

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۱۹

مکان‌یابی بهینه جایگاه‌های سوخت (CNG)

(مورد مطالعه: شهر زنجان)

اکبر حسین زاده

دانشجوی دکتری جغرافیا، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز

منیژه احمدی

استادیار گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان

سمیرا مرادی مفرد*

دانشجوی دکتری جغرافیا، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهیدچمران اهواز

مریم قاسمی

دانشجوی کارشناسی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان

چکیده

زنجان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل فازی AHP در راستای توزیع عادلانه خدمات و ارتقاء رفاه جامعه و شهروندان می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که جایگاه‌های سوخت CNG موجود در شهر زنجان نسبت به سایر کاربری‌های سازگار در شرایط مناسب از جهت رعایت حریم در حالت کلی قرار نگرفته‌اند. از جهتی به لحاظ توزیع متناسب جایگاه‌ها در سطح شهر نیز به صورت یکسان و متناسب با گره‌های جمعیتی صورت نگرفته است. لذا نیاز است که مکان‌یابی مناسبی حداقل برای جایگاه‌هایی که در آینده در سطح شهر احداث خواهد شد صورت پذیرد یا از ایستگاه‌های CNG سیار در راستای جبران این نقیصه اقدام گردد.

با افزایش استفاده از وسایل نقلیه و موتورهای بحث مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت‌رسانی به این وسایل نقلیه در شهرها مورد توجه قرار گرفت. پراکنش نامناسب مکانی جایگاه‌های سوخت گاز طبیعی در شهرها از جمله مشکلاتی است که ذهن بسیاری از محققان مسائل شهری را به خود مشغول نموده است. موقعیت مکانی نیز از مهم‌ترین عوامل موثر در موقعیت یک جایگاه سوخت محسوب می‌شود و منجر به کسب درآمد بیشتر برای آن‌ها و ارائه خدمات مناسب‌تر برای استفاده‌کنندگان با حداقل هزینه‌های ممکن می‌شود. روش تحقیق به لحاظ هدف کاربردی و از نظر روش توصیفی - تحلیلی می‌باشد که از ابزار گردآوری داده مشتمل بر مطالعات کتابخانه‌ای و روش اسنادی بهره برده است. هدف این تحقیق شناخت و ارزیابی وضع موجود توزیع مراکز جایگاه‌های سوخت‌رسانی و ارزیابی مکان‌یابی این جایگاه‌ها در سطح شهر

کلمات کلیدی: مکان‌یابی، جایگاه سوخت، سازگاری، زنجان

مقدمه و بیان مسأله

امروزه با رشد روزافزون جمعیت شهرها، توسعه کاربری‌های گوناگون، افزایش چشمگیر خودروها در زندگی سبب ایجاد سفرهای متعددی در سطح شهرها شده است که این مسأله مشکلات فراوانی را به دنبال داشته است. از جمله این مشکلات ایجاد راهبندان در معابر شهری، اتلاف وقت، آلودگی‌های زیست محیطی، افزایش مصرف سوخت و صف‌های ناشی از جایگاه‌های CNG است (عبدی و همکاران، ۱۳۹۱: ۲). هزینه بالای تهیه سوخت، مشکلات زیست محیطی، آلودگی هوا، هزینه کمتر تهیه گاز طبیعی نسبت به بنزین و گازوئیل و نیز منابع محدود نفت در کشورهای مختلف باعث شده است که تمایل به استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت خودروها در جهان افزایش یابد (شریعتمداری: ۱۳۹۱: ۶). به همین دلیل مطالعات گسترده‌ای پیرامون مدل‌های مکانیابی و محدودیت‌های آنها انجام گرفته است. به طور کلی مطالعات مکانیابی از اوایل قرن بیستم آغاز گردید، اما از حدود ۱۹۶۰ به صورت جدی به آن پرداخته شد و دستیابی به تعادل در توزیع فضایی منابع و خدمت‌رسانی در سطح شهرها، یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزان شهری می‌باشد. رشد جمعیت و توسعه نامناسب شهرها مشکلات عدیده‌ای برای شهرها به وجود آورده است و مکانیابی صحیح و اصولی خدمات شهری می‌تواند تا حدود زیادی در نظم بخشیدن به عملکرد شهرها موثر باشد. شبکه جایگاه‌های سوخت‌رسانی از جمله خدمات شهری است که به عنوان تأمین‌کننده سوخت بخش حمل و نقل شهری عمل نموده و به نوبه خود از لحاظ ملاحظات ترافیکی، شهرسازی، ایمنی و محیط زیست دارای اهمیت می‌باشد (زننگ آبادی و همکاران، ۲۰۰۹: ۵۲). از این رو توجه به برنامه‌ریزی‌های دقیق و علمی در زمینه مکانیابی مراکز خدمات شهری، ضرورت دارد. از جمله تسهیلاتی که مکانیابی آنها ارتباط مستقیم با کاهش حجم سفرهای غیرضروری شهری دارد، مراکز عرضه سوخت است. با توجه به ساختار خدماتی جایگاه‌های عرضه سوخت باید با کمترین تعداد جایگاه عرضه سوخت، حداکثر

میزان خدمات‌دهی برای شهروندان فراهم شود. به عبارت دیگر، با توجه به درجه اهمیت جایگاه‌های عرضه سوخت و کیفیت و کمیت توزیع آنها در شکل‌گیری رفتار ترافیکی، موقعیت‌های مناسب جهت احداث جایگاه‌های عرضه سوخت شناسایی می‌شود (Adsavakulchai and Huntula, 2010: 92). بدیهی است، عوامل متعددی در یافتن مکان مناسب دخیل می‌باشند که باید در این امر به همه آنها توجه داشت تا جایگاه انتخاب شده دارای شرایط فنی و محیطی قابل قبولی باشد. از جمله مسایل و مشکلاتی که در انتخاب مکان مناسب برای ایجاد جایگاه‌های CNG وجود دارد می‌توان به عدم وجود برنامه‌ریزی مناسب برای مکان‌یابی ایستگاه‌ها، نبود ارتباط مستقیم میان متولیان احداث ایستگاه‌ها و طراحان شهری و مشکلات مالی و تحریم اقتصادی موجود اشاره کرد. به همین دلیل بسیاری از ایستگاه‌های ایجاد شده در مناطق شهری کارایی مورد نظر را ندارد. این تحقیق بر آن است تا مکان‌های مناسب جایگاه‌های عرضه سوخت CNG را با توجه به معیارها و ضوابط موجود تعیین کند. در راستای نیل به این هدف به کارگیری سیستم اطلاعات مکانی (GIS)، نقشه امکانات و عوامل محدود کننده شهر با یکدیگر ترکیب شده و محل‌هایی پیشنهاد شده است، پس از آن جهت مشخص کردن بهترین محل از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به وزن‌دهی معیارها و مکان‌های پیشنهاد شده با توجه به معیارها، در قالب مقایسات زوجی پرداخته شده است. سپس با استفاده از نرم افزار Expert Choice، وزن نهایی معیارها و مکان‌های مناسب به ترتیب اولویت مشخص شده است. با توجه به افزایش روزافزون شهر زنجان که در سرشماری سال ۱۳۹۰ برابر ۴۹۵۴۸۶ نفر بوده چنان به نظر می‌رسد. امکانات شهر از جمله خدمات سوخت‌رسانی آن پاسخگوی این جمعیت نمی‌باشد همچنین فضای انتخاب شده برای احداث جایگاه‌ها چندان مناسب بنظر نمی‌رسد، در این شرایط نیاز به برنامه‌ریزی برای رفع این مشکل می‌باشد از جمله روشی که در این زمینه می‌تواند راهگشا باشد استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و

