



جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱۳۹۷، دوره ۱، شماره ۲

مکانیابی بهینه جایگاه‌های سوخت‌رسانی گاز طبیعی (CNG) با استفاده از سیستم اطلاعات

جغرافیای و مدل (AHP) (مطالعه موردی: منطقه ۴ تهران)

محمد سلمانی مقدم^{۱*}، حسن خدابنده‌لو^۲، فاطمه یوسفی^۳، محمد صمدی^۴

۱- استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه حکیم سبزواری

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه حکیم سبزواری

۳- کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه پیام نور واحد پاکدشت، تهران

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس

MI_moghadam@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۲۲

چکیده

افزایش جمعیت و گسترش شهرنشینی در کلانشهر تهران، منجر به افزایش تعداد اتومبیل و در نتیجه نیاز به جایگاه‌های تامین سوخت شده است. شبکه جایگاه‌های سوخت‌رسانی گازی از جمله اجزاء شبکه خدمات شهری هستند، که به‌عنوان تأمین‌کننده سوخت بخش حمل و نقل درون‌شهری عمل نموده و به نوبه خود از لحاظ ملاحظات ترافیکی، شهرسازی، ایمنی و محیط زیست دارای اهمیت می‌باشد. براین اساس هدف از انجام پژوهش حاضر، تعیین مکان‌های مناسب جایگاه‌های سوخت‌رسانی گازی (CNG) به‌عنوان یکی از کاربری‌های حیاتی شهری، با توجه به معیارها و ضوابط موجود در منطقه ۴ شهرداری تهران می‌باشد. این تحقیق از نظر ماهیت، توصیفی-تحلیلی و از حیث هدف کاربری است. در راستای نیل به هدف مذکور، نقشه معیارهای مؤثر در مکانیابی جایگاه‌های سوخت‌رسانی گازی همچون: تراکم جمعیت، معابر و دسترسی، شیب زمین، کاربری‌های سازگار و ناسازگار در نرم‌افزار *ARCGIS* تهیه گردید. جهت تعیین وزن معیارها و الویت‌بندی و تعیین روابط بین متغیرها، از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، استفاده شد. برای ارزیابی و سنجش سازگاری قضاوت‌ها نیز از نرم‌افزار *Expert Choice* استفاده شد. در نهایت با ضرب وزن هر معیار در لایه تهیه شده برای هر معیار و ایجاد همپوشانی بین لایه‌ها، نقشه نهایی مکان‌های مناسب احداث جایگاه‌های سوخت‌رسانی در منطقه ۴ شهرداری تهران تهیه گردید. نتایج حاصل از نقشه نهایی حاکی از آن است که از کل منطقه مورد مطالعه ۴۹/۳۰ درصد، دارای پتانسیل مناسب، ۳۳/۷۰ درصد دارای پتانسیل متوسط و ۱۷/۰۰ درصد از کل منطقه از پتانسیل نامناسبی برخوردار است. براساس نقشه نهایی مشخص گردید که تنها ۴ درصد از جایگاه‌های موجود در محدوده مناسب احداث جایگاه‌های سوخت‌رسانی قرار دارند و بقیه در محدوده‌های متوسط و نامناسب قرار دارند. همچنین نتایج بیانگر آن است که نواحی شمالی و شرقی منطقه ۴ بیشترین پتانسیل را جهت احداث جایگاه‌های سوخت‌رسانی گازی جدید را دارند.

کلید واژه‌ها: جایگاه سوخت‌رسانی (CNG)، مکانیابی، منطقه ۴ تهران

عمده نظریات مرتبط با مکانیابی در قرن ۱۹ میلادی مطرح گردیدند، با توجه به این که از دهه ۱۹۷۰ به بعد نظریه های مکانیابی به سمت مکان یابی مراکز خدمات رسانی سوق یافته است (علوی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۰). شهرها مکان هایی با تراکم بالای جمعیتی، مرکز فعالیت های اقتصادی و ساختارهای فضایی پیچیده ای می باشند (مرادی، ۱۳۹۵: ۱۶۲). در سال های اخیر رشد سریع شهرنشینی باعث شده تقاضای سفر با خودروها بیش تر شده و در نتیجه مصرف سوخت افزایش چشم گیری یابد (Upchurch and Kuby, 2010). به همین دلیل توجه به جایگاه های سوخت از اهمیت زیادی برخوردار است (Shukla et al., 2011: 1432) و اسد امرجی و حسن پور، ۷۶، ۱۳۹۵). جایگاه های سوخت (CNG) از جمله مراکز مهم خدماتی در شهرها هستند و دسترسی مطلوب به آنها به منظور رسیدن به اهداف اساسی توسعه یعنی عدالت اجتماعی و توسعه عادلانه حائز اهمیت است، زیرا میزان آسایش و راحتی شهروندان بستگی به فاصله و زمان دسترسی آنها به خدمات شهری از جمله جایگاه های سوخت (CNG) شهری دارد. توسعه صحیح و توزیع یکنواخت و متوازن جایگاه های سوخت گیری در مجاورت محل سکونت و افزایش رفاه شهروندان، دسترسی مناسب به جایگاه های سوخت رسانی، عدم تشکیل گره های ترافیکی و عدم تشکیل صف در جایگاه ها، افزایش ایمنی و کاهش هزینه های اقتصادی تامین زمین از جمله این دستاوردها می باشند (علوی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۰). در واقع یکی از مهم ترین بخش ها در امر تامین سوخت که بایستی مدنظر برنامه ریزان و متخصصان این صنعت قرار گیرد، مکان یابی جایگاه سوخت (CNG) به منظور ارائه خدمات مطلوب، سریع و ایمن می باشد. شبکه های جایگاه های سوخت رسانی به عنوان تامین کننده سوخت بخش حمل و نقل درون شهری عمل کرده و به نوبه خود از لحاظ ملاحظات ترافیکی، شهرسازی، ایمنی و محیط زیست دارای اهمیت زیادی می باشد (ولی پوری و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۶۲). هدف اصلی از ارائه روش های مکانیابی جایگاه های سوخت باید این باشد که با کمترین تعداد جایگاه سوخت حداکثر میزان خدمت دهی به شهروندان فراهم شود. در این پژوهش، سعی بر آن است که با توجه به ضرورت و اهمیت جایگاه های سوخت (CNG) در عصر ماشینیسیم و وضعیت توزیع نامناسب آنها، به شناسایی مکان های مناسب جهت احداث جایگاه های سوخت پرداخته شود. بنابراین، این مسئله ضروری به نظر می رسد که توزیع کمی و کیفی جایگاه های سوخت (CNG) به طور علمی و تخصصی مورد بررسی قرار گیرد. منطقه تهران در زمینه سوخت دارای مشکلاتی مانند کمبود جایگاه های سوخت، عدم توزیع فضایی مناسب، عدم مکانیابی صحیح این ایستگاه ها و غیره می باشد. لذا با استفاده از توانمندی های سیستم اطلاعات جغرافیایی به مکان یابی جایگاه های سوخت رسانی (CNG) در منطقه تهران پرداخته شده است.

مبنای نظری

یکی از چالش‌های اصلی در برنامه ریزی شهری ایجاد توازن در عدالت فضایی در تسهیلات یا تدارکات خدماتی با اثرات اقتصادی آن می‌باشد. بیشتر شهروندان تمایل به سطوح بالای دسترسی به خدمات را دارند. اما برای فراهم آوردن چنین وضعیتی که امکانات همه جا باشد، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست. از این رو تصمیم‌های مهم بایستی بر مبنایی گرفته شوند که مکان یابی به صورتی باشد که خدمات و امکانات متفاوت، به نیازها و تقاضاهای محلی پاسخگو باشد. این در صورتی است که اگر ما سیستم اطلاعات جغرافیایی را برای پشتیبانی تصمیم‌گیری‌ها تعریف کنیم، می‌تواند برای رشته برنامه ریزی شهری موثر باشد (Mark, et.al, 1996: 149). در این میان هرچند در زمینه مکان‌یابی مطالعات متعددی صورت گرفته است، اما در رابطه با مکان‌یابی ایستگاه‌های سوخت رسانی، مطالعات چندانی صورت نگرفته است، که دلیل آن پیچیدگی و درهم‌بافتگی عوامل مختلف برای مکان‌یابی فضاهای پمپ بنزین می‌باشد، زیرا در هر مکان شرایط محیطی، اقتصادی، فرهنگی و غیره که از مهم‌ترین فاکتورهای لازم برای احداث ایستگاه‌های سوخت رسانی می‌باشند، را می‌طلبد. دو شوک نفتی در سال‌های ۱۹۷۴ و ۱۹۷۹ و پیرو آن بروز محدودیت‌های ناشی از وابستگی به سوخت‌های متکی بر نفت عامل اصلی رونق استفاده از گاز طبیعی در کشورهای مختلف بود. تا اواخر سال ۱۹۸۰، تعداد خودروهای تولید شده توسط سازندگان خودروهای گازسوز بسیار محدود بود. پس از آن انجمن انرژی جهان از سال ۱۹۹۵ در توکیو گاز طبیعی را به عنوان سوخت جایگزین سوخت‌های حمل و نقل اعلام کرد. در زمینه استفاده از گاز طبیعی در خودروها ایتالیا اولین کشوری است که از سال ۱۹۱۰ به فکر استفاده از گاز طبیعی فشرده به عنوان سوخت در خودرو افتاده و اکنون دارای بیش از ۳۷۰۰۰۰ خودروی گاز طبیعی سوز و حدود ۴۲۰ جایگاه CNG می‌باشد. در زمینه مکان‌یابی جایگاه‌های CNG مطالعات خارجی و داخلی گوناگونی با مدل‌ها و روش‌های مختلف صورت گرفته است. از جمله: اویجا و تودر (۲۰۱۲)، روش آنالیز زمانی را برای تحلیل علل ناهمگونی کاربری جایگاه سوخت با کاربری‌های اطراف به کار بردند. نتیجه پژوهش در این مطالعه نشان داد که از ۶۰ جایگاه سوخت حومه شهر بخارست، ۲۱ جایگاه در مناطق مسکونی و ۳۹ جایگاه در مناطق غیر مسکونی احداث شده‌اند. در این مطالعه دلایل هدایت جایگاه‌های سوخت به مناطق مجاور مسکونی و تاثیرات آن مورد ارزیابی قرار گرفته است (Joja and Tudor., 2012).

