ونقل در جهان تا به امروز رو به افزایش است؛ برای مثال در اروپا بخش حمل‌ونقل ۷۴ درصد مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است (European Environment Agency, 2017). از سوی دیگر، با توجه به گرمایش جهانی و با پیشرفت تکنولوژی باتری، در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه، تأکید بیشتر بر روی خودروهای الکتریکی می‌باشد (Rousseau and Sharer, 2004). وسایل نقلیه الکتریکی می‌تواند این روند مصرفی انرژی و متعاقب آن میزان تولید گازهای گلخانه‌ای را اصلاح نماید (European Commission, 2011 & 2016). مطابق آمار ارائه‌شده توسط سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)، میزان دی‌اکسید کربن تولیدشده در محیط‌زیست تا سال ۲۰۵۰ به دو برابر میزان آن در سال ۲۰۰۵ خواهد رسید که مطابق آمار جهانی این عدد باید نصف گردد. استفاده از خودروهای الکتریکی که توسط ایستگاه‌های شارژ به شبکه توزیع وصل می‌گردند گامی در جهت کاهش آلایندگی زیست‌محیطی و راهکاری در برابر کاهش منابع فسیلی می‌باشد. از سوی دیگر، ۹۸ درصد سیستم حمل‌ونقل وابسته به سوخت فسیلی است که به‌شدت تحت تأثیر تغییرات منابع انرژی قرار دارد (OECD-ITF, 2008). بدین منظور، دولت‌ها و شرکت‌های خودروسازی ارزش وسایل نقلیه سوخت جایگزین (AFVs) را برای حمل‌ونقل سبز (وسایط حمل‌ونقلی با کمترین میزان آلاینده هوا) (Hacker et al, 2009) به رسمیت شناخته و سیاست‌های اقتصادی را برای حمایت از بازار خودروهای الکتریکی (EVs) انجام داده‌اند. با توجه به اینکه، کشورها در سراسر جهان به‌طور فعال از تعهدات خود درزمینه حفاظت از انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای برخوردار هستند؛ ضروری است جهت بهره‌مندی از تکنولوژی‌های نوین برای کاهش میزان تولید دی‌اکسید کربن در راستای دستیابی به توسعه پایدار توجه ویژه به زیرساخت‌های لازم نیز صورت گیرد. توسعه زیرساخت به‌عنوان عامل اصلی برای افزایش نرخ استفاده و مشارکت شهروندان در بهره‌گیری از سیستم خودروهای برقی (EV) می‌شود. به‌عبارت‌دیگر موجودیت و بهره‌گیری از خودروهای برقی پس از احداث مکان‌های سوخت‌گیری قابل‌استفاده و بهره‌برداری می‌باشد (Nationale Plattform. Elektromobilität, 2011). بر اساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته توسط محققین امر، می‌توان حدس زد که در آینده‌ای نزدیک خودروهای الکتریکی (EVs) بر صنعت خودروسازی غلبه کرده و جایگاه ویژه‌ای را در بین خودروهای مصرفی در جهان را خواهد داشت (Sanchari Deb et al, 2019). به همین دلیل مکان‌یابی مناسب ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی نقش مهمی در این حوزه دارد و می‌تواند به‌عنوان ابزار پیش‌بینی تقاضای نصب جایگاه‌های سوخت‌گیری

الکتریکی منجر شود. بااین‌حال، برای استقرار در مقیاس وسیع EVS دسترسی به زیرساخت شارژ و نیز زیرساخت شهری نقش قابل‌توجهی ایفا می‌کند. بر اساس آمار منتشره توسط آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۱۰ کشور ایران نهمین کشور تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای در جهان می‌باشد که در منطقه خاورمیانه نیز رتبه نخست را از این حیث دارا می‌باشد (IEA[1], 2012). از سوی دیگر، سالانه هزاران نفر در ایران به دلیل آلودگی هوا و امراض وابسته به آن جان خود را از دست می‌دهند. همین امر باعث آن شده است که توجه روزافزون به مبحث کاهش آلاینده‌ها بالأخص استفاده از خودروهای هیبریدی و الکتریکی اهمیت ویژه و روزافزون داشته باشد. از طرف دیگر، با افزایش سالانه هزینه‌های ناشی از تأمین سوخت فسیلی، هزینه تمام‌شده جهت بهره-برداری از خودروها افزایش می‌یابد. با این تعاریف، ایجاد زیرساخت لازم جهت بهره‌برداری از خودروهای الکتریکی را، از نیازهای مبرم این روزهای جامعه ما می‌سازد. یکی از این زیرساخت‌ها، ایجاد ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی می‌باشد. رشد روزافزون شهر و شهرنشینی در شهر اردبیل نیز در سال‌های اخیر قابل‌تأمل بوده و نیاز به توجه هرچه بیشتر در راستای ساماندهی شهری به‌ویژه کاربری‌های مستقر در این شهر می‌باشد. بدین دلیل که با بهره‌گیری یا عدم بهره‌مندی از مواهب و موارد موردنیاز در بستر شهر در حال حاضر برای آینده می‌تواند بر کاهش یا افزایش ناملایماتی‌ها و نابسامانی‌ها مؤثر باشد. ازاین‌رو با توجه به جهت توسعه حمل‌ونقل با کمترین سطح آلایندگی، نیازمند تأکید و توجه ویژه به زیرساخت شهری، خاصه کاربری‌های وابسته به حمل‌ونقل شهری می‌باشد. لذا هدف تحقیق پیشرو سعی بر ایجاد مکان مطلوب و بهینه در جانمایی ایستگاه‌های شارژ الکتریکی در سطح شهر اردبیل دارد.

شهر اردبیل طی چند دهه اخیر به علت موقعیت خاص طبیعی، اجتماعی و اقتصادی که این شهر از آن برخوردار بوده و همچنین به دلیل مرکزیت اداری، سیاسی در سطح استان اردبیل، رشد فیزیکی گسترده‌ای را تجربه کرده است به‌طوری‌که همه‌ساله سرریزهای جمعیتی شهرستان‌های پیرامونی خود را جذب می‌نماید. لازم به ذکر است بر اساس آمارهای منتشره‌ی مرکز آمار ایران جمعیت استان اردبیل در سال ۱۳۹۰، ۱۲۴۸۴۸۸ نفر و در سال ۱۳۹۵، نیز ۱۲۷۰۴۲۰ نفر بود که دارای پایین‌ترین نرخ رشد (۰/۳۵) در بین استان‌های کشور است. به‌طوری‌که بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ تنها ۲۱۹۳۲ نفر به جمعیت استان اضافه‌شده است. این در حالی است که جمعیت سال ۱۳۹۰ شهر اردبیل برابر با ۴۸۵۱۵۳ نفر و جمعیت سال ۱۳۹۵ آن برابر ۵۲۹۳۷۴ نفر بوده است. این آمار بیانگر آن است که شهر اردبیل به‌تنهایی حدود دو برابر جمعیت اضافه‌شده به آمار استان، به تعداد جمعیت خود طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ افزوده است (نرخ رشدی برابر با ۱/۷۶ و افزایش جمعیتی بالغبر ۴۴۲۲۱ نفر) (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). با توجه به افزایش شتابان تعداد جمعیت شهر اردبیل و رشد فیزیکی گسترده این شهر در دهه‌های اخیر، علی‌الخصوص از سال ۱۳۷۲ به بعد و نیز افزایش تعداد خودروهای شخصی باتبع افزایش جمعیت هرروز بیشتر و بیشتر شده است. به‌طوری‌که مالکیت خودروی شخصی در زندگی امروزی به یکی از ابزارهای کسب تشخص و جایگاه در بین شهروندان تبدیل‌شده است. از طرفی، سالانه هزاران نفر در ایران به دلیل آلودگی هوا و امراض وابسته به آن جان خود را از دست می‌دهند. همین امر باعث آن شده است که توجه روزافزون به مبحث کاهش آلاینده‌ها بالأخص استفاده از خودروهای هیبریدی و الکتریکی اهمیت ویژه و روزافزون داشته باشد. از طرفی دیگر، افزایش سالانه هزینه‌های ناشی از تأمین سوخت فسیلی، هزینه تمام‌شده جهت بهره‌برداری از خودروها افزایش می‌یابد. با این تعاریف، ایجاد زیرساخت لازم جهت بهره‌برداری از خودروهای الکتریکی را، از نیازهای مبرم این روزهای جامعه ما می‌سازد. یکی از این زیرساخت‌ها، ایجاد ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی در سطح شهر اردبیل می‌باشد. در راستای موضوع مطالعه، تحقیقات مختلفی صورت گرفته است که در زیر به مواردی از آن‌ها اشاره می‌گردد:

تائویی[2] و همکاران در سال ۲۰۱۹ به تحقیق درزمینه مکان و روش ظرفیت بهینه‌سازی برای ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی با توجه به رضایت عمومی استفاده‌کنندگان پرداخته‌اند. در تحقیق یادشده، سه شاخص اصلی جهت رضایت استفاده‌کنندگان همچون راحتی شارژ، هزینه شارژ و زمان شارژ موردبررسی قرارگرفته است. با توجه به شرایط بار و شارژ و همچنین موقعیت مکانی، حجم ایستگاه شارژر وسایل نقلیه الکتریکی، الگوریتم ایمنی مصنوعی طراحی و برای بهینه‌سازی راه‌حل آن انجام پذیرفت. در ادامه نیز جهت تجزیه‌وتحلیل تجربی، یک نظرسنجی منطقه‌ای انجام گرفت. نتایج تحقیق نشان می‌دهد افزایش تراکم ایستگاه‌های شارژ، کاهش قیمت شارژ و کوتاه شدن زمان شارژ می‌تواند رضایت کاربران را بهبود بخشد. حسنی و ساردر[3] در سال ۲۰۱۹ پژوهشی را به‌صورت توسعه یک مدل شبکه بایزین برای انتخاب سایت بهینه ایستگاه شارژ خودرو الکتریکی صورت داده‌اند. محققین، مطالعه خود را با بهره‌گیری از شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و محیطی انجام داده‌اند. پژوهش یادشده، یک دیدگاه تحقیق جدید را با در نظر گرفتن عدم قطعیت و با بهره‌گیری از عوامل کیفی و کمی، راهکاری را برای ارزیابی انتخاب سایت ارائه می‌دهد و نفوذ جریان اصلی BN را به‌عنوان ابزار تصمیم‌گیری قدرتمند در زمینه مدیریت انرژی برق، ارائه می‌دهد. ارباش و همکاران در سال ۲۰۱۸ اقدام به مکان‌یابی محل مطلوب ایستگاه‌های شارژ خودرو الکتریکی: با بهره‌گیری از تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره و نرم‌افزار ARCGIS برای شهر آنکارا کرده‌اند. نتایج یافته پژوهش حاضر نشان می‌دهد که مکان‌های جایگزین پیشنهادشده از ۱۲ مکان جایگاه شارژ خودرو الکتریکی (EVCS) برحسب معیارهای موردبررسی مناسب‌تر می‌باشد. گولر و یمرالیق‌اوغلو[4] در سال ۲۰۱۸ پژوهشی را برای انتخاب منطقه مناسب جهت مکان‌یابی ایستگاه‌های شارژ وسایل نقلیه الکتریکی انجام داده‌اند. در این مطالعه، از روش سلسله مراتبی فازی (FUZZY AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای مدیریت داده‌ها و انتخاب مکان مناسب جهت جایگزینی ایستگاه‌های شارژر خودرو الکتریکی مورداستفاده قرارگرفته است. محدوده موردمطالعه آن نیز سه محله مجاور هم در استانبول ترکیه تعیین‌شده است. در بین این سه مناطق "کادی‌کوی " را بهترین نقطه برای ایجاد و جایگزینی ایستگاه شارژ خودرو الکتریکی دانسته‌اند. یوانا وو[5] و همکاران در سال ۲۰۱۶ در مطالعه‌ای به مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی

[1] International Energy Agency

[2] Tao Yi

[3] Hasani & Sarder

[4] Yunna Wu

[5] Yunna Wu

بر پایه مدل کلود و روش پرومتری برای شهر پکن انجام پرداخته‌اند. محققین در مطالعه خود از شاخص‌های اقتصادی، دسترسی به خدمات، شاخص‌های اجتماعی، محیطی و نیز امکانات مهندسی مستقر در سطح شهر بهره گرفته است. در انتها نیز چندین نقطه را برای به‌عنوان مکانی بهینه برای استقرار ایستگاه‌های شارژ بوردوهای الکتریکی متناسب با معیارهای موردمطالعه ارائه داده‌اند. گوا و ژان[1] در سال ۲۰۱۵ تحقیقی را تحت عنوان مکان‌یابی بهینه ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی با استفاده از مدل فازی تاپسیس با تأکید بر دیدگاه توسعه پایدار در مطالعه موردی شهر پکن صورت داده‌اند. محققین در مطالعه خود به بررسی سه شاخص کلی محیطی، اقتصادی و اجتماعی و ۱۱ زیر معیار به مکان‌یابی ایستگاه‌های شارژ خودرو الکتریکی پرداخته‌اند. بنابر ادعای نویسندگان، این مطالعه یک دیدگاه پژوهشی جدید برای انتخاب مکان مناسب ایستگاه شارژ خودرو الکتریکی فراهم می‌کند و همچنین دامنه‌های کاربردی روش TOPSIS فازی را گسترش می‌دهد. در انتها نیز مکان‌های مناسبی را در سطح شهر پکن جهت استقرار ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی معرفی و مشخص نموده‌اند.

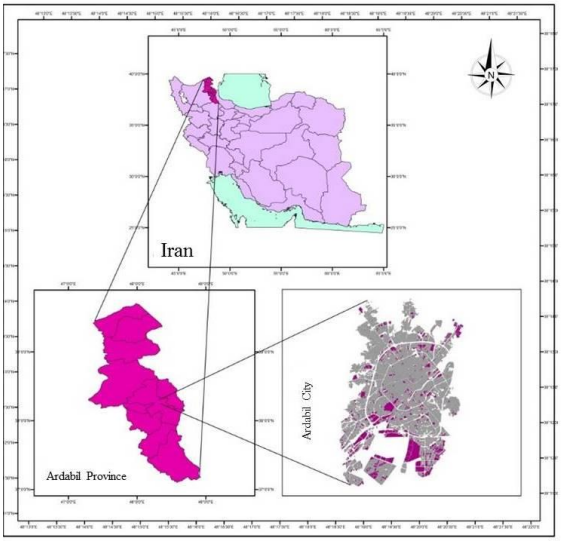
باتاچارجی و همکاران در سال ۲۰۰۷ در تحقیقی اقدام به بررسی محل‌های ایستگاه شارژ الکتریکی (EV) برای آگارتالا، هند کرده‌اند. انتخاب مکان برای نصب ایستگاه‌های شارژ وسایل نقلیه الکتریکی برای اطمینان از اتخاذ بهترین نقطه و همچنین رفع برخی مشکلات احتمالی همچون هزینه باتری و تخریب، خطرات اقتصادی، فقدان زیرساخت، مشکلات ادغام آن در شبکه هوشمند، مشکلات محدوده و بارهای ترافیکی آن و همچنین نکته نظر رانندگان جهت جایگزینی ایستگاه‌های شارژ خودرو الکتریکی را در نظر گرفته است. بدین منظور در این مقاله، در سه جنبه ۱(سه نوع ایستگاه‌های نوع یک، دو و شبکه دی سی؛ ۲) انواع مختلف باتری‌ها و ۳) انواع مختلف خودروهای الکتریکی پرداخته است. در انتها نیز مناطقی را بر اساس شاخص‌های موردبررسی ارائه نموده‌اند. همچنین مطالعات مختلف دیگری در باب مکان گزینی بهینه ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی صورت پذیرفته است که است که به دلیل پرهیز از اطاله‌ی کلام از ذکر جزئیات یک‌به‌یک آن‌ها در این بخش خودداری و در ادامه به‌صورت کلی بدان اشاره می‌گردد:

وانگ[2] ۲۰۰۷؛ فراده[3] ۲۰۱۱؛ فورناتناساک و نوپبورن[4] ۲۰۱۲؛ تانگ[5] و همکاران ۲۰۱۳؛ لیو[6] و همکاران ۲۰۱۳؛ چن[7] و همکاران ۲۰۱۳؛ پاشاجاوید و گلکار[8] ۲۰۱۳؛ لام[9] و همکاران ۲۰۱۴؛ یو و هسه[10] ۲۰۱۴؛ راپوسو[11] و همکارن ۲۰۱۵؛ خلخالی[12] و همکاران ۲۰۱۵؛ ژائو و لی[13] ۲۰۱۶؛ گاگرینو کورکوران[14] ۲۰۱۸؛ جوردن[15] و همکارن ۲۰۱۹. با بررسی پیشینه تحقیق و مطالعات صورت گرفته در حوزه موضوع موردبررسی پژوهش حاضر، می‌توان اذعان نمود که به سبب تازگی موضوع در ایران و به‌ویژه محدوده موردمطالعه، تاکنون مطالعات خاصی در این باب صورت نگرفته است. در تحقیق حاضر به‌منظور پوشش دادن به این خلأ مطالعاتی، مکان‌های بهینه جهت احداث ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی در سطح شهر اردبیل ارزیابی و انتخاب می‌شود.

۲. روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

شهر اردبیل به‌عنوان محدوده پژوهش حاضر در مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۹ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی استقراریافته است (نیکفال مغانلو، ۱۳۹۶: ۱۳۴). این شهر در محدوده‌ای به مساحت بیش از ۶۲۰۰ هکتار گسترده شده و بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵، دارای جمعیتی بالغبر ۵۲۹۳۷۴ (در ۱۵۸۶۲۷ خانوار) نفر بوده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه در سطح ایران و استان اردبیل
منبع: نویسندگان، ۱۴۰۱

• مواد و روش‌شناسی تحقیق

تحقیق حاضر به لحاظ ماهیت، کاربردی و ازنظر روش توصیفی-تحلیلی می‌باشد. داده‌های مرتبط با موضوع تحقیق به روش کتابخانه‌ای و با مراجعه به پایگاه داده‌های سازمان‌هایی چون شهرداری اردبیل، سازمان برنامه‌وبودجه استان اردبیل، اداره توزیع و انتقال نیروی برق استان اردبیل و سایر سازمان‌های مربوطه تهیه خواهد شد. برای دسته‌بندی و قالب‌بندی داده‌ها از نرم‌افزارهای Excel و ARCGIS استفاده شد. همچنین به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از روش‌های گرافیک-مبنا و تحلیلی موجود در محیط نرم‌افزاری ARCGIS و با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره اقدام (MCDM) و با بهره‌گیری از مدل (WLC) نقاط مناسب با توجه به معیارها و

[1]
[2] Wang
[3] Frade
[4] Phonrattanasak & Nopbhorn
[5] Tang
[6] Liu
[7] Chen
[8] Pashajavid & Golkar
[9] Lam
[10] You & Hsieh
[11] Raposo
[12] Khalkhali
[13] Zhao & Li
[14] Gagarin & Corcoran
[15] Jordan

مؤلفه‌های موردمطالعه، برای استقرار و احداث ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی در سطح شهر اردبیل مشخص شد.

- **فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی:**

مدل AHP که برای اولین بار توسط پروفسور ساعتی ارائه‌شده، نشان می‌دهد که چگونه اهمیت نسبی چند فعالیت، گزینه، آلترناتیو و ... را در یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره تعیین کنیم. فرایند AHP ترکیب معیارهای کمی و کیفی را به‌طور هم‌زمان امکان‌پذیر می‌سازد (مشیری، ۱۳۸۰) که می‌توان این امر را به نقاط قوت این فرایند نسبت داد. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) با شناسایی و اولویت‌بندی عناصر تصمیم‌گیری شروع می‌شود. این عناصر شامل: اهداف، معیارها یا مشخصه‌ها و گزینه‌های احتمالی می‌شود که در اولویت‌بندی به کار گرفته می‌شوند. فرایند شناسایی عناصر و ارتباط بین آن‌ها که منجر به ایجاد یک ساختار سلسله‌مراتبی می‌شود، ساختن سلسله‌مراتب نام دارد. سلسله‌مراتبی بودن ساختار به این دلیل است که عناصر تصمیم‌گیری (گزینه‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری) را می‌توان در سطوح مختلف خلاصه کرد؛ بنابراین، اولین قدم در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، ایجاد یک ساختار سلسله‌مراتبی از موضوع موردبررسی می‌باشد که در آن اهداف، معیارها، گزینه‌ها و ارتباط بین آن‌ها نشان داده می‌شود. چهار مرحله‌ی بعدی در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی محاسبه وزن (ضریب اهمیت) معیارها (و زیرمعیارها در صورت وجود)، محاسبه وزن گزینه‌ها، محاسبه امتیاز نهایی گزینه‌ها و بررسی سازگاری منطقی قضاوت‌ها را شامل می‌شود (زبردست، ۱۳۸۰). به‌منظور سنجش صحت مقایسات زوجی باید نرخ یا نسبت سازگاری محاسبه گردد. نرخ سازگاری درروش AHP شاخصی است که سازگاری مقایسه‌ها را نشان می‌دهد. این نرخ گویای درجه‌ی صحت و دقت ارزش‌گذاری‌ها در مقایسات زوجی است (کرم و محمدی، ۱۳۸۸). نسبت پایندگی (نرخ سازگاری) به‌گونه‌ای تعیین می‌شود که اگر مقدار آن کوچک‌تر از ۰,۱۰ باشد، در آن صورت این نسبت دلالت بر سطح قابل‌قبول پایندگی در مقایسه‌های دوبه‌دو دارد؛ باوجوداین اگر CR بیشتر از ۰,۱۰ باشد، در آن صورت ارزش‌های نسبت بیانگر قضاوت‌های نا پاینده است (مالچفسکی، ۱۳۸۵). با توجه بااینکه نسبت پایندگی محاسبه‌شده در تحقیق حاضر ۰,۰۰۳ بوده است، می‌توان نتیجه گرفت که قضاوت‌های صورت گرفته پایا بوده‌اند و می‌توان بر اساس آن اقدام به وزن دهی معیارها و ارزیابی ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی نمود. معیارها و مؤلفه‌های استفاده‌شده به‌منظور ارزیابی تناسب اراضی و وزن مربوط به آن‌ها در قالب جدول ۱ جانمایی شده است.