مدل فازی و AHP برای مکانیابی بهینه برای احداث جایگاه‌های سوخت CNG در شهر زنجان می‌باشد. در شرایط کنونی تعداد جایگاه (CNG) در شهر زنجان متناسب با تقاضای موجود نبوده و جوابگوی این حجم انبوه و رو به گسترش وسایل نقلیه نیست. همچنین نحوه توزیع جایگاه‌های CNG در این شهر نیز از وضعیت مطلوبی برخوردار نبوده و این مسأله سبب بروز مشکلات متعددی از قبیل افزایش زمان تردد، افزایش مصرف سوخت، آلودگی هوا، اتلاف زمان در شهر زنجان شده است. از این رو مکانیابی مناسب جایگاه‌های CNG به همراه تکمیل کمبودهای موجود در این ارتباط، لازم و ضروری هست. اهداف تحقیق عبارت از: بررسی و ارزیابی توزیع فضایی و مکانی مناسب جایگاه‌های سوخت به خصوص جایگاه‌های CNG در شهر زنجان و پی بردن به این مسئله که جایگاه‌های CNG در این شهر در مکان بهینه و با توجه به معیارها و استانداردهای دقیق مکانیابی شده است.

سوالات تحقیق

۱. آیا جایگاه‌های سوخت CNG شهر زنجان در مکان مناسب احداث شده‌اند؟
۲. آیا در شهر زنجان نیاز به احداث جایگاه‌های سوخت CNG جدید می‌باشد؟

مبانی نظری

امروزه با رشد روزافزون جمعیت شهرها، توسعه کاربری‌های گوناگون، افزایش چشمگیر خودروها در زندگی سبب ایجاد سفرهای متعددی در سطح شهرها شده است که این مسأله مشکلات فراوانی را به دنبال داشته است (Wang, 2013: 77). از جمله این مشکلات ایجاد راهبندان در معابر شهری، اتلاف وقت، آلودگی‌های زیست محیطی، افزایش مصرف سوخت و صفهای ناشی از جایگاه‌های CNG است. از این رو توجه به برنامه‌ریزی‌های دقیق و علمی در زمینه مکان‌یابی مراکز خدمات شهری ضرورت دارد (Shukla et al., 2011: 1432). سوخت‌های فسیلی باعث آلودگی هوا، کاهش منابع طبیعی، اثرات گلخانه‌ای و گرمایش جهانی است. حمل و نقل منبع اصلی

انتشار گازهای گلخانه‌ای است. سیاست افزایش استفاده از انرژی پاک و تجدیدپذیر بخشی از تلاش‌های دولت در حفاظت از محیط زیست است. استفاده از منابع انرژی جایگزین مانند هیدروژن، اتانول، برق، سوخت و گاز طبیعی در وسایل نقلیه یکی از راه‌های جلوگیری از افزایش اثرات گازهای گلخانه‌ای است (وانگ، ۲۰۰۸؛ شوکلا و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۰۱). استفاده از گاز طبیعی، به عنوان سوخت جایگزین در سبد حامل‌های انرژی در بخش حمل و نقل و با کمترین آلودگی زیست محیطی نسبت به سایر انرژی‌های سوخت وسایل نقلیه، منجر به افزایش تقاضا برای این ماده طبیعی و گسترش ظرفیت‌های انتقال و توزیع این تکنولوژی در سطح کارایی CNG کشور شده و استفاده از خودروهای دوگانه سوز به طور فزاینده‌ای در جامعه مورد استقبال قرار گرفته است (Bento, 2008: 3022). در زمینه سوخت CNG می‌توان گفت که استفاده از آن در خودروها دارای تاریخچه‌های نسبتاً طولانی است و به دهه ۱۹۲۰ میلادی بازمی‌گردد. بحران‌های نفتی به وجود آمده در سال‌های ۱۹۷۴ و ۱۹۷۹ باعث ایجاد گرایش شدید به سمت استفاده از سوخت گاز طبیعی شد و زمانی که نگرانی‌های ناشی از افزایش آلاینده‌های شهری در کشورهای مختلف جهان به مسأله‌های مهم تبدیل شد، استفاده از این سوخت به شکل جدی‌تری مورد توجه قرار گرفت. ایتالیا اولین کشوری است که از سوخت گاز طبیعی در بخش حمل و نقل استفاده کرد. براساس ماده ۱۲۱ قانون برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور در سال ۱۳۷۹ با هدف مدیریت مصرف سوخت در بخش‌های مختلف مصرف‌کننده سوخت کشور از طریق بازبینی روند مصرف انرژی و اجرای پروژه‌های صرفه‌جویی مصرف سوخت در سراسر کشور تشکیل شد. ایجاد زیرساخت‌های مصرف CNG در ایران و تشویق به توسعه استفاده از وسایل نقلیه گازسوز، از مهم‌ترین مأموریت‌های شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت در کشور است. پروژه CNG در ایران از سال ۱۳۶۵ با تبدیل ۱۲۰۰ دستگاه سواری در شهر شیراز به عنوان پروژه پایلوت

آوردن یک راه حل بهینه برای مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت باشد. حسینی و میرحسینی در سال ۲۰۱۵ در پژوهشی به بررسی مشکلات مکان‌یابی ایستگاه‌های سوخت رسانی پرداختند. نتایج نشان داد که ایستگاه‌های دائمی در مناطق پرتراکم و ایستگاه‌های متحرک در محدوده دسترسی ایستگاه‌های دائمی بوده باشد. یلدیز و همکاران^۳ در سال ۲۰۱۶، به رویکرد واحد به عنوان مدل مکان‌یابی و هزینه‌کرد ایستگاه‌های سوخت CNG پرداختند. نتایج نشان داد که الگوریتم هزینه از بین مدل‌های موجود به عنوان یک رویکرد واحد موثرتر و نسبت به ابعاد شبکه واقعی‌تر است. محمدی و رضایی در سال ۱۳۹۱، به تحلیل فضایی و مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت CNG در شهر شیراز پرداختند. نتایج نشان داد که توزیع جایگاه‌های CNG موجود در شهر شیراز با توجه به شعاع عملکردی آنها و تعداد این جایگاه‌ها باعث شده است که بخش زیادی از شهر خارج از محدوده خدماتی ۱۰ جایگاه موجود باشند. شریعتمداری و همکاران در سال ۱۳۹۱، در مقاله‌ای به دنبال راه‌حل ابتکاری در مکان‌یابی جایگاه‌های CNG اصفهان پرداختند. نتایج نشان داد هدف از این مدل مینیم نمودن زمان سفر سوخت‌گیری CNG است. در نهایت این مدل در قالب مطالعه موردی در شهر اصفهان پیاده‌سازی خواهد شد.

روش پژوهش

روش تحقیق در پژوهش حاضر توصیفی-تحلیلی است. روش تجزیه و تحلیل اطلاعات در این تحقیق به دو روش کیفی و کمی می‌باشد. بدین صورت که در روش کمی، جمع‌آوری داده‌های مربوط به شهر زنجان و سپس آمارهای استنباطی با استفاده از نرم‌افزار EXCEL انجام می‌شود. در نهایت نیز تلفیق و استنباط داده و همپوشانی نتایج به دست آمده از طریق مدل تحلیل فازی منطبق بر روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای دستیابی به بهترین مکان مطلوب صورت گرفت و زنده‌ی به شاخص‌ها براساس نظر کارشناسان در این زمینه صورت گرفته است.

