مکانیابی بهینه جایگاههای عرضه سوخت با استفاده از برنامه ریزی ریاضی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مطالعه موردی شهر مشهد

شمس نوبخت(نویسنده مسئول)، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
امیر مصطفوی ماریان، کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
E-mail: nowbakht@iust.ac.ir

تاریخ دریافت:۸۹/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش:۹۰/۰۹/۰۹

چکیده

یکی از مهم‌ترین نکات پیرامون جایگاههای عرضه سوخت مکانیابی مناسب آنهاست. هدف این پژوهش تعیین تعداد و محل مناسب قرارگیری جایگاههای عرضه سوخت با استفاده از مدل برنامه ریزی ریاضی است به‌گونه‌ای که این جایگاهها بیشترین خدمت دهی ممکن را داشته باشند. در این تحقیق شهر مشهد برای مطالعه انتخاب شد. حوزه ترافیکی شهر مشهد به ۱۳ منطقه و ۱۴۱ ناحیه ترافیکی شهرداری تقسیم بندی شده است. اطلاعات و مشخصات مربوط به حوزه ترافیکی مشهد پس از جمع آوری، در محیط GIS سامان دهی گردید. همچنین بر مبنای مصرف بنزین در یک بازه مشخص و با در نظر گفتن شرایطی، تعداد ایستگاههای پمپ بنزین مورد نیاز محاسبه شد.

برای بررسی خدمت دهی یک ناحیه درصورت احداث پمپ بنزین در آن با در نظر گرفتن سناریوهایی، پتانسیل هر ناحیه تعریف و محاسبه گردید. در ادامه به تعریف مدل ریاضی مکانیابی بر مبنای حداکثر پتانسیل خدمت‌دهی ناحیه ها و حل آن با استفاده از نرم افزار Lingo پرداخته شد، بهترین ناحیه ها از نظر خدمت‌دهی انتخاب شدند. در انتها اولویت بندی ناحیه های گزیده در قالب سناریوهای مفروض در محیط GIS ارائه گردید.

واژه‌های کلیدی: مدل مکانیابی، برنامه ریزی ریاضی، جایگاه عرضه سوخت، حداکثر خدمت دهی

۱. مقدمه

مکانیابی تسهیلات خدماتی عمومی به صورت صحیح و مناسب همواره اولین دغدغه در جهت احداث این اماکن بوده است. به‌همین دلیل مطالعات گسترده‌ای پیرامون مدلهای مکانیابی و محدودیتهای آنها انجام گرفته است. به طور کلی مطالعات مکانیابی از اوایل قرن بیستم آغاز گردید، اما از حدود ۱۹۶۰ به صورت جدی به آن پرداخته شد. مدلهای مکانیابی را می‌توان در دو گروه پیوسته و گسسته طبقه بندی نمود. در مدلهای پیوسته یک یا چند فعالیت در هر نقطه ای از محدوده می توانند قرار بگیرند. در مقابل در مدلهای گسسته تسهیلات می توانند در یک مجموعه نقاط که از قبل انتخاب شده اند قرار گیرند. آشکار است که مطالعه در یک فضای پیوسته دقت بیشتری در پی خواهد داشت اما با حجم بالای عملیات همراه بوده و نیازمند انبوهی از اطلاعات خواهد بود، مدلهای گسسته این مشکلات را رفع کرده و چنانچه تقسیم بندیها، انتخاب نقاط کاندید و سایر مراحل آنها با دقت صورت گیرد، دقت نتایج نیز در حد قابل قبول خواهدبود. با توجه به مطالعات فوق، در این پژوهش سعی شده تا مناسب‌ترین مکانها برای احداث جایگاههای عرضه سوخت جدید در حوزه مورد مطالعه (شهر مشهد) انتخاب شوند به طوری که حداکثر خدمت‌دهی به مشتریان صورت پذیرد. آشکاراست که جایگاههای فعال فعلی نیز در مدل مورد نظر قرار خواهند گرفت. برای مکانیابی یک جایگاه عرضه سوخت، پارامترهای متعددی را می‌توان مورد بررسی قرار داد، از قبیل فاصله طولی، فاصله زمانی، زمانهای اتلاف شده، ارزش زمین و ... اما بررسی هر یک از عوامل فوق خود مستلزم انبوهی از آمار و اطلاعات است و از آنجاکه در خصوص محدوده مورد مطالعه محدودیت داده وجود دارد، این مطالعه به بررسی فاصله طولی (مسافت) محدود می شود. همچنین آمار و اطلاعات موجود بر اساس مطالعات جامع حمل‌ونقل شهر مشهد بوده که آن مطالعات شهر مشهد را به گونه‌ای تقریباً همگن (از نظر جمعیت، تراکم و حجم سفرها) ناحیه بندی کرده است، به طوری که در ادامه ملاحظه خواهد شد نواحی مرکزی شهر به قطعات کوچک‌تر تقسیم بندی شده و نواحی اطراف شهر به قطعات بزرگ تری تقسیم شده اند، به طوری که می توان گفت زمان حرکت از یک طرف به طرف دیگر در هر ناحیه باوجود اندازه متفاوت نواحی با هم تقریبا یکسان خواهد بود. از این رو فاصله زمانی نیز به صورت غیر مستقیم در مطالعه منظور شده است.

