

## استفاده از راه حلی ابتکاری در مکان‌یابی جایگاه‌های CNG

(مطالعه موردی: شهر اصفهان)

سیده طلیمه شریعتمداری<sup>\*</sup>، کارشناس ارشد مهندسی صنایع، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان، اصفهان، ایران<sup>1</sup>

سید نادر شتاب بوشهری، عضو هیئت علمی، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده صنایع و سیستم‌ها، اصفهان، ایران<sup>2</sup>

قدرت افتخاری، کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری و حمل و نقل، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان، اصفهان، ایران<sup>3</sup>

<sup>1</sup> [tala.shariat@gmail.com](mailto:tala.shariat@gmail.com), 09132654311

<sup>2</sup> [shetab@cc.iut.ac.ir](mailto:shetab@cc.iut.ac.ir), 03113915517

<sup>3</sup> [eftekhari229@yahoo.com](mailto:eftekhari229@yahoo.com), 09133254486

<sup>\*</sup> نویسنده مسئول

### چکیده

استفاده از گاز طبیعی، به عنوان سوخت جایگزین در رسیدن 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 گردیده است. استفاده از خودروهای دوگانه سوز به طور فزاینده‌ای در جامعه مورد استقبال قرار گرفته است [4]. قیمت مناسب CNG، کارایی تقریباً مشابه با بنزین (کالای جانشین) و سهمیه بندی 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 سوخت گیری در محل جایگاه‌های CNG و افزایش تعداد خودروهای دوگانه سوز نیاز به تأسیس جایگاه‌های جدید را نمایان می‌کند. آنچه 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 مینیمم نمودن زمان سفر سوخت‌گیری CNG است. در نهایت این مدل در قالب مطالعه موردی در شهر اصفهان پیاده سازی خواهد شد.

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

## 1- مقدمه

مشکلات زیست محیطی آلودگی هوا، هزینه‌ی بالای تهیه‌ی سوخت، هزینه‌ی کمتر تهیه‌ی 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 30 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 1379، 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.

## 2- تعریف مسئله 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<sup>1</sup>، 2009). 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 داده‌های مورد نیاز، گستردگی زیادی ندارد. در تحقیقات موجود، پژوهشگران جهت مکان‌یابی جایگاه‌های

<sup>1</sup> Wang

CNG ترجیحاً از روش‌های غیر ریاضی استفاده می‌نمایند. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به مطالعه ابراهیم زارعی (1385) 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 کلان شهرها است. این تحقیق در قالب یک مطالعه موردی در کلان شهر 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.

### 3- ساختار کلی مقاله

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

#### 3.1- 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 هیچ یک از آنها راه حل مناسبی را برای این مشکل پیدا نکرده‌اند [10].

ملینا<sup>1</sup> [12] 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 هیدروژن‌سوز خود را خریداری کرده‌اند، اشاره کرد [14]. در تحقیق ملینا دو نوع از ایستگاه‌های سوخت هیدروژنی توانسته‌اند این معیارها را حل کنند: یکی ایستگاه‌هایی در نواحی کلان شهری (با نام ایستگاه اولیه)، که می‌توانند به حجم بالایی از مصرف‌کنندگان که مسافرت‌های با مسافت کوتاه شهری دارند خدمات‌رسانی کنند و دیگری ایستگاه‌های مستقر

<sup>1</sup> Melaina

در اتوبان‌های بین شهری (با عنوان ایستگاه‌های ثانویه) که برای سفرهایی با مسافت طولانی (البته تعداد دفعات سوخت‌گیری کمتر) احداث می‌شوند [13].

اولین مدل ترکیبی توسط گود چایلد و نارونها<sup>1</sup> [6] برای استقرار تعداد محدودی از پمپ‌های بنزین ارائه شده بود تا سهام بازار سوخت‌گیری یک شرکت را به حداکثر تعداد خود برساند. از این‌رو یک مدل P- میان‌ه را 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 روبرو بود، از این‌رو برای ارزیابی اینکه آیا در کل مسیر، خودرو از لحاظ سوخت‌گیری تأمین است، ضعف داشت [15].

هاجسون و روزینگ<sup>2</sup> [8] مدل جانمایی جریان سوخت جایگزین، FCLM<sup>3</sup> [7] 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<sup>4</sup> [9] مدل FCLM را توسعه دادند. آن‌ها با در نظر گرفتن محدوده دامنه اتومبیل‌های دوگانه سوز، 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 [1, 2].

