مکان یابی جایگاه های CNG در آزاد راه های استان تهران با استفاده از مدل ریاضی FRML

عالیه کاظمی[۱]
زهرا ساده وند[۲]

از صفحه:۹ تا ۲۵
تاریخ ارایه:۹۳/۲/۱۶
تاریخ پذیرش:۹۳/۳/۱۰

چکیده

انسان در جهت تحمل هزینه کمتر، حصول سود بیشتر و سهولت دسترسی به منابع، مکان فعالیت خود را انتخاب می‌نماید. یکی از مسائلی که اکثر اوقات در صنعت با آن مواجه هستیم، بهینه‌کردن مکان مراکز فعالیت است. استفاده از گاز طبیعی فشرده در حمل و نقل به عنوان سوختی پاک در سراسر دنیا در حال افزایش است. با رشد روز افزون وسایل نقلیه در ایران و به دلیل بالا بودن هزینه‌های احداث جایگاه‌های CNG، مکان‌یابی مناسب و بهینه این جایگاه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این تحقیق جایگاه‌های سوخت CNG در سه آزادراه برون‌شهری تهران شامل آزادراه‌های تهران- قزوین، تهران- ساوه و تهران- قم، با استفاده از مدل مکان‌یابی جریان سوخت‌گیری، مکان‌یابی شده است. نتایج نشان داد بهترین مکان برای احداث جایگاه CNG در آزادراه تهران- قزوین واقع در آبیک با مختصات جغرافیایی (۵۰/۳۶،۵۴/۰۵)، مکان انتخابی در آزادراه تهران- ساوه در پمپ بنزینی واقع در آزاد راه تهران- ساوه با مختصات جغرافیایی (۳۴/۵۰،۹۹۶/۴۲) و بهترین مکان انتخابی در آزادراه تهران- قم در آزاد راه خلیج فارس نرسیده به کمربندی‌دوم تهران با مختصات جغرافیایی(۳۰/ ۵۱، ۳۵/۵۱) می‌باشد.

واژگان کلیدی: رقابت پذیری، مکان‌یابی تسهیلات، بهینه‌سازی، مدل مکان‌یابی جریان سوخت‌گیری، گازطبیعی فشرده.

[۱]. استادیار گروه مدیریت صنعتی دانشگاه تهران(نویسنده مسئول) aliyehkazemi@ut.ac.ir
[۲]. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی دانشکده مدیریت پردیس فارابی دانشگاه تهران z.sadeh@yahoo.com

مقدمه

گسترش شهرنشینی و هم چنین افزایش جمعیت منجر به ازدیاد خودروها شده است و با گسترش استفاده از خودروها، تامین سوخت مورد نیاز آن‌ها در اولویت فعالیت های دولت قرار گرفته است. با توجه به سازگاری سوخت CNG با محیط زیست و ضرورت جایگزینی آن با سوخت‌های فسیلی مایع، مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت CNG نیز به عنوان یک زیرساخت اساسی در این بخش وارد شده است و نیازمند یک برنامه‌ریزی استراتژیک است (Kuby & Lim, 2005, 128). مبنای توسعه و افزایش خودروهای گازسوز، تاسیس جایگاه‌های CNG است. با توجه به کمبود جایگاه‌های عرضه گاز طبیعی فشرده در سطح کشور و به خصوص آلودگی هوا در شهرهای بزرگ و پرجمعیت و نیز وجود صف‌های طولانی در جایگاه‌های عرضه CNG که حاکی از کمبود جایگاه عرضه گاز طبیعی است و نیز به دلیل بالا بودن هزینه احداث جایگاه CNG، در تحقیق حاضر مساله اصلی، مکان‌یابی جایگاه‌های عرضه CNG است که با استفاده از تکنیک مکان‌یابی جریان سوخت‌گیری (FRLM[۳])، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

تحقیقات انجام گرفته در مورد مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت اغلب به دو دسته کلی تقسیم می‌شود: مدل‌های سیستم اطلاعاتی جغرافیایی (GIS[٤]) و مدل‌های تحقیق در عملیات.

ایده سیستم اطلاعات جغرافیایی برای اولین بار توسط تام لینسون در سال۱۹٦۰ مطرح گردید. ملینا روش GIS را که مکان دقیق و اندازه ایستگاه را بر اساس ایده مربوط به متراکم‌کردن شبکه‌های موجود جایگاه‌های گازوئیل به خوشه‌ها محاسبه می‌کند را مطرح کرد. او و همکارانش از GIS به منظور توسعه شبکه ملی جایگاه‌های سوخت برای انجام سفرهایی با مسافت طولانی در بزرگراه‌های درون ایالتی استفاده کردند(Melina, 2005, 53).

