

مکان‌یابی بهینه جایگاه‌های سوخت‌گیری (مطالعه موردی مناطق ۲۲ گانه شهر تهران)

دکتر علی‌اکبر عرب‌مازار*

سوسن داهی فر**

چکیده

یکی از عوامل مهم سیستم حمل و نقل و ترافیک تأمین سوخت و وسائل نقلیه و جایگاه‌های تأمین آن است که اهمیت ویژه‌ای در شبکه و ساختار شهرها دارد. در این پژوهش با در نظر گرفتن توزیع و پراکنندگی فعلی جایگاه‌های سوخت‌گیری در سطح مناطق ۲۲ گانه شهر تهران و مقایسه آن با توزیع بهینه به دست آمده توسط مدل، به شناسایی مناطقی می‌پردازیم که با کمبود یا مازاد جایگاه روبه‌رو هستند.

مدل مورد استفاده، مدل برنامه‌ریزی خطی است که تابع هدف بر اساس معیار کمترین هزینه و توزیع متعادل تقاضا شکل گرفته است.

نتایج حاصل از مدل گویای بهینه نبودن توزیع جغرافیایی فعلی جایگاه‌ها در برخی از مناطق شهر تهران است.

کلید واژه‌ها: مکان‌یابی، مکان‌یابی بهینه، جایگاه‌های سوخت‌گیری، برنامه‌ریزی ریاضی،

برنامه‌ریزی خطی

طبقه‌بندی JEL: Q40, Q48, R12

۱. مقدمه

امروزه توسعه کلان‌شهرهایی مانند تهران در ابعاد کمی و کیفی، رشد فزاینده جمعیت به

ویژه جمعیت شهرنشینی و به موازات آن توسعه مبادلات اقتصادی، فرهنگی و سیاسی بین افراد مختلف، توسعه کاربری‌های گوناگون بر اساس نیاز جوامع شهرنشین و نیز تنوع و تکثر مراکز و نقاط عمده جذب سفر باعث ایجاد و افزایش سفرهای متعددی در سطوح مختلف کلان شهرها شده است.

در میان تأسیسات و تجهیزات که زندگی مردم را در شهرها سرو سامان می‌دهد، سیستم حمل و نقل و ترافیک جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است، طوری که زندگی در کلان شهرها بدون وسایل حمل و نقل و بسترهای حمل یا شبکه ارتباطات شهری امکان‌پذیر نیست.

سوخت و جایگاه‌های تأمین آن در یک رابطه دو جانبه از یک طرف به عنوان یک گره ترافیکی و عامل کندکننده سرعت مطرح هستند و همچنین تأمین‌کننده اصلی انرژی برای وسایل حمل و نقل و ترافیک‌اند و در طرفی دیگر با حوزه نیازهای خدماتی با مقیاس‌های مختلف شهری پیوند می‌خورند..

همچنین با اجرای قانون هدفمندسازی یارانه‌ها و تأثیر مستقیم آن بر حامل‌های انرژی از جمله بنزین و افزایش قیمت آن حساسیت افراد برای مصرف بنزین افزایش یافته، زیرا تا قبل از آن و طی دهه‌های اخیر فاصله زیاد بین قیمت‌های واقعی و قیمت‌های دستوری، موجبات افزایش فزاینده و پرشتاب مصرف انرژی و به تعبیری اسراف منابع تجدیدناپذیر کشور را فراهم نموده است.

از این رو، با توجه به درجه اهمیت جایگاه‌های عرضه سوخت و کیفیت و کمیت توزیع آنها در سطح محدوده مطالعاتی در چگونگی شکل‌گیری رفتار ترافیکی و حمل و نقل مردم، مطالعه حاضر در چارچوب "مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت رسانی" به بررسی کمبودها و نیازها و شناسایی موقعیت‌های مناسب برای احداث جایگاه‌های سوخت بر مبنای شناخت وضعیت موجود می‌پردازد.

۲. مبانی نظری

۱.۱،۲ ادبیات موضوع

مطالعات مکان‌یابی از دهه ۱۹۱۰ آغاز شد، اما به طور جدی و گسترده از دهه ۱۹۶۰ به این

موضوع پرداخته شده است. در آغاز، بیشتر کاربرد اقتصادی مکان‌یابی مد نظر بوده است، ولی به تدریج کاربرد وسیع آن در سایر موارد نیز به کار گرفته شد.

اقتصاد شهری یکی از رشته‌های تخصصی اقتصاد است که در آن اقتصاددانان سعی می‌کنند با استفاده از ابزارهای اقتصادی مسائل و مشکلات یک منطقه شهری را بررسی کنند. به عبارت دیگر، اقتصاد شهری عبارت از مطالعه مکان مناسب برای بنگاه‌ها و خانوارهاست، در این راستا دیگر مسائل شهری که بر این تعیین مکان تأثیر گذارند نیز مطرح می‌گردند.

اگرچه شناخت نظریه‌های اقتصاد خرد و کلان برای توضیح مسائل و حقایق شهری پایه و اساس است، ولی دامنه استفاده از این نظریه‌ها برای توضیح حقایق شهری محدود است، زیرا مسائل زیادی در اقتصاد شهری وجود دارد که امکان بررسی آنها بدون در نظر گرفتن فضا و فاصله که نظریه‌های اقتصاد خرد و کلان برای توضیح حقایق اقتصادی آنها را در نظر نمی‌گیرند، وجود ندارد.

دیگر شاخه‌های اقتصاد جنبه‌های فضایی را در تصمیم‌گیری نادیده می‌گیرند، ولی در اقتصاد شهری به این مقوله به صورت واقع‌گرایانه پرداخته می‌شود. در این بین مکان‌یابی اقتصادی عبارت است از تعیین مکان بهینه برای یک فعالیت اقتصادی در یک شبکه از مکان‌ها، با توجه به متغیرهای اقتصادی به نحوی که هدف حداکثر گردد. در اکثر مواقع هدف سود بنگاه است که بنا بر طبیعت فعالیت بنگاه و صنعتی که در آن فعالیت می‌کند قابل تبدیل به یک مسئله حداقل کردن هزینه یا حداکثر کردن درآمد می‌باشد.

مسئله انتخاب مکان مناسب برای تأسیس یک فعالیت عمومی از لحاظ اقتصادی و سرمایه‌گذاری برای دو بخش خصوصی و دولتی می‌تواند امری مهم باشد. به طور کلی برای استفاده از مدل‌های مکان‌یابی باید وضعیت موجود ارزیابی شود و از اطلاعات محدود ولی مهم برای تشریح مسئله استفاده کرد.

این اطلاعات با توجه به تأثیر مستقیم آنها بر تابع هدف یا بر محدودیت‌های انتخاب شده اعمال می‌شوند. در مواردی که به دست آوردن اطلاعات واقعی ممکن نیست می‌توان از تخمین‌های مناسب استفاده کرد.

۲,۲. مروری بر مفاهیم اقتصاد شهری

با این مقدمه می‌توان گفت اقتصاد شهری ترکیبی است از استفاده از ابزارها و تحلیل‌های اقتصاد و نیز مسائل و مشکلاتی که بشر در شهرها با آن مواجه شده است. همان‌طور که در بالا به آن اشاره شد در مسائل شهری از طرفی مواجه با انبوهی از مشکلات و معضلات مواجه هستیم که به واسطه شکل‌گیری شهرها نمود یافته‌اند و از طرفی می‌بایست بهترین تصمیم در زمینه چگونگی استفاده از منابع محدود شهری همچون زمین و دیگر امکانات فیزیکی در حل مسائل و مشکلات شهری گرفته شود. این اجبار دوسویه باعث شده است که در سالیان اخیر اقتصاد شهری به عنوان شاخه‌ای از علم اقتصاد مورد توجه بسیار، هم در محیط‌های علمی و آکادمیک و هم در بین مدیران اجرایی حاکمیت به ویژه در سطح شهری و منطقه‌ای قرار گیرد.