جدول ۱: معیارها و مؤلفه‌های موردنظر در ارزیابی وضعیت مکان‌یابی ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی

معیار	ردیف	زیرمعیار	وزن	معیار	ردیف	زیرمعیار	وزن
معیار کاربری‌ها و مراکز خدماتی (۰,۲۲۴)	۱	کاربری آموزشی	۰,۰۸۱	ساختاری (۰,۱۰۷)	۱۵	کاربری پارکینگ	۰,۲۰۷
	۲	کاربری آموزش عالی	۰,۴۲		۱	فاصله از راه‌های اصلی	۰,۵۷۱
	۳	کاربری اداری	۰,۹۲		۲	فاصله از راه‌های فرعی	۰,۱۴۳
	۴	فضای سبز و پارک	۰,۱۵		۳	فاصله از مرکز تجاری شهر (CBD)	۰,۲۸۶
	۵	کاربری ورزشی	۰,۰۲۷		۴	فاصله از گورستان	۰,۰۳۵
	۶	کاربری بهداشتی_درمانی	۰,۰۵۴		۵	فاصله از آتش‌نشانی	۰,۱۲۴
	۷	کاربری تفریحی	۰,۰۲۱		۶	فاصله از پمپ‌بنزین	۰,۳۴۳
	۸	کاربری صنعتی	۰,۰۲۳		۷	فاصله از پست برق	۰,۱۲۴
	۹	کاربری انتظامی	۰,۰۱۷		۸	فاصله از خطوط انتقال برق	۰,۳۷۵
	۱۰	کاربری نظامی	۰,۰۲۳	طبیعی (۰,۱۵۱)	۱	سیل	۰,۸
	۱۱	کاربری تجاری	۰,۰۹۱		۲	شیب	۰,۲
	۱۲	کاربری مذهبی	۰,۰۳۹	تراکم (۰,۰۶۵)	۱	تراکم جمعیتی	۰,۶۶۷
	۱۳	کاربری فرهنگی	۰,۰۲۵		۲	تراکم ترافیکی	۰,۳۳۳
	۱۴	حمل‌ونقل و انباری	۰,۰۹۹				

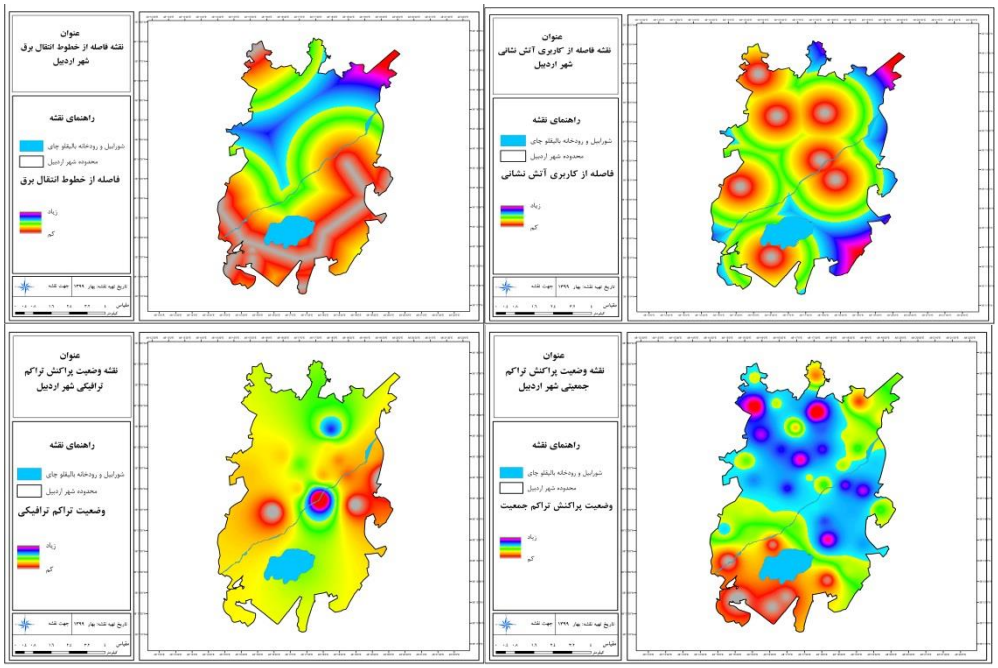
Yunna Wu et al, 2016; Erbaş and et al, 2018; Guler & Yomralioglu, 2020; Guler & Yomralioglu, 2018; Evaldo, et al 2018; Gue & Zhao, 2015; Hoseini & Sarder, 2015

تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با روش ترکیب خطی وزنی(WLC) :

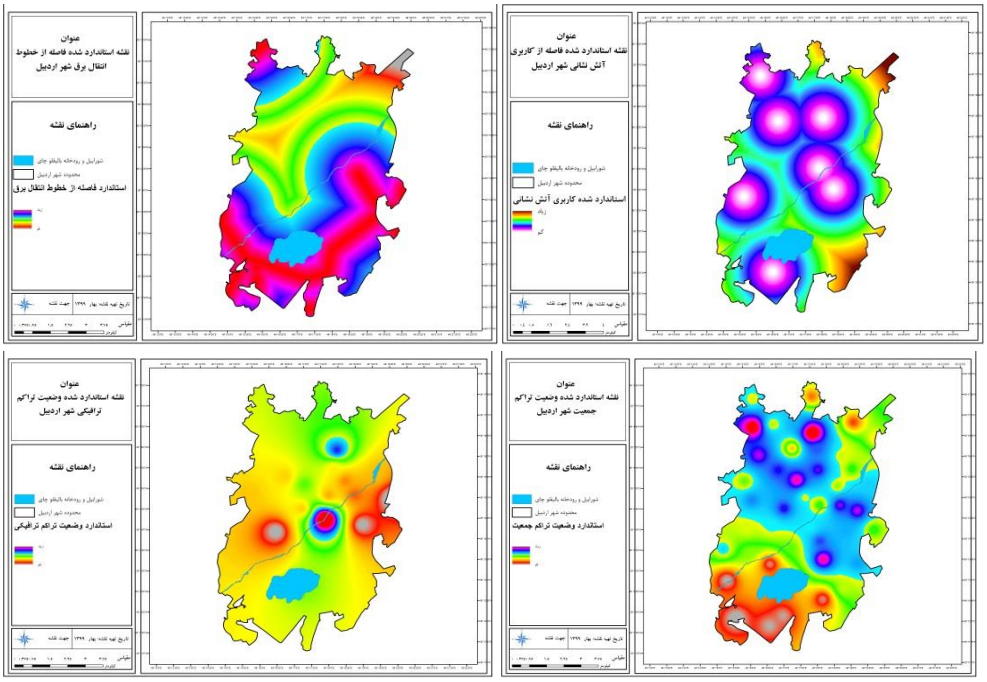
تصمیم‌گیری برای مکان‌یابی بهینه ایستگاه شارژ خودروهای الکتریکی بر اساس تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) و از طریق ترکیب لایه‌های فازی شده و با در نظر گرفتن وزن لایه‌ها با روش WLCانجام شد. روش ترکیب خطی وزنی (WLC) رایج‌ترین تکنیک در تحلیل ارزیابی چندمعیاره است. این تکنیک روش امتیازدهی نیز نامیده می‌شود. این روش بر مبنای مفهوم میانگین وزنی استوار است. تحلیلگر یا تصمیم‌گیرنده مستقیماً بر مبنای اهمیت نسبی هر معیار موردبررسی، وزن‌هایی به معیارها می‌دهد، سپس از طریق ضرب کردن وزن نسبی در مقدار آن خصیصه، یک مقدار نهایی برای هر گزینه بددست می‌آید (فکور و همکاران، ۱۳۹۵، ۲۰۴). در این فرآیند معیارهای کاربری زمین و مراکز خدماتی، ساختاری، طبیعی و تراکم مورداستفاده قرارگرفته‌اند.