۲. ساختار مدل مورد استفاده برای مکانیابی جایگاه‌های سوخت‌رسانی

در این مدل برای هر یک از نواحی محدوده مورد مطالعه کمیتی به نام «پتانسیل» تعریف می شود که نشان دهنده ارزش هر ناحیه بدون درنظر گرفتن نواحی اطراف برای احداث جایگاه است. همچنین برای در نظر گرفتن تاثیر نواحی مختلف بر یکدیگر، به هر زوج (i,j) از ناحیه ها کمیتی به نام «شاخص تقاضا» نسبت داده می شود که بیانگر کسری از پتانسیل موجود در ناحیه j برای خدمت گرفتن از یک پمپ بنزین در ناحیه i است. در صورتی که یک ناحیه به عنوان محل مناسب جهت احداث یک پمپ بنزین انتخاب شود، آن پمپ بنزین به تقاضای آن ناحیه خدمت می دهد. این پمپ بنزین همچنین می تواند به نواحی دیگر خدمت دهد. ولی میزان این خدمت دهی کمتر از پتانسیل این نواحی است. به عبارت دیگر میزان خدمت دهی یک پمپ بنزین به نواحی پیرامون آن با افزایش فاصله نواحی از پمپ بنزین کاهش می یابد. در واقع در این روش یک پمپ بنزین به کسری از پتانسیل یک ناحیه خدمت دهی می کند که میزان آن با افزایش فاصله ناحیه از پمپ بنزین کاهش می یابد.

۲-۱ پتانسیل هر ناحیه

در این مدل برای مکانیابی ایستگاههای پمپ بنزین از مفهوم پتانسیل نواحی استفاده شد. از تعریف مساله و مفهوم خدمت‌دهی چنین بر می آید که پتانسیل به نوعی مرتبط با تعداد وسایل نقلیه موجود است. به عبارت دیگر هر چه تعداد وسایل نقلیه موتوری موجود در یک ناحیه بیشتر باشد، آن ناحیه از پتانسیل بیشتری برای نیاز به سوخت و در نتیجه احداث جایگاه پمپ بنزین

برخوردار است. اما خودروهای موجود در یک ناحیه ممکن است در تملک ساکنین آن ناحیه باشند و یا به علت انجام سفر در آن ناحیه حضور یافته باشند. پس لازم است ترکیبی از تعداد خودروهای ثابت (تحت تملک ساکنین) و خودروهای متحرک (سفرهای تولید و جذب شده) را به عنوان پتانسیل در نظر بگیریم. برای اینکه بتوان هر دو عامل بالا را در پتانسیل در نظر گرفت و آنها را با سناریوهایی (فرضیاتی) با هم ترکیب نمود، بایستی آنها به نحوی همگون شوند، زیرا تعداد خودرو و تعداد سفر از یک جنس نیستند. برای این کار از دو مفهوم سهم عوامل ثابت و سهم عوامل متحرک استفاده می شود [بهبهانی، اقبالی و فاکهی، ۱۳۸۵].