۳,۲. گروه‌بندی مدل‌های مکان‌یابی

مدل‌های مختلف پژوهش در عملیات را که در نظریه مکان‌یابی استفاده می‌شوند می‌توان به دو گروه تقسیم نمود. در مدل‌های گروه اول که مدل‌های پیوسته نامیده می‌شوند یک یا تعدادی فعالیت در هر نقطه‌ای از یک سطح مورد نظر می‌توانند واقع شوند. این مدل‌ها به وسیله وبر^{۵۳} تولید شده‌اند. تعیین راه‌حل بهینه یا مناسب برای حل این مدل‌ها براساس روش‌های ریاضی صورت می‌گیرد. اخیراً برای حل این مدل‌ها از برنامه‌ریزی غیر خطی نیز استفاده می‌شود. در مدل‌های گروه دوم که مدل‌های گسسته (مجزا) نامیده می‌شوند فعالیت‌ها در یک مجموعه نقاط بالقوه که از پیش تعیین شده‌اند باید ساخته شوند. نقاط یا نقطه بهینه این مجموعه نقاط با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی حاصل می‌شوند. در مطالعات صورت گرفته درباره مسئله مکان‌یابی می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده کرد. از جمله این روش‌ها که تاکنون انجام شده است می‌توان موارد زیر را نام برد:

- روش اطلاعات جغرافیایی^{۵۴}؛
- روش تحلیل سلسله‌مراتبی^{۵۵}؛
- روش اقتصادسنجی^{۵۶} و استفاده از تابع لجیت^{۵۷}؛
- روش برنامه‌ریزی ریاضی.

روش اطلاعات جغرافیایی با توجه به ماهیت جغرافیایی آن بیشتر در مطالعات مربوط به رشته‌های عمران و شهرسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مفهوم GIS مخفف Geographic Information System به معنی سیستم اطلاعات جغرافیایی است. سیستم اطلاعات جغرافیایی بستری برای ذخیره، نگهداری، مدیریت و تجزیه و تحلیل اطلاعات جغرافیایی می‌باشد و جهت کار همزمان با داده‌هایی که وابستگی مکانی (جغرافیایی) و توصیفی دارند، طراحی شده است (مرکز اطلاعات جغرافیایی شهر تهران، ۱۳۷۶).

روش تحلیل سلسله‌مراتبی در تحقیقات رشته‌های صنایع کاربرد بیشتری دارد و روش اقتصادسنجی اغلب در بررسی مسائل کلان اقتصادی مورد استفاده قرار می‌گیرد که در ادامه به توضیحاتی در مورد هر یک می‌پردازیم:

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری است. علت سلسله‌مراتبی خواندن این روش آن است که ابتدا باید از اهداف و استراتژی‌های سازمان در رأس هرم شروع کرد و با گسترش آنها معیارها را شناسایی کرد تا به پایین هرم برسیم.

اقتصادسنجی با مطالعه نظام‌مند پدیده‌های اقتصادی با استفاده از داده‌های مشاهده‌شده سروکار دارد. به عبارتی، اقتصادسنجی علم تحلیل‌های آماری از مدل‌های اقتصادی است. اگرچه بسیاری از روش‌های اقتصادسنجی کاربرد مدل‌های آماری را بیان می‌کنند، اما بعضی شاخصه‌های خاص داده‌های اقتصادی سبب تمایز اقتصادسنجی از سایر شاخه‌های

۵۴. GIS (Geographic Information System)

۵۵. AHP (Analytical Hierarchy Process)

۵۶. Econometrics

4.Logit

آمار می شود.

در این پژوهش به دنبال مکان‌یابی بهینه جایگاه‌های سوخت شهر تهران توسط یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی هستیم.

متداول‌ترین کاربرد برنامه‌ریزی خطیحل مسئله عمومی تخصیص منابع محدود به مجموعه‌ای از فعالیت‌ها به بهترین شکل ممکن (بهینه)^۱ است. به شکلی واضح‌تر می‌توان گفت این مسائل درگیر انتخاب سطح اجرای مجموعه‌ای از فعالیت‌هاست که به منابع محدود احتیاج دارند و برای دریافت این منابع با هم رقابت می‌کنند. انتخاب سطح فعالیت‌ها مشخص می‌کند که چه مقدار از هر منبع باید به هر فعالیت اختصاص یابد. طیف گسترده‌ای از شرایط با توضیح ارائه شده در بالا همخوانی دارد. برای مثال، مسئله تخصیص تجهیزات تولیدی به تولید محصولات گوناگون؛ مسئله تخصیص منابع طبیعی به نیازهای کشور؛ مسئله تخصیص سرمایه به پروژه‌های مختلف؛ انتخاب مسیر؛ برنامه‌ریزی امور کشاورزی و بسیاری مسائل دیگر

نقطه مشترک همه روش‌های بالا لزوم تخصیص منابعی محدود به فعالیت‌های مشخصی است که باید سطح و میزان آنها مشخص شود.

برنامه‌ریزی خطی از یک مدل ریاضی برای تشریح مفهوم مسئله استفاده می‌کند. صفت خطی به این معناست که همه توابع ریاضی به کار رفته در این مدل باید توابعی خطی باشند. این روش زیر مجموعه‌ای از فنون بهینه‌سازی است که توسط آن می‌توان پاسخ بهینه یک مسئله را تعیین کرد و با توجه به ماهیت بهینه‌سازی آن، رویکردی اقتصادی دارد

اگر چه تخصیص منابع مهم‌ترین و متداول‌ترین کاربرد برنامه‌ریزی خطی است، کاربردهای متعدد دیگری نیز برای آن ذکر شده است. در حقیقت هر مسئله‌ای که مدل ریاضی آن بر قالب عمومی مدل برنامه‌ریزی خطی مطابقت داشته باشد به کمک برنامه‌ریزی خطی قابل حل است. از این گذشته روشی مؤثر و قابل توجه به نام سیمپلکس^۲ سیمپلکس^۲ برای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی با هر اندازه‌ای وجود دارد. این موارد و

۱. optimum

2. Simplex

دلایل متعدد دیگر موجبات تأثیرگذار بودن برنامه‌ریزی خطی را در دهه‌های اخیر فراهم آوردند.

برای اجرا و حل مدل مکان‌یابی نیاز به تعیین مقدار متغیرهای تعریفی مسئله است. از این رو با استفاده از اطلاعات مربوط به نواحی مختلف ترافیکی و همچنین نواحی مختلف شهرداری تهران برای مناطق ۲۲ گانه اطلاعات مربوطه استخراج شده‌اند و در مدل به عنوان پارامتر وارد می‌شوند.

در این پژوهش با توجه به عاملی به عنوان شاخص تقاضا در هر منطقه و هزینه‌های ثابت و متغیر، مدل و محدودیت‌های آن شکل می‌گیرند و مکان‌یابی بهینه با تمرکز بر توزیع بهینه جغرافیایی سوخت و همچنین حداقل‌سازی هزینه برای استفاده‌کنندگان و احداث‌کنندگان صورت می‌گیرد.

۴.۲. مروری بر مطالعات انجام شده

مطالعات داخلی و خارجی بسیاری در زمینه مکان‌یابی تسهیلات مختلف با استفاده از روش‌های متفاوت انجام گرفته است که در اینجا به بیان مطالعات صورت گرفته بر مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت‌رسانی می‌پردازیم.

مطالعات به ترتیب سال انجام، دسته‌بندی و بیان شده‌اند که در هر کدام روش متفاوتی برای این منظور در نظر گرفته شده است و در ادامه به بیان هر یک و توضیح مختصری در خصوص روش کار در هر کدام می‌پردازیم.

۱.۴.۲. مطالعات داخلی

مجتبی معماری (۱۳۷۸)، در مطالعه ایتلاش در جهت ارزیابی وضعیت جایگاه‌های شهر تهران و وضعیت موجود انجام داده و با انجام تحلیل‌های مقایسه‌ای پیشنهادهایی در جهت بهبود وضعیت فعلی ارائه نموده است.

هدف اصلی در این پژوهش ارائه پیشنهادهایی در جهت افزایش کارایی جایگاه‌های توزیع بنزین و ساماندهی مناسب آنها در مناطق شهر تهران در جهت بهبود شرایط اقتصادی، اجتماعی است. در نهایت پیشنهادهایی برای بهبود کیفیت داخلی جایگاه‌ها و

انطباق عملکرد آنها با خیابان‌های اطراف ارائه شده است. در این پژوهش مدلی برای بهینه‌سازی جایگاه‌ها ارائه نشده است و روش مطالعه در این تحقیق توصیفی و مطالعه نمونه‌های موردی است.

عبدالقادر میرزایی قمی (۱۳۸۴)، در پژوهشی مکان‌یابی جایگاه‌های عرضه سوخت منطقه یک شهرداری تهران را مورد توجه قرار داده است و مدلی برای مکان‌یابی پمپ بنزین‌ها در سطح منطقه یک شهرداری تهران ارائه نموده است که مدل مذکور بر پایه شاخصی به نام شاخص تقاضا شکل گرفته که گویای تعداد وسایل نقلیه موجود در محدوده مطالعاتی است. محدودیت‌های این مدل شامل برد ارائه خدمات پمپ بنزین، تعداد پمپ بنزین‌های مورد نیاز و محدود نمودن هر ناحیه ترافیکی به خدمت‌گیری فقط از یک پمپ بنزین می‌باشد. در این پژوهش تنها هزینه مشتریان در نظر گرفته شده است و هزینه‌ای برای تأسیس کنندگان و مالکان جایگاه‌ها منظور نشده است و در نهایت تعداد و توزیع جغرافیایی پمپ بنزین‌های مورد نیاز این منطقه ارائه شده است.

