

استفاده از راه حلی ابتکاری در مکان‌یابی جایگاه‌های CNG (مطالعه موردی: شهر اصفهان)

سیده طلیعه شریعتمداری* کارشناس ارشد مهندسی صنایع، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان
سید نادر شتاب بوشهری، عضو هیأت علمی، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده صنایع و سیستم‌ها
قدرت افتخاری، کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری و حمل و نقل، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان
*tala.shariat@gmail.com

تاریخ پذیرش: آبان ۹۱

تاریخ دریافت مقاله: آذر ۹۰

چکیده

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 کشور شده و استفاده از خودروهای دوگانه سوز به طور فزاینده‌ای در جامعه مورد استقبال قرار گرفته است [۴]. قیمت مناسب CNG، کارایی تقریباً مشابه با بنزین (کالای جانشین) و سهمیه‌بندی بنزین باعث شده استفاده از گاز به عنوان سوخت جایگزین مورد توجه قرار گیرد. از این رو ساخت جایگاه‌های سوخت CNG به منظور ارائه خدمات بیشتر به مردم از اولویت‌های بخش دولتی و خصوصی قرار گرفته است. تعداد کم جایگاه‌ها، صف‌های طولی مشتریان جهت سوخت‌گیری در محل جایگاه‌های CNG و افزایش تعداد خودروهای دوگانه سوز نیاز به تأسیس جایگاه‌های جدید را نمایان می‌کند. آن چه در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است، طراحی مدلی با راه حل ابتکاری جهت یافتن مکان‌های مناسب برای احداث جایگاه‌های سوخت CNG است. هدف از این مدل مینیمم‌نمودن زمان سفر سوخت‌گیری CNG است. در نهایت این مدل در قالب مطالعه موردی در شهر اصفهان پیاده‌سازی خواهد شد.

کلید واژه: مکان‌یابی تسهیلات، جایگاه سوخت CNG، مدل مینیمم مجموع، روش ابتکاری

۱ - مقدمه

مشکلات زیست محیطی آلودگی هوا، هزینه‌های بالای تهیه سوخت، 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. استفاده از گاز طبیعی با به کارگیری سیستم‌های کنترلی پیشرفته و تجهیزات مناسب در خودروها، آلاینده‌های متعارف، غیرمتعارف و میزان ذرات ریز خروجی از خودروها را تا حد زیادی کاهش می‌دهد. با وجود این که استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت خودروها در ایران از سابقه‌ی ۳۰ ساله برخوردار است لیکن به دلیل عدم برنامه‌ریزی صحیح و هم‌چنین پیدایش فرهنگ و تفکر اشتباه مخاطره‌آمیز بودن استفاده از آن در خودروها، تا پیش از تشکیل سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور در سال ۱۳۷۹، صنعت مذکور در کشور ما فراگیر نشده بود. از جمله عوامل مهم در استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت جایگزین در ایران و سایر کشورها می‌توان به دستیابی به سوختی با آلودگی کمتر و ایجاد تنوع در سبد سوختی اشاره نمود اما در ایران علاوه بر عوامل مذکور، مهم‌ترین عاملی که رو آوردن به این سوخت را اجتناب‌ناپذیر نموده است، مزیت اقتصادی بسیار زیاد استفاده از

گاز طبیعی به جای بنزین در مقایسه با سایر کشورها است. پس به نظر می‌رسد موضوع مکان‌یابی جایگاه‌های CNG از اهمیت خاصی برخوردار است که در این پژوهش به آن پرداخته می‌شود.

۲ - تعریف مسأله و اهداف تحقیق

استفاده از سوخت‌های جدید به عنوان جایگزین مناسب برای سوخت فسیلی در دنیا و هم‌چنین در ایران رو به فزونی است. از این نمونه سوخت‌ها می‌توان به سوخت CNG اشاره نمود. از این رو ساخت و گسترش جایگاه‌های سوخت‌های غیرفسیلی باید مورد توجه ویژه قرار گیرد. آنچه به عنوان طرح‌های پژوهشی در سال‌های اخیر در سایر کشورها انجام گرفته، بسیار گسترده است. البته در این پژوهش‌ها منظور از سوخت‌های غیرفسیلی صرفاً CNG نمی‌باشد. برای مثال در جدیدترین پژوهش در تایوان، مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت هیدروژنی با هدف مینیمم کردن هزینه‌ها و ماکزیمم نمودن پوشش جمعیت صورت گرفته است (وانگ، ۲۰۰۹). در ایران به علت دسترسی بالا به گاز طبیعی، CNG به عنوان سوخت جایگزین استفاده می‌شود. تحقیقات در زمینه مکان‌یابی CNG در ایران، به علت عدم دسترسی کامل به