۲-۱-۱ سهم عوامل ثابت

با توجه به مشخص بودن جمعیت ساکن هر یک از نواحی و همچنین داشتن سرانه مالکیت خودرو در نواحی، تعداد خودروهای هر یک از نواحی به دست می آید [دفتر مطالعات و برنامه ریزی حمل و نقل شهر مشهد، ۱۳۸۵]. سپس برای تعیین سهم خودروهای موجود در ناحیه i به صورت زیر عمل می شود:

$$D_{1i} = \frac{CAR_i}{\sum_{i=1}^{n} CAR_i} \qquad (۱)$$

D_{1i}: سهم خودروهای تحت تملک ساکنین ناحیه i (سهم عوامل ثابت)

CAR_i: تعداد خودروهای موجود در ناحیه i

$\sum_{i=1}^{n} CAR_i$: تعداد کل خودروهای موجود در شهر

۲-۱-۲ سهم عوامل متحرک

با توجه به مشخص بودن تعداد سفرهای تولید شده از هر ناحیه و تعداد سفرهای جذب شده به هر ناحیه، [دفتر مطالعات و برنامه‌ریزی حمل و نقل شهر تهران، ۱۳۸۵ و مرکز مطالعات و تحقیقات حمل‌و نقل، ۱۳۸٦]. سهم عوامل متحرک تعیین می شود.

$$D_{2i} = \frac{OD_i}{\sum_{i=1}^{n} OD_i} \qquad (۲)$$

D_{2i}: سهم سفرهای تولید و جذب شده به ناحیه i (سهم عوامل متحرک)

OD_i: مجموع تعداد سفرهای تولید شده از ناحیه i و جذب شده به ناحیه i

$\sum_{i=1}^{n} OD_i$: تعداد کل سفرهای تولید و جذب شده در شهر

۲-۲ تعریف سناریوهای پتانسیل نواحی

با فرضیات مناسبی که در تکنیک مدلسازی به عنوان سناریو شناخته می‌شوند، سهم هریک از دو عامل گفته شده در بالا در پتانسیل هر ناحیه تعیین می‌شود. به این منظور دو پارامتر A و B را به عنوان ارزش وزنی عوامل ثابت و عوامل متحرک تعریف کرده و در سناریوهای مختلف مقادیر متفاوتی برای آنها فرض می‌شود تا تاثیرگذاری این دو عامل در پتانسیل نواحی مورد مقایسه قرارگیرد. در این صورت رابطه برآورد پتانسیل در هر ناحیه را می‌توان به صورت زیر نوشت: [بهبهانی، اقبالی و فاکهی، ۱۳۸۵]

$$Potential_i = A.D_{1i} + B.D_{2i} \qquad (۳)$$

$Potential_i$: پتانسیل ناحیه i

A : ارزش وزنی مفروض برای عوامل ثابت

B : ارزش وزنی مفروض برای عوامل متحرک

برای مثال سناریوی ٤ می‌گوید ۲۵٪ از سهم عوامل ثابت (خودروهای تحت تملک ساکنین) به علاوه ۷۵٪ از سهم عوامل متحرک (سفرهای تولید و جذب شده به ناحیه) به عنوان پتانسیل آن ناحیه در نظر گرفته شود.

جدول ۱. ضرایب پارامترهای سناریوهای پنج گانه

سناریو	٪ A	٪ B
سناریو ۱	۱۰۰	۰
سناریو ۲	۷۵	۲۵
سناریو ۳	۵۰	۵۰
سناریو ٤	۲۵	۷۵
سناریو ۵	۰	۱۰۰

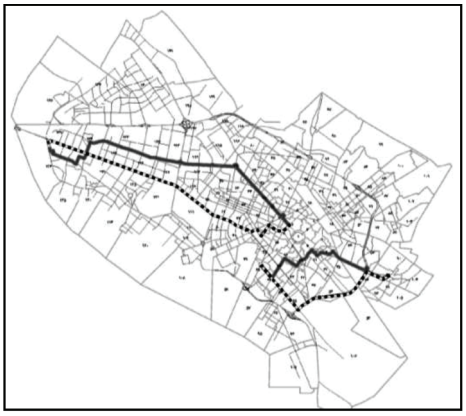
۲-۳ تعیین ضریب خدمت دهی نواحی ترافیکی

اگر i یک پمپ بنزین و j یک ناحیه در محدوده مطالعاتی و C_{ij} کمترین فاصله حرکت از j به i بر روی شبکه معابر شهری بر حسب کیلومتر باشد میزان ضریب خدمت دهی پمپ بنزین i به ناحیه دیگر j از رابطه زیر قابل محاسبه است: [سازمان نقشه برداری خراسان رضوی، بی.تا]