در این زمینه آغاز شد. در سال ۱۳۶۶ در شهرستان مشهد نیز طرح مذکور به اجرا درآمد و در سالهای ۱۳۶۷ و ۱۳۷۴ دو جایگاه توزیع سوخت CNG در این شهر احداث گردید (عموزادخلیلی و همکاران، ۱۳۸۷: ۴). در کشور ما شبکه جایگاه‌های سوخت‌رسانی وسایل نقلیه شهری به عنوان یکی از مراکز مهم خدمات شهری به شمار می‌رود. شبکه فعلی جایگاه‌های بنزین با توجه به گسترش ناوگان حمل و نقل علاوه بر کمبود ظرفیت سوخت‌رسانی عمدتاً به سبب توزیع نامناسب جغرافیایی جوابگوی نیازها نمی‌باشد لذا لازم است جهت ارائه الگوی توسعه شبکه جایگاه‌های سوخت شهر زنجان و سایر شهرها مدل مکان‌یابی بهینه جایگاه‌ها مورد مطالعه قرار گیرد تا توزیع صحیح جایگاه‌ها در سطح شهر علاوه بر جلوگیری از مشکلاتی که در آینده بر شهر تحمیل می‌گردد، مانع از اتلاف انرژی و بهره‌وری از امکانات و منابع موجود گردد.

پیشینه پژوهش

در سال ۱۹۳۰، اولین فعالیت مهم برای گازسوز کردن موتورهای درون‌سوز در آمریکا انجام شد. پس از آن در خلال جنگ جهانی دوم استفاده از گاز طبیعی در اروپا نیز رایج گردید و خصوصاً از اوایل دهه ۵۰ میلادی تمایل به گازسوز کردن موتورها رو به افزایش یافت. از این رو مطالعات زیادی در این زمینه صورت گرفته است. اما در مورد مساله مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت CNG در ایران تحقیقات محدودی انجام شده است. فریک و همکاران^۱ در سال ۲۰۰۷ در مقاله‌ای تحت عنوان بهینه‌سازی توزیع جایگاه‌های سوخت CNG در کشور سوئیس پرداختند. نتایج حاکی از این بود که سرمایه‌گذاری در بخش زیرساخت‌های CNG به لحاظ اجتماعی چندان برای این کشور نتیجه بخش نبوده است. لیم و کویی^۲ در سال ۲۰۱۰ در مقاله‌ای به بررسی جایگاه‌های سوخت CNG با استفاده از الگوریتم‌های اکتشافی در ایالات فلوریدا پرداختند. نتایج نشان داد که برنامه ریزی خطی می‌تواند مدل مناسبی برای به دست

¹ Frick and et al

² Lim and et al

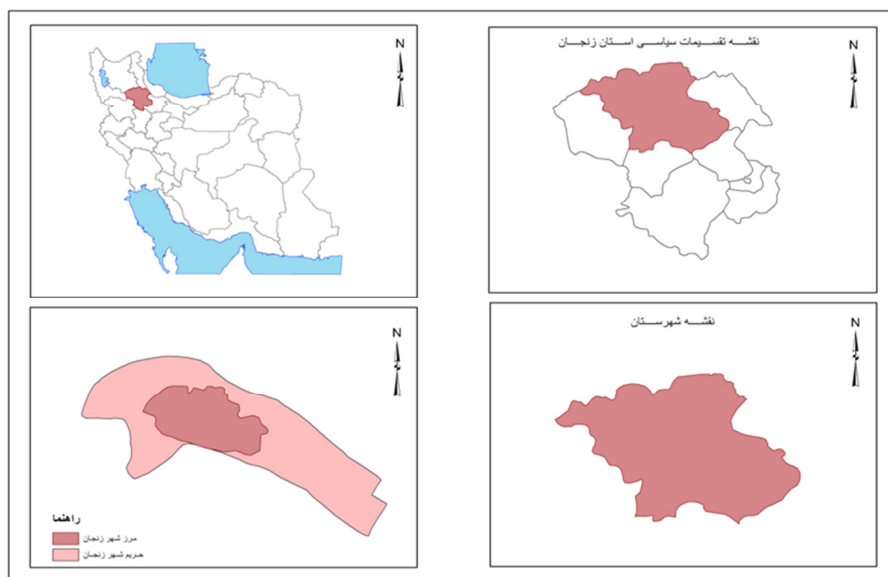
³ Yıldız and et al

درجه ممتاز، ۳۳ درصد آن درجه یک، هشت درصد درجه دو و ۲۰ درصد فاقد درجه هستند. همچنین شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی منطقه زنجان از سه ناحیه مرکزی شامل زنجان، طارم، ایجرود و ابهر خرمدره و سلطانیه، خدابنده کار سوخت‌رسانی به شهرهای تحت پوشش را در بخش‌های مصرف خانگی و کشاورزی انجام می‌دهند. شهر زنجان دارای ۵۲ باب جایگاه عرضه فرآورده نفتی مایع و ۳۹ باب جایگاه عرضه سی ان جی است که از این تعداد جایگاه‌های عرضه سوخت مایع ۲۹ باب در ناحیه مرکزی و تأمین‌کننده سوخت مورد نیاز شهرستان‌های زنجان، طارم، ماهنشان، دندی و ایجرود بوده و ۱۷ جایگاه ناحیه ابهر سه شهر سلطانیه و ابهر و خرمدره را پوشش می‌دهند و شهرستان خدابنده نیز دارای شش جایگاه عرضه فرآورده مایع نفتی است. در نقشه (۲) توزیع فضایی جایگاه‌های سوخت CNG مشاهده می‌گردد.

همچنین در مورد سازگاری کاربری جایگاه‌های سوخت CNG با سایر کاربری‌ها به خصوص مراکز آموزشی، مراکز مسکونی، مراکز تجاری، خطوط برق و گاز، فضای سبز، مراکز درمانی - بهداشتی و نسبت به جایگاه‌های سوخت CNG همجوار می‌باشد که جهت تعیین سازگاری یا عدم سازگاری کاربری‌ها و همچنین اولویت‌بندی سازگاری کاربری‌ها از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. این روش یکی از روش‌های پرکاربرد برای رتبه‌بندی و تعیین اهمیت عوامل است که با استفاده از مقایسات زوجی گزینه‌ها به اولویت‌بندی هر یک از معیارها پرداخته می‌شود.