۳. نتایج

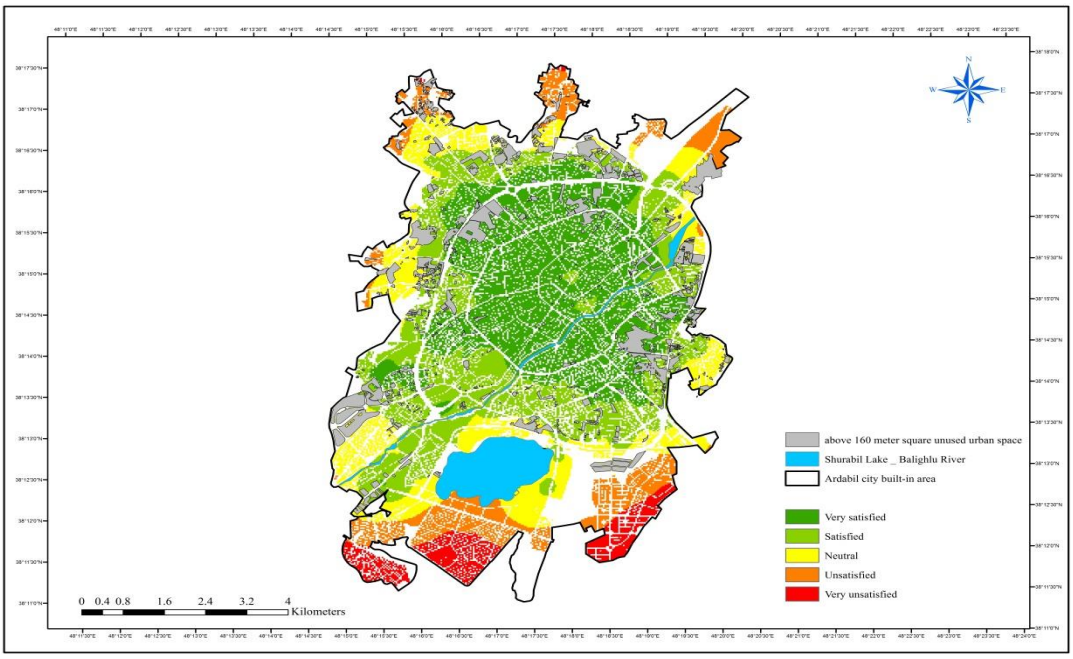
به‌منظور تحلیل مناسب‌ترین مکان جهت مکان‌یابی و استقرار ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی در سطح شهر اردبیل ابتدا نقشه لایه‌های مربوط به پارامترهای مؤثر در تحقیق از نقشه کاربری اراضی شهر اردبیل و نیز سایر معیارهای موردبررسی از طرح‌های فرادست استخراج‌شده و نقشه فاصله از عناصر مذکور با استفاده از افزونه‌های موجود در بخش Spatial Analyst Tools تهیه گردید. ذیلاً نقشه‌های فاصله از هر یک از معیارها به‌صورت نمونه‌ای در قالب شکل ۲ به نمایش درآمده است. بعد از تهیه نقشه‌های فاصله از معیارها و مؤلفه‌های مربوطه، نوبت به ارزش‌گذاری و استانداردسازی نقشه‌های تهیه‌شده می‌رسد. ارزش‌گذاری به معنای آن است که به مقادیر اندازه-گیری شده از معیارها برحسب میزان مطلوبیت، ارزشی تعلق گیرد. به‌عنوان‌مثال وقتی‌که گفته می‌شود بافاصله گرفتن بیشتر از راه‌های ارتباطی، میزان مطلوبیت برای مکان‌یابی کم می‌شود، به معنای آن است که فاصله‌های نزدیک‌تر در واحد متر، مطلوبیت بیشتری دارند. استاندارد نمودن داده‌ها نیز به معنی همسان کردن دامنه تغییرات داده‌ها در دامنه‌هایی همچون ۰ تا ۱ و ۰ تا ۲۵۵ می‌باشد. معیارهای مورداستفاده در فرایند ارزیابی ممکن است در واحدهای اندازه‌گیری متفاوتی موردسنجش قرارگرفته باشند (مانند درصد در اندازه‌گیری شیب و متر در اندازه‌گیری فاصله از گسل)، در این صورت نمی‌توان عملیات ریاضی همچون جمع، تفریق و ... را بر روی آن‌ها انجام داد. حال اگر بخواهیم سرجمع امتیازی را که یک پیکسل، به لحاظ معیارهایی چون شیب، فاصله از گسل و ... کسب کرده است، محاسبه کنیم، این کار بدون استانداردسازی توأم با ارزش‌گذاری میسر نخواهد بود (غلامی، ۱۳۹۰)؛ بنابراین در پژوهش حاضر به‌منظور ارزش‌گذاری و استانداردسازی نقشه‌های معیار از توابع موجود در افزونه Fuzzy Membership استفاده‌شده است. نقشه خروجیحاصل از استانداردسازی لایه‌ها در دامنه‌ای از بازه‌ی عددی صفرتا یک طیف-بندی و استانداردسازی شدند که در تمامی نقشه‌ها عدد صفر بیانگر عدم عضویت فازی و عدد یک نیز نشانگر بالاترین درجه عضویت فازی می‌باشد. نمونه‌ای از آن در شکل ۳ به نمایش درآمده است. مجموعه‌ی فازی به طبقه‌ای از عناصر و یا پدیده‌ها گفته می‌شود که محدوده‌ی مشخص و دقیقی که تعلق یا عدم تعلق پدیده‌ها را به طبقه خاص نشان دهد، ندارد و در این وضعیت عارضه‌ها تااندازه‌ای به مجموعه‌های چندگانه تعلق دارند. منطق فازی در تبیین وجوه ابهام‌آمیز و غیر شفاف پدیده‌ها در جهان واقعی مفید و سودمند است. بدین‌صورت که تعلق به یک مجموعه درواقع امر به‌صورت درجه‌ای از تعلق آن‌ها بیان می‌شود (مالچفسکی،۱۳۸۵). درروش WLC برای رسیدن به نتیجه نهایی، با استفاده از افزونه Raster Calculator اوزان هریک از زیر معیارها در قالب معیار بالادستی خود ضرب کرده که به‌صورت پنج نقشه خروجی مرتبط با هر یک از مؤلفه‌های اصلی (کاربری‌ها و مراکز خدماتی، ساختاری، تأسیسات و تجهیزات شهری، تراکم و طبیعی) تهیه گردید و درنهایت با ضرب و تلفیق هرکدام از مؤلفه‌های اصلی، نتیجه نهایی به‌صورت خروجی شکل ۴ به دست آمد. با استناد بربند "ب " بخش اول دستورالعمل طراحی و احداث جایگاه‌های عرضه سوخت کشور که حداقل‌ترین فضا را برای احداث ۱۶۰ مترمربع (با طول ۲۰ و عرض ۸ مترمربع) اعلام نموده‌اند؛ بر این اساس در خروجی نهایی مطالعه صورت گرفته، اراضی بایر بالای ۱۶۰ مترمربع را جهت نمایه‌سازی مناسب برای تفکیک و انتخاب مکانی مطلوب جهت انتخاب و استقرار ایستگاه‌های سوخت‌گیری به نمایش درآمده است.