وانگ و همکاران (۲۰۰۹)، یک مدل ترکیبی جدید را با اهداف دوگانه، حداقل هزینه مکان‌یابی و حداکثر پوشش جمعیت، با استفاده از داده‌های به دست آمده از ماتریس (O-D) با در نظر گرفتن پوشش جمعیت در نقاط یا مکان‌های ثابت، توسعه دادند. در این مدل به جای استقرار تعداد محدودی از تأسیسات برای داشتن حداکثر پوشش تقاضا در نقاط ثابت و یا در مسیرهای کوتاه، مدل با دنبال کردن اهداف MCSP و MCSPP روی استقرار ایستگاه‌های سوخت‌گیری

متمرکز شده است تا به مسافرت‌های برون شهری با کوتاه‌ترین مسیر ممکن (در میان شهرهای پرجمعیت) و پوشش بیشتر مسافرت‌های درون شهری در مکان‌های خاص و مشخص خدمات رسانی کند (Wang et al., 2009).

همچنین برخی پژوهش‌ها و مطالعات علمی دیگر خارجی در این زمینه همچون: (Ioja et al., 2012; Lee, 2015; Kuby, 2017; Kerzmann et al., 2014; Chinese et al., 2014) حجم تحقیق از توضیحات تکمیلی آنها صرف نظر شده است. کاظمی و سادوند (۱۳۹۵)، در تحقیقی به مکانیابی جایگاه‌های CNG در مسیرهای تهران- فیروزکوه و تهران- سمنان با استفاده از تلفیق نتایج GIS و مدل مکانیابی جریان سوخت‌گیری پرداختند که بر اساس نتایج، بهترین مکان برای احداث جایگاه CNG در مسیر تهران- فیروزکوه واقع در انتهای آزادراه تهران- پردیس ورودی دماوند و مکان مناسب برای احداث جایگاه CNG در بزرگراه تهران- سمنان واقع در کمربندی ایوانکه می باشد. ولی پوری و همکاران (۱۳۹۳)، در تحقیقی با عنوان، مکان‌یابی پمپ بنزین‌های شهر بروجرد با استفاده از (GIS)، با بررسی کاربری‌های سازگار و ناسازگار اطراف پمپ بنزین و سپس مطالعه شاخص‌های موثر در امر مکان‌یابی این جایگاه‌های سوخت به انتخاب مناسب‌ترین مکان‌ها برای پمپ بنزین شهر بروجرد پرداخته شده‌اند. نتایج حاکی از آن است مکان مناسب برای احداث پمپ بنزین در شهر بروجرد منطقه ای می باشد که کمترین تراکم مسکونی را دارد و این قسمت شهر را شهرک‌های نوین‌سازی تشکیل می‌دهند که فاقد پمپ بنزین هستند و برای سوخت‌گیری باید مسافت زیادی را طی نمایند. اجزاء شکوهی و شاداب مهر (۱۳۹۳)، در تحقیقی به مطالعه تطبیقی موقعیت مکانی پمپ بنزین‌های شهر مشهد پرداخته‌اند. نتایج گویای آن است سطح دسترسی به پمپ بنزین در مناطق برخوردار شهر، کمتر از مناطق نیمه برخوردار یا محروم است و اینکه کمبود پمپ بنزین و عدم پراکندگی مناسب پمپ بنزین‌های موجود (به خصوص در مناطق برخوردار)، مهم‌ترین دلایل مشکلات فعلی پمپ بنزین‌ها در شهر می باشند. خلیل زاده خوشخو و همکاران (۱۳۹۲)، در پژوهشی به تحلیل فضایی و مکان‌یابی جایگاه‌های عرضه سوخت شهری، مبتنی بر رویکرد پدافند غیرعامل را در منطقه ۱۴ شهرداری تهران پرداخته‌اند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که دو جایگاه پمپ بنزین موجود در منطقه دارای مکان مناسب نمی‌باشند. در این پژوهش، پهنه‌های مناسب نیز در قالب یک طرح پیشنهادی برای استقرار جایگاه‌های سوخت رسانی جدید پیشنهاد گردیده است. همچنین پژوهش‌ها و مطالعات علمی متعددی همچون: (شجاعیان و همکاران، ۱۳۹۳؛ مهدوی و میری لواسانی، ۱۳۹۲؛ کریمی‌کیا و همکاران، ۱۳۹۲؛ شریعتمداری و همکاران، ۱۳۹۱؛ شاکری و همکاران، ۱۳۹۱؛ پاکیزه و ثابت جازاری، ۱۳۹۰؛ شجاع عراقی و همکاران، ۱۳۹۰؛ ریحانی و خاکپور، ۱۳۹۰) انجام شده است که باتوجه به زیاد شدن حجم تحقیق از توضیحات تکمیلی آنها صرف نظر شده است.

روش تحقیق

این تحقیق از نظر ماهیت، توصیفی-تحلیلی و از حیث هدف کاربردی است. در ابتدای کار، لایه‌های مورد نیاز برای مکان یابی جایگاه‌های سوخت گازی با استفاده از گردآوری و مطالعه مقالات، کتب و مجلات، اینترنت و کتابخانه‌ها شناسایی گردید. در مرحله بعد، نقشه معیارهای مؤثر در مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت‌رسانی گازی همچون: تراکم جمعیت، معابر و دسترسی، شیب زمین، کاربری‌های سازگار و ناسازگار در نرم‌افزار *ArcGIS* تهیه گردید. پرسشنامه‌ای تدوین گردید و برای تعیین ضریب اهمیت پارامترها و مقایسه دو به دو آن‌ها با یکدیگر در اختیار کارشناسان مربوطه قرار گرفت تا پارامترهای مؤثر در پیدا کردن مکان بهینه احداث جایگاه‌های سوخت گازی در منطقه مورد مطالعه ارزش‌گذاری شود. جهت تعیین وزن معیارها و الویت‌بندی و تعیین روابط بین متغیرها، از روش تحلیل سلسله مراتبی (*AHP*)، استفاده شد. برای ارزیابی و سنجش سازگاری قضاوت‌ها نیز از نرم‌افزار *Expert Choice* استفاده شد. در نهایت با ضرب وزن هر معیار در لایه تهیه شده برای هر معیار و ایجاد همپوشانی بین لایه‌ها، نقشه نهایی مکان‌های مناسب احداث جایگاه‌های سوخت‌رسانی در منطقه ۴ شهرداری تهران تهیه گردید.

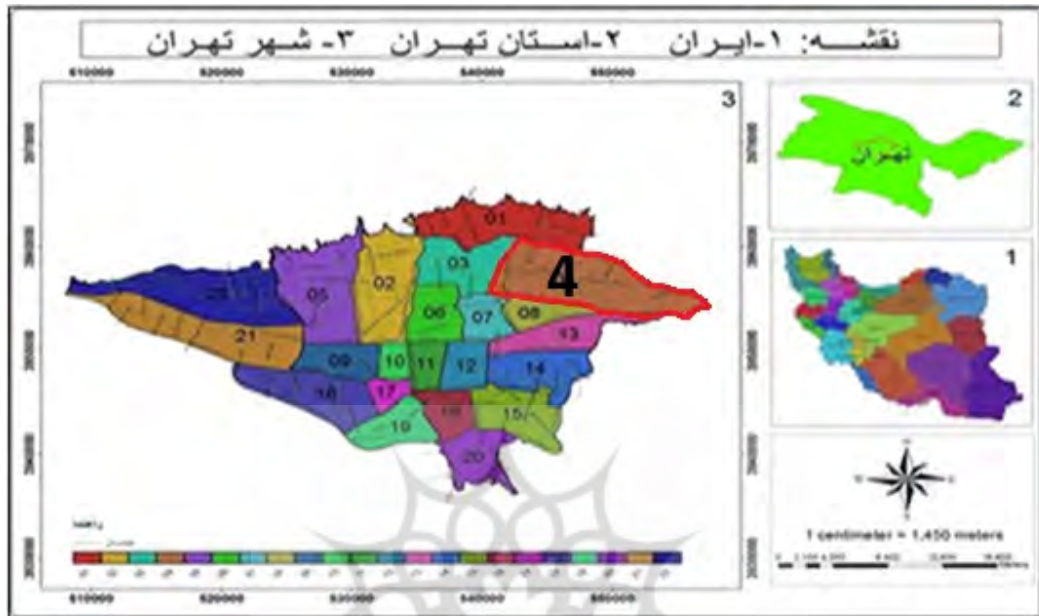


شکل ۱- فلوچارت مراحل انجام تحقیق

منطقه مورد مطالعه

منطقه چهار شهر تهران در فاصله بین ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه و ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و نصف النهارهای ۵۱ درجه و ۲۸ دقیقه و ۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی قرار گرفته و با مساحتی بالغ بر ۶۸۴۳ هکتار نزدیک به ۱۰ درصد سطح شهر تهران را در بر می‌گیرد. همچنین بر اساس طرح ساماندهی تدوین شده برای منطقه ۴ این منطقه به ۹ ناحیه و ۲۴ محله