شهر زنجان و توزیع فضایی جایگاه‌های سوخت (CNG) در آن

مطالعات انجام شده در زمینه درجه‌بندی جایگاه‌های عرضه سوخت شهر زنجان نشان می‌دهد که ۳۹ درصد این جایگاه‌ها



شکل (۱): نقشه موقعیت جغرافیایی شهر زنجان مأخذ: شهرداری زنجان، ۱۳۹۵

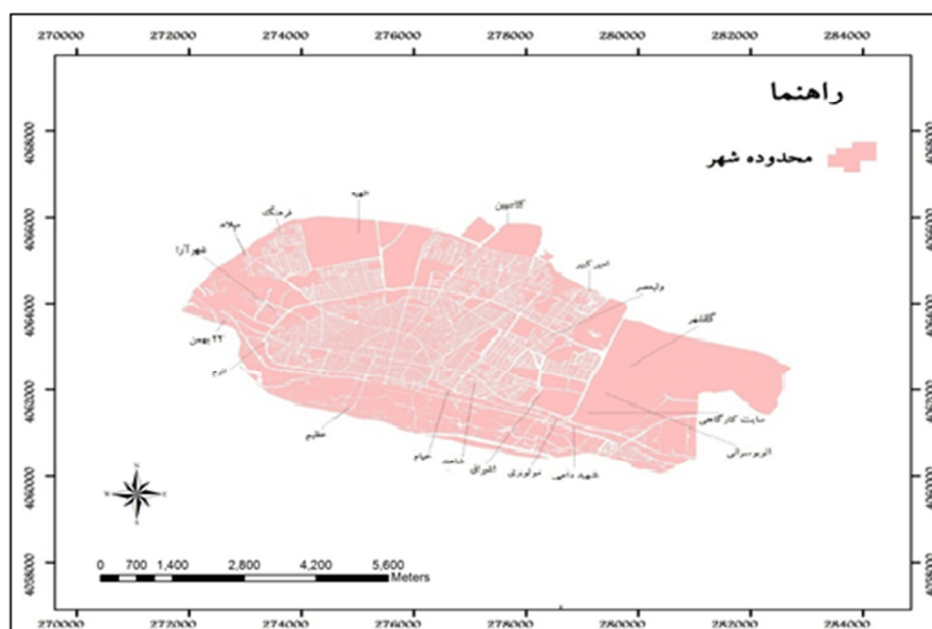
جدول (۱) و نقشه این جایگاه‌ها در شکل (۲) آورده شده است. در جدول (۲) تعداد ایستگاه‌های CNG و پمپ بنزین در شهر زنجان ارائه گردیده است.

برای یافتن مکان مناسب جایگاه‌ها، ابتدا باید موقعیت فعلی ایستگاه‌ها و هم چنین عملکرد این جایگاه‌ها در عرضه خدمات به مراجعان را بررسی کرد تا کمبودها در زمینه عرضه سوخت تعیین گردد. مشخصات جایگاه‌های موجود عرضه CNG در

جدول (۱): فهرست جایگاه‌های گاز طبیعی فشرده (CNG) شهر زنجان و حومه سال ۱۳۹۲

ردیف	نام جایگاه	آدرس	تعداد نازل
۱	عظیم	زنجان ابتدای جاده بیجار	۴
۲	میلاد	زنجان کیلومتر ۵ جاده فرودگاه	۴
۳	شاهد	زنجان کمربندی جنوبی پشت میدان تره بار	۴
۴	کاسپین	زنجان جاده گاوازننگ	۶
۵	امیرکبیر	جاده دو اسب	۶
۶	ولیعصر	زنجان بلوار خرمشهر بعد از چهارراه مقدم	۲
۷	شهید داعی	کیلومتر ۱۲ جاده قدیم زنجان- قزوین	۲
۸	۲۲ بهمن	زنجان- کیلومتر ۲۰ جاده قدیم تبریز	۴
۹	موتوری	زنجان میدان بسیج	۸
۱۰	اتوبوسرانی	زنجان پارکینگ اتوبوس‌های شهری	۸
۱۱	خیام	زنجان کمربندی جنوبی پشت ترمینال مسافربری	۸
۱۲	ارم	زنجان میدان جهاد پشت پارک ارم	۸
۱۳	زیباشهر	زنجان کمربندی شمالی روبروی کوی زیباشهر	۸
۱۴	الهیه	شهرک الهیه	۶
۱۵	گلشهر	زنجان گلشهر کاظمیه	۶
۱۶	فرهنگ	زنجان کوی فرهنگ	۶
۱۷	سایت کارگاهی	زنجان میدان بسیج سایت آهن فروشان	۶
۱۸	اشراق	زنجان میدان شیخ اشراق روبروی سازمان هواشناسی	۶

مأخذ: شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی زنجان، ۱۳۹۵



شکل (۲): نقشه توزیع فضایی جایگاه‌های عرضه گاز طبیعی (CNG) در شهر زنجان مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵

جدول (۲): تعداد ایستگاههای CNG و پمپ بنزین در شهر زنجان در سال ۱۳۹۲

سال	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
تعداد ایستگاه CNG	۱۶	۱۷	۱۷	۱۸
تعداد جایگاه بنزین	۱۱	۱۳	۱۵	۱۶

مأخذ: شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی زنجان، ۱۳۹۵

یافته‌های پژوهش

CNG مورد سنجش قرار گرفت. در تحقیق پیشرو وزن دهی لایه‌ها از روش مقایسه دوتایی، به دلیل قابلیت آن در موضوع مورد نظر استفاده شده است. جدول (۳) مراحل وزن دهی به لایه‌های اطلاعاتی را در مدل AHP برای مکانیابی جایگاه CNG را نشان می‌دهد. در جداول (۴ و ۵) میزان مصرف گاز طبیعی و میزان مصرف سوخت خودروهای سبک شهر زنجان در سال ۱۳۹۲ مشاهده می‌گردد. در جدول (۶) شاخص فاصله‌های توزیع لایه‌های مورد استفاده ارائه گردیده است که در این جدول حریم هر کاربری نسبت به جایگاه‌های سوخت به صورت متریک بیان شده است.

با توجه به اینکه موضوع مقاله مکانیابی و توزیع فضایی جایگاه‌های سوخت CNG در شهر زنجان است، لازم است این فضاها با توجه به معیارها و شاخص‌های دقیق کاربری اراضی مورد بررسی قرار گیرند. برای چنین ارزیابی، اطلاعات توصیفی نظیر تعداد جمعیت و تعداد خانوار و همچنین اطلاعات مکانی شامل موقعیت جایگاه‌های سوخت CNG در منطقه مورد مطالعه و تمام کاربری‌های تأثیرگذار در این مراکز تهیه گردد و با استفاده از توانمندی‌های تکنیک GIS، لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز تحلیل و تبدیل شد و سپس تأثیرات متقابل هر کدام از پارامترها در مکانیابی کاربری جایگاه‌های سوخت

جدول (۳): وزن نهایی شاخص‌های مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت (CNG) در مدل AHP

وزن	تجاری	بهداشتی_درمانی	فضای سبز	آموزشی	جایگاه‌های سوخت	خطوط برق و گاز	مسکونی	معیارها
۰/۳۷۶۵۰۷	۹	۷	۷	۵	۳	۳	۱	مسکونی
۰/۲۷۴۷۱۶	۹	۷	۷	۵	۳	۱	۰/۳۳	خطوط برق و گاز
۰/۱۵۱۸۱۵	۷	۵	۳	۳	۱	۰/۳۳	۰/۳۳	جایگاه‌های سوخت
۰/۰۸۵۰۶۸	۵	۳	۳	۱	۰/۳۳	۰/۲	۰/۲	آموزشی
۰/۰۵۶۳۷۶	۵	۳	۱	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۱۴۲	۰/۱۴۲	فضای سبز
۰/۰۳۵۶۰۱	۳	۱	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۲	۰/۱۴۲	۰/۱۴۲	بهداشتی_درمانی
۰/۰۱۹۹۱۶	۱	۰/۳۳	۰/۲	۰/۲	۰/۱۴۲	۰/۱۱	۰/۱۱	تجاری

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵

جدول (۴): میزان مصرف گاز طبیعی معادل یک لیتر بنزین معمولی در سال ۱۳۹۲ (مترمکعب)