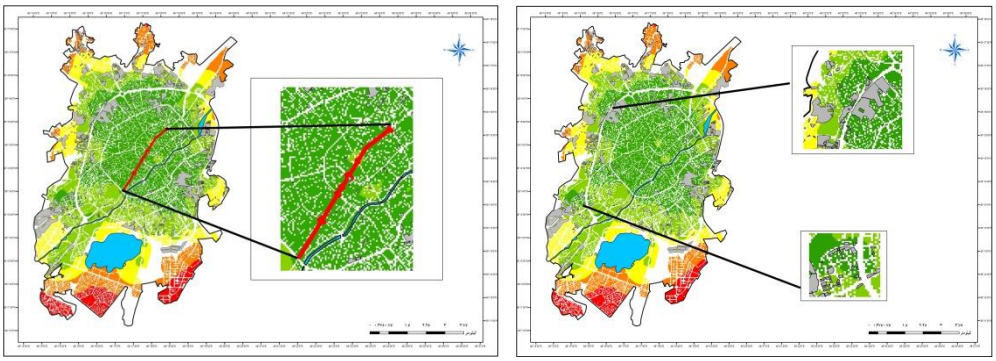
شکل ۲- نمونه‌ای از نقشه‌های معیار تهیه‌شده جهت همپوشانی لایه‌های مرتبط (نقشه فاصله از آتش‌نشانی، خطوط انتقال برق، تراکم جمعیتی و ترافیکی)



شکل ۳- نمونه‌ای از نقشه استانداردشده در قالب GIS و با استفاده از توابع خطی Fuzzy Membership و در دامنه‌ای از ۰ تا ۱(نقشه استانداردشده فاصله از مراکز آتش‌نشانی، خطوط انتقال برق، تراکم جمعیتی و ترافیکی)



شکل ٤- نتیجه نهایی حاصل از تلفیق نقشه‌های معیار در قالب مدل WLC



شکل ٥. نمونه های مناطق پیشنهادی مطالعه حاضر

نتایج حاصله از مطالعه حاضر، در پنج طیف بسیار مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و بسیار نامناسب طبقه‌بندی‌شده است که در این میان می‌توان اذعان نمود که هر چه به مرکز شهر نزدیک می‌شویم بر میزان مطلوبیت استقرار ایستگاه شارژ خودرو الکتریکی افزوده می‌شود. بدین معنی که در داخل رینگ اول (بزرگراه شهدا) و قسمت‌هایی از شمال غرب (حدفاصل بزرگراه شهدا و بزرگراه بسیج) و نیز جنوب شرق (که تا بزرگراه بسیج استمرار دارد) این رینگ به‌عنوان مناسب‌ترین مکان‌ها برای ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی می‌باشند. لازم به ذکر می‌باشد قسمت‌هایی از شهرک سینا و محله‌های حسن‌آباد، سیدآباد، محله وحدت ۱، سلمان آباد، شهریار (آرازعلی)، گلمان، نیستان و بهارآباد در موقعیت مطلوب و بسیار مناسب قرار دارند. در مرحله بعد و در قسمت مناسب نیز می‌توان به محدوده شهرک کارشناسان، سبلان، قسمت‌های دیگر از شهریار (آرازعلی)، سینا، بهارآباد یوسف‌آباد، هاشم‌آباد اشاره نمود. شهرک‌های کوثر و کارگران و نیز پیله سحران در وضعیت بسیار نامناسب قرار دارند.

٤. نتیجه‌گیری

کاهش آلاینده‌های محیطی یکی از عوامل مهم و مؤثر در جهت نیل به توسعه پایدار می‌باشد که در سال‌های اخیر در مقیاس جهانی برای کاهش این آلاینده‌ها، گام‌های مهم و مؤثری برداشته‌شده است. یکی از گام‌های اساسی را می‌توان تولید و بهره‌گیری از خودروهای الکتریکی به‌جای خودروهای با سوخت فسیلی که میزان آلایندگی زیادی را نسبت به نمونه الکتریکی خود دارد، می‌باشد. در بیشتر کشورها به‌ویژه ایران وابستگی به سوخت‌های فسیلی مانع از توسعه زیست‌محیطی و نیل به توسعه پایدار می‌شود. ازاین‌رو نیازمند جایگزین در میزان وابستگی و مصرف سوخت فسیلی برای آن لازم می‌باشد. این امر زمانی بهتر می‌تواند مثمر ثمر باشد که در قالب سوخت و مصارفی باشد که مردم به‌صورت مستقیم در آن در ارتباط هستند و از سوی دیگر می‌تواند هزینه را نیز برای عموم کاهش دهد. ازاین‌رو خودروهای الکتریکی می‌تواند در راستای رسیدن به توسعه پایدار امری مهم تلقی گردد. بدین منظور، اولین و مهم‌ترین نیاز جهت ترویج خودروهای الکتریکی انتخاب مکانی بهینه و مطلوب در جهت جانمایی ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی می‌باشد. ازاین‌رو، مقاله حاضر سعی بر آن داشت تا با بهره‌گیری از نرم‌افزار

ARCGIS و با استفاده از مدل WLC و با روش وزن دهی سلسله مراتبی AHP اقدام به ارزیابی مکان‌های بهینه برای استقرار ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی صورت دهد. انتخاب مکانی مطلوب و بهینه می‌تواند گامی مؤثر برای بهبود استفاده و نیز ترویج خودروهای الکتریکی در سطح شهر اردبیل باشد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر مکان‌های مناسب و متناسب با اراضی بایر موجود در سطح شهر و اراضی با موقعیت مناسب استقرار ایستگاه شارژ خودروهای الکتریکی همچون محدوده داخل بزرگراه شهدا خاصه کنار خیابان امام خمینی که به دلیل تراکم کاربری‌ها و زیرساخت‌ها و به‌ویژه قرارگیری هسته مرکزی شهر به‌عنوان شهری تقریباً تک‌هسته‌ای اشاره نمود. همچنین می‌توان در مسیرهای اطراف مرکز شهر (محدوده شمال غربی و غربی شهر و قسمت‌های داخلی و خارجی بزرگراه بسیج در سمت محله‌های شهریار (آرازعلی)، ارس و شهرک کارشناسان؛ مطابق شکل ۵) به جهت تمرکززدایی از هسته اصلی شهر نیز جهت احداث ایستگاه بهره گرفت. همچنین با توجه به اینکه شهر اردبیل دارای ماهیت گردشگر پذیر بوده و از سوی دیگر شهر اردبیل در مسیر حرکت شمال غرب کشور به سمت شمال کشور قرار دارد؛ می‌توان در دروازه‌های ورودی و خروجی مهم شهر با بهره‌گیری از اراضی بایر و نیز در صورت امکان سازگاری و همراه سازی با کاربری‌های سوخت‌گیری (پمپ‌بنزین‌ها)، می‌توان از تعبیه و جانمایی ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی کمک گرفت. لازم به ذکر است که روش بکار رفته شده در مطالعه حاضر تنها روش نبوده و می‌توان در مطالعات دیگر با استفاده از سایر مدل‌های تصمیم‌گیری همچون TOPSIS، VIKOR، PROMETHEE و ... بهره جست. همچنین این مطالعه می‌تواند گامی نو در راستای احداث ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی در سایر شهرها به‌ویژه کلان‌شهرهایی همچون تهران، تبریز، اصفهان، مشهد و ... به کار برد تا بتواند گره‌گشایی از مشکلات حمل‌ونقلی و نیز ایجاد طرح و برنامه‌ای در راستای استقرار ایستگاه‌های شارژ در آینده ارائه داده تا از تحمیل هزینه‌های اضافی ممانعت به عمل می‌آورد.