در مدل‌های تحقیق در عملیات، اغلب چند رویکرد برای مکان‌یابی بهینه جایگاه‌های سوخت‌گیری بکار گرفته می‌شود. یک گروه از تحقیقات، از مدل‌های متنوع میانه p [٥] استفاده

1 Flow Refueling Location Model
2 Geographic Information Systems

کرده‌اند، مدل میانه p برای ایستگاه‌های سوخت، اولین بار توسط گودچایلد و نـورون هـا در سـال ۱۹۸۷ به کار گرفته شد و به عنوان یکی از توابع، در مدل برنامه‌ریزی چند هدفه برای بهینـه‌سـازی ایستگاه‌ها در شبکه‌های ایستگاه گاز موجود به کارگرفته شـد (Melendez et al., 2008, 38). در تحقیقی که توسط نیکلاس و همکاران و نیز توسط نیکلاس و ادن انجام شده است، مدل میانـه p برای سوخت‌های جایگزین، بکارگرفتـه شـده اسـت(Nicholas et al., 2004, 26). لـین و همکاران، رویکرد برگشت– سفر سوختی[6]را مطرح کردند. در این رویکرد تقاضای نقطه i به جای جمعیت آن نقطه در نظر گرفته شده است و زمان سفر میان نقطه تقاضا i و مکان تسهیل کاندید j، جایگزین فاصله شده است (Lin et al., 2008, 98). دومین رویکرد بکارگرفته شده بـه منظـور مکان‌یابی ایستگاه‌ها در جاده‌هایی با ترافیک سنگین است. علاوه بر تابع هدف میانه p، گودچایلـد و نورون ها در سال ۱۹۸۷ هدف دومی را که جریـان ترافیـک در مسـیرهایی کـه از یـک ایسـتگاه می‌گذشت را حداکثر می‌کرد، بیان کردند. ملندز و میلبراندت در سال ۲۰۰۵ جاده‌هایی کـه روزانـه حداقل ۲۰۰۰۰ وسیله نقلیه بر طبق تجزیه و تحلیل‌های GIS مربوط به شـبکه ملـی جایگـاه‌هـای هیدروژن، از آن ها می‌گذشت را بررسی کردند. این رویکرد نشان داد که بسـیاری از رانـندگان در مسیر حرکتشان به سمت نقاط دیگر سوخت‌گیری را انجام می‌دهند و تلاش مـی‌کننـد تـا عبـور از ترافیک را حداکثر کنند (Melendez et al., 2008, 34). نیکلاس مدل مربوط به ایـن معیارهـا تحت عنوان مجموع کیلومتر سفر شـده توسـط وسـیله نقلیـه درون منطقـه تجمیـع شـده را اجـرا کرد(Nicholas et al., 2010, 35). بپنا و همکاران تابع هدفی را معرفی کردند که جمعیـت در مسیرهای پوشش داده شده را حداکثر می‌کرد. روش‌های احتساب ترافیک[7] و یـا میـزان مـایلی کـه وسیله نقلیه سفر کرده، می‌تواند جایگاه‌ها را در مجاورت مسیرهای مربوط به آزادراه‌های بـا حجـم بالای تردد مکان‌یابی کند(Bapna et al., 2002, 102). سومین رویکرد عمومی برای مکان‌یابی ایستگاه‌های سوخت‌گیری، جریان‌هـای عبـوری را بـدون محاسـبه‌کـردن مسـیر برگشـت حـداکثر می‌سازد. این رویکرد در ابتدا توسط هودگسون در سال ۱۹۹۰ تحت عنوان مدل مکان‌یـابی ذخیـره

---

1 p-median model
2 Fuel travel back approach
3 Traffic-count

جریان مطرح شد و بعداً توسط برمن و همکاران در سال ۱۹۹۲تحت عنوان مدل توقف جریان بیان گردید(Hodgson, 1990, 272). این مدل‌ها تحت عنوان مدل‌های مسیر محور یا جریان تقاضا طبقه‌بندی شده‌اند.

در زمینه مکان‌یابی جایگاه CNG در ایران چندین تحقیق انجام شده است. زارع با استفاده از توابع تحلیلی GIS به مکان‌یابی جایگاه‌های CNG پرداخته است(زارع، ۱۳۷۲، ٤٥). نصیری با استفاده از توابع تحلیلی GIS، مکان بهینه برای احداث جایگاه CNG در شهر قم را شناسایی کرده است(نصیری، ۱۳۸۸، ۸). تحقیق دیگری توسط ذکایی خیرایی با عنوان مکان‌یابی پمپ بنزین‌ها در نواحی درون شهری در دانشگاه صنعتی‌شریف انجام شده است که با استفاده از یک مدل ریاضی، به انتخاب بهینه چند محل از بین مجموعه نقاط کاندید برای قرارگیری پمپ‌بنزین‌ها می‌پردازد (ذکایی، ۱۳۸۸، ۱۱). اغلب تحقیقات انجام شده در ایران برای مکان‌یابی جایگاه‌های سوخت، با استفاده از مدل‌های GIS انجام شده است و تعداد معدودی از تحقیقات از مدل‌های تحقیق در عملیات استفاده کرده‌اند. در تحقیق حاضر، مکان‌های کاندید برای احداث جایگاه‌های CNG با استفاده از خروجی‌های مدل‌های GIS تعیین شده‌اند و سپس به عنوان ورودی در مدل ریاضی FRLM استفاده شده است.درادامه در بخش۲، مدل مکان‌یابی جریان سوخت‌گیری معرفی می‌شود. در بخش۳، مدل پیشنهادی برای یافتن مکان بهینه جهت احداث جایگاه CNG در سه آزادراه برون شهری تهران طراحی و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. در بخش٤، نتیجه‌گیری و پیشنهادها ارائه شده است.