شهریار افندی زاده و مهدی اقبالی (۱۳۸۸)، مدل ریاضی پیش‌بینی میزان تقاضای سوخت در شبکه حمل و نقل را برآورد کرده‌اند و سپس توزیع جغرافیایی این مقدار روی گره‌های گراف مرجع شهر تهران انجام گرفته است. هدف از تعیین گراف مسیرها و گره‌ها، قابلیت مدل‌سازی محدوده مورد مطالعه به شکل ریاضی است تا بتوان با اختصاص پارامترهای جغرافیایی (جمعیت، مسافت و ...) و همچنین پارامترهای ترافیکی در محدوده اطراف هر گره، به گره‌های گراف مرجع، ساختار اولیه به منظور ورود به مدل‌های ریاضی را ایجاد کرد. خروجی‌های این مدل می‌تواند به منظور برآورد تعداد و محل جایگاه‌های سوخت‌رسانی و همچنین برنامه‌ریزی در جهت تنظیم الگوی مصرف سوخت در شبکه شهری و سیاست‌گذاری‌ها در این بخش مورد استفاده پژوهشگران و برنامه‌ریزان قرار گیرد.

۲.۴.۲. مطالعات خارجی

ریول و هارکنس (۲۰۰۳)، مدل برنامه‌ریزی خطی را برای مکان‌یابی تسهیلات ارائه نمودند که در آن مجموعه‌ای از نقاط تقاضا و مجموعه‌ای از نقاط مستعد برای عرضه در نظر گرفته

می‌شود. هدف، یافتن مجموعه‌ای از تسهیلات است که همه نقاط تقاضا را با حداقل هزینه پوشش دهد که در آن سه نوع هزینه در نظر گرفته می‌شود: هزینه ثابت تأسیس یک تسهیلات، هزینه تولید هر واحد و هزینه جابه‌جایی و انتقال.

در نهایت به تابع هزینه وزنی معادل با مقدار تقاضا در هر نقطه داده می‌شود و این هزینه به همراه هزینه ثابت تشکیل تأسیسات در هر نقطه حداقل خواهد شد.

های جان و همکاران (۲۰۰۷)، یک مدل برنامه‌ریزی دو مرحله‌ای برای یافتن مکان بهینه مراکز توزیع معرفی می‌کنند، مدل ابتدایی مکان بهینه را با استفاده از کمینه کردن هزینه‌های برنامه‌ریزان تعیین می‌کند و مدل دوم توزیع متعادل تقاضا را با کمینه کردن هزینه‌های مشتریان بیان می‌کند و بر اساس نوع خاص محدودیت‌ها یک الگوریتم ترتیبی ارائه می‌شود و در نهایت نیز یک مثال عددی برای نشان دادن کاربرد این روش استفاده شده است که عملی و سودمند بودن این الگوریتم را نشان می‌دهد.

وانگ (۲۰۱۰)، ایجاد شبکه‌ای از ایستگاه‌های سوخت‌گیری برای انواع وسایل نقلیه را بیان می‌کند و در آن از روش برنامه‌ریزی مختلط اعداد صحیح استفاده می‌نماید. در این مدل، محدوده و دامنه وسایل نقلیه و فواصل تحت پوشش آنها نقش اساسی را در حل مسئله بر عهده دارد.

۳. تصریح و برآورد الگو

۳.۱. فرضیات مدل

هدف در این مقاله بازتوزیع جایگاه‌های فعلی سوخت است و ما به توجه به وضعیت حاضر و تعداد جایگاه‌های موجود این توزیع را بهینه کرده‌ایم، زیرا نیاز به جایگاه‌های جدید تا زمانی که توزیع جایگاه‌های فعلی بهینه نباشد، به طور دقیق مشخص نمی‌باشد. همان‌طور که ساخت جایگاه‌های جدید هزینه‌بر است، افزودن n جایگاه جدید بدون در نظر گرفتن وضعیت فعلی، نیز هزینه‌بر خواهد بود.

ناحیه مورد مطالعه بلوک‌های^۱ مناطق ۲۲ گانه شهرداری شهر تهران است که تعداد این

۱. Blocks

بلوک‌ها ۱۶۱ عدد می‌باشد. کاربرد معیار بلوک با تعریف سازمان امور مالیاتی به جهت استفاده از یک تعریف نسبتاً استاندارد است که مناطق شهری بر مبنای این بلوک‌ها قیمت‌گذاری رسمی می‌شوند و این قیمت‌ها مبنای تصمیم‌گیری شهرداری‌ها نیز است (ماده ۶۴ قانون مالیات‌های مستقیم).

در این ناحیه‌بندی هر کدام از مناطق ۲۲ گانه شهر تهران به بخش‌هایی با عنوان بلوک تقسیم‌بندی شده‌اند که در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد (سازمان امور مالیاتی کشور، دفتر خدمات مالیاتی، ۱۳۸۴).

جدول ۱. تعداد و شماره بلوک‌ها

منطقه	تعداد بلوک	شماره بلوک
۱	۱۵	۱ تا ۱۵
۲	۱۱	۱۶ تا ۲۶
۳	۱۲	۲۷ تا ۳۸
۴	۱۴	۳۹ تا ۵۲
۵	۱۰	۵۳ تا ۶۲
۶	۱۰	۶۳ تا ۷۲
۷	۸	۷۳ تا ۸۰
۸	۴	۸۱ تا ۸۴
۹	۳	۸۵ تا ۸۷
۱۰	۲	۸۸ تا ۸۹
۱۱	۱۱	۹۰ تا ۱۰۰
۱۲	۱۷	۱۰۱ تا ۱۱۷
۱۳	۲	۱۱۸ تا ۱۱۹
۱۴	۴	۱۲۰ تا ۱۲۳
۱۵	۵	۱۲۴ تا ۱۲۸
۱۶	۳	۱۲۹ تا ۱۳۱
۱۷	۳	۱۳۲ تا ۱۳۴
۱۸	۶	۱۳۵ تا ۱۴۰
۱۹	۳	۱۴۱ تا ۱۴۳
۲۰	۸	۱۴۴ تا ۱۵۱
۲۱	۵	۱۵۲ تا ۱۵۶

۱۵۷ تا ۱۶۱	۵	۲۲
------------	---	----

- در این مطالعه سواری‌های شخصی به عنوان نماینده‌ای از کل خودروها در نظر گرفته شده است و برای سادگی وسایل حمل و نقل عمومی و موتورسیکلت‌ها در نظر گرفته نشده‌اند.
- منظور از جایگاه‌های سوخت‌رسانی پمپ بنزین‌ها هستند و جایگاه‌های سوخت‌گاز طبیعی در نظر گرفته نشده‌اند.
- برای برآورد تقاضای سوخت در هر بلوک از آمار میزان مالکیت سواری شخصی در هر بلوک استفاده شده است.
- برای برآورد هزینه جابه‌جایی بین بلوک‌ها، فاصله بین آنها به عنوان مهم‌ترین عامل مؤثر در نظر گرفته شده است. منظور از فاصله در این مدل فاصله زمینی ماشین روست و به همین علت لزوماً فاصله بلوک i از j برابر با فاصله بلوک j از i نیست.
- با توجه به اینکه تفاوت هزینه ساخت جایگاه سوخت‌رسانی در نواحی مختلف، تفاوت در قیمت زمین در آن نواحی است، از قیمت زمین به عنوان تنها عامل متغیر در هزینه ساخت جایگاه‌ها استفاده شده است. آخرین آمار موجود و مکتوب مورد استناد در این زمینه کتاب ارزش معاملات املاک تهران، شمیران، شهرری و حومه به انضمام نقشه بلوک‌ها که توسط معاونت فنی و حقوقی و دفتر خدمات مالیاتی تهیه و تنظیم شده و ناشر آن شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری است، می‌باشد که این آمار مربوط به سال ۸۴ بوده است. این قیمت‌ها قیمت‌های معاملاتی این املاک، یعنی قیمت‌های محاسبه شده برای محاسبه مالیات است که با قیمت‌های خرید و فروش این املاک متفاوت است. بدیهی است در صورت استفاده از قیمت‌های واقعی نتایج مدل ممکن است اندکی متفاوت گردد.
- تعداد جایگاه‌های سوخت مورد نیاز را تعداد جایگاه‌های فعلی سوخت در سطح شهر تهران (۱۴۶ عدد) در نظر گرفته و از نظر پراکندگی، این توزیع را بهینه می‌کنیم.