نام حامل انرژی	واحد	مقدار مصرف
گاز طبیعی	مترمکعب	۶۶۹۵۹۲۱۶

مأخذ: شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی زنجان، ۱۳۹۵

جدول (۵): میزان مصرف سوخت خودروهای سبک شهر زنجان در سال ۱۳۹۲

شرح	گاز طبیعی (CNG) به متر مکعب	بنزین معمولی هزار لیتر	بنزین سوپر هزار لیتر
مقدار مصرف	۶۶۹۵۹۲۱۶	۱۴۷۶۶۸	۳۶۳۷

مأخذ: شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی زنجان، ۱۳۹۵

جدول (۶): شاخص فاصله‌های توزیع لایه‌های مورد استفاده

ردیف	معیار	فاصله
۱	فضای سبز	۰-۲۵۰۰
۲	جایگاه‌های CNG	۰-۳۳۰۰
۳	مراکز آموزشی	۰-۳۱۰۰
۴	مراکز درمانی و بهداشتی	۰-۳۶۰۰
۵	مراکز مسکونی	۰-۲۷۰۰
۶	مراکز تجاری	۰-۲۸۰۰
۷	خطوط برق و گاز	۰-۳۲۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵

بیمارستان آیت‌الله موسوی و جایگاه ولیعصر در حریم بیمارستان ولیعصر و جایگاه فرهنگ در حریم بیمارستان امام حسین قرار گرفته است که در هیچ یک از موارد فوق حریم ۳۶۰۰ متری رعایت نگردیده است (شکل ۳).

ب) کاربری فضای سبز

فضای سبز به عنوان یکی از کاربری‌های سازگار با جایگاه‌های سوخت محسوب می‌شود که در اینجا با توجه به نقشه‌های تهیه شده فاصله ۲۵۰۰ به عنوان ارزش صفر و فاصله صفر ارزش یک به خود می‌گیرد. شهر زنجان هر چند که به لحاظ سرانه فضای سبز از نرم‌های جهانی فاصله زیادی دارد و کمبود فضای سبز در این شهر به شدت قابل ملاحظه است در همین فضای سبز کم هم وجود جایگاه‌های CNG می‌تواند از کارایی فضاهای سبز موجود هم بکاهد در این زمینه جایگاه‌های سوختی چون اشراق، شهید داعی و ۲۲ بهمن در جوار فضاهای سبز قرار گرفته‌اند (شکل ۳).

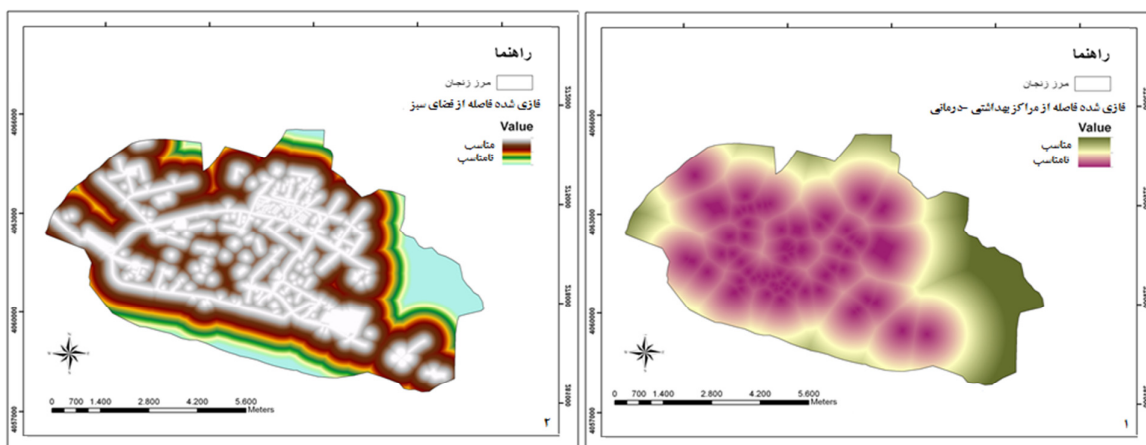
تجزیه و تحلیل داده‌ها، با استفاده از شاخص هم

پوشانی برای مکانیابی جایگاه‌های سوخت CNG

با توجه به مطالب ذکر شده براساس هدف پژوهش که مکانیابی و توزیع فضایی جایگاه‌های CNG زنجان است، لازم گردید که این جایگاه‌ها با توجه به یک سری معیارها و شاخص‌ها مورد بررسی قرار گیرند. در این پژوهش برای مکانیابی جایگاه‌های CNG شهر زنجان از لایه‌های اطلاعاتی زیر استفاده شده است:

الف) کاربری بهداشتی - درمانی

کاربری‌های بهداشتی و درمانی با توجه به اینکه محلی برای تجمع مردم و بیماران می‌باشد باعث ایجاد ازدحام شده و باعث ایجاد ترافیک در آن منطقه می‌شوند. بنابراین به عنوان کاربری ناسازگار با جایگاه‌های CNG تلقی می‌شوند. همانطور که در دو نقشه زیر نیز مشاهده می‌شود بیشترین فاصله از مراکز درمانی ۳۶۰۰ متر می‌باشد که طبق روش فازی بیشترین اهمیت، یعنی ارزش یک به خود می‌گیرد (صحرائیان و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۵۳-۱۷۰). در رابطه با مکان‌یابی جایگاه‌ها، با مراکز بهداشتی - درمانی می‌توان گفت که جایگاه کاسپین در حریم



شکل (۳): نقشه همپوشانی لایه بهداشتی-درمانی و فضای سبز شهر زنجان مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵

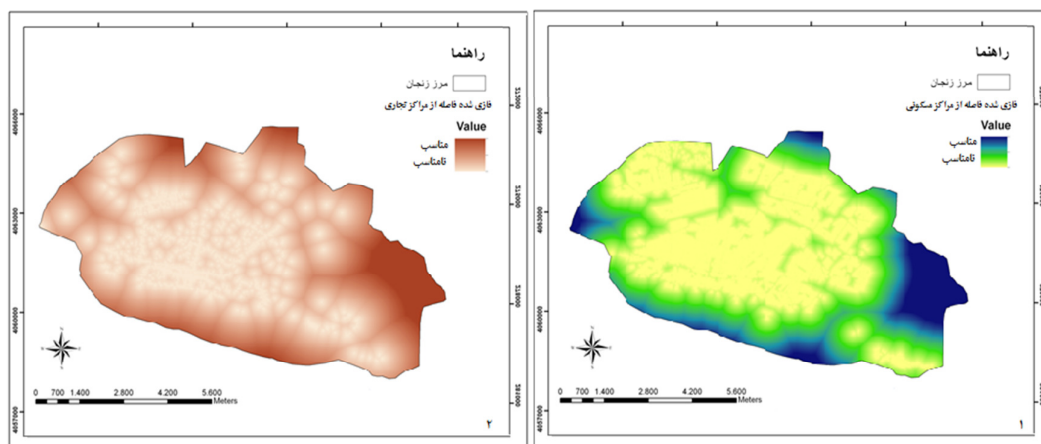
و بقیه جایگاه‌های موجود در شهر در حریم کاربری فوق نمی‌باشند (شکل ۴).

د) کاربری تجاری

کاربری تجاری به عنوان یک کاربری ناسازگار با جایگاه‌های سوخت بوده و هر چه جایگاه‌ها هرچه در فاصله بیشتری احداث شوند، بهتر خواهد بود. در این زمینه خوشبختانه در شهر زنجان هیچ یکی از جایگاه‌های CNG در حریم کاربری تجاری قرار نگرفته‌اند (شکل ۴).