$$F(C_{ji}) = EXP(-C_{ji}) \qquad (٤)$$

همان گونه که از تابع فوق مشخص است، ضریب خدمت دهی با افزایش فاصله کاهش می یابد و عددی بین صفر و یک است. هنگامی که C_{ij}=۰ باشد ضریب خدمت دهی برابر یک می شود، یعنی پمپ بنزین موجود در یک ناحیه به تمام خودروهای آن ناحیه خدمت دهی می کند.

همان طور که بیان شد از آنجا که C_{ij} کمترین فاصله حرکت از j به i بر روی شبکه معابر شهری است بنابراین C_{ij} و C_{ji} الزاماً مساوی نخواهند بود. شکل (۱) این مطلب را نشان می‌دهد. در این شکل مسیر رفت و برگشت بین دو زوج ناحیه نشان داده شده است.



شکل ۱. نمونه ای از فاصله بین زوج نواحی در رفت و برگشت

۲-٤ تعیین شاخص تقاضا نواحی ترافیکی

شاخص تقاضا بخشی از پتانسیل ناحیه j برای خدمت گرفتن از پمپ بنزین ناحیه i است، پس برای هر ناحیه j می‌توان ۱٤۱ شاخص تقاضا برای استفاده از پمپ بنزین های فرضی در ۱٤۱ ناحیه در نظر گرفت. رابطه زیر چگونگی محاسبه شاخص تقاضا را نشان می دهد. [دفتر مطالعات و برنامه ریزی سازمان ترافیک مشهد، بی تا]

$$Demand_{ij} = EXP(-C_{ij}) * Potential_j \qquad (٥)$$

$Demand_{ij}$: شاخص تقاضای ناحیه j برای خدمت گرفتن از پمپ بنزین موجود در ناحیه i

C_{ij} : فاصله حرکت از j به i بر حسب کیلومتر

$Potential_j$: پتانسیل ناحیه j

۲-۵ مدل ریاضی مکانیابی

معلومات مساله:

B: تعداد کل نواحی

K: تعدادجایگاههای پمپ بنزین مورد نیاز در محدوده مطالعاتی.

سایر پارامترها در بخشهای قبل تعریف شده اند.

$$X_{ij} = \begin{cases} ۱ & \text{اگر ناحیه j از پمپ بنزین موجود در ناحیه i خدمت بگیرد.} \\ ۰ & \text{در غیر این صورت} \end{cases} \qquad (٦)$$

$$X_{ii} = \begin{cases} ۱ & \text{اگر ناحیه i به عنوان پمپ بنزین انتخاب شود.} \\ ۰ & \text{در غیر این صورت} \end{cases} \qquad (٧)$$

$$Max \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} Demand_{ij} X_{ij} \qquad (٨)$$

$$s.t.$$

$$\sum_{i \in I} X_{ij} \le ۱ \qquad \forall j \in J \qquad (٩)$$

$$\sum_{j \in J} X_{ij} \le B X_{ii} \qquad \forall i \in I \qquad (١٠)$$

$$\sum_{i \in I} X_{ii} = K \qquad (١١)$$

$$X_{ij} = ۰ \ \ or \ \ ۱ \qquad \forall j \in J, \forall i \in I \qquad (١٢)$$

$$X_{ii} = ۰ \ \ or \ \ ۱ \qquad \forall i \in I \qquad (١٣)$$

تابع هدف (۸) تضمین می کند که این پمپ بنزین، نزدیک ترین پمپ بنزین به آن ناحیه باشد. محدودیت (۹) نشان می دهد که هر ناحیه حداکثر از یک پمپ بنزین خدمت می گیرد. محدودیت (۱۰) نشان می دهد که یک ناحیه تنها هنگامی می تواند به دیگر