با توجه به مدل‌های مکان‌یابی تسهیلات عمومی دو نوع هزینه را در مدل می‌توان در نظر گرفت:

یکی از هزینه‌ها، هزینه مالکان جایگاه سوخت‌رسانی است. با توجه به اینکه هزینه احداث یک جایگاه استاندارد که طبق گزارشات سازمان ملی پخش فرآورده‌های نفتی جایگاهی با سه سکو و حدوداً ۱۲۰۰ متر می‌باشد، بدون در نظر گرفتن هزینه زمین، در همه مناطق تقریباً مشابه است، پس برای در نظر گرفتن هزینه احداث یک جایگاه می‌توان تنها هزینه زمین را در نظر گرفت زیرا تنها این هزینه در نواحی مختلف متغیر است. در نتیجه این هزینه را در تابع هدف در نظر گرفته (f_j) و کمینه می‌کنیم. پس f_j قیمت زمین در هر یک از این بلوک‌ها می‌باشد که که آخرین آمار موجود و مکتوب و قابل استناد در این زمینه کتاب ارزش معاملات املاک تهران، شمیران، شهرری و حومه به انضمام نقشه بلوک‌هاست.

یکی دیگر از هزینه‌های در نظر گرفته شده در مدل‌های مکان‌یابی هزینه جابه‌جایی یا انتقال کالا یا مسافر است که با توجه به نوع تسهیلات مورد نظر ما این هزینه را می‌توان به صورت هزینه جابه‌جایی مشتریان از یک بلوک به سایر بلوک‌ها در نظر گرفت که متغیر C_{ij} را می‌توان هزینه‌ای که فرد ساکن در بلوک i برای سوخت‌گیری از بلوک j می‌پردازد توصیف کرد که می‌توان آن را تابعی از فاصله دو بلوک و هزینه جابه‌جایی بین آن دو لحاظ کرد. که در این مدل این متغیر فاصله دو بلوک در نظر گرفته شده است و آمارهای مربوطه از سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران گردآوری شده است.

هزینه‌های مختلفی را می‌توان برای مشتریان در نظر گرفت، اما به طور معمول این هزینه شامل دو نوع هزینه اعم از هزینه فرصت و هزینه‌های سوخت‌گیری می‌باشد.

هزینه فرصت فرد زمان صرف شده برای رسیدن به نزدیک‌ترین جایگاه و انجام سوخت‌گیری می‌باشد که در این مدل این نوع هزینه در نظر گرفته نشده است.

پس تابع هدف از دو بخش تشکیل شده است که جمله اول، هزینه مربوط به مشتریان جایگاه‌های سوخت‌رسانی و جمله دوم هزینه احداث کنندگان این جایگاه‌هاست که هر دو کمینه خواهند شد.

یکی از پارامترهای موجود در مدل تعداد جایگاه‌های موردنیاز سوخت‌رسانی است و این محدودیت به این صورت در مدل وارد شده است که تعداد جایگاه‌های عرضه سوخت باید با مقدار مشخصی مثل k برابری کند. چون هدف این پژوهش مکان‌یابی بهینه جایگاه‌های سوخت‌گیری فعلی در سطح مناطق ۲۲ گانه شهر تهران می‌باشد این تعداد برابر با تعداد فعلی این جایگاه‌هاست که در حال حاضر ۱۴۶ عدد می‌باشند که تعداد و توزیع جغرافیایی بهینه آن توسط مدل ارائه می‌گردد.

پراکنندگی فعلی جایگاه‌ها در سطح مناطق ۲۲ گانه به شرح جدول ۲ می‌باشد (سازمان ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران، واحد پژوهش و برنامه‌ریزی).

جدول ۲. جایگاه‌های مناطق و شماره بلوک‌ها

شماره منطقه	تعداد جایگاه	میزان فروش ماهیانه	شماره بلوک‌های دارای جایگاه
۱	۹	۲۱۶۶۵۰۰۰	2,9,10,11,12,13,14,15(2)
۲	۹	۲۹۹۰۳۰۰۰	17,19,21(2),22(2),24(2),26
۳	۱۰	۲۸۹۶۸۰۰۰	28(3),29,31,32,33(2),35(2)
۴	۱۱	۱۹۲۴۲۰۰۰	39,40,41,42(2),44,45,47(2),48,52
۵	۹	۲۶۵۱۴۰۰۰	53,54,56,57(2),58,59,60(2)
۶	۷	۱۸۸۸۴۰۰۰	63(2),64,66,68,69,72
۷	۷	۱۶۴۴۷۰۰۰	73,74,75,78,79(3)
۸	۳	۱۱۴۷۳۰۰۰	81(2),83
۹	۵	۱۳۷۳۴۰۰۰	85(2),86,87(2)
۱۰	۳	۸۴۶۹۰۰۰	88,89(2)
۱۱	۷	۱۲۵۱۰۰۰۰	91,93,94,95,96,97,100
۱۲	۹	۱۳۵۰۰۰۰۰	102,103,104,105,107,108(2),113
۱۳	۱۰	۱۷۳۸۲۰۰۰	118(6),119(4)
۱۴	۳	۸۳۸۰۰۰۰	120,121,123
۱۵	۸	۱۷۸۷۱۰۰۰	124(3),125(3),126,127
۱۶	۵	۱۰۱۶۵۰۰۰	129(3),130,131
۱۷	۱	۲۴۰۳۰۰۰	133

137,138	۷۲۰۳۰۰۰	۲	۱۸
141(5),142(3),143(3)	۲۰۸۰۲۰۰۰	۱۱	۱۹
145(3),146,147(2),148(2),150,151	۱۹۳۵۳۰۰۰	۱۰	۲۰
152(2),153(2),154	۱۲۵۳۳۰۰۰	۵	۲۱
158,159	۱۳۷۸۹۰۰۰	۲	۲۲

در نهایت این پراکندگی با پراکندگی بهینه بدست آمده توسط مدل مقایسه خواهد شد. از دیگر متغیرهای در نظر گرفته شده در مدل شاخص تقاضا (d_i^c) برای هر منطقه است. با توجه به اینکه از این میزان تقاضا در هر منطقه آماری در دسترس نیست باید بتوانیم این شاخص را با آمارهای موجود تخمین بزنیم. یکی از آمارهای موجود سرانه مالکیت سواری شخصی در هر بلوک است که می تواند تقریب و معیار خوبی برای شاخص تقاضا باشد. این آمار توسط سازمان حمل و نقل و ترافیک در اختیار اینجانب قرار گرفت.

البته شایان ذکر است که فقط تعداد وسایل نقلیه موجود در مناطق نمی تواند معیاری کافی برای میزان تقاضای هر منطقه باشد، زیرا در طول روز سفرهای بسیاری به مناطق مختلف شهر تهران می شود که این سفرها می توانند شامل سفرهای کاری، تفریحی، آموزشی و ... باشند و بسیاری از خودروهای مورد نظر در همان نواحی سوخت گیری کنند که خارج از نواحی محل سکونت آنها می باشد، اما به دلیل اینکه نمی توان این آمار را به قطعیت و درستی محاسبه کرد، از این سفرها و سوخت گیری در آن مناطق چشم پوشی شده است.

متغیر X_{ij} متغیر تصمیم تابع هدف است. X_{ij} ضریبی از تقاضای بلوک i است که توسط بلوک j تأمین می شود. پس X_{ij} به ازای هر $i \in I$ و $j \in J$ بین صفر یا یک است، اما حداکثر مجموع آن به ازای هر i دلخواه برابر با یک می باشد که این شرط تضمین می کند که همه تقاضای منطقه i پوشش داده شده است، زیرا تقاضای هر مشتری باید پاسخ داده شود.

$$\sum_{j \in J} X_{ij} = 1 \rightarrow \forall i \in I \quad [1]$$

مقدار X_{ij} ، $\forall j \in J \forall i \in I$ هم قطعاً باید بین صفر و یک باشد باشد، در نتیجه:

$$X_{ij} \geq 0 \forall j \in J, \forall i \in I \quad [2]$$

$$X_{ij} \leq 1 \forall j \in J, \forall i \in I \quad [3]$$

شرط بالا تضمین می‌کند که میزان تقاضا مثبت است.

برای بیان رابطه‌ای بین متغیرهای تصمیم X_{ij} و Y_j (یک اگر تسهیلات در ناحیه j مکان‌یابی شود و صفر در غیر این صورت) باید محدودیتی را در نظر بگیریم که این ارتباط را برای ما ایجاد کند.