معرفی مدل مکان‌یابی جریان سوخت‌گیری FRLM

مدل مکان‌یابی جریان سوخت‌گیری، جایگاه‌های سوخت را به منظور حداکثرسازی حجم جریانی که با تعداد مشخصی از تسهیلات می‌توان سوخت‌گیری کرد، مکان‌یابی می‌کند. کابی و لیم در سال ۲۰۰۵، مدل مکان‌یابی جریان سوخت‌گیری به منظور یافتن مکان بهینه در شبکه مربوط به ایستگاه‌های سوخت‌گیری برای وسایل نقلیه با سوخت جایگزین را مطرح کردند. FRLM بر اساس مدل مکان‌یابی تصرف جریان (FCLM[1])، توسعه داده شده است. هر دو مدل از لحاظ

1Flow capturing Location model

ساختاری شبیه به مدل حداکثر پوششی هستند که تعداد مشخصی از تسهیلات را به منظور حداکثرسازی حجم جریان ترافیکی که از تسهیلات عبور می‌کند، مکان‌یابی می‌کنند. مفهوم تصرف جریان زیرساختی مناسب را برای مکان‌یابی ایستگاه‌های سوخت‌گیری فراهم می‌کند، گرچه یک اصلاح اساسی نیاز دارد. برای سوخت‌گیری مجدد وسایل نقلیه با رنج حرکت محدود، فرض می‌شود که جریان ممکن است به وسیله تسهیل تکی که در هر جایی در طول مسیر قرار گرفته، ذخیره شود. مسیرهای کوتاه ممکن است به وسیله یک تسهیل قابل سوخت‌گیری شود اما مسیرهای طولانی‌تر به ترکیب تسهیلاتی که به طور مناسب در طول کوتاه ترین مسیر قرار گرفته‌اند نیاز خواهد داشت(Kuby & Lim, 2007, 97). تفاوت اصلی FRLM و FCLM در این است که در FCLM یک جریان ذخیره می‌شود اگر حداقل یک تسهیل در طول مسیر جریان مکان‌یابی شده باشد اما در FRLM این امر به طول مسیر و رنج حرکت وسیله نقلیه مفروض بستگی دارد و ممکن است یک یا تعداد بیشتری تسهیلات مورد نیاز باشد تا مسیر قابل سوخت‌گیری شود. نیاز برای استفاده از ترکیب تسهیلات به منظور پاسخگویی به تقاضا، یک ویژگی منحصر به فرد در میان مدل‌های مکان‌یابی تسهیلات است. در FRLM، مجموعه ترکیب‌هایی که مسیری خاص را قابل سوخت‌گیری می‌کند، به طور جداگانه برای هر مسیر بر اساس رنج حرکت وسیله نقلیه و فاصله نقاط در طول مسیر تعیین می‌شود (Kuby & Lim, 2005, 129).

کابی و لیم مدل برنامه‌ریزی خطی مختلط عدد صحیح را برای FRLM فرمول‌بندی کردند. اصلی‌ترین ورودی‌های FRLM عبارتند از:

- مجموعه مسیرهای میان مبدا و مقصد (O-D)
- حجم جریان میان مبداها و مقصدها
- شبکه جاده‌ای با سرعت متوسط
- حداکثر رنج حرکت وسیله نقلیه
- تعداد ایستگاه‌هایی که باید برای هر مسیر(O-D) ساخته شود.

ابتدا باید کوتاه‌ترین مسیر میان مبدا و مقصد تعیین شود، سپس تمام ترکیبات مربوط به تسهیلاتی که می‌تواند مسیر سفر را قابل سوخت‌گیری کند و حجم جریان مربوط به هر ترکیب

محاسبه می‌شود. اساس کار به این صورت است که فرض می‌کنیم هر سفر با نیمی از باک شروع می‌شود مگر این که مبدا دارای تسهیلات سوخت‌گیری باشد که در این صورت باک پر می‌شود، سپس چنانچه سوخت کافی برای حرکت به سمت نقطه مذکور وجود داشته باشد الگوریتم، وسیله نقلیه را از مبدا به نقطه بعدی حرکت می‌دهد، در صورتی که الگوریتم به نقطه‌ای با تسهیلات سوخت‌گیری برسد، سوخت باقی‌مانده پر می‌شود و در غیر این صورت نقطه بعدی به گونه‌ای باید انتخاب شود که بتواند مسافت تا رسیدن به آن نقطه را با سوختی که دارد طی‌کند و اگر سوخت کافی برای حرکت به نقطه بعدی وجود نداشته باشد مسیر قابل سوخت‌گیری نمی‌باشد. زمانی که که الگوریتم بتواند از مبدا به مقصد حرکت کند و باز به مبدا برگردد مسیر بدون تمام‌شدن سوخت، توسط مجموعه‌ای از تسهیلات قابل سوخت‌گیری است (Bapna et al., 2002, 267). چنانچه n شامل جایگاه‌های ساخته شده و در حال ساخت CNG و کلیه مکان‌های کاندید باشد، برای محاسبه تعداد زوج مسیرهای q از معادله (۱) استفاده می‌شود:

معادله (۱)

$$q = \frac{n(n-1)}{2}$$

حجم جریان در هر مسیر با استفاده از میزان مسافتی که وسیله نقلیه آن را طی می‌کند محاسبه می‌شود و برای مسیرهای ترکیبی، فاصله هر مسیر محاسبه می‌شود (Church & Revelle, 1973, 106).