نواحی خدمت دهد که به عنوان یک پمپ بنزین انتخاب شده باشد (X_{ii}=۱) و در غیر این صورت (X_{ii}=o) به هیچ ناحیه‌ای خدمت نداده و در نتیجه x_{ij} برای تمام نواحی j برابر صفر خواهد شد. محدودیت (۱۱) تعداد پمپ بنزینهای مورد نیاز را مشخص می‌کند. محدودیت (۱۲) بیانگر صفر و یک بودن متغیرهای مساله است و محدودیت (۱۳) نیز برای در نظر گرفتن جایگاه های فعلی برابر با یک قرار داده می شود. [گزارش فروش جایگاههای سوخت در شهر مشهد، ۱۳۸۸]

۳. بانک اطلاعات اولیه مورد نیاز

حوزه مورد مطالعه این پژوهش شهر مقدس مشهد، مرکز استان خراسان رضوی و دومین کلانشهر ایران است. ناحیه‌بندی این مطالعه منطبق بر ناحیه‌بندی شهرداری مشهد و شامل ۱٤۱ ناحیه ترافیکی است. در هر یک از نواحی یک نقطه به عنوان نقطه کاندیدا درنظر گرفته‌شده تا فاصله بین نواحی بر مبنای این نقاط سنجیده شود. در انتخاب این نقاط سعی شده است این نقطه به مرکز ناحیه نزدیک بوده و معابر اصلی‌تر در اولویت قرار گرفته‌اند، نواحی که در آنها جایگاه عرضه سوخت وجود دارد، محل جایگاه به عنوان نقطه کاندید انتخاب شده است [زنجیرانی فراهانی و حکمت فر، ۲۰۰۹] و [گزارش وضعیت جایگاههای عرضه سوخت بنزین در شهر مشهد، ۱۳۸۸].

اطلاعات اولیه مورد نیاز را می توان به سه دسته اطلاعات جغرافیایی شهری، اطلاعات ترافیکی و اطلاعات جایگاههای سوخت رسانی تفکیک نمود. اطلاعات جغرافیایی شهری شامل نقشه دیجیتال شهر در محیط GIS ، اطلاعات ترافیکی شامل نقشه ترافیکی شهر، جمعیت، سرانه مالکیت خودرو، حجم سفرهای تولید و جذب شده و اطلاعات جایگاههای سوخت رسانی شامل محل قرارگیری آنها و متوسط فروش در بازه زمانی مشخص است.

پس از تعیین ساختار مدل مورد استفاده و پارامترهای مرتبط با آن و همچنین جمع آوری اطلاعات مورد نیاز و سامان دهی آنها در محیط GIS ، اطلاعات نهایی جهت حل مدل از نرم افزار GIS استخراج شد که در ادامه می آید.

٤. تحلیل و محاسبه آمار و اطلاعات مورد نیاز حل مدل مکانیابی

٤-۱ برآورد پتانسیل نواحی

یکی از پارامترهای اصلی مورد استفاده در بطن مدل پتانسیل نواحی است که در قسمت ۲-۲ در قالب سناریوهایی تعریف شد. نتایج محاسبه این پارامتر در جدول ۲ ارائه شده است.

٤-۲ فواصل ناحیه ها

با استفاده از اطلاعات نقشه دیجیتال شهر در محیط GIS فاصله بین نواحی ترافیکی محاسبه و در قالب یک ماتریس مربعی ۱٤۱×۱٤۱ ذخیره شده است. بخشی از این ماتریس در جدول۳ آورده شده است.

٤-۳ ضریب خدمت دهی

طبق تعریف بخش ۲-۳ و با داشتن ماتریس فواصل بین نواحی، ضریب خدمت دهی نواحی در قالب یک ماتریس مربعی محاسبه و ذخیره می شود.