این محدودیت را به صورت زیر در نظر می‌گیریم:

$$X_{ij} \leq Y_j, \forall j \in J, \forall i \in I \quad [4]$$

این محدودیت بیان می‌کند که اگر تقاضایی توسط بلوک j تأمین شود نقطه مناسبی برای احداث جایگاه انتخاب شود.

به عبارت بهتر این محدودیت بیان می‌کند که یک بلوک در صورتی مناسب برای احداث جایگاه انتخاب می‌شود که از بلوک‌های دیگر برای سوخت‌گیری به آن مراجعه کنند. همچنین تعداد جایگاه‌های سوخت مورد نیاز نیز طبق فرض مدل عددی ثابت است که برابر با تعداد جایگاه‌های موجود شهر تهران در نظر گرفته می‌شود:

$$\sum_{j \in J} Y_j = 146 \quad [5]$$

در نهایت مدلی با تابع هدفی خطی که هدف مینیمم‌سازی آن است با ۵۲۰۰ متغیر و ۵۲۰۰۵ محدودیت ارائه می‌شود:

$$\text{Min} Z = \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} d_i^c * c_{ij} * X_{ij} + \sum_{j \in J} f_j * Y_j \quad [6]$$

Subject to:

$$X_{ij} \leq 1 \forall i \in I, \forall j \in J \quad [7]$$

$$X_{ij} \geq 0 \forall i \in I, \forall j \in J \quad [8]$$

$$\sum_{j \in J} X_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad [9]$$

$$X_{ij} \leq Y_j \forall i \in I, \forall j \in J \quad [10]$$

$$\sum_{j \in J} Y_j = 146 \quad \forall j \in J \quad [11]$$

$$Y_j \in \{0,1\} \forall j \in J \quad [12]$$

۳.۳. برآورد مدل

پس از حل مدل به صورتی که بیان شد مدل بلوک‌هایی که کمترین هزینه سوخت‌گیری را

به ازای هر بلوک انتخابی دارند (یعنی X_{ij} ها) و همچنین ۱۴۶ بلوک مناسب برای احداث جایگاه در جدول ۳ معرفی می شوند:

جدول ۳. نتایج اجرای مدل اصلی

منطقه	جایگاه‌های موجود	تعداد جایگاه‌های مورد نیاز (مدل اصلی)	شماره بلوک‌های نیازمند جایگاه	شماره بلوک‌های دارای جایگاه
۱	۹	۹	1,2,4,6,7,8,9,10,13	2,9,10,11,12,13,14,15(2)
۲	۹	۱۱	16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	17,19,21(2),22(2),24(2),26
۳	۱۰	۸	28,30,31,32,33,34,35,38	28(3),29,31,32,33(2),35(2)
۴	۱۱	۱۴	39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52	39,40,41,42(2),44,45,47(2),48,52
۵	۹	۱۰	53,54,55,56,57,58,59,60,61,62	53,54,56,57(2),58,59,60(2)
۶	۷	۸	63,64,65,66,68,70,71,72	63(2),64,66,68,69,72
۷	۷	۸	73,74,75,76,77,78,79,80	73,74,75,78,79(3)
۸	۳	۴	81,82,83,84	81(2),83
۹	۵	۳	85,86,87	85(2),86,87(2)
۱۰	۳	۲	88,89	88,89(2)
۱۱	۷	۱۱	90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100	91,93,94,95,96,97,100
۱۲	۹	۱۷	101,102,103,104,105,106,107,108,109,110,111,112,113,114,115,116,117	102,103,104(2),105,107,108(2),113
۱۳	۱۰	۲	118,119	118(6),119(4)
۱۴	۳	۴	120,121,122,123	120,121,123
۱۵	۸	۵	124,125,126,127,128	124(3),125(3),126,127
۱۶	۵	۳	129,130,131	129(3),130,131
۱۷	۱	۳	132,133,134	133
۱۸	۲	۵	135,137,138,139,140	137,138
۱۹	۱۱	۳	141,142,143	141(5),142(3),143(3)
۲۰	۱۰	۸	144,145,146,147,148,149,150,151	145(3),146,147(2),148(2),150,151
۲۱	۵	۵	152,153,154,155,156	152(2),153(2),154
۲۲	۲	۳	158,159,160	158,159

در این حالت با مقایسه تعداد جایگاه‌های موجود در مناطق و تعداد بهینه آنها با توجه به مدل ملاحظه می‌شود که در برخی مناطق با کمبود جایگاه مواجهیم. از جمله مناطقی که این تفاوت محسوس‌تر است می‌توان به مناطق ۱۷، ۱۲، ۱۱، ۴، ۲ و ۱۸ اشاره کرد. با در نظر گرفتن مصادیق واقعی و انطباق آن با مدل می‌توان پی برد که در مناطق ۲ و ۴ این تفاوت به دلیل حجم بالای تقاضا و در مناطق ۱۱ و ۱۲ به دلیل تراکم زیاد جمعیت و در مناطق ۱۷ و ۱۸ نیز به دلیل گستردگی این مناطق و تعداد کم جایگاه‌های فعلی (۱ و ۲ جایگاه) در این مناطق می‌باشد.

همچنین مناطقی که طبق مدل با مازاد تعداد جایگاه با در نظر گرفتن هزینه زمین و نرخ تقاضا مواجهند شامل مناطق ۱۵، ۱۳، ۳ و ۱۹ می‌باشند. که منطقه ۳ به دلیل هزینه زمین بسیار بالا و سایر مناطق به دلیل حجم کمتر تقاضا انتخاب شده‌اند.

مدل در این حالت ابتدا توسط X_{ij} ها بلوک‌هایی را که برای احداث جایگاه مناسب است در نظر گرفته و سپس با توجه به محدودیت تعداد جایگاه مورد نیاز و همچنین جمله دوم تابع هدف که هزینه ساخت را حداقل می‌سازد، ۱۴۶ بلوک که کمترین هزینه ساخت (در اینجا هزینه زمین) را دارند، انتخاب می‌کند.

احداث جایگاه در این نواحی (دارای کمترین هزینه ساخت) به دلیل هزینه ساخت پایین تر برای مالکان جایگاه‌ها بسیار مقرون به صرفه تر است، زیرا قیمت بنزین در همه نقاط ثابت است و مشتریان چه از نزدیک‌ترین جایگاه سوخت به محل زندگی‌شان سوخت‌گیری کنند و چه از دورترین ناحیه، با قیمت سوخت یکسانی مواجه می‌شوند و در نتیجه سود فروش بنزین در همه نواحی برای مالکان یکسان است. اما حجم تقاضا در بلوک‌ها با قیمت زمین بالا، بسیار زیاد است. اجرای مدل با این دیدگاه باعث تحمیل هزینه‌های مختلف دیگری به جامعه می‌گردد که از جمله آن می‌توان به هزینه‌های عمومی شامل آثار خارجی این جابه‌جایی‌های طولانی برای سوخت‌گیری، مانند ایجاد آلودگی، ترافیک و احساس نارضایتی که مشتریان با آن مواجه‌اند و همچنین هزینه‌های خصوصی که مردم به طور مستقیم آن را پرداخت می‌نمایند مانند معطل شدن و همچنین طی مسافت‌های طولانی برای سوخت‌گیری اشاره نمود.

با در نظر گرفتن موارد فوق به این نتیجه می‌رسیم که مردم حاضرند برای اینکه این هزینه‌های عمومی و خصوصی کاهش یابد، این جابه‌جایی‌های طولانی را انجام ندهند و سوخت‌گیری را در همان نزدیک‌ترین محل اما با قیمت سوخت بالاتری بپردازند.

در این حالت به دلیل اینکه قیمت سوخت در نقاط مختلف متفاوت می‌شود پس سود حاصل از فروش سوخت نیز برای سازندگان جایگاه‌ها متفاوت شده و حاضرند هزینه زمین بالاتری را به ازای دریافت سود بیشتر از مشتریان بپردازند.

همچنین دولت نیز برای کاهش این هزینه‌های عمومی و خصوصی می‌تواند با شناسایی

نواحی که در آنها تقاضا بیشتر است تسهیلاتی را برای سازندگان در نظر گیرد و درصدی از هزینه زمین را بپردازد و این پرداخت هزینه زمین به سازندگان را با اعمال قیمت‌های مختلف سوخت برای مناطق مختلف تعدیل نماید تا برای خود دولت نیز هزینه بسیار زیادی در پی نداشته باشد.

پس سناریوسازی در مورد مدل را می‌توان انجام داد.