الگوریتمی که در ادامه معرفی می‌شود می‌تواند تمام ترکیب‌های ممکن h که می‌تواند مسیر q را سوخت‌رسانی کند محاسبه نماید. برای تعیین ترکیب نقاطی که می‌تواند یک مسیر را قابل سوخت‌گیری کند، الگوریتم زیر با ٦ گام اساسی تعریف شده است:

گام ۱: ایجاد کوتاه‌ترین مسیر برای تمامی زوج‌های (O-D) یا همان مبدا – مقصد. مسیر مذکور با اندیس q نشان داده می‌شود و تعداد مسیرهای ممکن با توجه به تعداد نقاط مطابق با فرمول (۱) محاسبه می‌شود.

گام ۲: انتخاب یک مسیر و ایجاد یک لیست اصلی خالی از تمامی ترکیبات h برای نقاط موجود در مسیرهای q.

گام ۳: حذف ترکیب تسهیلاتی که نمی‌تواند یک وسیله نقلیه با رنج مشخص در مسیر q را قابل سوخت‌گیری کند.

گام ٤: ترکیباتی که مجموعه مادر از سایر ترکیبات باقی‌مانده هستند در واقع ترکیبات معتبری که یک زیرمجموعه اکید از سایر ترکیبات هستند را حذف می‌کنیم.

گام ٥: تسهیل k در هر یک از ترکیبات معتبر h و همچنین ترکیب معتبر h برای مسیر q را ثبت می‌کنیم. این روابط در دو مجموعه ضرایب ذخیره می‌شوند. اولی ضریب b_{qh} است که اگر ترکیب تسهیلات h بتواند مسیر q را قابل سوخت‌گیری کند برابر با ۱ در غیراینصورت ۰ می‌باشد. دومی ضریب a_{hk} است که اگر تسهیل k در ترکیب h باشد برابر با ۱ درغیر اینصورت ۰ می‌باشد.

گام ٦: تکرار گام‌های۲ تا ٥ برای همه مسیرهای q (Bapna et al., 2002,269).

تعریف متغیرها و پارامترهای مدل

q= شاخص مربوط به زوج مسیرهای O-D (کوتاهترین مسیر برای هر زوج)

Q= مجموعه تمام زوج مسیرهای O-D

f_q= حجم جریان در کوتاه‌ترین مسیر میان O-D در مسیر q

y_q= برابر با ۱ است اگر f_q تصرف شود درغیر اینصورت برابر با ۰ است.

k = مکان تسهیل بالقوه

K = مجموعه مربوط به تمامی مکان‌های تسهیلات بالقوه

h= شاخص مربوط به ترکیبات تسهیلات

H= مجموعه مربوط به تمامی ترکیبات تسهیلات بالقوه

b_{qh} = برابر با ۱ است اگر ترکیب تسهیلات h بتواند مسیر q را قابل سوخت‌گیری کند در غیر این صورت برابر با ۰ می‌باشد.

V_h= برابر با ۱ است اگر همه تسهیلات در ترکیب h باز باشند در غیراین صورت برابر با ۰ می‌باشد.

a_{hk}= برابر با ۱ است اگر تسهیل k در ترکیب h باشد در غیراین صورت برابر با ۰ است.

X_k= برابر با ۱ است اگر تسهیلی در مکان k قرار گرفته باشد در غیراینصورت برابر با ۰ می‌باشد.

P= تعداد تسهیلاتی که باید مکان‌یابی شوند.

مدل FLRM به شرح زیر است:

معادله (۲)
$$MAX \quad Z = \sum_{q \in Q} f_q y_q ,$$

o:Subject t

معادله (۳)
$$\sum_{h \in H} b_{qh} v_h \geq y_q \qquad \forall q \in Q ,$$

معادله (٤)
$$a_{hk} x_k \geq v_h \quad \forall h \in H ; \quad k \in K$$

معادله (٥)
$$\sum_{k \in K} X_k = P$$

معادله (٦)
$$X_k \in \{0,1\} \quad \forall k, h, q$$

معادله (۷)
$$0 \leq v_h \leq 1 \; \forall h,$$

معادله (۸)
$$0 \leq y_q \leq 1 \; \forall q,$$

رابطه (۲)، تابع هدف است که حجم کلی جریانی که می‌تواند سوخت‌گیری شود را حداکثر می‌کند. حجم جریان در هرمسیر (f_q) در هر سفر بر اساس میزان کیلومتری که وسیله نقلیه پیموده است محاسبه می‌شود. محدودیت (۳) الزام می‌دارد که حداقل یک ترکیب تسهیل h معتبر باز باشد تا مسیر q قابل سوخت‌گیری شود. ترکیبات معتبر برای هر مسیر، طبق ٦ گامی که قبلا ذکر شد، تعیین می‌شود. ممکن است تنها یک، دو یا تعداد بیشتری ترکیب بتواند کل مسیر را قابل سوخت‌گیری کند. محدودیت (٤)، v_h را صفر نگه می‌دارد مگر اینکه تمامی k تسهیلات در ترکیب h باز باشند. محدودیت (٥)، الزام می‌دارد که دقیقاً تعداد p تسهیل باید ساخته شود. متغیر X_K به عنوان متغیر ۰ و ۱ در رابطه (٦) بیان شده است. گرچه v_h و y_q در تعریف به عنوان متغیرهای ۰ و ۱ بیان شده‌اند، می‌توانند در برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح به عنوان متغیرهای پیوسته با حد بالای ۱ در رابطه (۷) و (۸) کاهش داده شوند(Kuby & Lim, 2004, 28)