1- Wang

داده‌های مورد نیاز، گستردگی زیادی ندارد. در تحقیقات موجود، پژوهشگران جهت مکان یابی جایگاه های CNG ترجیحاً از روش‌های غیر ریاضی استفاده می‌نمایند. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به مطالعه ابراهیم زارعی (۱۳۸۵) اشاره نمود که در حوزه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری انجام گرفته است.

هدف اصلی این پژوهش انتخاب مکان‌های بهینه برای تأسیس جایگاه‌های سوخت‌گیری CNG در کلان‌شهرها است. این تحقیق در قالب یک مطالعه موردی در کلان‌شهر اصفهان مورد بررسی قرار می‌گیرد. از اهداف فرعی این پژوهش می‌توان به چند مورد از جمله بررسی کافی بودن امکانات موجود و چگونگی انتخاب آنها به عنوان جایگاه سوخت، استفاده از مدلی با روش‌های حل ابتکاری به عنوان راهی مناسب برای تعیین مکان بهینه جایگاه‌های سوخت و بررسی تأثیر رفتار متقاضیان سوخت CNG برای انتخاب جایگاه مورد نظرشان اشاره نمود. هدف مدل طراحی شده در این پژوهش مینیمم نمودن فاصله سفر سوخت‌گیری CNG است.

۳- ساختار کلی مقاله

در این بخش ادبیات و پیشینه تحقیق، چگونگی جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز و قالب‌بندی مدل ریاضی مورد استفاده در این پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱.۳- ادبیات و پیشینه تحقیق

در زمینه مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت مطالعاتی صورت گرفته است. تعدادی از مطالعات پیشین هم‌زمان دو نوع تقاضا در مدل‌سازی محل تأسیسات را مورد بررسی قرار داده‌اند اما هیچ‌یک از آنها راه حل مناسبی را برای این مشکل پیدا نکرده‌اند [۱۰]. ملینا^۱ [۱۲] معیارهای عمومی‌ای را برای شناسایی مکان‌های موثر جهت احداث ایستگاه‌های سوخت هیدروژنی معرفی نموده است. در این بین می‌توان به مواردی از قبیل مکان‌های نزدیک به نواحی با حجم ترافیک بالا، مکان‌های تامین سوخت در طول جاده‌هایی که در آن‌ها مسافرت‌هایی با مسیر طولانی صورت می‌گیرد، مکان‌های شاخص جهت افزایش آگاهی عمومی در مورد سوخت‌های جایگزین و مکان‌هایی که در دسترس افرادی قرار دارند که برای اولین بار خوردروی هیدروژن سوز خود را خریداری کرده‌اند، اشاره کرد [۱۴]. در تحقیق ملینا دو نوع از ایستگاه‌های سوخت هیدروژنی توانسته‌اند این معیارها را حل کنند: یکی ایستگاه‌هایی در نواحی کلان‌شهری (با نام ایستگاه اولیه)، که می‌توانند به حجم بالایی از مصرف‌کنندگان که مسافرت‌های با مسافت کوتاه شهری دارند خدمات رسانی کنند و دیگری ایستگاه‌های مستقر در اتوبان‌های بین‌شهری (با عنوان ایستگاه‌های ثانویه) که برای سفرهایی با مسافت طولانی (البته تعداد دفعات سوخت‌گیری کمتر) احداث می‌شوند [۱۳].

اولین مدل ترکیبی توسط گود چایلد و نارون‌ها^۲ [۶] برای

- 1- Melaina
- 2- Good child & Naronha

استقرار تعداد محدودی از پمپ‌های بنزین ارائه شده بود تا سهام بازار سوخت‌گیری یک شرکت را به حداکثر تعداد خود برساند. از این رو یک مدل P- میان‌را مورد مطالعه قرار دادند. با این وجود، به این دلیل که مدل از داده‌های جریان زنجیره و نه از جریان‌ات مبدأ و مقصد (O-D) استفاده می‌کرد، با مشکلات شمارش مضاعف (دوبل) و حذف جریان‌اتی رو به رو بود، از این رو برای ارزیابی این که آیا در کل مسیر، خودرو از لحاظ سوخت‌گیری تأمین است، ضعف داشت [۱۵].