۴. سناریوسازی در مورد مدل

۴.۱. اجرای مدل بدون در نظر گرفتن هزینه زمین

به دلیل میزان نرخ مالکیت سواری شخصی بیشتر در مناطق نیمه شمالی شهر تهران به ویژه مناطق ۱ تا ۷ در این مناطق، لزوم احداث جایگاه بیشتر، در صورتی که تنها هزینه مشتریان در نظر گرفته شود کاملاً احساس می‌شود، به بیان بهتر اگر در مدل تنها هزینه مشتریان را در نظر گرفته و آن را با توجه به شاخص تقاضا مینیمم کنیم، مدل بلوک‌هایی را برای احداث جایگاه انتخاب می‌کند که با دارا بودن کمترین هزینه برای مشتریان بیشترین حجم تقاضا را نیز پوشش‌دهی کند (با توجه به وزنی که به تابع هزینه داده شده است). (جدول ۴).

پس در نهایت مدل، نواحی را به ما معرفی می‌کند که هم از نظر کوتاهی فاصله و هم حجم تقاضا بهترین انتخاب برای مشتریان است، بدون اینکه هزینه مالکان را در نظر بگیریم. همان‌طور که ملاحظه شد در این حالت که تنها هزینه مشتریان در نظر گرفته می‌شود مناطق ۱ تا ۷ سهم بیشتری در مناطق منتخب برای احداث جایگاه دارند و در اکثر این مناطق با توجه به نرخ تقاضای بالاتر، کمبود جایگاه وجود دارد.

۴.۲. اجرای مدل پس از تقسیم‌بندی تهران به سه منطقه

برای این منظور تهران را به سه منطقه تقسیم می‌کنیم:

منطقه اول همان مناطقی است که قیمت زمین در آنها به نسبت سایر مناطق بسیار کمتر است که قیمت زمین همان قیمت واقعی آنها در نظر گرفته می‌شود (۱۵ تا ۲۲).
منطقه دوم مناطقی است که به دلیل قیمت بسیار بالای زمین اصلاً احداث جایگاه در آنها مقرون به صرفه نیست، اما حجم تقاضا در آنها زیاد است، که سیاست دولت را به این صورت در نظر می‌گیریم که ۶۰٪ قیمت زمین را پرداخت می‌نماید (۱ تا ۷).

جدول ۴. نتایج اجرای مدل با سناریوی اول

شماره بلوک‌های دارای جایگاه	شماره بلوک‌ها	تعداد جایگاه‌ها ی موردنیاز (هزینه زمین ثابت)	جایگاه‌های موجود	منطقه
2,9,10,11,12,13,14,15(2)	4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,15	۱۵	۹	۱
17,19,21(2),22(2),24(2),26	16,17,18,19,20,21,22,23,25,26	۱۰	۹	۲
28(3),29,31,32,33(2),35(2)	27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38	۱۲	۱۰	۳
39,40,41,42(2),44,45,47(2),48,52	39,40,41,42,43,44,46,47,48,49,50,51,52	۱۳	۱۱	۴
53,54,56,57(2),58,59,60(2)	53,54,55,56,57,58,59,60,61,62	۱۰	۹	۵
63(2),64,66,68,69,72	63,64,65,66,67,68,69,70,71,72	۱۰	۷	۶
73,74,75,78,79(3)	73,74,75,76,77,78,79,80	۸	۷	۷
81(2),83	81,82,83,84	۴	۳	۸
85(2),86,87(2)	85,86,87	۳	۵	۹
88,89(2)	88,89	۲	۳	۱۰
91,93,94,95,96,97,100	90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100	۱۱	۷	۱۱
102,103,104(2),105,107,108(2),113	101,102,103,104,105,106,107,108,109,110,111,112,113,114,115,116,117	۷۱	۹	۱۲
118(6),119(4)	118,119	۲	۱۰	۱۳
120,121,123	121,122	۲	۳	۱۴
124(3),125(3),126,127	124,125,126	۳	۸	۱۵
129(3),130,131	130,131	۲	۵	۱۶
133	132,134	۲	۱	۱۷
137,138	135,137,138	۳	۲	۱۸
141(5),142(3),143(3)	142	۱	۱۱	۱۹
145(3),146,147(2),148(2),150,151	144,145,146,147,148,149,150,151	۸	۱۰	۲۰
152(2),153(2),154	153,154,155,156	۴	۵	۲۱
158,159	157,158,159,160	۴	۲	۲۲

منطقه سوم منطقه‌ای است که در حد وسط مناطق اول و دوم قرار دارد و باز هم قیمت زمین در آنها بالاست که در این نقاط دولت دولت ۳۰٪ قیمت زمین را به احداث کنندگان

می‌پردازد (۸ تا ۱۴) (جدول ۵).

جدول ۵. نتایج اجرای مدل با سناریوی دوم

شماره بلوک‌های دارای جایگاه	شماره بلوک‌ها	تعداد جایگاه‌های مورد نیاز (تقسیم به سه منطقه)	جایگاه‌های موجود	منطقه
2,9,10,11,12,13,14,15(2)	1,2, 4,5,6,7,8,9,10,11,12,13	۱۲	۹	
17,19,21(2),22(2),24(2),26	16,17,18,19,20,21,22,23,25,26	۱۱	۹	۲
28(3),29,31,32,33(2),35(2)	27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38	۱۲	۱۰	۳
39,40,41,42(2),44,45,47(2),48,52	39,40,41,42,43,44,46,47,48,49,50,51,52	۱۴	۱۱	۴
53,54,56,57(2),58,59,60(2)	53,54,55,56,57,58,59,60,61,62	۱۰	۹	۵
63(2),64,66,68,69,72	63,64,65,66,67,68,69,70,71,72	۱۰	۷	۶
73,74,75,78,79(3)	73,74,75,76,77,78,79,80	۸	۷	۷
81(2),83	82,83,84	۳	۳	۸
85(2),86,87(2)	85,86,87	۳	۵	۹
88,89(2)	88,89	۲	۳	۱۰
91,93,94,95,96,97,100	90,92,93,94,95,96,97,98,100	۹	۷	۱۱
102,103,104(2),105,107,108(2),113	101,102,104,105,106,107,108,109,113,115,116,117	۱۲	۹	۱۲
118(6),119(4)	118,119	۲	۱۰	۱۳
120,121,123	121,122	۴	۳	۱۴
124(3),125(3),126,127	124,125,126	۵	۸	۱۵
129(3),130,131	130,131	۳	۵	۱۶

133	132,134	۳	۱	۱ ۷
137,138	135,137,138	۶	۲	۱ ۸
141(5),142(3),143(3)	142	۳	۱۱	۱ ۹
145(3),146,147(2),148(2),150,151	,148,149,151,144,14	۵	۱۰	۲ ۰
152(2),153(2),154	153,154,155,156	۴	۵	۲ ۱
158,159	157,158,159,160	۵	۲	۲ ۲

در این حالت نیز همان طور که مشاهده می‌شود با پرداخت بخشی از هزینه زمین توسط دولت به عنوان یارانه، تعداد جایگاه‌های مورد نیاز برخی از مناطق دارای قیمت زمین بالا افزایش می‌یابد، زیرا نرخ تقاضا در آنها بالاست. با مقایسه نتایج مدل اصلی و دو سناریو اعمال شده ملاحظه می‌شود که تعداد جایگاه‌های مورد نیاز با سناریو سوم، حد وسطی از تعداد جایگاه‌ها در مدل اصلی و سناریو اول است.

۳.۴. اجرای مدل پس از در نظر گرفتن هزینه‌ای برای مناطق پر ترافیک

با در نظر گرفتن این نکته که هزینه جابه‌جایی فقط تابعی خطی از فاصله نمی‌باشد و شامل هزینه‌های بسیاری از جمله هزینه فرصت مشتریان است. می‌توان این هزینه را هزینه معطل شدن در ترافیک برای رسیدن به نزدیک‌ترین جایگاه در نظر گرفت.

برای این منظور با شناسایی نقاط پر ترافیک و اختصاص هزینه‌ای دیگر به این مناطق برای جابه‌جایی، به عنوان هزینه ماندن در ترافیک مدل را اجرا و نتایج را بررسی می‌نماییم. برای اعمال این تغییر در مدل ضریب دیگری مانند e_{ij} اضافه می‌کنیم که این ضریب برای

مناطق پر ترافیک که طبق آمار سازمان حمل و نقل و ترافیک شامل مناطق ۳ و ۶ و ۷ و ۱۱ و ۱۲ می‌باشد همان فاصله بین نواحی این مناطق ضرب در هزینه ماندن در ترافیک به ازای این فاصله در نظر می‌گیریم و برای سایر مناطق این ضریب صفر است. اگر هزینه ماندن به ازای هر کیلومتر ماندن در ترافیک را ۳ برابر حالت عادی در نظر بگیریم، پس تابع هدف به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$\text{Min } Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_{ij} * (c_{ij} + 3 * e_{ij}) * X_{ij} + \sum_{j \in J} 500 * Y_j \quad [13]$$

در این حالت نیز هزینه زمین را برای تمامی نواحی ثابت در نظر می‌گیریم.