جدول۲. پتانسیل نواحی مختلف بر اساس سناریوهای پنجگانه

ناحیه	سناریو۱	سناریو۲	سناریو۳	سناریو۴	سناریو۵	ناحیه	سناریو۱	سناریو۲	سناریو۳	سناریو۴	سناریو۵	ناحیه	سناریو۱	سناریو۲	سناریو۳	سناریو۴	سناریو۵
۱	۰.۷	۲۴.۴	۴۸.۱	۷۱.۸	۹۵.۵	۵۰	۲۹.۲	۳۵.۴	۴۱.۵	۴۷.۷	۵۳.۸	۹۹	۳۰.۴	۳۹.۹	۴۹.۴	۵۸.۹	۶۸.۴
۲	۲۰.۱	۳۷.۸	۵۵.۵	۷۳.۱	۹۰.۸	۵۱	۲۲.۶	۲۸.۳	۳۴	۳۹.۷	۴۵.۴	۱۰۰	۱۹.۳	۲۸.۹	۳۸.۴	۴۸	۵۷.۵
۳	۱۸.۳	۲۹.۵	۴۰.۷	۵۱.۹	۶۳.۱	۵۲	۱۸.۶	۲۳.۵	۲۸.۵	۳۳.۴	۳۸.۳	۱۰۱	۱۹.۳	۲۷.۶	۳۶	۴۴.۳	۵۲.۶
۴	۶	۲۰	۳۳.۹	۴۷.۹	۶۱.۸	۵۳	۷۰.۸	۶۷.۴	۶۴	۶۰.۶	۵۷.۲	۱۰۲	۱۳.۷	۲۲.۸	۳۱.۸	۴۰.۹	۴۹.۹
۵	۹.۶	۳۴	۵۸.۴	۸۲.۷	۱۰۷.۱	۵۴	۶۳	۶۸.۴	۷۳.۷	۷۹.۱	۸۴.۴	۱۰۳	۱۱.۶	۱۶.۲	۲۰.۷	۲۵.۳	۲۹.۸
۶	۱۳	۲۹.۱	۴۵.۲	۶۱.۳	۷۷.۴	۵۵	۵۵.۱	۵۵.۳	۵۵.۶	۵۵.۸	۵۶	۱۰۴	۱۴.۸	۲۴.۱	۳۳.۴	۴۲.۶	۵۱.۹
۷	۱۵.۱	۷۰.۹	۱۲۶.۸	۱۸۲.۶	۲۳۸.۴	۵۶	۷۳.۵	۷۴.۳	۷۵.۱	۷۵.۸	۷۶.۶	۱۰۵	۵.۷	۱۱.۱	۱۶.۶	۲۲	۲۷.۴
۸	۴۷.۲	۵۰.۳	۵۳.۴	۵۶.۵	۵۹.۶	۵۷	۳۱	۳۲.۶	۳۴.۲	۳۵.۷	۳۷.۳	۱۰۶	۱۲۶	۱۲۴.۹	۱۲۳.۷	۱۲۲.۶	۱۲۱.۴

جدول ۳. فاصله بین نواحی ترافیکی (برحسب متر)

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱
۱	۰	۱۴۲۹	۲۷۳۵	۳۵۳۵	۶۹۱	۱۵۹۴	۳۰۰۲	۲۳۷۶	۳۲۷۷	۳۳۲۸	۲۹۸۱	۱۶۶۱	۱۶۷۶	۳۵۲۷	۲۹۴۳	۳۹۵۳	۳۰۸۵	۳۱۱۲	۴۳۱۸	۵۲۸۷	۳۷۱۴
۲	۱۹۷۷	۰	۱۳۰۶	۲۵۰۶	۱۵۳۰	۷۱۵	۱۵۷۳	۹۴۷	۱۸۴۸	۳۰۵۱	۳۴۳۹	۲۵۰۰	۲۵۱۵	۱۵۵۰	۱۷۲۱	۲۶۵۷	۱۶۸۳	۱۶۸۴	۲۸۸۹	۵۰۸۱	۴۱۷۲
۳	۶۷۱	۲۰۹۹	۰	۱۱۹۹	۱۳۶۲	۲۲۶۴	۲۴۹۲	۱۸۶۶	۶۶۴	۱۸۶۸	۲۱۳۳	۲۳۳۲	۲۳۴۶	۲۸۵۶	۳۶۱۳	۳۵۸۹	۲۶۰۳	۲۰۵۴	۱۷۰۵	۳۸۹۷	۲۸۶۶
۴	۳۵۰۴	۳۲۱۲	۲۸۳۳	۰	۲۴۷۵	۳۳۷۷	۳۸۹۰	۳۲۶۴	۲۳۶۴	۱۲۶۱	۹۳۳	۲۰۷۶	۲۳۵۸	۳۹۱۱	۴۷۲۶	۴۹۸۶	۴۰۰۰	۳۴۵۱	۳۱۰۳	۳۲۳۹	۱۶۶۶
۵	۳۵۰۸	۱۵۳۱	۲۸۳۸	۲۸۴۴	۰	۹۰۲	۳۱۰۴	۲۴۷۸	۳۳۸۰	۲۶۳۷	۲۲۹۰	۹۷۰	۹۸۵	۱۰۶۶	۲۲۵۲	۴۰۵۶	۳۱۸۸	۳۲۱۵	۴۴۲۰	۴۵۹۶	۳۰۲۳
۶	۱۶۹۲	۷۱۵	۲۰۲۱	۳۲۲۱	۸۱۵	۰	۲۲۸۸	۱۶۶۲	۲۵۶۳	۳۴۵۲	۳۱۰۶	۱۷۸۵	۱۸۰۰	۸۳۵	۱۳۴۹	۳۲۲۰	۲۳۵۲	۲۳۹۹	۳۶۰۴	۵۴۱۱	۳۸۳۹
۷	۳۰۴۹	۱۰۷۲	۲۳۷۹	۳۵۷۸	۲۴۹۵	۱۶۸۰	۰	۲۰۱۹	۲۹۲۱	۴۱۲۴	۴۵۱۱	۳۴۶۵	۳۴۸۰	۳۱۲۳	۱۸۵۳	۲۵۳۶	۱۶۶۸	۲۷۵۶	۳۹۶۱	۶۱۵۳	۵۲۴۵