هاجسون و روزینگ^۳ [۸] مدل جانمایی جریان سوخت جایگزین، FCLM^۴ [۷] را گسترش دادند تا یک مدل ترکیبی را با دو هدف متضاد برای استقرار تعداد محدودی از ایستگاه‌های سوخت‌گیری با عنوان حداکثر جریان‌ات و حداقل مسافت وزنی تقاضا، ارائه دهند. در این مدل فرض شد که کل جریان توسط فقط یک ایستگاه که در کوتاه‌ترین مسیر مستقر است، جذب می‌شود.

لیم و کوبی^۵ [۹] مدل FCLM را توسعه دادند. آن‌ها با در نظر گرفتن محدوده دامنه اتومبیل‌های دوگانه‌سوز، سعی در حداکثر کردن پوشش جریان‌ات سوخت‌گیری و بهبود مدل FCLM کردند. با این وجود این مدل‌ها نیازمند جریان‌ات مربوط به مابریس مبدأ- مقصد (O-D) هستند، که به دست آوردن این اطلاعات در مواردی خاص آسان نیست [۱، ۲].

کارنت^۶ و همکارانش [۵] مسئله حداکثر پوشش و کوتاه‌ترین مسیر را با اهداف چندگانه حداکثر پوشش جمعیت و کوتاه‌ترین مسیر (هزینه) از نقطه‌ای از پیش تعیین شده مبدأ تا مقصد برای طراحی شبکه حل نمودند.

باپنا^۷ و همکارانش [۳] MCSPP^۸ را برای مسئله حداکثر پوشش / کوتاه‌ترین فاصله مقطعی زیرگراف (MC^۳SP)^۹ برای استقرار ایستگاه‌های بنزین بدون سرب برای خدمات‌رسانی به مسافرت‌هایی با مسافت کوتاه در میان شهرها و امکان‌پذیر ساختن مسافرت‌هایی با مسیر طولانی بین شهرهای بزرگ با جمعیت زیاد گسترش داده بودند. این مدل دارای دو هدف متضاد حداقل هزینه و حداکثر پوشش بود.

اینگ وی وانگ^{۱۰} و چوان رن وانگ^{۱۱} [۱۷] یک مدل ترکیبی جدید را با اهداف دوگانه حداقل هزینه جانمایی و حداکثر پوشش جمعیت، با استفاده از داده‌های به دست آمده از ماتریس (O-D) و توسعه مدل لین و وانگ [۱۶] 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

- 3- Hodgson & Rosing
- 4- The Flow Capturing Location-allocation Model
- 5- Lim & Kubu
- 6- Current
- 7- Bapna
- 8- The Maximum Covering/Shortest Path Problem
- 9- The Maximum Covering/Shortest Spanning Subgraph Problem
- 10- Ying-Wei Wang
- 11- Chuan-Ren Wang

خانه می باشد. با توجه به این رفتار می توان الگوریتم تخصیص تقاضا را طراحی نمود. پس از تخصیص تقاضا به هر منطقه می توان تابع هدف را تعریف نمود و مکان های بهینه جهت احداث جایگاه را یافت. اگر "S" مجموعه ای از بخش هایی باشد که قرار است در هر کدام از آن ها یک جایگاه CNG احداث شود، آن گاه روابط زیر، مدل ریاضی میزان جذب تقاضای سوخت توسط جایگاه S و جایگاه موجود در بخش S، هنگامی که رفتار متقاضی در انتخاب جایگاه از مدل رفتاری توصیف شده در بالا تبعیت کند را نشان می دهد (روابط ۲):

$$X_s = \sum_j \sum_i \alpha_{ij} a_{ij}$$

$$\bar{C}_i \geq C_{is} I_i^s \quad \forall i$$

$$\bar{C}_j \geq C_{js} I_j^s \quad \forall j$$

$$C_{ij} = \min\{\bar{C}_i, \bar{C}_j\} \quad \forall i, j$$

$$\sum_{h=1}^N \alpha_h = 1$$

$$X_s \leq cap_s$$

$$I_i^s = \{0,1\}, I_j^s = \{0,1\}$$

۳.۲.۳ - مدل تابع هدف

حال اگر Φ مجموعه کل بخش هایی باشد که جایگاه های CNG پیشنهادی در آن بخش ها قرار دارند و Ψ_m مجموعه زیرمجموعه های n عضوی باشد که به کمک عضوهای مجموعه Φ و بنا بر نیاز سال m به جایگاه CNG می توان تشکیل داد، آن گاه روابط زیر مدل ریاضی مکان یابی جایگاه های CNG را نشان می دهد (روابط ۳):