نتایج به دست آمده به صورت جدول ۶ می‌باشد:

جدول ۶. نتایج اجرای مدل با سناریو سوم

شماره بلوک‌های دارای جایگاه	شماره بلوک‌های نیازمند جایگاه	تعداد جایگاه‌ها ی مورد نیاز (ترافیک)	جایگاه‌ها ی موجود	منطقه
2,9,10,11,12,13,14,15(2)	1,2,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15	۱۴	۹	۱
17,19,21(2),22(2),24(2),26	16,17,18,19,20,21,22,23,25,26	۱۰	۹	۲
28(3),29,31,32,33(2),35(2)	27,28,29,30,31,32,33,35,36,37,38	۱۱	۱۰	۳
39,40,41,42(2),44,45,47(2),48,52	39,40,41,42,43,44,46,47,48,49,50,51,52	۱۳	۱۱	۴
53,54,56,57(2),58,59,60(2)	53,54,55,56,57,58,59,60,61,62	۱۰	۹	۵
63(2),64,66,68,69,72	63,64,65,66,67,68,69,70,71,72	۱۰	۷	۶
73,74,75,78,79(3)	73,74,75,76,78,79,80	7	۷	۷
81(2),83	81,82,83,84	۴	۳	۸
85(2),86,87(2)	85,86,87	۳	۵	۹
88,89(2)	88,89	۲	۳	۱۰
91,93,94,95,96,97,100	90,91,92,93,94,95,96,97,99,100	۱۰	۷	۱۱
102,103,104(2),105,107,108(2)	101,102,103,104,105,106,107,108	۱۷	۹	۱۲

2),113	08,109, 110,111,112,113,114,115,116,1 17			
118(6),119(4)	118,119	۲	۱۰	۱۳
120,121,123	121,122	۳	۳	۱۴
124(3),125(3),126,127	124,125,126	۳	۸	۱۵
129(3),130,131	129,130,131	۳	۵	۱۶
133	132,133,134	۳	۱	۱۷
137,138	135,137,138	۳	۲	۱۸
141(5),142(3),143(3)	142	۱	۱۱	۱۹
145(3),146,147(2),148(2),150 ,151	144,145,146,147,148,149,150,1 51	۸	۱۰	۲۰
152(2),153(2),154	153,154,155,156	۴	۵	۲۱
158,159	157,158,159,160,161	۵	۲	۲۲

با مشاهده نتایج به دست آمده ملاحظه می‌شود که در برخی مناطق ترکیب بلوک‌های احداث جایگاه تغییر می‌نماید و این تغییر ناشی از به وجود آمدن تغییر در بلوک‌هایی است که هر بلوک برای سوخت‌گیری به آن مراجعه می‌کند که در این حالت لزوماً نزدیک‌ترین بلوک به بلوک محل سکونت نمی‌باشد، زیرا در مناطق پر ترافیک این عامل را نیز با تقریب وارد مدل کردیم. تعداد جایگاه‌های موجود، نتایج مدل اصلی و سه سناریوی اعمال شده بر روی مدل را به منظور مقایسه در کنار هم قرار دهیم (جدول ۷):

جدول ۷. مقایسه نتایج

تعداد جایگاه‌های مورد نیاز (ترافیک)	تعداد جایگاه‌های مورد نیاز (تقسیم به سه منطقه)	تعداد جایگاه‌های مورد نیاز (هزینه زمین ثابت)	تعداد جایگاه‌های مورد نیاز (مدل اصلی)	جایگاه‌های موجود	منطقه
14	۱۲	۱۵	9	۹	۱
10	۱۱	10	11	۹	۲
11	۱۲	۱۲	۸	۱۰	۳
13	۱۴	13	۱۴	۱۱	۴
10	۱۰	10	10	۹	۵
10	۱۰	۱۰	۸	۷	۶
7	۸	۸	8	۷	۷
4	۳	۴	۴	۳	۸
3	۳	۳	۳	۵	۹

2	۲	۲	۲	۳	۱۰
10	۹	1۱	۱۱	۷	۱۱
17	۱۲	۷۱	۱۷	۹	۱۲
2	۲	۲	۲	۱۰	۱۳
3	۴	2	۴	۳	۱۴
3	۵	3	۵	۸	۱۵
3	۳	2	۳	۵	۱۶
3	۳	2	۳	۱	۱۷
3	۶	3	۵	۲	۱۸
1	۳	1	۳	۱۱	۱۹
8	۵	۸	۸	۱۰	۲۰
4	۴	4	۵	۵	۲۱
5	۵	۴	۳	۲	۲۲

همان‌طور که ملاحظه می‌شود و پیشتر نیز بحث شد در برخی از مناطق تعداد جایگاه‌های موجود متناسب با وضعیت بهینه نمی‌باشد و در برخی کمبود و در برخی دیگر مازاد جایگاه نسبت به میزان تقاضایی که در آن منطقه وجود دارد، مشاهده می‌شود.

۵. نتایج پژوهش و جمع‌بندی

با در نظر گرفتن مدل اصلی و سناریوهای اعمال شده بر روی آن به می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- در مناطق ۱، ۲، ۴، ۶، ۱۱، ۱۲، ۱۷ و ۱۸ با اعمال مدل اصلی و همچنین هر سه سناریو این کمبود جایگاه دیده می‌شود و با توجه به در نظر گرفتن هر کدام از استراتژی‌ها نیاز به ساخت جایگاه‌های جدید مشاهده می‌شود.
- این کمبود به‌ویژه در مناطق ۱ و ۱۲ محسوس‌تر است. در منطقه ۱ این کمبود به دلیل نرخ مالکیت سواری بالا در این منطقه و در منطقه ۱۲ نیز به دلیل تراکم بالای جمعیت و در نتیجه تقاضای بالا برای سوخت وجود دارد.
- در برخی مناطق نیز با در نظر گرفتن وضعیت موجود و وضعیت بهینه به دست آمده مازاد جایگاه وجود دارد. از جمله این مناطق، مناطق ۹، ۱۳، ۱۵، ۱۶، ۱۹ و ۲۰ هستند که تعداد جایگاه‌های موجود در آنها با توجه به حجم تقاضا بیشتر از تعداد مورد نیاز است.

- این مازاد به‌ویژه در مناطق ۱۳، ۱۵ و ۱۹ محسوس‌تر است.
 - در برخی مناطق نیز با در نظر گرفتن وضعیت موجود و وضعیت بهینه تعداد جایگاه‌ها متناسب با نیاز منطقه در نظر گرفته شده است. مانند مناطق ۵، ۷، ۸، ۱۰، ۱۴، ۲۱ و ۲۲.
 - همچنین در منطقه ۳ تعداد جایگاه‌های بهینه مورد نیاز با اعمال سناریوهای مختلف متفاوت شده و در نتیجه با اعمال برخی از سناریوها تعداد فعلی کم و با اعمال سناریوی دیگر تعداد فعلی بیشتر از حد مورد نیاز است.
- به طور مثال اگر هزینه زمین را ثابت در نظر بگیریم با توجه به نرخ مالکیت سواری بالا در این منطقه، تعداد جایگاه‌های مورد نیاز بیشتر از وضعیت موجود تعیین می‌شود و در این منطقه کمبود جایگاه وجود دارد.
- در حالی که اگر قیمت زمین را قیمت واقعی آن در نظر بگیریم این عدد کمتر از تعداد فعلی تعیین می‌شود، زیرا قیمت زمین در این منطقه به نسبت سایر مناطق بالاتر است و برای مالکان جایگاه‌ها احداث جایگاه با این هزینه بالا مقرون به صرفه نمی‌باشد.
- این یکی از نتایج مدل است که نشان می‌دهد پاسخ‌های مدل به رفتار واقعی مردم در سطح شهر نزدیک است، زیرا تقاضای سوخت در این منطقه بالاست، اما قیمت زمین نیز بسیار بالاست و به همین دلیل تعداد جایگاه‌های فعلی سوخت با در نظر گرفتن تقاضا کم و با در نظر گرفتن هزینه ساخت جایگاه بیشتر از حد نیاز است.
- همچنین با توجه به ترکیب بلوک‌های دارای جایگاه و بلوک‌های نیازمند جایگاه در هر منطقه ملاحظه می‌شود که این ترکیب نیز در برخی مناطق متفاوت است.
- به طور مثال در مناطق ۲، ۳، ۱۳، ۱۷، ۴ و ۱۹ برخی بلوک‌های دارای چند جایگاه و برخی دیگر فاقد جایگاه هستند که طبق نتایج مدل این پراکندگی را متناسب با تقاضای هر بلوک تقسیم می‌نماید.
- با توجه به موارد فوق و فرضیه این پژوهش، به این نتیجه می‌رسیم که توزیع جغرافیایی فعلی جایگاه‌های سوخت رسانی (پمپ بنزین‌ها) در برخی مناطق شهر تهران بهینه نمی‌باشد و با تعداد فعلی جایگاه‌های سوخت‌گیری در سطح مناطق ۲۲ گانه شهر تهران (۱۴۶ عدد)، برای اینکه مشتریان با حداقل هزینه مواجه شده و تقاضا به صورت بهینه توزیع

گردد، در برخی مناطق نیاز به تعطیلی تعدادی از جایگاه‌ها و در برخی مناطق دیگر نیاز به احداث جایگاه‌های جدید داریم.