طراحی و اجرای مدل ریاضی FRLM برای آزادراه‌های برون شهری تهران

در این بخش مکان‌های مناسب برای احداث جایگاه‌های CNG در سه آزادراه خروجی استان تهران شامل آزادراه تهران- قم (خلیج فارس)، آزادراه تهران- ساوه و مسیر تهران- قزوین که شامل آزادراه تهران- کرج و آزادراه کرج- قزوین می‌باشد، مشخص شده است. قابل ذکر است، مکان‌یابی

جایگاه‌های برون‌شهری به ترتیبی طراحی گردیده است که پوشش لازم در شبکه جاده‌ای برای وسایل نقلیه حاصل گردد. از آن جا که وسایل نقلیه پس از سوخت‌گیری و با طی یک مسافت معین، نیاز به سوخت‌گیری مجدد دارند، می‌بایست در یک فاصله منطقی امکان دسترسی به جایگاه سوخت‌رسانی را داشته باشند. طبق برنامه پیش‌بینی شده توسط کارشناسان شرکت گاز خودرو برای سال‌های باقی‌مانده افق زمانی ۱۳۹۰– ۱۳۹۵ تعداد ۳ جایگاه در ۳ آزادراه مذکور باید احداث شود. در شرایط کنونی کشور و به دلیل تحریم‌های صورت گرفته و مشکل‌شدن واردات تجهیزات ایستگاه CNG، مکان‌یابی و ساخت این ۳ ایستگاه اهمیت ویژه‌ای دارد.

با توجه به ایجاد پایگاه اطلاعات جغرافیایی جاده‌های کشور، برای شناسایی مکان‌های کاندید، از داده‌های طرح جامع مکان‌یابی شرکت گاز خودرو که توسط GIS انجام شده، استفاده شده است. داده‌های مربوط به جایگاه‌های موجود و در حال ساخت نیز از شرکت گازخودرو دریافت شده است. فاصله کیلومتری جایگاه‌ها از یکدیگر نیز از سایت Google Maps به دست آمده است.

تعیین ترکیب تسهیلات قابل سوخت‌گیری در آزادراه تهران- قزوین

نام و مشخصات نقاط موجود و کاندید در آزادراه تهران– قزوین عبارتند از:

۱– تهران ابتدا آزاد راه تهران – کرج انتهای اتوبان شیخ فضل‌اله قبل از جناح (مکان کاندید)

۲– ایستگاه گاز ورداورد واقع در کیلومتر ۲۳ آزاد راه تهران–کرج (جایگاه موجود CNG)

۳– ایستگاه گاز حصارک (جایگاه موجود CNG)

٤– آزادراه کرج– قزوین جنب ایستگاه هلال‌احمر محدوده گروه صنعتی ماموت (مکان کاندید)

۵– آبیک تقاطع آزادراه تهران– قزوین و بلوار امام خمینی آبیک (مکان کاندید)

٦– انتهای آزاد راه کرج – قزوین تقاطع آزادراه قزوین– زنجان (مکان کاندید)

تعداد زوج مسیرهای موجود در آزادراه تهران– قزوین با استفاده از رابطه (۱) برابر با ۱۵ زوج مسیر (مبداها و مقصدها) می‌باشد.

مجموعه H_1 که نشان دهنده ترکیب تسهیلات بالقوه‌ای که آزادراه تهران– قزوین را قابل سوخت‌گیری می‌کند، به شرح زیر است.

$$H_1=\{[A]_{h=1},[B]_{h=2},[C]_{h=3},[D]_{h=4},[E]_{h=5},[F]_{h=6},[A,B]_{h=7},$$
$$[A,C]_{h=8},[A,D]_{h=9},[A,E]_{h=10},[A,F]_{h=11},[B,C]_{h=12},[B,D]_{h=13}$$

$,[B,E]_{h=14},[B,F]_{h=15},[C,D]_{h=16},[C,E]_{h=17},[C,F]_{h=18},[D,E]_{h=19},[D,F]_{h=20},[E,F]_{h=21},[A,B,C]_{h=22},[A,B,D]_{h=23},[A,C,D]_{h=24},[B,C,D]_{h=25},[A,B,C,D]_{h=26}\}$

تعیین ترکیب تسهیلات قابل سوخت‌گیری درآزادراه تهران- ساوه

نام و مشخصات نقاط موجود و کاندید درآزادراه تهران- ساوه عبارتند از:

۱- تقاطع بزرگراه آزادگان با آزادراه تهران - ساوه (مکان کاندید)

۲- کیلومتر ۵ آزادراه تهران- ساوه بعد از عوارضی تهران نرسیده به جاده اسلامشهر (مکان کاندید)

۳- رباط‌کریم، شرکت مجموعه امداد هفته، واقع در آزادراه ساوه کیلومتر ۱۹سمت شرق (جایگاه CNG)

٤- پرند، جایگاه کوثر،آزادراه تهران- ساوه بعد از عوارضی دوم سمت راست مقابل دانشگاه آزاد اسلامی (جایگاه CNG)

۵- پمپ‌بنزین واقع در کیلومتر ٦۳ آزادراه تهران- ساوه (مکان کاندید)

٦- جنب پلیس‌راه ساوه مقابل عوارضی ساوه (مکان کاندید)

تعداد زوج مسیرهای موجود در آزادراه تهران- ساوه برابر با ۱۵زوج مسیر می‌باشد.