در روابط بالا، a_{ij}^s و a_{ij}^s میزان تقاضایی است که به بخش S و S تخصیص داده می شود. این تقاضا به نزدیک ترین بخش متعلق به مجموعه های S یا S_m تخصیص داده می شود. این بخش انتخابی، کوتاه ترین فاصله را از i و j تقاضای مورد نظر دارد. اگر این بخش متعلق به S باشد این کوتاه ترین فاصله C_{ij}^s و اگر متعلق به S_m باشد این کوتاه ترین فاصله C_{ij}^s نامیده می شود.

$$Z_m = \min \left(\sum_{s \in S} \sum_{i=1}^{186} \sum_{j=1}^{186} a_{ij}^s(S) \times C_{ij}^s + \sum_{s \in S_m} \sum_{i=1}^{186} \sum_{j=1}^{186} a_{ij}^s(S'_m) \times C_{ij}^s \right)$$

$$s. t. \begin{cases} n|S| = n \\ S \in \Psi_m \\ S'_m \equiv Constant \end{cases}$$

۴ - نتیجه گیری

در این بخش نتایج حاصل از پیاده سازی مدل در شهر اصفهان و تحلیل آن ها مورد بررسی قرار می گیرد.

۱.۴ - مطالعه موردی

پس از طراحی مدل و الگوریتم حل آن، به بررسی و پیاده سازی این مدل بر روی شهر اصفهان پرداخته شد. ابتدا داده های مورد نیاز

اهداف MCSP و MCSP روی استقرار ایستگاه های سوخت گیری متمرکز شده است تا به مسافرت های برون شهری با کوتاه ترین مسیر ممکن (در میان شهرهای پرجمعیت) و پوشش بیشتر مسافرت های درون شهری در مکان های خاص و مشخص خدمات رسانی کند.

۲.۳ - مدل پیشنهادی

با تعریف مسأله بایستی به مدل سازی آن پرداخت که این امر با جمع آوری اطلاعات مورد نیاز آغاز می شود و به دنبال آن مدلی طراحی می شود که با حل آن می توان به هدف مورد نظر یعنی تعیین مکان های مناسب برای احداث جایگاه های CNG دست یافت. فرمول بندی مدل برای استقرار ایستگاه های سوخت گیری، در جهت خدمت رسانی مسافرت های درون شهری (مسافت کوتاه) تأکید دارد. در این تحقیق مدل، شهر اصفهان را تحت پوشش قرار می دهد و سعی در حداقل کردن هزینه ها جهت مکان یابی جایگاه های سوخت CNG و هم چنین حداکثر کردن سطح خدمات در هر ناحیه را دارد. مدل مورد نظر در این تحقیق به صورت مدلی ریاضی با دانش تحقیق در عملیات قالب بندی شده و به کمک یک الگوریتم ابتکاری حل می شود. اهداف مختلفی را می توان در ارتباط با مکان یابی جایگاه های CNG در نظر گرفت. در این پژوهش هدف از مکان یابی جایگاه ها، مینیمم کردن زمان سفر سوخت گیری CNG در سطح شهر اصفهان می باشد. در این قسمت، مدل ریاضی مسأله مکان یابی جایگاه های CNG ارائه می گردد. هدف این مسأله، انتخاب n مکان بهینه جهت احداث جایگاه CNG در سال m می باشد. در مدل طراحی شده، رفتار خاصی برای متقاضیان سوخت CNG تعریف شده است که عبارتند از انتخاب نزدیک ترین جایگاه توسط متقاضی. دو مسیر برای سفر سوخت گیری یک متقاضی تعریف شد که در نهایت کوتاه ترین مسیر از بین این دو توسط وی انتخاب می شود.