تقسیم شده است. این منطقه دارای ۸۶۹۹۷ نفر جمعیت و شامل ۲۴۱۲۰۱ خانوار می‌باشد و بعد خانوار در آن ۳/۶۷ نفر می‌باشد. منطقه ۴ شهرداری تهران در شرقی‌ترین محدوده شهر تهران قرار گرفته است که در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل ۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه

تحلیل یافته ها

معیارهای مؤثر در مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت‌رسانی گازی

در این پژوهش بر مبنای دو اصل کلی، متغیرها و شاخص‌های مؤثر، جهت انتخاب مکان مناسب برای استقرار جایگاه‌های سوخت‌رسانی شناسایی شده و مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این متغیرها در ۱۲ معیار دسته‌بندی شده‌اند که مشتمل بر موارد زیر می‌باشند:

جایگاه‌های سوخت‌رسانی گازی موجود در منطقه ۴ شهرداری تهران

اولین گام در تهیه نقشه مکان‌های مناسب احداث جایگاه سوخت‌رسانی، شناسایی و تعیین مکان دقیق جایگاه‌های موجود در منطقه می‌باشد. بدین منظور، با انجام عملیات اسنادی و میدانی، ۷ جایگاه سوخت‌رسانی گازی موجود در منطقه ۴ شهرداری تهران شناسایی و موقعیت هر جایگاه بوسیله *GPS* ثبت و در محیط *ArcGIS* تبدیل به نقشه پراکنش جایگاه سوخت‌رسانی شد، سپس نقشه فاصله از این کاربری‌ها در ۵ کلاس با فواصل (۰-۲۰۰)، (۲۰۰-۴۰۰)، (۴۰۰-۶۰۰)، (۶۰۰-۸۰۰) و (۸۰۰+) بافربندی گردید، که در شکل (۳) نشان داده شده است.

تراکم جمعیت: یکی از عوامل مهم و اثرگذار در مکانیابی جایگاه‌های سوخت گازی، حجم تراکم جمعیت می‌باشد. حجم بالای ترافیک جمعیت باعث افزایش فروش جایگاه و این امر باعث تشویق سرمایه‌گذاران بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در ساخت جایگاه می‌شود. متغیر تراکم جمعیتی در منطقه مورد مطالعه بر مبنای سرشماری آمار جمعیتی سال ۱۳۹۰ در واحد و نواحی براساس روش تیسن تهیه شده است و بیش‌ترین تراکم جمعیتی و کم‌ترین مناطق جمعیتی مشخص گردید. تراکم جمعیتی در منطقه مورد مطالعه در ۴ کلاس، متراکم، تراکم زیاد، تراکم متوسط و تراکم کم تهیه گردید، که در شکل (۳) نشان داده شده است.

معايير و دسترسى: راه‌ها مهم‌ترین عنصر تشکیل دهنده شهر و محل اتصال و ارتباط فضاها و کاربری‌های شهری به یکدیگر به شمار می‌روند. در شهر تمامی کاربری‌ها به تناسب عملکردشان نیازمند شبکه دسترسی هستند. شبکه‌های شهری یک شهر ارتباط تنگاتنگی با نوع کاربری‌ها دارد. زیرا نحوه توزیع فضایی کاربری‌ها است که مسأله دسترسی را بین آن‌ها مطرح می‌سازد. از طرف دیگر برای کاهش مشکلات شبکه‌های ارتباطی، امروزه با استفاده از کاربری‌های تلفیقی و مکان‌یابی بهینه کاربری‌ها و نزدیک کردن محل کار و زندگی و تأمین مایحتاج و تفریح در یک نقطه می‌توان از مسافت‌ها و تعداد سفرهای شهری کاسته و مشکلات شبکه‌های ارتباطی را تا حد زیادی مرتفع نمود. به منظور تهیه این لایه نیز پس از شناسایی و ورود شریان‌های اصلی به محیط *ARC GIS* اقدام به تهیه حریم‌هایی در ۵ کلاس با فواصل (۰-۱۰۰)، (۱۰۰-۲۰۰)، (۲۰۰-۳۰۰)، (۳۰۰-۴۰۰) و (۴۰۰-۶۰۰) در اطراف آن‌ها گردید. امتیازدهی این حریم‌ها بدین صورت بوده که، هرچه فواصل نزدیک‌تر باشند، ضریب افزایش پیدا می‌کند و هرچه دورتر باشند، از ضریب کاسته می‌شود. نقشه بافربندی خیابان‌های اصلی در شکل (۳) نشان داده شده است.

شیب زمین: یکی از عوامل مؤثر در ساخت و ساز شهری، شیب اراضی می‌باشد. شیب با درصد بالا باعث افزایش هزینه‌های شهرسازی است. درجه شیب عبارت است از درجه بین هر قسمت از سطح زمین و سطح مقایسه افقی. به دلیل اینکه شیب‌های بالا جهت احداث امکانات و وسایل جایگاه سوخت‌گیری و احداث معابر برای دسترسی هزینه بر می‌باشند و همچنین به دلیل کاهش مقاومت زمین در شیب‌های بالا این معیار در مکان‌یابی احداث جایگاه‌های سوخت رسانی در نظر گرفته شد (گرچه درصد شیب در سطح منطقه مورد مطالعه تفاوت چندانی ندارد). متغیر شیب از نقشه توپوگرافی و *DEM* منطقه مورد مطالعه با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار *ARC GIS* تهیه و با توجه به شیب کم منطقه (که بدلیل شهری بودن محیط این شیب اندک قابل تصور می‌باشد) در ۴ کلاس (۰-۴)، (۴-۹)، (۹-۱۶) و (>۱۶) طبقه‌بندی گردید (شکل ۴). معمولاً حداکثر شیب زمین مناسب برای شهرسازی ۹ درصد معرفی می‌شود.

فضای سبز و پارک‌ها: یکی از اهداف اصلی برنامه ریزی کاربری اراضی شهری، مکان‌یابی برای کاربری‌های گوناگون در سطح شهر و جداسازی کاربری‌های ناسازگار از یکدیگر است (سعیدنیا، ۱۳۷۸: ۲۴). شاخص‌های سازگار آن گروه از کاربری‌هایی هستند که پمپ گازهای موجود و یا پیشنهادی از نظر همسایگی با آن‌ها نه تنها آسیب نمی‌بینند، بلکه مکمل یکدیگر می‌باشند و یا مستعد احداث و قرارگیری کاربری جایگاه سوخت در این قسمت می‌باشند. از این رو در پژوهش حاضر، معیار همجواری با کاربری‌های سازگار در این بخش جای می‌گیرد و با توجه به نیازها و اهداف این کاربری که

در راستای کمک‌رسانی به شهروندان است، مراکز آتش‌نشانی و فضاهای باز و سبز به‌عنوان معیارهای سازگار معرفی شده‌اند و لذا بهتر است جایگاه‌های سوخت‌رسانی در نزدیکی این اماکن احداث شوند. فضاهای سبز جزو کاربری‌های سازگار و همجواری‌های مناسب با جایگاه‌های سوخت‌رسانی درون شهری می‌باشد زیرا بهترین مکان برای گذراندن اوقات فراغت و همچنین باعث کاهش آلودگی هوا می‌گردد (فرج‌زاده و رستمی، ۱۳۸۳: ۱۳۷). هر قدر پارک‌ها و فضای سبز به جایگاه‌های سوخت‌رسانی درون شهری نزدیک‌تر باشند، وزن بیش‌تری می‌گیرند. لذا در این پژوهش نیز فضای سبز و پارک‌های منطقه ۴ شهرداری تهران با استفاده از نقشه کاربری اراضی تهیه و با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار *ArcGIS* در ۵ کلاس (۰-۵۰)، (۵۰-۱۰۰)، (۱۰۰-۱۵۰)، (۱۵۰-۲۰۰)، (۲۰۰-۲۵۰) و (۲۵۰+) تهیه و تدوین گردید که در شکل (۳) نشان داده شده است.

آتش‌نشانی: نزدیکی مراکز آتش‌نشانی به جایگاه‌های سوخت‌رسانی، از نکات قوت برنامه ریزی مراکز خدمات‌رسانی عمومی به حساب می‌آید. طبق استانداردها بهترین فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی حدوداً ۱ کیلومتر می‌باشد (هادیانی و کاظمی‌زاد، ۱۳۸۹: ۱۰۵). ایستگاه‌های آتش‌نشانی در صورتی می‌توانند خدمات‌رسانی خود را به موقع و مطمئن انجام دهند که در مکان‌های مناسب مستقر باشند و بتوانند در کمترین زمان و بدون مواجه شدن با موانع و محدودیت‌های محیط شهری خود را به محل حادثه برسانند. از این رو تاسیساتی مانند جایگاه‌های سوخت‌رسانی که بیشتر تحت تأثیر خسارت ناشی از آتش‌سوزی یا ایجاد چنین خساراتی هستند، را باید در مکان‌گزینه‌ای با مراکز آتش‌نشانی سازگار دانست. از این رو موقعیت و مکان آتش‌نشانی‌های موجود در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مطالعات میدانی و *GPS* مشخص و با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار *ArcGIS* نقشه بافر یا فاصله از مراکز آتش‌نشانی در ۵ کلاس (۰-۲۰۰)، (۲۰۰-۴۰۰)، (۴۰۰-۶۰۰)، (۶۰۰-۸۰۰) و بیشتر از ۸۰۰ متر تهیه گردید (شکل ۳).