کارنت<sup>5</sup> و همکارانش [5] مسئله حداکثر پوشش و کوتاه‌ترین مسیر را با اهداف چندگانه حداکثر پوشش جمعیت و کوتاه‌ترین مسیر (هزینه) از نقطه از پیش تعیین شده مبدأ تا مقصد برای طراحی شبکه حل نمودند.

باپنا<sup>6</sup> و همکارانش [3]، MCSPP<sup>7</sup> را برای مسئله حداکثر پوشش / کوتاه‌ترین فاصله مقطعی زیرگراف (MC3SP)<sup>8</sup> 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.

<sup>1</sup> Good child & Naronha

<sup>2</sup> Hodgson & Rosing

<sup>3</sup> The Flow Capturing Location-allocation Model

<sup>4</sup> Lim & Kuby

<sup>5</sup> Current

<sup>6</sup> Bapna

<sup>7</sup> The Maximum Covering/Shortest Path Problem

<sup>8</sup> The Maximum Covering/Shortest Spanning Subgraph Problem

اینگ وی وانگ<sup>1</sup> و چوان رن وانگ<sup>2</sup> [17] یک مدل ترکیبی جدید را با اهداف دوگانه حداقل هزینه جانمایی و حداکثر پوشش جمعیت، با استفاده از داده‌های به‌دست آمده از ماتریس (O-D) و توسعه مدل لین و وانگ [16] با در نظر گرفتن پوشش جمعیت در نقاط یا مکان‌های ثابت، توسعه دادند. در این مدل به‌جای استقرار تعداد محدودی از تأسیسات برای داشتن حداکثر پوشش تقاضا در نقاط ثابت و یا در مسیرهای کوتاه، مدل با دنبال کردن اهداف MCSPP و MC3SP 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 خدمات‌رسانی کند.

### 3.2- مدل پیشنهادی

با تعریف مساله بایستی به مدل‌سازی آن پرداخت که این امر با جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز آغاز می‌شود و به دنبال آن مدلی طراحی می‌شود که با حل آن می‌توان به هدف مورد نظر یعنی تعیین مکان‌های مناسب برای احداث جایگاه‌های CNG دست یافت. فرمول‌بندی مدل برای استقرار ایستگاه‌های سوخت‌گیری، در جهت خدمت‌رسانی مسافرت‌های درون‌شهری (مسافت کوتاه) تأکید دارد. در این تحقیق مدل، شهر اصفهان را تحت پوشش قرار می‌دهد و سعی در حداقل کردن هزینه‌ها جهت مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت CNG و همچنین حداکثر کردن سطح خدمات در هر ناحیه را دارد. مدل مورد نظر در این تحقیق به صورت مدلی ریاضی با دانش تحقیق در عملیات قالب‌بندی می‌شود و به کمک یک الگوریتم ابتکاری حل می‌شود. اهداف مختلفی را می‌توان در ارتباط با مکان‌یابی جایگاه‌های CNG در نظر گرفت. در این پژوهش هدف از مکان‌یابی جایگاه‌ها، مینیمم کردن زمان سفر سوخت‌گیری CNG در سطح شهر اصفهان می‌باشد. در این قسمت، مدل ریاضی مسئله مکان‌یابی جایگاه‌های CNG ارائه می‌گردد. هدف این مسئله، انتخاب  $n$  مکان بهینه جهت احداث جایگاه CNG در سال  $m$  می‌باشد. در مدل طراحی شده، رفتار خاصی برای متقاضیان سوخت CNG تعریف شده است که عبارتند از انتخاب نزدیک‌ترین جایگاه توسط متقاضی. دو مسیر برای سفر سوخت‌گیری یک متقاضی تعریف شد که در نهایت کوتاه‌ترین مسیر از بین این دو توسط وی انتخاب می‌شود.