۱.۲.۳ - تعریف فاصله بین نواحی و بخش ها و تعیین

مقادیر آن

آن چه در این پژوهش به عنوان فاصله تعریف می شود صرفاً فاصله بین هر ناحیه تا هر بخش است و فاصله بین بخش ها مورد استفاده نخواهد بود. ماتریس فواصل بین نواحی مختلف موجود است. با استفاده از این ماتریس و محاسبه نوعی میانگین وزنی از این فواصل، ماتریس فاصله ناحیه (1=186, ..., 1) تا بخش (S=1, ..., 26) به دست آمد که CIS نام گرفت (رابطه ۱).

$$C_{is} = (C_{ij}(SZ))' / \sum_j \sum_i SZ_{ij} \quad (1)$$

در این رابطه C_{ij} : ماتریس فاصله در روز بین نواحی است. (SZ)' : ترانهاده ماتریس تعیین نواحی موجود در هر بخش است. عملیاتی که در صورت این کسر انجام می شود ضرب ماتریسی C_{ij} در (SZ)' می باشد.

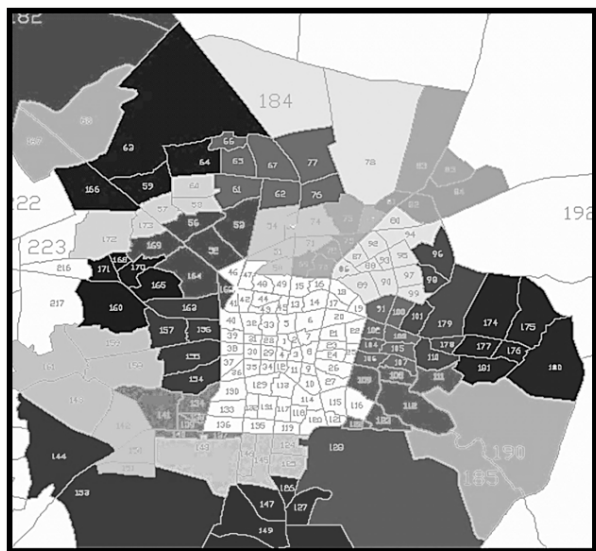
۲.۲.۳ - مدل تخصیص جزئی

مسیر اول خانه- جایگاه- خانه و مسیر دوم محل کار- جایگاه-

در بردارهای پیش بینی برای سال های ۹۰ تا ۹۵ و نرمال کردن آن ها، برداری با نام α به دست می آید. هر درایه α در واقع میزان سهم هر ناحیه را از میزان تقاضا مشخص می نماید. اگر بردار α سال مشخصی، در میزان CNG مصرف شده در همان سال ضرب شود، میزان تقاضای CNG برای هر ناحیه در همان سال مشخص می شود.

۳.۲.۴ - تعیین نواحی با پتانسیل احداث جایگاه CNG

یکی از مهم ترین بخش های حل مدل در این پژوهش به دست آوردن مکان های کاندید جهت احداث جایگاه است تا از میان آن ها مکان های بهینه، با توجه به تقاضای موجود، یافت شود. با توجه به این نکته که امکان احداث جایگاه در مراکز با رفت و آمد بالا وجود ندارد و ایمنی آن بسیار کم است، مرکز تجاری شهر اصفهان (CBD^{۱۲}) از بین ۱۸۶ ناحیه موجود در شهر اصفهان حذف گردید. با حذف CBD از میان نواحی ترافیکی شهر اصفهان، ۱۲۱ ناحیه از شهر اصفهان باقی می ماند. به علت تعداد زیاد نواحی باقی مانده و پیچیده شدن مسئله، اقدام به تقسیم بندی نواحی به چندین بخش^{۱۳} نموده شد. این عمل باعث کم شدن پیچیدگی مسئله و کاهش زمان حل مدل گردید. برای این نوع بخش بندی خاص، شاخصی به نام شاخص دسترسی تعیین گردید که نواحی بر اساس آن دسته بندی شدند. بر اساس این شاخص، نواحی در همسایگی شریان های اصلی و گذرگاه های درجه اول به عنوان هسته های بخش و نواحی همسایه ی هسته ها مادامی که وارد مرز CBD نشوند و یا خود در همسایگی یک شریان اصلی نباشند در آن بخش جای می گیرند. پس از بخش بندی نواحی بنا بر شاخص دسترسی، ۲۶ بخش حاصل گردید (شکل ۱).