مجموعه H_2 نشان‌دهنده کلیه ترکیب تسهیلات بالقوه که آزادراه تهران- ساوه را قابل سوخت‌گیری می‌کند، است.

$H_2=\{[A]_{h=1},[B]_{h=2},[C]_{h=3},[D]_{h=4},[E]_{h=5},[F]_{h=6},[A,B]_{h=7},[A,C]_{h=8},[A,D]_{h=9},[A,E]_{h=10},[A,F]_{h=11},[B,C]_{h=12},[B,D]_{h=13},[B,E]_{h=14},[B,F]_{h=15},[C,D]_{h=16},[C,E]_{h=17},[C,F]_{h=18},[D,E]_{h=19},[D,F]_{h=20},[E,F]_{h=21}\}$

تعیین ترکیب تسهیلات قابل سوخت‌گیری درآزاد راه تهران- قم

نام و مشخصات نقاط موجود و کاندید در آزادراه تهران- قم (آزادراه خلیج فارس) عبارتند از:

۱-ابتدای آزادراه خلیج فارس جنب پارک جنگلی افرا (مکان کاندید)

۲- آزادراه خلیج فارس نرسیده به بزرگراه کمربندی دوم تهران (مکان کاندید)

۳- ایستگاه CNGIKIA واقع در فرودگاه امام‌خمینی- جنب تاسیسات آبرسانی(جایگاهCNG)

٤- ایستگاه CNG مهتاب واقع در مجتمع رفاهی مهتاب (جایگاه CNG)

۵- ورودی قم جنب مسجد اهل البیت(ع) (مکان کاندید)

تعداد زوج مسیرهای موجود در آزادراه تهران- قم برابر با ۱۰ زوج مسیر (مبدا- مقصد) می‌باشد.

مجموعهH_3 نشان‌دهنده کلیه ترکیب تسهیلات بالقوه که آزادراه تهران- قم را قابل سوخت‌گیری می‌کند، است.

$H_3=\{[A]_{h=1},[B]_{h=2},[C]_{h=3},[D]_{h=4},[E]_{h=5},[A,B]_{h=6},[A,C]_{h=7},[A,D]_{h=8},[A,E]_{h=9},$
$[B,C]_{h=10},[B,D]_{h=11},[B,E]_{h=12},[C,D]_{h=13},[C,E]_{h=14},[D,E]_{h=15}\}$

مدل ریاضی FRLMبرای آزادراه تهران- قزوین

این مسیر دارای ٦ نقطه $\{A,B,C,D,E,F\}$ است که با توجه به مدل ۱۵ مسیر خواهیم داشت. از این ٦ نقطه، ٤ نقطه $\{A,D,E,F\}$ مکان‌های کاندید و ۲ نقطه $\{B,C\}$ شامل جایگاه‌های CNG موجود و در حال ساخت می‌باشد. از میان این چهار مکان کاندید به دنبال انتخاب یک مکان ($p=1$) جهت احداث جایگاه CNG می‌باشیم. بنابراین مدل FRLM برای تعیین بهترین مکان به شرح زیر است:

$$MAX\ Z=23Y_1+49Y_2+64Y_3+101Y_4+160Y_5+26Y_6+41Y_7+78Y_8+137Y_9+15Y_{10}+52Y_{11}+111Y_{12}+37Y_{13}+96Y_{14}+59Y_{15}$$

s.t:

$$V_1+V_2+V_7>=Y_1$$
$$V_1+V_2+V_3+V_7+V_8+V_{12}>=Y_2$$
$$V_1+V_2+V_3+V_4+V_7+V_8+V_9+V_{12}+V_{13}>=Y_3$$
$$V_1+V_2+V_3+V_4+V_5+V_7+V_8+V_9+V_{10}+V_{12}+V_{13}+V_{14}+V_{16}+V_{17}+V_{19}>=Y_4$$
$$V_5+V_6+V_{10}+V_{11}+V_{14}+V_{15}+V_{17}+V_{18}+V_{19}+V_{20}+V_{21}+V_{22}+V_{23}+V_{24}+V_{25}+V_{26}>=Y_5$$
$$V_2+V_3+V_{12}>=Y_6$$
$$V_2+V_3+V_4+V_{12}+V_{13}+V_{16}>=Y_7$$
$$V_2+V_3+V_4+V_5+V_{12}+V_{13}+V_{14}+V_{16}+V_{17}+V_{19}>=Y_8$$
$$V_5+V_6+V_{14}+V_{15}+V_{17}+V_{18}+V_{19}+V_{20}+V_{21}+V_{25}>=Y_9$$
$$V_3+V_4+V_{16}>=Y_{10}$$
$$V_3+V_4+V_5+V_{16}+V_{17}+V_{19}>=Y_{11}$$
$$V_5+V_6+V_{17}+V_{18}+V_{19}+V_{20}+V_{21}>=Y_{12}$$
$$V_4+V_5+V_{19}>=Y_{13}$$
$$V_5+V_6+V_{19}+V_{20}+V_{21}>=Y_{14}$$