ج) کاربری مسکونی

کاربری مسکونی به دلیل مزاحمت‌هایی که جایگاه‌های سوخت می‌توانند برای مناطق مسکونی ایجاد کنند، به عنوان کاربری‌های ناسازگار محسوب می‌شوند بنابراین هر چه قدر جایگاه‌ها در مکان‌هایی دورتر از مناطق مسکونی احداث شوند، ارزش بیشتری خواهند داشت. در مورد جایگاه‌های سوخت در شهر زنجان چهار جایگاه شاهد، فرهنگ، امیرکبیر و ولیعصر درون بافت مسکونی و ناسازگار با کاربری مسکونی قرار گرفته



شکل (۴): نقشه همپوشانی لایه مسکونی و تجاری شهر زنجان مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵

الکتریکی دارد. همچنین خطوط انتقال و تغذیه گاز باید در دسترس باشد زیرا امتیاز نخست یک مکان برای احداث جایگاه نزدیکی به خطوط گاز می‌باشد. در زمینه خطوط گاز و برق کلیه جایگاه‌های سوخت از خطوط اصلی انتقال نیرو با فاصله مناسبی قرار گرفته‌اند (شکل ۵).

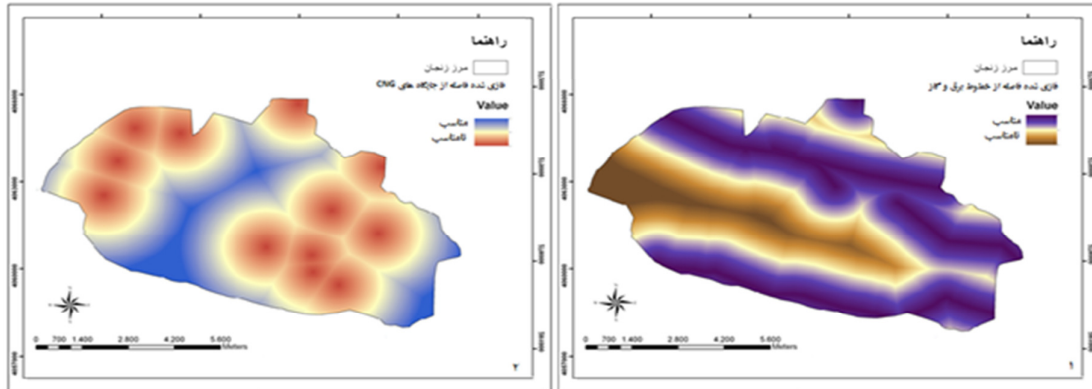
ه) خطوط برق و گاز

یکی از عوامل مهم در انتخاب مکان جایگاه، در دسترس بودن خطوط گاز و شبکه توزیع برق است. از ضروریات اولیه یک جایگاه CNG تأمین برق مورد نیاز ایستگاه است چرا که تقریباً تمامی تجهیزات مربوطه جهت بهره برداری نیاز به انرژی

و) جایگاه‌های CNG موجود

می‌کند در مورد جایگاه‌های CNG در شهر زنجان در مورد به استثنا جایگاه‌های کلیه جایگاه‌ها حریم مورد نظر نسبت به سایر جایگاه‌ها را رعایت نکرده است (شکل ۵).

در جهت ترویج عدالت و توزیع عادلانه منابع و کاربری‌ها بهتر است کاربری‌های با فعالیت یکسان در فاصله بیشتری از یکدیگر قرار بگیرند. در راستای افزایش ایمنی نیز در مورد CNG وجود فاصله در بین جایگاه‌ها مطلب فوق را بیشتر تأیید

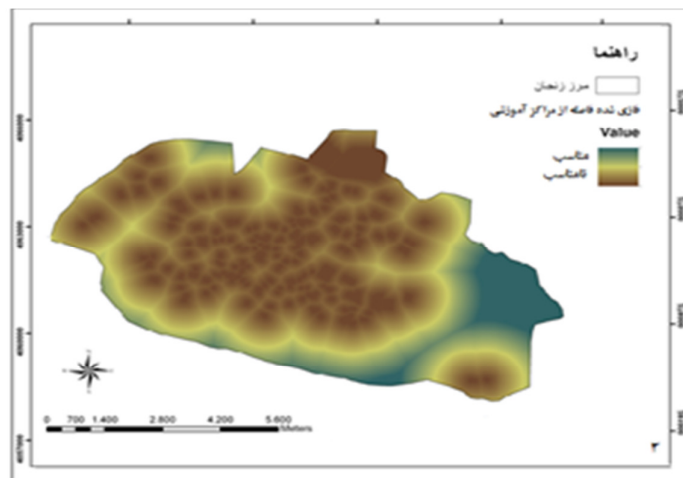


شکل (۵): نقشه همپوشانی لایه برق و گاز و جایگاه‌های سوخت شهر زنجان مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵

نسبت به کاربری آموزشی ۳۱۰۰ متر فاصله داشته باشد. که این حریم در مورد جایگاه سوخت اشراق و شاهد که به ترتیب در حریم‌های مدارس راهنمایی برادران پرویزی و دبیرستان شاهد پیامبر اعظم قرار گرفته است (شکل ۶).

ز) کاربری آموزشی

کاربری‌های آموزشی به دلیل نوع فعالیتی که دارند، به عنوان کاربری ناسازگار برای مراکز آموزشی محسوب می‌شوند. به عبارتی جایگاه‌ها به عنوان یک کاربری مزاحم برای مراکز آموزشی محسوب می‌شوند. جایگاه سوخت CNG بایستی

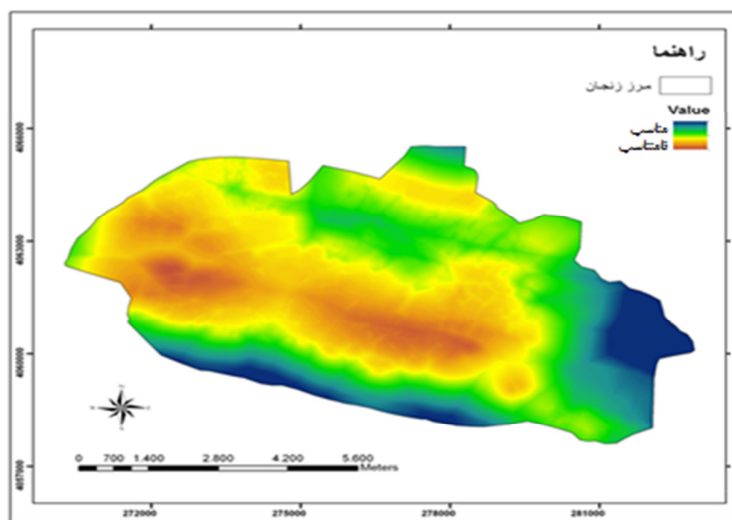


شکل (۶): نقشه همپوشانی لایه مراکز آموزشی شهر زنجان مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵

ترکیب و تلفیق لایه‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی

نشان دهنده قابل قبول بودن نتایج به دست آمده می‌باشد. نقشه حاصله از اعمال وزن‌های AHP و تلفیق لایه‌ها به صورت زیر می‌باشد. همانطور که در نقشه نیز مشاهده می‌شود مکان‌هایی که با رنگ‌های آبی پررنگ و آبی کم و سبز رنگ نشان داده شده‌اند به ترتیب، جهت احداث جایگاه‌های CNG بر دیگر مکان‌ها ارجحیت دارند. مناطق مشخص شده به لحاظ فاصله از مناطق مسکونی و رعایت حریم امن شهری و همچنین نسبت به رعایت فاصله متناسب از سایر کاربری‌ها و همچنین سایر جایگاه‌ها در مکان بهینه‌ای قرار گرفته‌اند.