شکل ۱: CBD و بخش های تعیین شده شهر اصفهان

برای حل مدل جمع آوری گردید و پس از حل مدل نتایج به دست آمده از استفاده از این الگوریتم ها، مکان های انتخاب شده به تفکیک سال و زمان حل مدل برای همان سال با توجه به هدف تعیین شده در شهر اصفهان برای سال های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ به دست آمد. در ادامه چگونگی جمع آوری داده های مورد نیاز شرح داده می شود. در نهایت نتایج حاصل از اعمال این مدل در جدول (۱) نمایش داده شده است.

۲.۴ - جمع آوری داده ها

اطلاعات و داده های لازم برای انجام این پایان نامه از سه منبع مختلف جمع آوری گردید. اول از بانک اطلاعاتی در معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان، دوم از شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی ایران و سوم از بانک اطلاعاتی مطالعات جامع حمل و نقل اصفهان که در سال ۸۰ در محدوده ی کلان شهر اصفهان به اجرا درآمده است. جهت ایجاد پاره ای از اطلاعات مورد نیاز که به علت محدودیت های پژوهش در دسترس نبودند از پرسش نامه استفاده گردید. سایر داده های ورودی نظیر بخش بندی نواحی ترافیکی و تعریف فاصله بین آنها با مشورت کارشناسان به دست آمد.

۱.۲.۴ - طراحی پرسش نامه

این پرسش نامه شامل سیزده سوال می باشد که توسط متقاضیان سوخت گیری CNG در محل چهار جایگاه در دو زمان متفاوت پاسخ داده شده است. این پرسش نامه شامل اطلاعاتی هم چون تعداد دفعات مراجعه به جایگاه های CNG در طول یک ماه، ظرفیت مخزن گاز خودرو، متوسط مسافت طی شده با CNG، معیار انتخاب جایگاه توسط متقاضیان، متوسط زمان صرف شده و مسافت طی شده جهت رسیدن به جایگاه مورد نظر متقاضیان، مبدا حرکت به هدف سوخت گیری، زمان مراجعه به جایگاه و متوسط زمان انتظار در صف می باشد.

۲.۲.۴ - پیش بینی تقاضا CNG در هر ناحیه از

اصفهان

برای پیش بینی میزان تقاضا در هر ناحیه از اصفهان در روز، ابتدا باید سهم کیلومتر طی شده توسط سواری در هر ناحیه از شهر یافت شود. بر این اساس با کمک نرم افزار Gauss و بانک داده های موجود از سال ۷۹، بردار سهم کیلومتر طی شده توسط سواری برای همان سال به دست آمد و سپس به کمک مدل پیش بینی که در بخش پیشین به آن اشاره شد، بردارهای مرتبط برای سال های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ تخمین زده شد. این بردار با نسبت دادن کل کیلومتر سفر طی شده در روز توسط هر فرد به وسیله سواری در هر ناحیه در سال ۷۹ به کل کیلومتر سفر طی شده در روز توسط هر فرد در هر ناحیه در سال ۷۹ حاصل شد. با ضرب این بردار

12- Central Business District
13- Sector

نتایج حاصل از اعمال این مدل در شهر اصفهان در جدول زیر نمایش داده شده است.

جدول (۱): نتایج نهایی حل مدل

سال	تعداد نازل مورد نیاز	تعداد جایگاه معادل	شماره بخش انتخابی	زمان حل (ثانیه)	ظرفیت جایگاه (تعداد نازل)
۹۰	۲۲	۴	۱۵	۱۱۲۴	۶
			۱۹		
			۲۲		
			۲۵		
۹۱	۲۶	۴	۱۵	۴۲۲۱	۶
			۱۷		
			۱۹		
			۲۲		
۹۲	۳۰	۵	۱۶	۹۵۹۶	۶
			۱۷		
			۱۸		
			۲۰		
			۲۲		
۹۳	۳۶	۶	۱۳	۱۰۶۳۱	۶
			۱۴		
			۱۶		
			۱۸		
			۲۰		
			۲۲		
۹۴	۴۴	۷	۱	۴۵۰۸۶	۶
			۶		
			۷		
			۱۶		
			۲۰		
			۲۲		
			۲۳		