$V_5+V_6+V_{21}>=Y_{15}$
$XA>=V_1$, $XB>=V_2$
$XC>=V_3$, $XD>=V_4$
$XE>=V_5$, $XF>=V_6$
$XA+XB>=V_7$, $XA+XC>=V_8$
$XA+XD>=V_9$, $XA+XE>=V_{10}$
$XA+XF>=V_{11}$, $XB+XC>=V_{12}$
$XB+XD>=V_{13}$, $XB+XE>=V_{14}$
$XB+XF>=V_{15}$, $XC+XD>=V_{16}$
$XC+XE>=V_{17}$, $XC+XF>=V_{18}$
$XD+XE>=V_{19}$, $XD+XF>=V_{20}$
$XE+XF>=V_{21}$
$XA+XB+XC>=V_{22}$
$XA+XB+XD>=V_{23}$
$XA+XC+XD>=V_{24}$
$XB+XC+XD>=V_{25}$
$XA+XB+XC+XD>=V_{26}$
$XB=1$
$XC=1$
$XA+XD+XE+XF=1$
$vi<=1$, $i=1,2,\ldots,26$
$yj<=1$, $j=1,2,\ldots,15$
XA, XD, XE, XF = 0 یا 1

پس از حل مدل توسط نرم افزار LINGO، مکان مناسب برای احداث جایگاه CNG در آزادراه تهران- قزوین با مختصات (۵۰/۵٤،۳٦/۰۵) انتخاب شده است. شکل (۱) نشان‌دهنده نقشه شماتیک نقاط موجود شامل ایستگاه‌های CNG و مکان‌های کاندید و مکان انتخابی در مسیرتهران- قزوین می باشد.

شکل(۱): نقشه شماتیک نقاط موجود شامل ایستگاه‌های CNG و مکان‌های کاندید و مکان انتخابی در مسیرتهران- قزوین

(Maps Google, 2014)

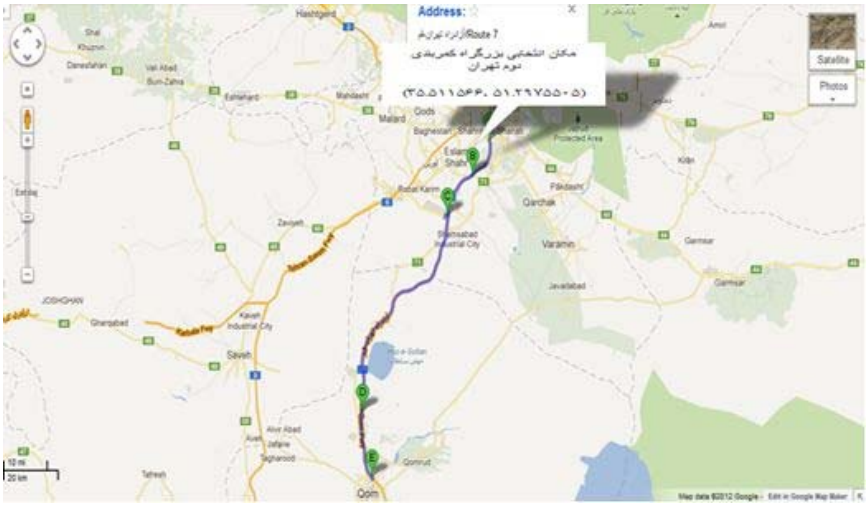
مدل ریاضی FRLM برای آزادراه تهران- ساوه

این مسیر دارای ٦ نقطه است که با توجه به مدل ۱۵ مسیر خواهیم داشت. از این ٦ نقطه، ٤ نقطه مکان‌های کاندید و ۲ نقطه شامل جایگاه‌های CNG موجود و در حال ساخت می‌باشد. از میان ٤ مکان کاندید به دنبال انتخاب یک مکان (p=1) جهت احداث جایگاه CNG می‌باشیم. پس از طراحی و اجرای مدل، مکان مناسب برای احداث جایگاه CNG در آزادراه تهران- ساوه با مختصات جغرافیایی (٣٤/٥٠،٩٩٦/٤٢) انتخاب شده است. شکل (۲) نقشه شماتیک نقاط موجود شامل ایستگاه‌های CNG و مکان‌های کاندید و مکان انتخابی در آزادراه تهران- ساوه را نشان می‌دهد.

شکل(۲): نقشه شماتیک نقاط موجود شامل ایستگاه‌های CNG و مکان‌های کاندید و مکان انتخابی در آزاد راه تهران- ساوه

مدل ریاضی FRLMبرای آزادراه تهران- قم

این مسیر دارای ۵ نقطه است که با توجه به مدل، ۱۰ مسیر خواهیم داشت. از این ۵ نقطه، ۳ نقطه مکان‌های کاندید و ۲ نقطه شامل جایگاه‌های CNG موجود و در حال ساخت می‌باشد. از میان ۳ مکان کاندید به دنبال انتخاب یک مکان ($p=1$) جهت احداث جایگاه CNG می‌باشیم. پس از طراحی و اجرای مدل، مکان مناسب جهت احداث جایگاه CNG در آزاد راه تهران- قم با مختصات (۳۵/۵۱،۵۱/۳۰) انتخاب شده است. شکل (۳) نقشه شماتیک نقاط موجود شامل ایستگاه‌های CNG و مکان‌های کاندید ومکان انتخابی در آزادراه تهران- قم را نشان می‌دهد.