منابع

زبردست، ا.، ۱۳۸۰، کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی در برناکه ریزی شهری و منطقه ای، فصلنامه هنرهای زیبا، دوره ۱۰، صص. ۲۱_ ۱۳.

صالح، ای.، شعبانی، ز.، باریکانی، ح.، یزدانی، س.، ۱۳۸۴، بررسی رابطه‌ی علیت بین تولید ناخالص داخلی و حجم گازهای گلخانه‌ای در ایران (مطالعه‌ی موردی گاز دی‌اکسید کربن)، اقتصاد کشاورزی و توسعه، دوره هفتم، ۶۶ صص. ۴۱ – ۱۹.

غلامی، ع.، ۱۳۹۰، کاربرد فنون MCDM در طرح و اولویت‌بندی گزینه‌های مناسب در امر بازیافت و دفن پسماندهای شهری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی: اردبیل.

فکور، ع.، شتایی جویباری، ش.، میکائیلی، ع.، صالح‌نسب، ا.، ۱۳۹۵، وضعیت کمی فضای سبز درختی مناطق شهری مشهد و بررسی امکان توسعه آن با روش WLCو GIS، نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، دوره بیست و سه، شماره ۱، صص. ۲۱۷ _ ۱۹۵.

کرم، ا.، محمدی، ا.، ۱۳۸۸، ارزیابی و پهنه‌بندی تناسب زمین برای توسعه فیزیکی شهر کرج و اراضی پیرامونی بر پایه‌ی فاکتورهای طبیعی و روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، دوره اول، شماره ۴، صص. ۷۴ – ۵۹ .

مالچفسکی ی.، ۱۳۸۵، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری، ترجمه اکبر پرهیزگار و عطا غفاری گیلانده، در تهران: سمت.

محسنی، ر.، شکری، مصطفی، ۱۳۹۲، بررسی میزان انتشار دی‌اکسید کربن در ایران با رویکرد فازی، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۶، شماره ۱، صص. ۱۶ – ۱.

مشیری، ا.، ۱۳۸۰، مدل تعدیل‌شده AHP برای نظرسنجی و تصمیم‌گیری‌های گروهی، نشریه دانش مدیریت، دوره چهاردهم، شماره ۵۲، صص. ۹۲ – ۶۳.

نیکفال مغانلو، س.، (۱۳۹۶)، تحلیلی بر وضعیت مؤلفه‌های نما و منظر خیابان‌های شهری و ارائه راهکارهای مناسب (مطالعه موردی: شهر اردبیل، خیابان امام خمینی، حدفاصل چهارراه ژاندارمری تا چهارراه امام خمینی)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی.

- Bayata, H. F., Hattatoglu, F., and Karsli, N., (2011) Modeling of monthly traffic accidents with the artificial neural network method. International Journal of the Physical Sciences, Vol. 6(2), pp. 244-254.
- Chen, T.D., Kockelman, K.M., Khan, M., (2013), Locating electric vehicle charging stations parking-based assignment method for Seattle, Washington, Transportation Research Record, 2385, pp. 28–36.
- Costa, E., Paiva, A., Seixas, J., Costa, G., Baptista, P., and Gallachóir, B. Ó., (2018), Spatial Planning of Electric Vehicle Infrastructure for Belo Horizonte, Brazil, Journal of Advanced Transportation, Vol., pp. 1-16.
- Erbaş. M., Kabak. M., Özceylan. E., Çetinkaya. C., (2018), Optimal Siting of Electric Vehicle Charging Stations: A GIS-Based Fuzzy Multi- Criteria Decision Analysis, Journal of Energy, Volume, 163, pp. 1017-1031.
- European Commission, (2011), WHITE PAPER Roadmap to a Single European Transport Area—towards a competitive and resource efficient transport system.
- European Commission, (2016), Road transport: Reducing CO2 emissions from vehicles Climate Action, Electric vehicles in Europe. Author. E., E. Agency.

- Frade, I., Ribeiro, A., Gonçalves, G., Antunes, A.P., (2011), Optimal location of charging stations for electric vehicles in a neighborhood in Lisbon, Portugal, Transportation Research Record, 2252, pp. 91–98.
- Gagarin, A., Corcoran, P., 2018, Multiple domination models for placement of electric vehicle charging stations in road networks, Computers and Operations Research, 96, pp. 69–79.
- Guler. D., Yomralioglu. T., (2018), GIS AND FUZZY AHP BASED AREA SELECTION FOR ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATIONS, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS TC IV Mid-term Symposium "3D Spatial Information Science – The Engine of Change", Delft, Volume XLII-4, The Netherlands.
- Guler. D., Yomralioglu. T., (2020), Suitable location selection for the electric vehicle fast charging station with AHP and fuzzy AHP methods using GIS, Annals of GIS ,Vol. 25 , pp. 169-189.
- Hacker F., Harthan R., Matthes F., (2009) Environmental impacts and impact on the electricity market of a large scale introduction of electric cars in Europe – critical review of literature. ETC/ACC technical paper 2009/4, 2009, pp.56–90.
- Hoseyni., S. M., Sarder, MD., (2019), Development of a Bayesian network model for optimal site selection of electric vehicle charging station, Electrical Power and Energy Systems, 105, pp. 110 – 122.
- Hosseini. S. M., Sarderb. MD., (2015), Development of a Bayesian network model for optimal site selection of electric vehicle charging station, journal of Electrical Power and Energy Systems, Vol. 105, pp. 110-122.
- Jordán, J., Palanca, J., del Val, E., Julian, V., Botti, V., (2019), Using genetic algorithms to optimize the location of electric vehicle charging stations, Advances in Intelligent Systems and Computing, 771, pp. 11–20.
- Khalkhali, K., Abapour, S., Moghaddas-Tafreshi, S.M., Abapour, M., (2015), Application of data envelopment analysis theorem in plug-in hybrid electric vehicle charging station planning, IET Generation, Transmission and Distribution, 9 (7), pp. 666–676.
- Lam, A.Y.S., Leung, Y.W., Chu, X.W., (2014), Electric vehicle charging station placement: Formulation, complexity, and solutions, IEEE Transactions on Smart Grid, 5, pp. 2846–2856.
- Liu, Z.P., Wen, F.S., Ledwich, G., (2013), Optimal planning of electric-vehicle charging stations in distribution systems, IEEE Transactions on Power Delivery, 28, pp. 102–110.
- Nationale Plattform. Elektromobilitöat, (2011), Zweiter Bericht der Nationalen Plattform elekromobilität.
- OECD-ITF, (2008), Joint Transport Research Centre. Greenhouse gas reduction strategies in the transport sector, pp.1–137.
- Pashajavid, E., Golkar, M.A., (2013), Optimal placement and sizing of plug in electric vehicles charging stations within distribution networks with high penetration of photovoltaic panels, Journal of Renewable and Sustainable Energy, 5, 05312. pp. 1-14.
- Phonrattanasak, P., Nopbhorn, L., (2012), optimal location of fast charging station on residential distribution grid, International Journal of Innovation and Technology Management, 3, pp. 675– 681.
- Raposo, J., Rodrigues, A., Silva, C., Dentinho, T., (2015), A multi-criteria decision aid methodology to design electric vehicles public charging networks, AIP Advances, 5, pp. 1–18.
- Sanchari, D., Karuna, K., Pinakeswar, M., (2019), Distribution Network planning considering the impact of Electric Vehicle charging station load, pp. 529 – 553.
- Sen. Guo, Huiru. Zhao, (2015), optimal site selection of electric vehicle charging station by using fuzzy TOPSIS based on sustainability perspective, journal of Applied Energy, Vol. 158, pp. 390-402.
- Tang, Z., Guo, C., Hou, P., Fan, Y., (2013), Optimal siting of electric vehicle charging stations based on Voronoi diagram and FAHP method, Energy and Power Engineering, 5 (4b), pp. 1404–1409.
- Tao, Y., Xiao-bin, Ch., Hao, Zh., and Jin-peng, L., (2019), Ministry of Public Security of the People's Republic of China, Research on Location and Capacity Optimization Method

forElectric Vehicle Charging Stations Considering User's Comprehensive Satisfaction, Energies, 12(10), 1915, pp. 1 – 17.