۳.۴ - تحلیل نتایج

با افزایش مصرف سوخت‌های جایگزین هم چون CNG در ایران، مکان‌یابی جهت استقرار جایگاه این نوع از سوخت اهمیت به سزایی می‌یابد. دسترسی مناسب، کاهش زمان سفر به هدف سوخت‌گیری و کاهش مدت زمان معطلی در صف جایگاه‌ها می‌تواند از عوامل بالا بردن جذابیت استفاده از این نوع سوخت باشند. آن چه به عنوان هدف در این پژوهش تبیین گردید حداقل کردن هزینه‌های جایابی این تجهیز و بالا بردن سطح خدمات آن بود. هدف مینیمم کردن زمان سفر سوخت‌گیری در واقع باعث کاهش هزینه‌های استفاده از این خدمات برای متقاضی و در

نتیجه باعث کاهش هزینه‌های مربوط به جایابی آن خواهد شد. در مقایسه این پژوهش با سایر پژوهش‌های انجام گرفته در ایران، می‌توان به استفاده از مدل‌های ریاضی، راه‌حل‌های ابتکاری و تعیین محل نسبتاً دقیق مکان جایگاه‌ها اشاره نمود که در هیچ کدام از پژوهش‌های ذکر شده در فصل دوم مورد توجه قرار نگرفته بود.

۵ - قدردانی

از معاونت محترم حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان که از جهت جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز این پژوهش یاری رسان بودند، کمال تشکر را داریم.

۶ - ماخذ و منابع

- [1]Aboolian, R., Berman, O., Krass, D., 2007. Competitive facility location and design problem. *European Journal of Operational Research* 182 (1), 40–62.
- [2]Averbakh, I., Berman, O., 1996. Locating flow-capturing units on a network with multi-counting and diminishing returns to scale. *European Journal of Operational Research* 91 (3), 495–506.
- [3]Bapna, R., Thakur, L.S., Nair, S.K., 2002. Infrastructure development for conversion to environmentally friendly fuel. *European Journal of Operational Research* 142 (3), 480–490.
- [4]Bento, N., 2008. Building and interconnecting hydrogen networks: insights from the electricity and gas experience in Europe. *Energy Policy* 36 (8), 3019–3028.
- [5]Current, J.R., ReVelle, C.S., Cohon, J.L., 1985. The maximum covering/shortest path problem: a multiobjective network design and routing formulation. *European Journal of Operational Research* 21 (2), 189–199.
- [6]Goodchild, M.F., Noronha, V.T., 1987. Location–Allocation and Impulsive Shopping the Case of Gasoline Retailing. *Spatial Analysis and Location–Allocation Models*. van Nostrand Reinhold, New York. pp. 121–136.
- [7]Hodgson, M.J., 1990. A flow capturing location–allocation model. *Geographical Analysis* 22 (3), 270–279.
- [8]Hodgson, M.J., Rosing, K.E., 1992. A network location–allocation model trading off flow capturing and p-median objectives. *Annals of Operations Research* 40 (1), 247–260.
- [9]Kuby, M., Lim, S., 2005. The flow-refueling location problem for alternative-fuel vehicles. *Socio-Economic Planning Sciences* 39 (2), 125–145.
- [10]Lin, Z., Ogden, J., Fan, Y., Chen, C.W., 2008. The fuel-travel-back approach to hydrogen station siting. *International Journal of Hydrogen Energy* 33 (12), 3096–3101.
- [11]Lund, H., Clark II, W.W., 2008. Sustainable energy and transportation systems introduction and overview. *Utilities Policy* 16 (2), 59–62.
- [12]Melaina, M.W., 2007. Turn of the century refueling: a review of innovations in early gasoline refueling methods and analogies for hydrogen. *Energy Policy* 35 (10), 4919–4934.
- [13]Melaina, M., Bremson, J., 2008. Refueling availability for alternative fuel vehicle markets: sufficient urban station coverage. *Energy Policy* 36 (8), 3233–3241.
- [14]Melaina, M.W.J., Ross, M.H., 2000. The ultimate challenge: developing an infrastructure for fuel cell vehicles. *Environment* 42 (7), 10–22.
- [15]Partovi F. Y., 2006, "An analytic model for locating facilities strategically", *Omega* 34 (1), 41-55.
- [16]Wang, Y.-W., Lin, C.-C., 2009. Locating road-vehicle refueling stations. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 45(5), 821-829.
- [17]Wang, Y.-W., Wang, C.-R., 2009, "Locating passenger vehicle refueling stations". *Transport.Res.Part E(2010)* 46(5), 791-801.