شکل(۳): نقشه شماتیک نقاط موجود شامل ایستگاه‌های CNG و مکان‌های کاندید و مکان انتخابی در آزادراه تهران- قم

(Maps Google, 2014)

نتیجه گیری و پیشنهادها

هدف از این تحقیق، مکان‌یابی جایگاه‌های CNG در سه آزادراه برون‌شهری استان تهران با استفاده از مدل مکان‌یابی جریان سوخت‌گیری بود. پس از جمع‌آوری اطلاعات مربوط به ورودی‌های مدل شامل ایستگاه‌های CNG موجود و در حال ساخت در مسیرهای خروجی تهران، مکان‌های کاندید جهت احداث جایگاه، تعداد جایگاه‌هایی که باید در هر کدام از سه آزادراه برون‌شهری تهران طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۵ احداث شوند، شناسایی خودرو بحرانی طرح و هم چنین تعیین فواصل کیلومتری میان جایگاه‌های موجود و در حال ساخت و نیز نقاط کاندید، مدل FRLM برای هریک از مسیرها طراحی و اجرا شد. نتایج نشان داد، مکان مناسب برای احداث جایگاه CNG در مسیر تهران- قزوین واقع در آبیک تقاطع آزادراه تهران- قزوین و بلوار امام خمینی آبیک با مختصات جغرافیایی (۵۰/۵٤،۳٦/۰۵)، مکان مناسب برای احداث جایگاه CNG در مسیر تهران- ساوه در پمپ بنزینی واقع در کیلومتر ٦۳ آزادراه تهران- ساوه با مختصات

جغرافیایی (۳٤/۵۰،۹۹٦/٤۲) و مکان مناسب برای احداث جایگاه CNG در آزادراه تهران- قم در آزادراه خلیج‌فارس نرسیده به بزرگراه کمربندی دوم تهران با مختصات جغرافیایی (۳۵/۵۱،۵۱/۳۰) است.

پیشنهاد می‌شود، از این مدل برای تعیین مناسب‌ترین مکان‌ها برای احداث جایگاه‌های CNG در سایر جاده‌های کشور به خصوص جاده‌هایی با مسافت طولانی استفاده شود. هم چنین می‌توان از مدل مکان‌یابی جریان سوخت‌گیری برای شناسایی مکان بهینه جهت احداث جایگاه‌های سایر سوخت‌ها مثل بنزین استفاده نمود.

منابع

۱- زارع، علی‌اکبر(۱۳۷۲)شناخت چگونگی عملکرد دستگاه‌های گازرسانی و روش تعمیرات آن ها، قم، شرکت گاز استان قم.

۲- ذکایی‌خیرایی، علی(۱۳۸۸) مکان‌یابی پمپ بنزین‌ها در نواحی درون شهری، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده عمران.

۳- نصیری،علیرضا (۱۳۸۸) تحلیل پراکندگی فضایی و جستجوی عوامل موثر بر مکان‌یابی بهینه جایگاه‌های سوخت CNG شهر قم با رویکرد GIS، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده مدیریت پردیس قم.

4- Bapna, R., Thakur, LS., Nair SK.,2002, Infrastructure development for conversion to environmentally friendly fuel, European Journal of Operational Research, 142(3), 96-480.

5- Church, R.L., ReVelle, C., 1973, the maximal covering location problem, Regional Science, 32, 101–118.

6- Hodgson, MJ. 1990, A flow capturing location allocation model, Georg Anal, 270–279.

7- Kuby, M.J., Lim, S., 2005, the flow-refueling location problem for alternative-fuel vehicles, Socio-Economic Planning Sciences, 39, 125–145.

8- Kuby, M.J., Lim, S.,2007, Location of alternative-fuel stations using the Flow-Refueling Location Model and dispersion of candidate sites on arcs, Netw Spat Econ, 7(2), 129–52.

9- Kuby, M.J., Lim, S., Wang, K., 2004, a model for optimal location of hydrogen refueling stations: an Arizona case study. Proceedings of the National Hydrogen Association, Los Angeles, 26–30.

10-Lin, Z., Ogden, J., Fan, Y., Chen, C., 2008, the fuel-travel-back approach to hydrogen station sitting, Int J Hydrogen Energy, 33(12), 96–101.

11-Melina, MW, 2005, Estimating relative station sizes in early hydrogen station networks, Proceedings of the National Hydrogen Association, Washington, D.C, 495p.

12-Melendez, M., Milbrandt, A., Unnasch, S., Rutherford, D., Hooks, M., 2008, Analysis of the Transition to Hydrogen Fuel Cell Vehicles and the Potential Hydrogen Energy Infrastructure Requirements, ORNL/TM, 530p.

13-Nicholas, MA., Handy S., Sperling D., 2004, Hydrogen refueling network analysis using Geographic Information Systems, Proceedings of the National Hydrogen Association, LosAngeles, CA, 26–30.

Nicholas, MA, Handy, SL., Sperling, D., 2010, Using Geographic Information Systems to sitting evaluate and networks of hydrogen stations, Transp Res Rec, 126–34.