- Wang, Y.W., (2007), an optimal location choice model for recreation-oriented scooter recharge stations, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 12, pp. 231–237.
- You, P.S., Hsieh, Y.C., (2014), A hybrid heuristic approach to the problem of the location of vehicle charging stations, Computers and Industrial Engineering, 70, pp. 195–204.
- Yunna W., Meng Y., Haobo Zh., Kaifeng Ch., and Yang W., (2016), Optimal Site Selection of Electric Vehicle Charging Stations Based on a Cloud Model and the PROMETHEE Method, Energies 2016, 9, 157, pp. 1 -20 .
- Zhao, H., Li, N., (2016), Optimal Siting of Charging Stations for Electric Vehicles Based on Fuzzy Delphi and Hybrid Multi-Criteria Decision Making Approaches from an Extended Sustainability Perspective, Energies, 9 (270), pp. 1–22.

Optimum location of electric car charging stations (case study: Ardabil city)

Dr. Hassan Khavarian [*1]; Sasan Nikfal Moghanlou[2]

1*- Assistant Professor of Department of Natural Geography, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University.

2- Ph.D. student, Geography and Urban Planning, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University.

*Email Address: h5_khavari@uma.ac.ir

Abstract

The current research is an effort towards the optimal location of electric vehicle charging stations in Ardabil city. The current research is practical in nature and descriptive-analytical in terms of method, which has attempted to locate electric vehicle charging stations using ARCGIS software and using the WLC model in the form of 5 criteria and 27 sub-criteria. According to the results obtained in the present research, the suitable places suitable for the existing barren land in the city and the land with a suitable location for the electric vehicle charging station, such as the area inside the Shahada highway, especially next to Imam Khomeini street (between the intersection of Bahonar and Jihad square), which He pointed out the reason for the density of uses and infrastructures and especially the location of the central core of the city as an almost mononuclear city. It is also possible to build a station on the routes around the city center (the western and northwestern areas of the city and the inner and outer parts of Basij highway on the side of Shahryar (Arazali) and Aras neighborhoods and the town of experts) in order to decentralize the main core of the city. Also, considering that the city of Ardabil has a touristic nature, and on the other hand, the city of Ardabil is located in the direction of moving from the northwest of the country to the north of the country; It is possible to benefit from installing electric car charging stations at the important entrance and exit gates of the city by using waste lands and if it is possible to adapt and combine them with refueling uses (gasoline pumps).

Introduction

According to the statistics published by the International Energy Agency in 2010, Iran is the ninth producer of greenhouse gases in the world, and it ranks first in the Middle East in this regard (IEA, 2012). On the other hand, thousands of people in Iran die every year due to air pollution and related diseases. This has caused the increasing attention to the issue of reducing pollutants, especially the use of hybrid and electric vehicles, to be of special and increasing importance. On the other hand, with the annual increase in the cost of fossil fuel supply, the cost of using cars increases. With these definitions, the creation of the necessary infrastructure for the use of electric vehicles is one of the urgent needs of our society these days. One of these infrastructures is the creation of electric vehicle charging stations. The increasing growth of the city and urbanization in the city of Ardabil has also been considered in recent years and there is a need for more attention in the direction of urban organization, especially the uses located in this city. This is because by using or not using the gifts and things needed in the city now, for the future; it can be effective in reducing or increasing adversities and disturbances. Therefore, according to the direction of the development of transportation with the lowest level of pollution, it is necessary to emphasize and pay special attention to the urban infrastructure, especially the uses related to urban transportation. Therefore, the goal of the leading research is to create a favorable and optimal location for electric charging stations in Ardabil city.

Methodology

The present research is practical in nature and descriptive-analytical in terms of method. The data related to the research topic will be prepared by library method and by referring to the database of organizations such as Ardabil Municipality, Ardabil Province Planning and Budget Organization, Ardabil Province Electricity Distribution and Transmission Department and other related organizations. Excel and ARCGIS software were used to categorize and format data. Also, in order to analyze the data from the graphic-based and analytical methods available in the ARCGIS software environment and using multi-criteria decision-making methods (MCDM) and using the model (WLC) suitable points according to the criteria and components The study was determined for the establishment and construction of electric vehicle charging stations in Ardabil city.

Discussion

Reducing environmental pollutants is one of the important and effective factors in achieving sustainable development, and in recent years, important and effective steps have been taken on a global scale to reduce these pollutants. One of the basic steps can be the production and use of electric cars instead of cars with It is a fossil fuel that has a high level of pollution compared to its electric counterpart. In most countries, especially Iran, dependence on fossil fuels prevents environmental development and achieving sustainable development. Therefore, it requires an alternative in the degree of dependency and consumption of fossil fuel. This can be more fruitful when it is in the form of fuel and expenses that people are directly involved in, and on the other hand, it can also reduce the cost for the public. Therefore, electric cars can be considered important in order to achieve sustainable development. For this purpose, the first and most important requirement for the promotion of electric vehicles is to choose an optimal and favorable location for the placement of electric vehicle charging stations. Therefore, this article tried to evaluate the optimal locations for the establishment of electric vehicle charging stations by using ARCGIS software and using the WLC model and the hierarchical weighting method of AHP. Choosing a suitable and optimal location can be an effective step to improve the use and promotion of electric vehicles in Ardabil city. According to the results obtained in the present research, the suitable places suitable for the existing barren lands in the city and the lands with a suitable location for the installation of electric vehicle charging stations, such as the area inside the Shahada highway, especially on the side of Imam Khomeini street, which due to the density of uses and infrastructures and especially the location of the nucleus He pointed out that the center of the city is almost a mononuclear city. It is also possible to build a station on the routes around the city center (northwest and west of the city and the inner and outer parts of the Basij highway on the side of Shahryar (Araz Ali), Aras and Shahrak Shahrek neighborhoods; according to Figure 5) in order to decentralize the main core of the city. . Also, considering that the city of Ardabil has a touristic nature, and on the other hand, the city of Ardabil is located in the direction of moving from the northwest of the country to the north of the country; It is possible to take advantage of waste lands at important entrance and exit gates of the city, and if it is possible to be compatible with refueling (gasoline pumps), it is possible to install and place electric vehicle charging stations. It should be noted that the method used in the present study is not the only method and can be used in other studies using other decision-making models such as TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE, etc. Also, this study can be used as a new step towards the construction of electric car charging stations in other cities, especially big cities such as Tehran, Tabriz, Isfahan, Mashhad, etc., in order to solve the problems of transportation and also create a plan and plan for the establishment of charging stations in the future. Providing data to prevent the imposition of additional costs.

Keywords

“Optimal location", "Electric car charging stations", "Multi-criteria decision-making - MCDM", "Ardebil city."