مراکز آموزشی: کاربری‌های ناسازگار به کاربری‌هایی اطلاق می‌شود که همجواری آن‌ها با یکدیگر به آن‌ها لطمه می‌زند و تأثیر نامطلوبی در سلامت روحی و روانی شهروندان دارد. کاربری‌های ناسازگار جایگاه سوخت، شامل مراکز درمانی، مراکز آموزشی، مراکز فرهنگی-مذهبی، مراکز اداری، مراکز تاریخی و مسیله‌ها می‌باشند، که نباید در همجواری با جایگاه‌های سوخت‌رسانی گازی قرار گیرند. مراکز آموزشی شامل کودکستان، دبستان، مدارس راهنمایی، دبیرستان، هنرستان، مرکز آموزش حرفه‌ای و مرکز آموزش عالی می‌باشد. نتایج تحقیقات در زمینه محل استقرار فضاهای آموزشی صورت گرفته بر عدم ارتباط و دوری این فضاها با جایگاه‌های سوخت‌رسانی تأکید دارند، همجواری جایگاه‌های سوخت‌رسانی با مراکز آموزشی می‌تواند از نظر سالم‌سازی هوا، بروز آلودگی‌ها و انتقال آن‌ها به واحد آموزشی ایجاد چشم‌اندازی نامناسب باشد. بنابراین احداث ایستگاه‌های توزیع سوخت‌گازی در نزدیکی مراکز آموزشی غیرقابل قبول تلقی می‌شود و با افزایش فاصله، میزان مطلوبیت جهت احداث ایستگاه افزایش می‌یابد. در این تحقیق پس از شناسایی و تعیین موقعیت هر یک از مراکز آموزشی که با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی و همچنین با انجام عملیات میدانی صورت گرفت، اقدام به تهیه لایه مراکز آموزشی منطقه ۴ شهرداری تهران گردید. بافرندی مراکز آموزشی موجود در منطقه ۴ شهرداری تهران در ۵ کلاس با فواصل (۰-۲۰۰)، (۲۰۰-۴۰۰)، (۴۰۰-۶۰۰)، (۶۰۰-۸۰۰) و (۸۰۰+) با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار *ArcGIS*

تهیه گردید که در شکل (۳) نشان داده شده است.

مراکز درمانی: مراکز درمانی بدون شک از اساسی‌ترین نیازهای یک شهر است. این کاربری‌ها به دلیل ماهیت فعالیتشان نیازمند عدم فرارگیری در مجاورت جایگاه‌های سوخت‌رسانی می‌باشند. کاربری درمانی نیازمند فضای آرام و به دور از هرگونه آلودگی صوتی و هوایی است. با توجه به مراجعه زیاد به جایگاه‌های سوخت‌رسانی و همچنین آلودگی ایجاد شده توسط این مراکز، هر چه مراکز درمانی در فاصله بیشتری نسبت به جایگاه‌های سوخت‌رسانی قرار بگیرند، ارزش بیشتری خواهند داشت. در نتیجه به لایه حریم ایجاد شده در اطراف بیمارستان‌ها و مراکز درمانی، وزنی معادل دیگر مراکز ناسازگار اختصاص داده شد. لایه حریم فاصله از مراکز درمانی با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار *ArcGIS* در ۵ کلاس با فواصل (۰-۲۰۰)، (۲۰۰-۴۰۰)، (۴۰۰-۶۰۰)، (۶۰۰-۸۰۰) و (>۸۰۰) متر تقسیم و به منظور بیان ارتباط بین مکان‌گزینی جایگاه‌های سوخت‌گازی و حریم فاصله از مراکز درمانی و بهداشتی به کار گرفته شد (شکل ۳).

مراکز فرهنگی-مذهبی: کاربری فرهنگی-مذهبی و پمپ بنزین به دلیل ناسازگاری که با یکدیگر دارند در برخی از نقاط که نزدیک یکدیگر قرار گرفته‌اند مشکلی را ایجاد کرده‌اند. با توجه به اینکه تردد زیاد به جایگاه‌های سوخت‌رسانی ایجاد ترافیک و همچنین ایجاد آلودگی صوتی و محیطی می‌نماید، پس این مراکز با یکدیگر سازگاری ندارند. از این رو نقشه فاصله از مراکز فرهنگی-مذهبی با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار *ArcGIS* در ۵ کلاس با فواصل (۰-۲۰۰)، (۲۰۰-۴۰۰)، (۴۰۰-۶۰۰)، (۶۰۰-۸۰۰) و (>۸۰۰) متر تقسیم گردید، که در شکل (۳) نشان داده شده است.

مراکز اداری: یکی از عواملی که باعث افزایش سفر در مرکز شهر می‌شود، سفر به ادارات و ارگان‌های دولتی با هدف کار یا مراجعه به آن می‌باشد. تمامی سفرها به این مراکز در ساعات اداری صورت می‌گیرد. لذا این مراکز یکی از معیارهای مهم در تعیین جایگاه مراکز سوخت‌رسانی به حساب می‌آیند. نقشه مراکز اداری با استفاده از نقشه کاربری اراضی و بازدید میدانی از منطقه ۴ شهرداری تهران تهیه و با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار *ArcGIS* در ۵ کلاس (۰-۲۰۰)، (۲۰۰-۴۰۰)، (۴۰۰-۶۰۰)، (۶۰۰-۸۰۰) و (>۸۰۰) تهیه و تدوین گردید که در شکل (۳) نشان داده شده است. **مراکز تاریخی:** به منظور حفاظت و حراست از آثار و ابنیه تاریخی و گردشگری، قوانینی تعریف و تصویب شده است، که در ارتباط با موضوع این پژوهش نیز باید مورد بررسی دقیق قرار می‌گرفت. به بیان دیگر یکی از معیارهایی که بایستی در مکان‌یابی مراکز خدمات‌دهی عمومی به آن توجه داشت، فرارگیری در فاصله مناسب از آثار و ابنیه تاریخی است. نقشه مراکز تاریخی نیز با استفاده از نقشه کاربری اراضی و بازدید میدانی از منطقه ۴ شهرداری تهران تهیه و با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار *ArcGIS* در ۵ کلاس (۰-۲۰۰)، (۲۰۰-۴۰۰)، (۴۰۰-۶۰۰)، (۶۰۰-۸۰۰) و (>۸۰۰) تهیه و تدوین گردید که در شکل (۳) نشان داده شده است. **مسیل و آبراهه‌ها:** محل استقرار جایگاه‌های سوخت‌رسانی در هر منطقه، بایستی به گونه‌ای باشد که مسیل‌ها، رودخانه‌ها و آب‌های سطحی و کانال‌های فاضلاب در هنگام بارندگی شدید و طغیان آب و یا نشت به محیط اطراف در زمان معمول، نتواند به آن آسیبی وارد نماید. کانال‌ها و مسیل‌های شهری دارای مسائل و مشکلات عمده‌ای می‌باشند که یکی از این مشکلات، محدود شدن آب‌ها به کانال اصلی آن و کاهش مقاومت خاک پی در محدوده

و اطراف این کانال‌ها می‌باشد، آنچه به این مسائل اهمیت می‌بخشد افزایش خطرات سیلاب با کاهش محدوده عبور رواناب است، این عامل به‌طور اساسی فاکتوری مهم در تعیین ناپایداری زمین می‌باشد (مقیمی و همکاران، ۱۳۸۷). جهت بررسی ارتباط جایگاه بهینه سوخت‌رسانی با عامل مسیل و آبراهه‌ها، نقشه فاصله از مسیل‌های اصلی با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه و قابلیت‌های نرم‌افزار ArcGIS استخراج و طبقه‌بندی گردید. نقشه فاصله از مسیل منطقه مورد مطالعه که در ۵ کلاس (۰-۱۰۰)، (۱۰۰-۲۰۰)، (۲۰۰-۳۰۰)، (۳۰۰-۴۰۰) و (۴۰۰ >) تهیه گردیده، در شکل (۳) ارائه شده است.

در پروژه‌های پهنه‌بندی و مکانیابی جایگاه‌های بهینه برای کاربری‌های درون شهری، استخراج لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز و وزن دهی هر لایه و زیر لایه اولین مرحله از مراحل عملی تحقیق می‌باشد. ساده‌ترین نوع وزن دار کردن معیارها وقتی است که نقشه‌های ورودی دوتایی باشند و هر نقشه یک عامل وزنی منفرد داشته باشد. با این حال وقتی نقشه‌های چند کلاسه استفاده می‌شوند، هر کلاس از نقشه یک امتیاز متفاوت به خود می‌گیرد، که این باعث می‌شود سیستم وزن دار کردن قابل انعطاف تر باشد. در این تحقیق اکثر لایه‌های معیارهای مورد نیاز برای مکانیابی جایگاه‌های سوخت‌رسانی گازی، با ایجاد بافر ارزش دهی شده‌اند. لایه‌های مختلف در سطح محدوده مورد مطالعه ترسیم شده و با استفاده از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی به صورت لایه‌های رستری (که قابلیت انجام عمل اولویت‌بندی یا *Reclassify* را دارا می‌باشند) ذخیره گشتند. به منظور یکسان‌سازی و مقایسه کاربری‌ها و میزان تأثیر آن‌ها، لایه‌ها براساس بافر ایجاد شده در نرم‌افزار ArcGIS به ۲ تا ۵ طبقه اولویت‌بندی و استاندارد شدند، به گونه‌ای که بیشترین امتیاز ۱۰ و کمترین ۲ می‌باشد. در جدول شماره (۱)، تعداد طبقات (کلاس) و ارزش هر طبقه برای هر یک لایه‌های موجود در منطقه نشان داده شده است.