### 3.2.1- تعریف فاصله بین نواحی و بخش‌ها و تعیین مقادیر آن

آنچه در این پژوهش به عنوان فاصله تعریف می‌شود صرفاً فاصله بین هر ناحیه تا هر بخش است و فاصله بین بخش‌ها مورد استفاده نخواهد بود. ماتریس فواصل بین نواحی مختلف موجود است. با استفاده

<sup>1</sup> Ying-Wei Wang

<sup>2</sup> Chuan-Ren Wang

از این ماتریس و محاسبه نوعی میانگین وزنی از این فواصل، ماتریس فاصله ناحیه  $i$  ( $i=1, \dots, 186$ ) تا بخش  $s$  ( $s=1, \dots, 26$ ) به دست آمد که  $C_{is}$  نام گرفت (رابطه 1).

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

در این رابطه  $C_{ij}$ : ماتریس فاصله در روز بین نواحی است.  $(SZ)^i$ : ترانهاده ماتریس تعیین نواحی موجود در هر بخش است. عملیاتی که در صورت این کسرانجام می‌شود ضرب ماتریسی  $C_{ij}$  در  $(SZ)^i$  می‌باشد.

### 3.2.2- مدل تخصیص جزئی

مسیر اول خانه- جایگاه- خانه و مسیر دوم محل کار- جایگاه- خانه می‌باشد. با توجه به این رفتار می‌توان الگوریتم تخصیص تقاضا را طراحی نمود. پس از تخصیص تقاضا به هر منطقه می‌توان تابع هدف را تعریف نمود و مکان‌های بهینه جهت احداث جایگاه را یافت. اگر "S" مجموعه‌ای از بخش‌هایی باشد که قرار است در هر کدام از آن‌ها یک جایگاه CNG احداث شود، آن‌گاه 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 می‌دهد (روابط 2):

$$\begin{aligned} X_s &= \sum_j \sum_i \alpha_{ij} a_{ij} \\ \bar{C}_i &\geq C_{is} I_i^s \quad \forall i \\ \bar{C}_j &\geq C_{js} I_j^s \quad \forall j \\ C_{ij} &= \min\{\bar{C}_i, \bar{C}_j\} \quad \forall i, j \\ \sum_{h=1}^N \alpha_{ih} &= 1 \\ X_s &\leq cap_s \\ I_i^s &= \{0,1\}, I_j^s = \{0,1\} \end{aligned} \quad (2)$$

### 3.2.3- مدل تابع هدف

حال اگر  $\Phi$  مجموعه کل بخش‌هایی باشد که جایگاه‌های CNG پیشنهادی در آن بخش‌ها قرار دارند و  $\Psi_m$  مجموعه زیرمجموعه‌های  $n$  عضوی باشد که به کمک عضوهای مجموعه  $\Phi$  و بنا بر نیاز سال  $m$  به جایگاه CNG می‌توان تشکیل داد، آن‌گاه روابط زیر مدل ریاضی مکان‌یابی جایگاه‌های CNG را نشان می‌دهد (روابط 3):

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

$$s. t. \begin{cases} n|S| = n \\ S \in \Psi_m \\ S'_m \equiv \text{Constant} \end{cases} \quad (3)$$

در روابط بالا،  $a_{ij}^s$  و  $a_{ij}^s$  میزان تقاضایی است که به بخش  $s$  و  $s'$  تخصیص داده می‌شود. این تقاضا به نزدیک‌ترین بخش متعلق به مجموعه‌های  $S$  یا  $S'_m$  تخصیص داده می‌شود. این بخش انتخابی، کوتاه‌ترین فاصله را از  $i$  و  $j$  تقاضای مورد نظر دارد. اگر این بخش متعلق به  $S$  باشد این کوتاه‌ترین فاصله  $C_{ij}^s$  و اگر متعلق به  $S'_m$  باشد این کوتاه‌ترین فاصله  $C_{ij}^{s'}$  نامیده می‌شود.

#### 4- نتیجه‌گیری

در این بخش نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل در شهر اصفهان و تحلیل آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### 4.1- مطالعه موردی

پس از طراحی مدل و الگوریتم حل آن، به بررسی و پیاده‌سازی این مدل بر روی شهر اصفهان پرداخته شد. ابتدا داده‌های مورد نیاز برای حل مدل جمع‌آوری گردید و پس از حل مدل نتایج به دست آمده از استفاده از این الگوریتم‌ها، مکان‌های انتخاب شده به تفکیک سال و زمان حل مدل برای همان سال با توجه به هدف تعیین شده در شهر اصفهان برای سال‌های 1390 تا 1394 به دست آمد. در ادامه چگونگی جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز شرح داده می‌شود. در نهایت نتایج حاصل از اعمال این مدل در جدول (1) نمایش داده شده است.