با در نظر گرفتن نتایج پژوهش توزیع بهینه جایگاه‌های سوخت در هر منطقه به تفکیک بلوک‌ها و بر اساس سناریوهای مختلف به دست آمد و مشاهده گردید که توزیع بهینه در حالت کلی بسته به سیاست مورد نظر متفاوت می‌شود.

اینکه کمینه کردن هزینه مشتریان در اولویت قرار گیرد یا هزینه مالکان جایگاه‌ها و یا اینکه ترافیک را نیز به عنوان عامل مهمی در نظر بگیریم، این توزیع بهینه در هر منطقه تا حدی متفاوت می‌شود.

البته در واقعیت عوامل بسیار مهم دیگری نیز بر این تصمیم‌گیری‌ها دخالت دارند که از جمله آنها می‌توان به وجود زمین موردنظر در هر محدوده و همچنین عدم تداخل با کاربری‌های مجاور اشاره نمود، زیرا ممکن است در برخی بلوک‌ها به دلیل نرخ بالای تقاضا و تراکم جمعیت نیاز شدیدی به جایگاه سوخت‌گیری باشد اما نبود زمین مناسب یا تداخل با کاربری‌های مجاور از جمله بیمارستان‌ها، ساختمان‌های مسکونی و ... امکان احداث جایگاه وجود نداشته باشد.

در نتیجه، عوامل فوق موجب عدم تشکیل ایستگاه‌های سوخت متناسب با نیاز روز در شهر تهران شده است. از این رو به نظر می‌رسد رسیدن به حالت ایده‌آل و تشکیل و ساخت کمبودهای شناسایی شده در زمان کوتاه امری دشوار است، به همین دلیل پیشنهاد می‌شود پس از شناسایی نقاط مستعد، ساخت جایگاه‌های عرضه سوخت بر اساس یک اولویت‌بندی صورت پذیرد.

به این ترتیب که نواحی که دارای پتانسیل بیشتری می‌باشند برای احداث جایگاه در اولویت قرار گیرند که این پتانسیل به معنی در نظر گرفتن نتایج مدل در کنار عوامل فوق تعریف می‌شود.

به این صورت که پس از شناسایی بلوک‌های منتخب با توجه به سیاست اعمال شده، امکان سنجی احداث جایگاه از نظر وجود زمین، عدم تداخل با کاربری‌های مجاور، قابلیت توسعه جایگاه‌های سوخت به منظور ایجاد مجتمع‌های خدماتی-رفاهی و شکل‌گیری سایر خدمات

عمومی در کنار ایستگاه‌های سوخت‌گیری در قالب یک مجموعه (به علت محدودیت زمین در سطح شهر)، توجیه اقتصادی مناسب برای ایجاد جایگاه‌ها به جهت تناسب داشتن مجموع هزینه‌ها و درآمد کل انجام گیرد و در نهایت مناطق مناسب معرفی گردد.

۶. منابع

- آی گس، سل، ۱۳۶۹، *برنامه‌ریزی خطی (روش‌ها و کاربردها)*، فائزه توتونیان، دانشگاه فردوسی مشهد.
- افندی زاده و اقبالی، (۱۳۸۸)، "ارائه مدل تقاضا و توزیع جغرافیایی مصرف سوخت در شبکه حمل و نقل شهری"، *مهندسی ترافیک*، سال یازدهم، شماره ۴۱، صفحه ۳
- اکبری، نعمت‌الله، (۱۳۸۴)، "مفهوم فضا و چگونگی اندازه‌گیری آن در مطالعات منطقه‌ای"، *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، سال هفتم، شماره ۲۳.
- درخشان، مسعود (۱۳۸۵)، *اقتصادسنجی*، تهران، سمت.
- سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، تابستان (۱۳۷۸)، *بررسی جایگاه‌های سوخت رسانی در شهر تهران*.
- شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری (وابسته به شهرداری تهران) (۱۳۸۴)، *ارزش معاملاتی املاک تهران، شمیران، شهرری و حومه به انضمام نقشه بلوک‌ها*.
- شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران (مرداد ۱۳۸۲)، *برآورد متغیرهای اقتصادی-اجتماعی و تقاضای سفر شهر تهران تا سال ۹۰*.
- عرب مازار، عباس (۱۳۶۶)، *اقتصادسنجی عمومی*، تهران، کویر.
- عرب مازار، علی اکبر (۱۳۷۶)، *برنامه‌ریزی ریاضی*، تهران، دانشگاه شهید بهشتی.
- عابدین درکوش، سعید (۱۳۸۹)، *درآمدی بر اقتصاد شهری*، تهران، مرکز نشر دانشگاهی.
- قدسی‌پور، حسن (۱۳۸۷)، *فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP*، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- لینچ، کوین (۱۳۷۶)، *تئوری شکل خوب شهر*، تهران، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

مرکز اطلاعات جغرافیایی شهر تهران (۱۳۷۶)، کاربردهای سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS در جهان.

مرادی نژاد، داریوش، همتا، نیما (۱۳۸۸)، بهینه‌سازی در نرم‌افزار *lingo*، نشر همت جاودان.

معماری، مجتبی (۱۳۷۸)، بررسی نحوه توزیع بنزین در شهر تهران و مکان‌یابی بهینه، پایان‌نامه، دانشگاه آزاد اسلامی، رشته عمران گرایش شهرسازی.

میرزایی قمی، عبدالقادر (۱۳۸۴)، مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت‌رسانی (مطالعه موردی پمپ بنزین‌های شهرداری منطقه ۱)، پایان‌نامه، دانشگاه امام خمینی، رشته عمران گرایش برنامه‌ریزی حمل و نقل.

وینستون، وین (۱۳۸۰)، تحقیق در عملیات (برنامه‌ریزی حمل و نقل)، ترجمه میرحسینی، علی، علیرضایی، محمدرضا، تهران، مبتکران.

هیود، لین (۱۳۸۱)، مقدمه‌ای بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، ترجمه گیتی تجویدی، سازمان نقشه برداری کشور.

- Cooper, L , (1963), *Location – Allocation Problems, Operation Research*.
C.S ReVelle , H.A Eiselt, (2005), *Location analysis, University of new Brunswick, NB, Canada*.
Harkness Joseph, ReVelle Charles, (2003), *Facility location with Increasing Production Costs*, The John Hopkins University.
Kuhn, H.W. and Kuenne, R.E. , (1962), "An Efficient Algorithm for Numerical solution of Generalized Weber Problem in spatial Economics", *J Regional science*.
Kaufman, L. and Plastria, F , (1980), *A Generalization of the Weber Location Problem*, Vrije University Brussell, Belgium.
Mark D.H and Lieman J.G, (1971), "Location Models, Solid Waste Collection Example", *Journal of Urban Planning and Development ASCE*.
Martin Frick, K.W. Axhausen , GianCarle, Alexander Wokaun (2007), *Optimization of Distribution of Compressed Natural Gas (CNG) Refueling Stations: Swiss Case Studies*.
Schaeffer, W.K and Huter, A.P, (1974), *An Algorithm for the Solution of a Location Problem with Metric Constraints*.
huijun Sun , GaoZiyu, Wu Jianjun, (2007), *A Bi-level Programming Model*

and Solution Algorithm for Location of Logistic Distribution Centers,
Beijing Jiaotong University.

Wang Ying Wei, (2010), *Locating Passenger Vehicle Refueling Stations,*
National Penghu University.

وب سایت سازمان ملی پخش و پالایش فرآورده‌های نفتی www.niopdc.ir

وب سایت شهرداری تهران www.tehran.ir

وب سایت سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران

<http://trafficorg.tehran.ir>

وب سایت مرکز آمار ایران <http://www.amar.org.ir>