جدول ۱- کلاس بندی و ارزش دهی به هریک لایه های موجود در منطقه

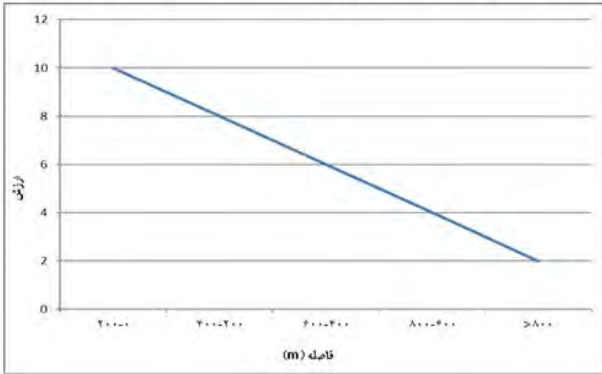
فاصله از پمپ گازها (متر)	درجه (ارزش)	فاصله از معابر (متر)	درجه (ارزش)
۲۰۰-۰	۲	۱۰۰-۰	۱۰
۴۰۰-۲۰۰	۴	۲۰۰-۱۰۰	۸
۶۰۰-۴۰۰	۶	۳۰۰-۲۰۰	۶
۸۰۰-۶۰۰	۸	۴۰۰-۳۰۰	۴
>۸۰۰	۱۰	>۴۰۰	۲
تراکم در هکتار (نفر)	درجه (ارزش)	شیب (درجه)	درجه (ارزش)
تراکم کم	۴	۴-۰	۱۰
تراکم متوسط	۶	۹-۴	۸
تراکم زیاد	۸	۱۶-۹	۶
متراکم	۱۰	>۱۶	۴

فاصله از آتش نشانی (متر)	درجه (ارزش)	فاصله از پارکها (متر)	درجه (ارزش)
۲۰۰-۰	۱۰	۵۰-۰	۱۰
۴۰۰-۲۰۰	۸	۱۰۰-۵۰	۸
۶۰۰-۴۰۰	۶	۱۵۰-۱۰۰	۶
۸۰۰-۶۰۰	۴	۲۰۰-۱۵۰	۴
>۸۰۰	۲	>۲۰۰	۲
فاصله از رودخانه (متر)	درجه (ارزش)	فاصله از ادارات (متر)	درجه (ارزش)
۱۰۰-۰	۲	۲۰۰-۰	۲
۲۰۰-۱۰۰	۴	۴۰۰-۲۰۰	۴
۳۰۰-۲۰۰	۶	۶۰۰-۴۰۰	۶
۴۰۰-۳۰۰	۸	۸۰۰-۶۰۰	۸
>۴۰۰	۱۰	>۸۰۰	۱۰
فاصله از مراکز فرهنگی-مذهبی (متر)	درجه (ارزش)	فاصله از مراکز آموزشی (متر)	درجه (ارزش)
۲۰۰-۰	۲	۲۰۰-۰	۲
۴۰۰-۲۰۰	۴	۴۰۰-۲۰۰	۴
۶۰۰-۴۰۰	۶	۶۰۰-۴۰۰	۶
۸۰۰-۶۰۰	۸	۸۰۰-۶۰۰	۸
>۸۰۰	۱۰	>۸۰۰	۱۰
فاصله از مراکز درمانی (متر)	درجه (ارزش)	فاصله از تاریخی (متر)	درجه (ارزش)
۲۰۰-۰	۲	۲۰۰-۰	۲
۴۰۰-۲۰۰	۴	۴۰۰-۲۰۰	۴
۶۰۰-۴۰۰	۶	۶۰۰-۴۰۰	۶
۸۰۰-۶۰۰	۸	۸۰۰-۶۰۰	۸
>۸۰۰	۱۰	>۸۰۰	۱۰

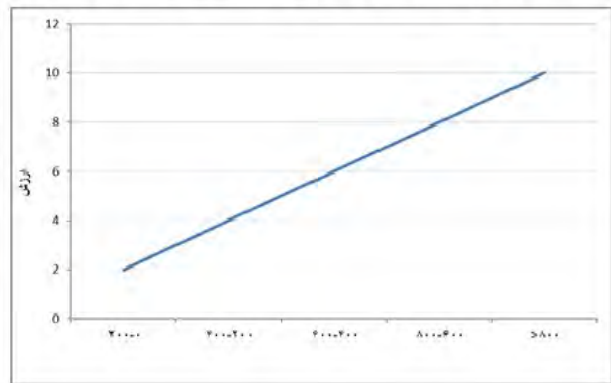
منبع: (نگارندگان و مطالعات کتابخانه‌ای)

همانگونه که نمودار ارزش دهی کاربری‌های سازگار (نمودار ۱) نشان می‌دهد، هر چه این کاربری‌ها به جایگاه‌های سوخت‌رسانی نزدیک تر باشند ارزش بیشتری می‌گیرند و برعکس نمودار (۲) نشان می‌دهد که کاربری‌های ناسازگار هر چه از جایگاه‌های سوخت‌رسانی گازی دورتر باشند ارزش بیشتری می‌گیرند.

نمودار ۱- روش ارزش گذاری معیارهای سازگار با مکانیابی جایگاه های سوخت گازی



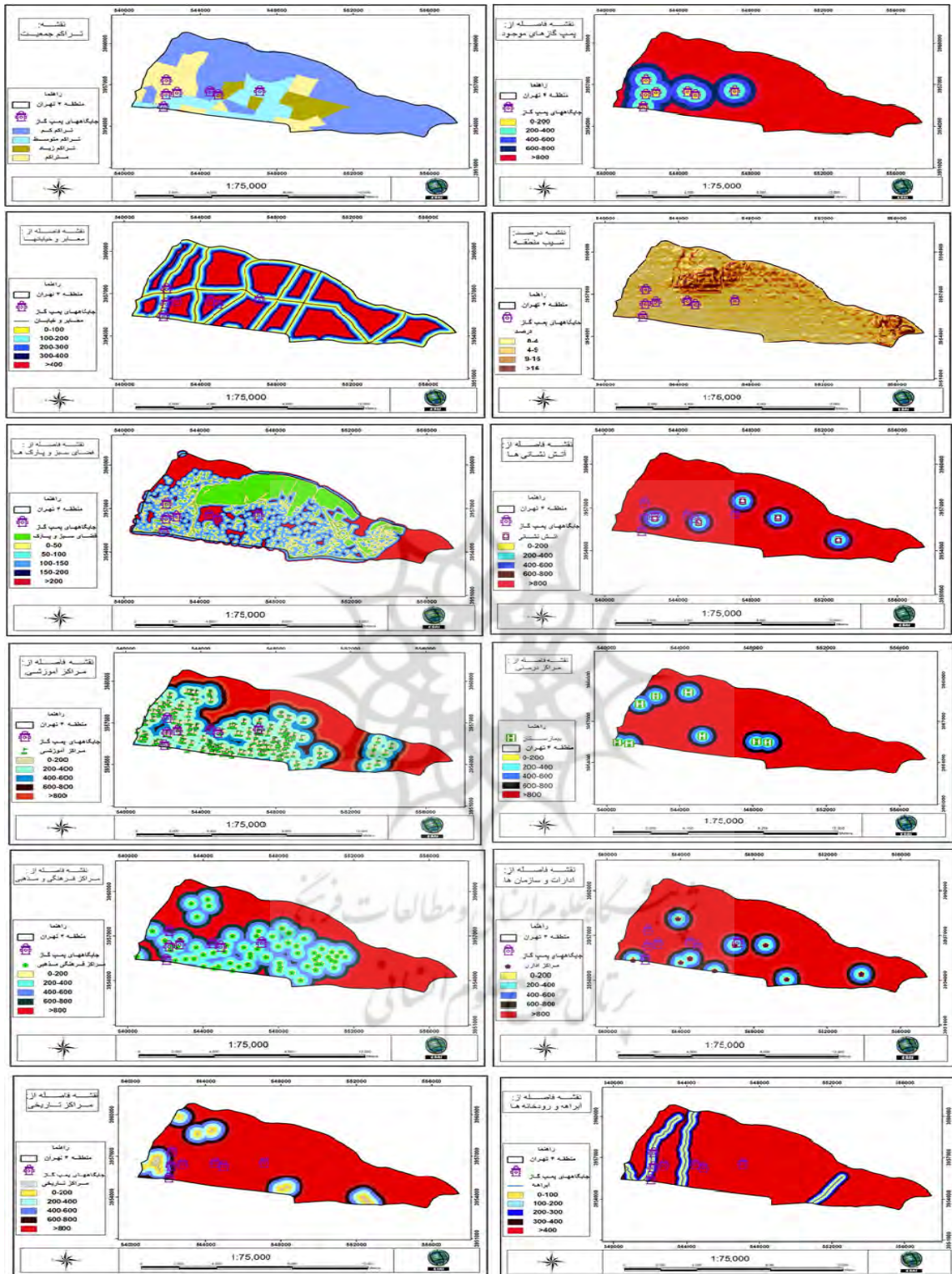
نمودار ۲- روش ارزش گذاری معیارهای ناسازگار با مکانیابی جایگاه های سوخت گازی



منبع: (نگارندگان، ۱۳۹۶)

شکل ۳- نقشه ی کلاس بندی و ارزش هر طبقه از معیارهای مؤثر در مکان یابی جایگاه های سوخت رسانی گازی





منبع، نگارندگان، ۱۳۹۶

وزن دهی معیارها با استفاده از AHP

پس از شناسایی و تعیین معیارها و زیرمعیارها و تهیه نقشه اولیه معیارها، در این مرحله معیارها بر حسب میزان اهمیت و ارزشی که برای مکانیابی جایگاه های سوخت گازی دارند، ارزشیابی می گردند. در این تحقیق، جهت وزن دهی معیارها و پارامترهای مربوطه، از مدل سلسله مراتبی (AHP) به دو روش استفاده از دانش کارشناسان و استفاده از مدل های ریاضی استفاده گردیده است. در روش اول از نظریات و تجربیات ۳۰ کارشناس و استاد مجرب جهت مقایسه زوجی استفاده و در روش دوم از طریق نرم افزار *Expert choice* وزن آنها حاصل گردید. در روش دانش کارشناسان که از روش های رایج جهت وزن دهی معیارها در فرایندهای مکانیابی می باشد، به هریک از فاکتورها، با توجه به اهمیت و ارزش آنها نسبت به سایر فاکتورها، و با توجه به جدول مقایسات زوجی، از بین بازه اعداد ۱ الی ۹، یک وزن مشخص و معینی داده می شود. این وزن به صورت عددی و در بازه مشخصی تعیین می گردد. که نتیجه مقایسه زوجی بین ۱۲ معیار این پژوهش در جدول (۸) نشان داده شده است. (ستونی نسبت به سطری) بوده است.