#### 4.2- جمع‌آوری داده‌ها

اطلاعات و داده‌های لازم برای انجام این پایان‌نامه از سه منبع مختلف جمع‌آوری گردید. اول از بانک اطلاعاتی در معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان، دوم از شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران و سوم از بانک اطلاعاتی مطالعات جامع حمل و نقل اصفهان که در سال 80 در محدوده‌ی کلان شهر اصفهان به اجرا درآمده است. جهت ایجاد پاره‌ای از اطلاعات مورد نیاز که به علت محدودیت‌های پژوهش در دسترس نبودند از پرسش‌نامه استفاده گردید. سایر داده‌های ورودی نظیر بخش‌بندی نواحی ترافیکی و تعریف فاصله بین آنها با مشورت کارشناسان به دست آمد.

#### 4.2.1- طراحی پرسش‌نامه

این پرسش‌نامه شامل سیزده سوال می‌باشد که توسط متقاضیان سوخت‌گیری CNG در محل چهار جایگاه در دو زمان متفاوت پاسخ داده شده است. این پرسش‌نامه شامل اطلاعاتی هم‌چون تعداد دفعات مراجعه به جایگاه‌های 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 سوخت‌گیری، زمان مراجعه به جایگاه و متوسط زمان انتظار در صف می‌باشد.

#### 4.2.2- پیش‌بینی تقاضا CNG در هر ناحیه از اصفهان

برای پیش‌بینی 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 نرم‌افزار Guass و بانک داده‌های موجود از سال 79، بردار سهم کیلومتر طی شده توسط سواری برای همان سال به‌دست آمد و سپس به کمک مدل پیش‌بینی که در بخش پیشین به آن اشاره شد، بردارهای مرتبط برای سال‌های 1390 تا 1395 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 79 به کل کیلومتر سفر طی شده در روز توسط هر فرد در هر ناحیه در سال 79 حاصل شد. با ضرب این بردار در بردارهای پیش‌بینی برای سال‌های 90 تا 95 و نرمال کردن آن‌ها، برداری با نام  $\alpha$  به‌دست می‌آید. هر درایه‌ی  $\alpha$  در واقع میزان سهم هر ناحیه را از میزان تقاضا مشخص می‌نماید. اگر بردار  $\alpha$  سال مشخصی، در میزان CNG مصرف شده در همان سال ضرب شود، میزان تقاضای CNG برای هر ناحیه در همان سال مشخص می‌شود.

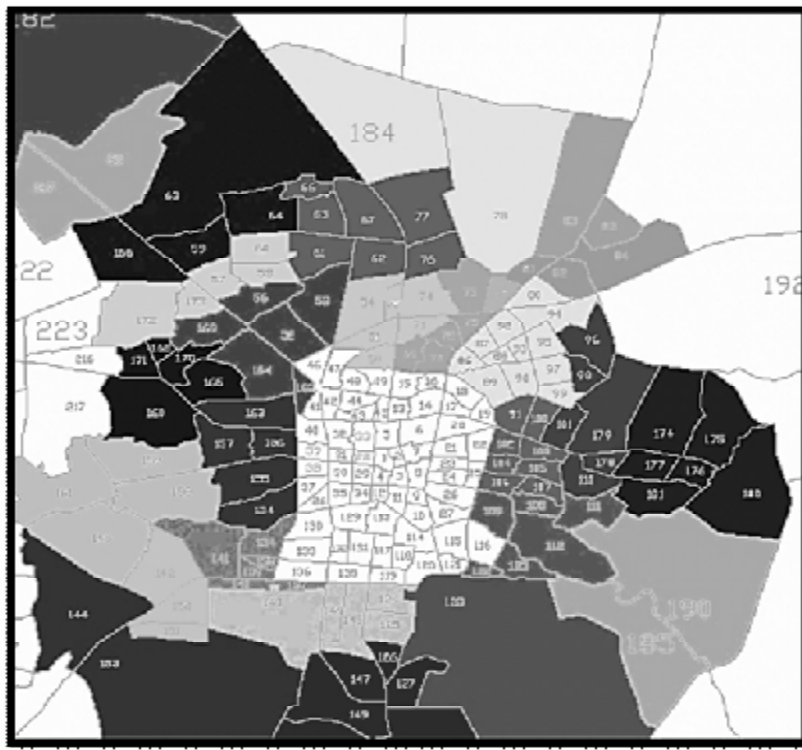
#### 4.2.3- تعیین نواحی با پتانسیل احداث جایگاه CNG