همان گونه در نقشه (۷) مشاهده می‌گردد در نهایت هر کدام از نقشه‌های فازی شده باید با یکدیگر تلفیق یابند تا بهترین و مناسب‌ترین مکان‌ها و بدترین مکان‌ها جهت احداث جایگاه‌های CNG مشخص گردد. در این مرحله باید وزن‌های تهیه شده از طریق مدل AHP به معیارها اعمال شود. جدول زیر نشان‌دهنده ماتریس خام و وزن‌های به دست آمده از مدل می‌باشد. با توجه به نتایج حاصله ضریب سازگاری یا CR به دست آمده برابر با ۰/۰۷ می‌باشد که چون کمتر از ۰/۵ است



شکل (۷): نقشه مکان‌های پیشنهادی برای استقرار جایگاه‌های CNG جدید در شهر زنگنه مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵

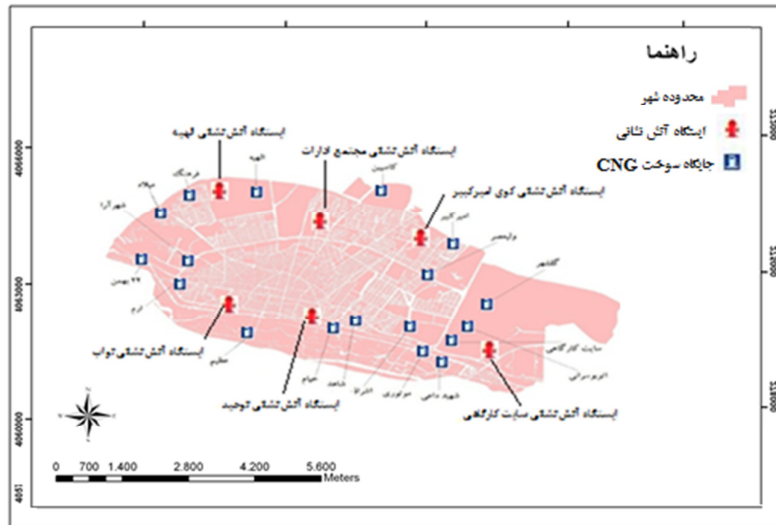
تعیین نزدیک‌ترین مسیر بین جایگاه‌های CNG موجود و ایستگاه‌های آتش نشانی

از آنجایی که مسیریابی بین ایستگاه‌های آتش نشانی به محل وقوع حوادث و نقاط تقاضا از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است (محمدی و رضائی، ۱۳۹۱: ۱۸). این امکان وجود دارد که نزدیکترین مسیر بین دو نقطه عرضه (ایستگاه‌های آتش نشانی) و تقاضای خدمات (محل وقوع حوادث) به عنوان بهترین مسیر مطرح بوده باشد. در این تحقیق به دلیل اهمیت جایگاه‌های CNG این تحلیل بر روی این مکان‌ها صورت گرفت تا بهترین و نزدیکترین مسیر مشخص شود. بسته به اینکه کدام ایستگاه و کدام راه‌ها به جایگاه‌های CNG نزدیکتر است، مشخص

بنابر شرایط موجود جایگاه‌های سوخت در شهر زنگنه، این جایگاه‌ها به صورت متمرکز در دو قسمت شمال غرب و مرکز شهر زنگنه قرار گرفته‌اند و از توزیع یکسانی برخوردار نیستند. با توجه به نقشه همپوشانی لایه‌های سازگار و ناسازگار که از طریق مدل AHP صورت گرفته است، بویژه قسمت‌های جنوبی و شمال شرق شهر نیازمند احداث جایگاه‌های سوخت جدید می‌باشد علاوه بر این در اطراف شهرک قدس، انقلاب، کوی اداری و شهرک کارمندان می‌توان جایگاه‌های جدیدی را احداث کرد.

می‌توان گفت که بین کاربری آتش‌نشانی و جایگاه‌های سوخت سازگاری وجود دارد و مکان و موقعیت ایستگاه‌های آتش‌نشانی در سطح مناسب با جایگاه‌های سوخت CNG می‌باشد.

کردن نزدیک‌ترین ایستگاه به این جایگاه‌ها از مهمترین کاربردهای تحلیل شبکه محسوب می‌شود. با توجه به نقشه توزیع فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی و جایگاه‌های سوخت CNG



شکل (۸): توزیع فضایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی و جایگاه‌های سوخت CNG در شهر زنجان مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵

حمل و نقل ارائه می‌دهند، اما محدوده رانندگی کوتاه‌تر و تعداد ایستگاه‌های بیشتر نیاز است و همچنین توسعه زیرساخت‌ها در مورد این سوخت‌ها گران قیمت است، اما از آنجا که ایستگاه‌های سوخت‌گیری که می‌تواند حداکثر جریان ترافیک در شبکه را پشتیبانی می‌کند سرمایه‌گذاری در این زمینه می‌تواند حائز اهمیت باشد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که توزیع جایگاه‌های CNG موجود در شهر زنجان با توجه به شعاع عملکردی آنها و تعداد این جایگاه‌ها باعث شده است که بخش زیادی از شهر شامل مناطق ۱، ۲ و قسمتی از منطقه ۳ با توجه به تعدد کاربری‌ها و تراکم جمعیت و همچنین ترافیک ناوگان حمل و نقل، خارج از محدوده خدماتی ۱۰ جایگاه موجود باشند. دلیل اصلی این ضعف، کمبود جایگاه‌های CNG بوده است و در این تحقیق زمین‌های شهری برای تأسیس جایگاه‌های CNG جدید ارزش‌گذاری شد، سپس مکان‌هایی برای ایجاد جایگاه‌های جدید به ویژه در قسمت‌های جنوبی و شمال شرق شهر نیازمند احداث جایگاه‌های سوخت جدید می‌باشد علاوه بر این در اطراف شهرک قدس، انقلاب،

باتوجه به سازگاری کاربری آتش‌نشانی با جایگاه سوخت CNG احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی در مسیرهای منتهای غربی زنجان (کوی ثمین، مهرآرا، شهرآرا، آمادگاه، کشتارگاه)، یک ایستگاه برای پوشش حد فاصل ایستگاه‌های توحید و سایت کارگاهی برای پوشش دهی سیلو، سازمان صدا و سیما زنجان، کارخانه شیر پاستوریزه پگاه زنجان و همچنین شهرک‌های مسکونی مافوق این اماکن و در نهایت یک ایستگاه برای پوشش گلشهر کاظمیه و شهرک اندیشه ۲ و آمادگی در راستای توسعه پیش روی شهر به نظر الزامی می‌رسد (شکل ۸).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به اینکه یکی از مهمترین عوامل موثر در احداث جایگاه سوخت موقعیت مکانی است، مکان‌یابی بهینه، کارایی جایگاه سوخت را به حداکثر می‌رساند و می‌تواند خدمات بهتری را برای استفاده‌کنندگان ارائه می‌نماید. مسائل مکان‌یابی تحت تاثیر شرایط و عوامل مختلف قرار دارند که می‌توانند به طرق مختلف اعمال شوند. سوخت‌های جایگزین مانند هیدروژن، برق، و گاز طبیعی انرژی پایدارتر و سالم‌تری برای

استفاده از GIS نمونه موردی: شهر جهر، فصلنامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی، دوره ۱۳، شماره ۴۳، صص ۱۵۳-۱۷۰.