نتایج حاصل از ماتریس کلاس بندی و ضریب وزن هر یک از متغیرهای ۱۲ گانه مؤثر در مکانیابی جایگاه های سوخت رسانی گازی در منطقه ۴ شهرداری تهران در جدول (۸) ارائه شده است.

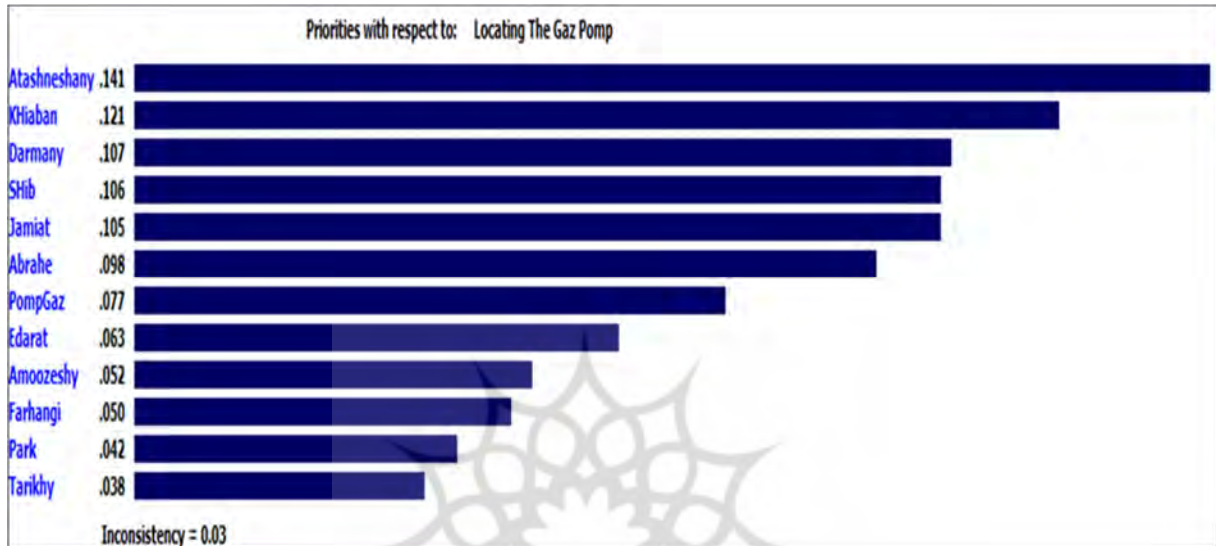
بعد از مقایسات زوجی بین معیارها و تهیه جدول ماتریس زوجی، با استفاده از قابلیت های نرم افزار *Expert Choice* وزن نهایی هر معیار و همچنین ضریب ناسازگاری که نشان دهنده درستی مقایسات است، برای هر عامل محاسبه گردید.

جدول ۸- ورود قضاوت کارشناسی به نرم افزار *Expert Choice*

Compare the relative preference with respect to: Locating The Gaz Pump													
	Abrahe	Edarat	Amoozeshy	Atashneshi Park	PompGaz	Tarikhly	Jamiet	KHiraban	SHib	Farhangi	Darmany		
Abrahe		2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	
Edarat			2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0	
Amoozeshy				3.0	2.0	2.0	1.0	2.0	3.0	2.0	1.0	1.0	
Atashneshany					3.0	2.0	4.0	1.0	1.0	2.0	3.0	2.0	
Park						2.0	1.0	2.0	3.0	2.0	1.0	2.0	
PompGaz							2.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
Tarikhly								2.0	3.0	3.0	2.0	3.0	
Jamiet									1.0	1.0	2.0	1.0	
KHiraban										1.0	3.0	1.0	
SHib												2.0	
Farhangi													2.0
Darmany													
	Incon: 0.03												

همانطور که در جدول (۸) ملاحظه می شود، پس از انجام قضاوت گروهی و کارشناسانه از روش دلفی، ماتریس زوجی

بین ۱۲ معیار موثر در مکانیابی جایگاه های سوخت گازی با استفاده از نرم افزار *Expert Choice* تهیه گردید. نتایج به دست آمده از تحلیل پرسش نامه ها و تهیه جدول زوجی منجر به تعیین اولویت معیارها در مکانیابی جایگاه های سوخت گازی گردید. اعداد به رنگ سیاه در جدول فوق نشان دهنده ارجحیت هر معیار سطری نسبت به معیار ستونی بوده و اعداد به رنگ قرمز نیز نشان دهنده ارجحیت برعکس (ستونی نسبت به سطری) بوده است.



نمودار ۳- مقادیر وزن نسبی معیارهای موثر در مکانیابی پمپ گاز نسبت به یکدیگر براساس مدل *AHP* (منبع: محاسبات

نگارندگان)

جدول ۹- وزن نهایی معیارها بر اساس مدل *AHP*

معیار	آتش نشانی	معیار و خیابان	مراکز درمانی و بهداشتی	تیمبر	تراکم جمعیت	رودخانه و آبراهه اصلی	جایگاه های سوخت گازی موجود	مراکز اداری و سازمان ها	مراکز آموزشی و تحصیلی	مراکز فرهنگی - مذهبی	فضای سبز و پارک ها	مراکز تاریخی	جمع
وزن	۰/۱۴۱	۰/۱۲۱	۰/۱۰۷	۰/۱۰۶	۰/۱۰۵	۰/۰۹۸	۰/۰۷۷	۰/۰۶۳	۰/۰۵۲	۰/۰۵۰	۰/۰۴۲	۰/۰۳۸	۱

منبع: محاسبات نگارندگان

با استفاده از قابلیت های نرم افزار *Expert Choice* وزن نهایی و همچنین ضریب ناسازگاری که بیانگر درستی مقایسات است، طبق نمودار (۳) و جدول (۹) بدست آمد. در مقایسات زوجی بیشترین وزن به لایه ای تعلق می گیرد که حداکثر تأثیر را در تعیین هدف دارد. به عبارت دیگر، معیار وزندهی به واحدهای اطلاعاتی نیز براساس بیشترین نقشی است که

عوامل در داخل لایه ایفا می‌کنند. نتایج نشان می‌دهند که متخصصین، کاربری ایمنی (آتش‌نشانی) را با نمره ۰/۱۴۱ موثرترین معیار در مکانیابی جایگاه سوخت‌گازی در منطقه ۴ شهرداری تهران انتخاب کرده‌اند، همچنین کاربری معابر و خیابان‌ها = ۰/۱۲۱، مراکز درمانی و بهداشتی = ۰/۱۰۷، وضعیت توپوگرافی منطقه (درجه شیب) = ۰/۱۰۶، تراکم جمعیتی = ۰/۱۰۵، فاصله از رودخانه و آبراهه‌های اصلی = ۰/۰۹۸، جایگاه‌های سوخت‌گازی موجود در منطقه = ۰/۰۷۷، فاصله از مراکز اداری و سازمان‌ها = ۰/۰۶۳، مراکز آموزشی و تحصیلی = ۰/۰۵۲، مراکز فرهنگی-مذهبی = ۰/۰۵۰، فضای سبز و پارک‌ها = ۰/۰۴۲ و مراکز تاریخی = ۰/۰۳۸ برای هر عامل محاسبه گردید. همانطور که نتایج نشان می‌دهد در میان معیارها، معیار ایمنی (آتش‌نشانی) دارای بیشترین ارزش و اهمیت می‌باشد و از نظر کارشناسان معیار فاصله از مراکز تاریخی دارای کمترین ارزش بوده است.

تهیه نقشه مکانیابی جایگاه‌های سوخت‌رسانی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی

سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS) توانایی زیادی برای تولید نقشه‌های مکانیابی و نمایش بصری آن‌ها در اختیار کاربران قرار می‌دهند. با برقراری ارتباط مناسب بین تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و سامانه اطلاعات جغرافیایی، امکان تهیه نقشه نهایی صحیح با صرف هزینه و زمان اندک میسر خواهد شد. چنین سیستمی توانایی چشمگیری برای مدیریت جایگزینی خدمات عمومی شهری از جمله جایگاه‌های سوخت‌رسانی در اختیار مدیران و کارشناسان مربوطه قرار می‌دهد. روش معمول در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی جایگاه‌های سوخت‌رسانی پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، محاسبه و ترسیم گستره‌های مناسب احداث این جایگاه‌ها با استفاده از نتایج مدل است. در این پژوهش نیز، با توجه به وزن‌های بدست آمده برای هر یک از عوامل (۱۲ معیار) با استفاده از مدل AHP، و در نهایت برای تهیه نقشه نهایی مکانیابی جایگاه‌های سوخت‌رسانی گازی در منطقه ۴ شهرداری تهران، وزن هر معیار در نقشه رستری کلاس بندی شده آن معیار طبق رابطه (۱) ضرب گردید:

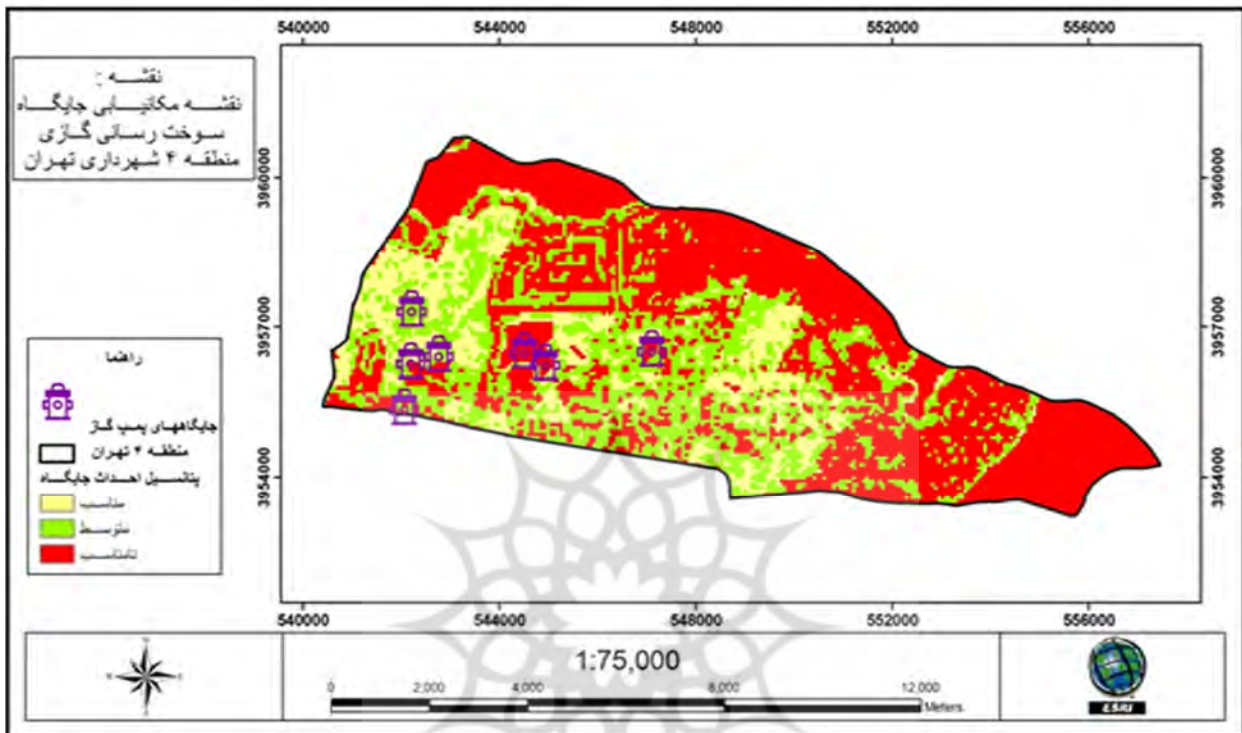
(رابطه ۱)

$$M = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6x_6 + a_7x_7 + a_8x_8 + a_9x_9 + a_{10}x_{10} + a_{11}x_{11} + a_{12}x_{12}$$

که در آن M : عامل حساسیت و x_1 تا x_{12} به ترتیب فاکتورهای فاصله از آتش‌نشانی، معابر و خیابان‌ها، تراکم جمعیتی، فاصله از جایگاه‌های سوخت‌گازی موجود در منطقه، فاصله از آبراهه‌ها و رودخانه‌های موجود، درجه شیب، فاصله از مراکز درمانی و بهداشتی، فاصله از مراکز فرهنگی-مذهبی، فاصله از مراکز اداری و سازمان‌ها، فاصله از فضای سبز و پارک‌ها، فاصله از مراکز آموزشی و تحصیلی و فاصله از مراکز تاریخی و a_1 تا a_{12} وزن بدست آمده هر یک از عوامل با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی می‌باشد.

در نهایت با اعمال وزن‌های لایه‌ها و معیارهای آن‌ها در نقشه‌های هر عامل در سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه پهنه‌بندی جایگاه‌های سوخت‌رسانی در منطقه ۴ شهرداری تهران به دست آمد.

شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی نهایی مکانیابی جایگاه‌های سوخت‌رسانی براساس مدل *AHP* و *ArcGIS*



منبع، نگارندگان، ۱۳۹۶

شکل شماره ۴ وضعیت محدوده مطالعاتی را از جنبه مکان‌های بهینه احداث جایگاه‌های سوخت‌رسانی گازی نشان می‌دهد. همانطور که در نقشه فوق مشاهده می‌گردد، نقشه خروجی به سه کلاس با پتانسیل مناسب، متوسط و ضعیف برای احداث جایگاه سوخت تقسیم گردیده است. نتایج حاصل از نقشه نهایی حاکی از آن است که از کل منطقه مورد مطالعه ۴۹/۳۰ درصد، دارای پتانسیل مناسب، ۳۳/۷۰ درصد دارای پتانسیل متوسط و ۱۷/۰۰ درصد از کل منطقه از پتانسیل نامناسبی برخوردار است. براساس نقشه نهایی مشخص گردید که تنها ۱۴ درصد از جایگاه‌های موجود در محدوده مناسب احداث جایگاه‌های سوخت‌رسانی قرار دارند و بقیه در محدوده‌های متوسط و نامناسب قرار دارند. براساس نتایج حاصل از تحلیل ناحیه‌ای و همپوشانی هریک از لایه‌ها با لایه نهایی مکانیابی جایگاه‌های سوخت‌گازی، نواحی شمالی و شرقی منطقه ۴ بیشترین پتانسیل را جهت احداث جایگاه‌های سوخت‌گازی جدید را دارند.

نتیجه‌گیری و بحث

مکان‌گزینی مراکز خدمات‌دهی عمومی فرایندی است که نیاز به دید سیستمی دارد، چرا که نمی‌توان آن را به صورت پدیده‌ای مجرد و مجزا از سایر پدیده‌ها دید. جهت افزایش کارایی این مراکز، توجه به ساماندهی و توزیع مناسب این فضاها ضروری به نظر می‌رسد. از آنجا که عوامل مختلفی در مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت‌رسانی دخالت دارند، این امر بررسی و تحلیل تمام ابعاد آن‌ها را با روش‌های سنتی غیرممکن می‌سازد. برای مکان‌یابی و ساماندهی وضعیت جایگاه‌های سوخت‌رسانی می‌توان از روش‌های سنتی همچون بازدید میدانی و یا روش دستی بررسی نقشه‌های کاغذی استفاده کرد، که این روش‌ها هم مقرون به صرفه نمی‌باشند و هم از دقت کافی برخوردار نمی‌باشند. بدیهی است که بکارگیری *ArcGIS* در این زمینه می‌تواند راهگشای بسیاری از مسائل مربوط به مکان‌یابی باشد. از طرف دیگر بی‌توجهی به این عوامل در مکان‌یابی موجب هدر رفتن سهم قابل توجهی از منابع مادی و انسانی شده و این امر در بلندمدت خسارات زیادی به مردم، مدیریت شهری و شهروندان وارد خواهد کرد. از آنجا که بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری به خصوص در حوزه تصمیم‌گیری‌های مکانی با عدم قطعیت و عدم وجود داده‌های دقیق همراه هستند، بنابراین استفاده از روش‌های قطعی از قبیل *AHP* و سایر روش‌هایی که در چند سال اخیر در حوزه مکان‌یابی کاربری‌های شهری استفاده می‌شود و مبنای آن‌ها مقایسات زوجی بر اساس اعداد قطعی هستند، می‌توانند بسیاری از مشکلات را حل کنند.

از آنجا که یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در احداث جایگاه سوخت، موقعیت مکانی است، مکان‌یابی بهینه، کارایی جایگاه سوخت را به حداکثر می‌رساند و خدمات بهتری را برای استفاده‌کنندگان ارائه می‌نماید.

لذا هدف از پژوهش حاضر تعیین مکان‌های مناسب جهت احداث جایگاه‌های سوخت *CNG* در منطقه ۴ شهر تهران بوده است، که با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (*AHP*) و نرم افزارهای *GIS* و *Export choice* صورت گرفته است.

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که جایگاه‌های سوخت‌رسانی گازی موجود در منطقه ۴ شهرداری تهران پاسخگوی جمعیت موجود در منطقه نیست که دلیل عمده آن، کمبود زمین جهت ساخت جایگاه‌های عرضه سوخت می‌باشد. لذا با توجه به کمبود جایگاه‌های سوخت *CNG* در منطقه مورد مطالعه، احداث چندین جایگاه جدید به عنوان یک ضرورت مطرح می‌گردد. نتایج همچنین حاکی از آن است که محدوده شمالی و شرقی منطقه ۴ شهرداری تهران با کمبود جایگاه سوخت مواجه اند و مطابق شکل (۴) بیشترین پتانسیل را جهت احداث جایگاه‌های سوخت گازی جدید را دارا می‌باشند.

نتایج مهم دیگری در این پژوهش حاصل شده است که به پاره‌ای از آن‌ها اشاره می‌شود:

تلفیق نقشه مکان‌یابی نهایی با جایگاه‌های سوخت‌رسانی موجود در منطقه، عدم مکان‌یابی صحیح بیشتر این مراکز را به وضوح نشان می‌دهد. که با نتایج تحقیق بانانا و هاجسون (۲۰۰۸) همخوانی دارد. نتایج وزن دهی عوامل

مؤثر در مکانیابی جایگاه‌های سوخت‌رسانی براساس روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) نشان می‌دهد که، عامل ایمنی (آتش‌نشانی) با نمره ۰/۱۴۱، دسترسی و معابر با نمره ۰/۱۲۱ و فاصله از مراکز درمانی و بیمارستان‌ها با نمره ۰/۱۰۷ مهم‌ترین عوامل مؤثر در انتخاب مکان مناسب جهت احداث جایگاه‌های سوخت‌رسانی گازی منطقه ۴ شهرداری تهران در آینده می‌باشند. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیقات، شاکری و همکاران (۱۳۹۱)، که معیار ایمنی (آتش‌نشانی) و معابر (دسترسی) را موثرترین عوامل در مکانیابی جایگاه‌های سوخت‌رسانی بیان کردند. حاجی حسنلو و کبیری (۱۳۰۹)، که در مکانیابی بهینه ایستگاه‌های سوخت‌رسانی در شبکه‌های درون‌شهری، فاکتورهای ایمنی با ارزش (۰/۳۴۴)، دسترسی (۰/۲۶۳) را موثرترین معیارها برای مکانیابی جایگاه‌های سوخت انتخاب کردند و زیاری و حسین مردی (۱۳۸۸)، که در تعیین مکان بهینه جهت احداث جایگاه‌های سوخت‌رسانی گازی، معیار نزدیکی به مراکز آتش‌نشانی و دسترسی را از مهم‌ترین معیارها بیان کردند، مطابقت دارد. اما با نتایج تحقیق، مافی و همکاران که در مشهد مقدس در سال (۱۳۹۲) انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که معیار دسترسی و معیارهای سازگاری بیشترین ارزش را در ایجاد مکان بهینه جایگاه‌های سوخت‌رسانی دارند، ناهمسو می‌باشد.