یکی از مهم‌ترین بخش‌های حل مدل در این پژوهش به‌دست آوردن مکان‌های کاندید جهت احداث جایگاه است تا از میان آن‌ها مکان‌های 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)<sup>1</sup> از بین 186 ناحیه موجود در شهر اصفهان حذف گردید. با حذف CBD از میان نواحی ترافیکی شهر اصفهان، 121 ناحیه از شهر اصفهان باقی می‌ماند. به علت تعداد زیاد نواحی باقی‌مانده

<sup>1</sup> Central Business District



و پیچیده شدن مسئله، اقدام به تقسیم‌بندی نواحی به چندین بخش<sup>1</sup> نموده شد. این عمل باعث کم شدن پیچیدگی مسئله و کاهش زمان حل مدل گردید. برای این نوع بخش‌بندی خاص، شاخصی به نام شاخص دسترسی تعیین گردید که نواحی بر اساس آن دسته‌بندی شدند. بر اساس این شاخص، نواحی در همسایگی شریان‌های اصلی و گذرگاه‌های درجه اول به عنوان هسته‌ی بخش و نواحی همسایه‌ی هسته‌ها مادامی که وارد مرز CBD نشوند و یا خود در همسایگی یک شریان اصلی نباشند در آن بخش جای می‌گیرند. پس از بخش‌بندی نواحی بنا بر شاخص دسترسی، 26 بخش حاصل گردید (شکل 1).



شکل 1: CBD و بخش‌های تعیین شده شهر اصفهان

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

<sup>1</sup> Sector

جدول (1): نتایج نهایی حل مدل

ظرفیت جایگاه (تعداد نازل)	زمان حل (ثانیه)	شماره بخش انتخابی	تعداد جایگاه معادل	تعداد نازل مورد نیاز	سال
6	1124	15	4	22	90
6		19			
6		22			
4		25			
6	4221	15	4	26	91
6		17			
6		19			
8		22			
6	9596	16	5	30	92
6		17			
6		18			
6		20			
6		22			
6	10631	13	6	36	93
6		14			
6		16			
6		18			
6		20			
6		22			
6	45086	1	7	44	94
6		6			
6		7			
6		16			
6		20			
6		22			
8		23			

#### 3.4- تحلیل نتایج

با افزایش مصرف سوخت‌های جایگزین هم‌چون CNG در ایران، مکان‌یابی جهت استقرار جایگاه این نوع از سوخت اهمیت به‌سزایی می‌یابد. دسترسی مناسب، کاهش زمان سفر به هدف سوخت-گیری و کاهش مدت زمان معطلی در صف جایگاه‌ها می‌توانند از عوامل بالا بردن جذابیت استفاده از این نوع سوخت باشند. آنچه 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 جابجایی 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.

## 5- قدردانی

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

- [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.

## Using a Heuristic Procedure for Locating CNG Stations (Case Study: Isfahan)

S-Talieh Shariatmadari, Sayed, M. Sc. of Industrial engineering, Department of Transportation and Traffic of Isfahan Municipality, Isfahan, Iran  
Nader Shetab Bushehri, PhD of Transportation Planning, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran  
Ghodrat Eftekhari, M. Sc. of Transportation, Department of Transportation and Traffic of Isfahan Municipality, Isfahan, Iran

### *Abstract*

*Hybrid cars have become increasingly popular among drivers. Affordable CNG, roughly the same fuel efficiency (substitute products) and gasoline rationing caused by the use of gas as alternative fuel be considered. Thus making CNG Fuel Station to provide more services to the people have become one of the priorities in public and private sector. Total few stations, the long queues for fuel customers at the CNG station and increase the number of hybrid vehicles will appear necessity of establish the new stations. What has been studied in this research is design a model with heuristic solutions to find suitable sites for construction CNG stations. Main model minimize the refueling trip distance. Finally, this model will be implemented in the form of case study in Esfahan.*