۶. عبدلی، محمدعلی و رودابه سمیعی زفرقندی (۱۳۹۰): «معیارهای انتخاب مکان دفن پسماند»، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۶ و ۷ اردیبهشت، دانشگاه سمنان، سمنان.

۷. عبدی، علی، جوانشیر، حسن و ناصری علوی، میرپویا (۱۳۹۱): «مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت CNG با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی (GIS) و روش ارزیابی چند معیاره AHP (مطالعه موردی: شهر رشت)»، نهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، ۲۱-۲۹ اردیبهشت دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.

۸. عتابی، فریده، عابدی، زهرا، اصفهانیان، وحید و کامران ماهوتچی سعید (۱۳۸۶): «تحلیل هزینه-منفعت احداث و بهره‌برداری از جایگاه سوخت‌رسانی تک منظوره CNG برای بخش خصوصی در شهر تهران»، مطالعات اقتصاد انرژی، دوره ۴، شماره ۱۴، صص ۹۷-۱۱۹.

۹. عموزاد خلیلی، حسین، توکلی مقدم، رضا و رضا عموزاد خلیلی (۱۳۸۷): «چالش‌ها و مزایای استفاده از CNG در صرفه‌جویی اقتصادی و کاهش آلودگی محیط»، همایش ملی سوخت، انرژی و محیط زیست، ۷ خرداد، پژوهشگاه مواد و انرژی تهران.

۱۰. قدسی‌پور، حسن (۱۳۹۲): فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ دوم، تهران.

۱۱. مافی، عزت‌الله، قاسمی خوزانی، محمد، خیام‌پور، روح‌الله و سلمان حیاتی (۱۳۹۲): «تحلیل مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت CNG در شهر مشهد با استفاده از مدل AHP در GIS»، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، سال ۱۱، شماره ۲۰، صص ۲۲-۴۲.

۱۲. محمدی، جمال و میثم رضائی (۱۳۹۱): «تحلیل فضایی و مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت CNG شهر شیراز»، مجله علمی تخصصی برنامه‌ریزی فضایی، سال اول، شماره چهارم، صص ۱۱۱-۱۳۲.

۱۳. نصیری، علیرضا و چهرقانی، ابوالقاسم (۱۳۸۹): «تعیین معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی شبکه‌ها و زیرساخت‌های برون‌شهری صنعت گاز با رویکرد GIS با تأکید بر مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت CNG استان قم»، آمایش سرزمین، سال دوم، شماره دوم، صص ۱۳۳-۱۶۴.

14. Adsavakulchai S., and Huntula C. (2010): Optimum site selection of natural gas vehicles station in Bangkok using geographic information system, Journal of Petroleum and Gas Engineering, Vol. 1(5), pp89-94.

کوی اداری و شهرک کارمندان می‌توان جایگاه‌های جدیدی را احداث کرد پیشنهاد داده می‌شود. با توجه به نتایج بدست آمده راهکارهای ذیل ارائه می‌گردد:

➤ افزایش تعداد ایستگاه‌های CNG در گروه‌های جمعیتی جهت کوتاه شدن ردیف انتظار و کاهش ترافیک

➤ توزیع مناسب ایستگاه‌های CNG در حاشیه شهر و جاده‌های طولانی جهت افزایش بهره‌وری اقتصادی و ساماندهی ترافیک

➤ ایجاد ایستگاه‌های موقت و فصلی در مسیرهایی با ترافیک بالا، به خصوص در روزهای شلوغ

➤ استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی خدمات و تاسیسات شهری به خصوص جایگاه‌های سوخت CNG

➤ بهینه‌سازی و تفکیک مسیرهای دستیابی به جایگاه‌های سوخت به منظور جلوگیری از انتقال بار ترافیکی سوخت‌گیری به ترافیک شهری

منابع

۱. ابرازی، روزبه و سید علی میر حسینی (۱۳۹۰): «مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت‌پذیر بریا مسادل با سایز بزرگ»، اولین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، او ۲ آذرماه، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

۲. بیگ محمدی، حسن، مومنی، مهدی و اعظم زارع (۱۳۸۹): «مکان‌یابی بهینه دفن پسماند در شهرها با استفاده از GIS مطالعه موردی: شیراز»، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، دوره ۲، شماره ۴، صص ۶۵-۸۱.

۳. دهقانی کاظمی، واحد، جعفری، حمیدرضا و بهرام ملک محمدی (۱۳۹۱): «کاربرد تکنیک‌های تصمیم‌گیری گروهی، منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی ایستگاه بازیافت پسماند»، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۱۲، شماره ۲۷، صص ۱۸۵-۲۰۴.

۴. شریعتمداری، سیده طلیعه، شتاب بوشهری، سید نادر و قدرت افتخاری (۱۳۹۰): «استفاده از راه‌حلی ابتکاری در مکان‌یابی جایگاه‌های CNG (مطالعه موردی: شهر مشهد)»، فصلنامه مهندسی ترافیک، سال سیزدهم، شماره ۵۰، صص ۵-۱۰.

۵. صحرائیان، زهرا، زنگی آبادی، علی و فرامرزی خسروی (۱۳۹۲): «تحلیل فضایی و مکان‌یابی مراکز بهداشتی-درمانی و بیمارستان با

20. Shukla, A., Pekny, J., and Venkatasubramanian, V. (2011): an optimization framework for cost effective design of refueling station infrastructure for alternative fuel vehicles. *Comput. Chem. Eng.* 35, 1431–1438.
21. Wang, Y. (2008): locates battery exchange stations to serve tourism transport. *Transp. Res. Part D* 13 (3), 193–197.
22. Wang, Y., Lin, C. (2013): Locating multiple types of recharging stations for battery-powered electric vehicle transport. *Transp. Res. Part E* 58, 76–87.
23. Yıldız, B., Arslan, O., and Karasan, O.E. (2016): a branch and price approach for routing and refueling station location model, *European Journal of Operational Research* 248 (2016) 815–826.
24. Zeng, W., Castillo, I., Hodgson, M.J. (2009): a generalized model for locating facilities on a network with flow-based demand. *Networks and Spatial Economics*. Doi: 10.1007/s11067-008-9073-8.
15. Bento, N. (2008): Building and interconnecting hydrogen networks: insights from the electricity and gas experience in Europe. *Energy Policy* 36 (8), 3019–3028.
16. Chung, S.H., and Kwon, C. (2015): Multi-period planning for electric car charging station locations: a case of Korean expressways. *European Journal of Operational Research*, 242(2), 677–687.
17. Frick, M., Axhausen, K.W., Carle, G., and Wokaun, A. (2007): Optimization of the distribution of compressed natural gas (CNG) refueling stations: Swiss case studies, *Transportation Research Part D* 12 (2007) 10–22.
18. Hosseini, M., and MirHassani, S.A. (2015): Refueling-station location problem under uncertainty, *Transportation Research Part E* 84 (2015) 101–116.
19. Lim, S., and Kuby, M. (2015): Heuristic algorithms for siting alternative-fuel stations using the Flow-Refueling Location Model, *European Journal of Operational Research* 204 (2010) 51–61.