پیشنهادات

- ۱- این پژوهش براساس ماهیت خود، سعی در برنامه ریزی مکانیابی جایگاه‌های سوخت‌رسانی گازی منطقه ۴ شهرداری تهران داشته است و در این راستا پیشنهادهای زیر می‌تواند مفید واقع گردد:
 - ۱- جهت بهبود وضعیت جایگاه‌های سوخت‌رسانی موجود در منطقه ۴ شهرداری تهران و توسعه متوازن آن‌ها در تمام منطقه، لزوم بازنگری ضوابط مکانیابی جایگاه‌های سوخت‌احساس می‌شود.
 - ۲- در حوزه‌های برنامه‌ریزی شهری به دلیل اهمیت بالای خدمات عمومی بخصوص جایگاه‌های سوخت‌رسانی بایستی با موضوع جایگزینی مناسب جدی‌تر برخورد شود.
 - ۳- سازمان‌های ذیربط با دادن امتیازات تشویقی نسبت به ترغیب بخش خصوصی جهت سرمایه‌گذاری بیش‌تر در زمینه توسعه جایگاه‌های سوخت (در مناطقی که با کمبود جایگاه مواجه است) اقدام نمایند.
 - ۴- برای افزایش راندمان ایستگاه‌ها ضمن افزایش سرعت انجام عملیات سوخت‌گیری، استفاده از تجهیزات مدرن و همچنین افراد کارآموده جهت انجام سوخت‌گیری توصیه می‌گردد.

- اجزاء شكوهى، محمد؛ شاداب مهر، هومن (۱۳۹۳)، مطالعه تطبیقى موقعیت مکانی پمپ بنزین‌های شهر مشهد، فصل نامه آمایش محیط، شماره ۲۸، صص ۸۲-۶۸.
- اسد امراجی، مرتضی؛ حسن پور، شهاب (۱۳۹۵). مدل مکانیابی جایگاه‌های سوخت در معابر شهری، فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک، شماره ۴۱، صص ۷۵-۹۰.
- پاکیزه، مجید؛ ثابت جازاری، صدیقه (۱۳۹۰)، مقایسه فنی اقتصادی روش‌های *LNG, GTL, CNG* و *NGH* به عنوان راه‌های جدید انتقال گاز طبیعی، نخستین همایش ملی مدیریت انرژی در صنایع نفت و گاز، تهران، هم‌اندیشان انرژی کیمیا. صص ۱۵۳-۱۵۵.
- خلیل‌زاده خوشخو. همکاران (۱۳۹۲)، تحلیل فضایی و مکان‌یابی جایگاه‌های عرضه سوخت شهری، مبتنی بر رویکرد پدافند غیرعامل را در منطقه ۱۴ شهرداری تهران. فصلنامه پدافند غیرعامل، سال چهارم، شماره ۴ (پیاپی ۱۶).
- ریحانی، محمدحسین؛ خاکپور، براتعلی (۱۳۹۰)، نقش پدافند غیرعامل در مکان‌یابی مراکز سوخت و پمپ‌های بنزین شهر مشهد. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده ادبیات و علوم انسانی. دانشگاه فردوسی. ۱۶.
- سعید نیا، احمد (۱۳۷۸)، کتاب سبز شهرداری‌ها، انتشارات سازمان شهرداری‌های کشور، صص ۲۴.
- شاکری، مریم؛ صادقی نیارکی، ابوالقاسم؛ اله بخشی، هدا (۱۳۹۱)، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری *AHP* و *VIKOR* در سیستم اطلاعات مکانی برای مکان‌یابی جایگاه سوخت، دوازدهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران،
- شجاع عراقی، مهناز؛ تولایی، سیمین؛ ضیائیان، پرویز (۱۳۹۰)، مکان‌یابی بهینه پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی منطقه ۶ شهرداری تهران) مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای سال سوم، شماره دهم، پاییز ۱۳۹۰.
- شجاعیان و همکاران (۱۳۹۳)، ساماندهی مکان‌گزینی مراکز آموزشی شهری با استفاده از منطق بولین و تصمیم‌گیری چند معیاره فازی را در مناطق ۸ گانه شهر اهواز. دو فصلنامه مطالعات برنامه ریزی آموزشی. سال دوم. شماره چهارم.
- شریعتمداری، سیده طلیعه؛ شتاب بوشهری، سید نادر؛ افتخاری، قدرت (۱۳۹۱)، استفاده از راه حلی ابتکاری در مکان‌یابی جایگاه‌های *CNG* (مطالعه موردی: شهر اصفهان)، یازدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک.
- علوی؛ سید علی و همکاران (۱۳۹۵). مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت *CNG* با استفاده از تکنیک‌های تلفیقی عملگرهای فازی و تحلیل‌های فضایی *GIS*، پژوهش موردی: منطقه ۷ شهر مشهد، فصلنامه پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، سال هفتم، شماره ۱، صص ۹-۱۸.
- فرج زاده، منوچهر و رستمی، مسلم (۱۳۸۳)، ارزیابی و مکان‌گزینی مراکز آموزش شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (*GIS*) مطالعه موردی: شهرک معلم کرمانشاه، فصلنامه مدرس انسانی، شماره ۳۲، صص ۱۵۱-۱۳۳.

کاظمی عالی، ساده وند زهرا. مکان یابی جایگاه های CNG در مسیرهای تهران - فیروزکوه و تهران - سمنان با استفاده از مدل مکان یابی جریان سوخت گیری. فصلنامه پژوهش های سیاست گذاری و برنامه ریزی انرژی. ۱۳۹۵؛ ۲ (۴): ۶۱-۸۳.

کریمی کیا و همکاران (۱۳۹۲)، مکانیابی جایگاه های توزیع سوخت CNG را در منطقه ۴ شهر تبریز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). پایان نامه کارشناسی ارشد. وزارت علوم، تحقیقات و فناوری - دانشگاه پیام نور - دانشگاه پیام نور استان تهران - پژوهشکده علوم اجتماعی.

مرادی یعقوب و همکاران (۱۳۹۵). تحلیل فضایی - مکانی جایگاه های پمپ بنزین و تعیین مکان بهینه احداث جایگاه های جدید با استفاده از GIS و MCDM (مطالعه موردی: منطقه ۶ شهرداری تهران)، فصلنامه جغرافیا و توسعه فضای شهری، سال سوم، شماره ۱، صص ۱۷۵-۱۶۱.

مهدوی و میری لوسانی (۱۳۹۲)، ارزیابی قابلیت اطمینان جایگاه سوخت رسانی CNG، به روش دیاگرام بلوکی (RBD)، دو ماهنامه سلامت کار ایران، دوره ۱۱، شماره ۳، مرداد و شهریور.

هادیانی، زهره و کاظمی زاد، شمس الله (۱۳۸۹)، مکانیابی ایستگاه های آتش نشانی با استفاده از روش تحلیل شبکه و مدل AHP در محیط GIS مطالعه موردی: شهر قم، فصلنامه جغرافیا و توسعه، صص ۹۹-۱۱۲.

ولی پوری، معصوم و همکاران (۱۳۹۳): مکان یابی پمپ بنزین های شهر بروجرد با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی شهری چشم انداز زاگرس، سال ششم، شماره ۲۰، صص ۱۷۹-۱۶۱.

Birkin, M., Clarke, G., Clarke, M., & Wilson, A. (1996). *Intelligent GIS: location decisions and strategic planning* (No. 528.8 INT). Cambridge: Geoinformation international.

Chinese, D., Patrizio, P., & Bonotto, M. (2014). *A service station location model to explore prospects and policies for alternative transport fuels: a case of CNG distribution in Italy. In Computer-based Modelling and Optimization in Transportation* (pp. 71-84). Springer, Cham.

Iojă, C. I., & Tudor, C. A. (2012). *Temporal analysis of incompatible land-use and land-cover: the proximity between residential areas and gas stations in Bucharest Suburban Area. Procedia Environmental Sciences*, 14, 49-58.

Kerzmann, T. L., Buxton, G. A., & Preisser, J. (2014). *A computer model for optimizing the location of natural gas fueling stations. Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 7, 221-226.

Kuby, M., Capar, I., & Kim, J. G. (2017). *Efficient and equitable transnational infrastructure planning for natural gas trucking in the European Union. European Journal of Operational Research*, 257(3), 979-991.

Lee, A. (2015). *Designing Optimal LNG Station Network for US Heavy-Duty Freight Trucks using Temporally and Spatially Explicit Supply Chain Optimization. University of California, Davis.*

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.

Upchurch, C., & Kuby, M. (2010). Comparing the p-median and flow-refueling models for locating alternative-fuel stations. Journal of Transport Geography, 18(6), 750-758.

Wang, Y. W., & Lin, C. C. (2009). Locating road-vehicle refueling stations. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 45(5), 821-829.