٤-٤ شاخص تقاضا

برای حل مدل مکانیابی تعریف شده در قسمت ۲-۵، اصلی‌ترین پارامتر شاخص تقاضای هر زوج ناحیه ($Demand_{ij}$) است. مطابق بند ۲-٤ برای محاسبه این پارامتر، پتانسیلهای به دست آمده روی قطر اصلی در یک ماتریس قطری ۱٤۱×۱٤۱ جایگزین شده (برای هر سناریو به طور مجزا) و ماتریس حاصل در ماتریس ۱٤۱×۱٤۱ ضریب خدمت دهی ضرب می شود. درایه‌های ماتریس مربعی حاصل همان شاخص تقاضای زوج ناحیه (i,j) هستند.

٤-٥ تعداد جایگاههای سوخت مورد نیاز

متوسط فروش بنزین در شهر مشهد در شش ماهه نخست سال ۱۳۸۸، روزانه ۲۳۵۰۲۵۰ لیتر اعلام شده است. اما پیش‌بینی‌های قبلی مصرف بنزین روزانه ۹۰ میلیون لیتر در کشور را نشان می‌دادند که این رقم به ٦٤ میلیون لیتر محدود شده است. یعنی حدود ٤۰٪ از نیاز خودروها با محدودیتهای اعمالی نادیده گرفته شده است. (۱/٤ = ٦٤ ÷ ۹۰) اما این مطالعه با شرط عدم محدودیت در دسترسی به سوخت صورت می گیرد، بنابراین می توان گفت که در صورت عدم سهمیه بندی، متوسط مصرف روزانه مشهد به ۳۲۹۰۳۵۰ = ۱/٤ × ۲۳۵۰۲۵۰ لیتر می رسد. [دیلیپ، ۲۰۰۱]

با توجه به بررسیهای انجام شده از جایگاههای موجود در سطح شهر، میزان فروش بنزین به طور متوسط ۱۰۰۰۰۰ لیتر در طول یک شبانه روز در هر جایگاه است. همچنین جایگاهها هم اکنون با حداکثر ظرفیت عملی شان فعالیت می کنند، در نتیجه در پمپهای بنزین همواره می توان شاهد ترافیک و تراکم خودروهابود. با توجه به این نکته، ظرفیت فعالیت هر جایگاه ۷۰ ٪ حداکثر ظرفیت عملی آن (۷۰۰۰۰ لیتر) تعیین می شود. تعداد جایگاههای عرضه بنزین مورد نیاز در شهر مشهد براساس اطلاعات فوق به شرح زیر به دست می آید:

۳۲۹۰۳۵۰ / ۷۰۰۰۰ = ٤۷

٤-٦ جایگاههای عرضه سوخت موجود

در حال حاضر ۲۹ جایگاه عرضه سوخت در مشهد فعال هستند که در مدل نیز منظور شده اند [پاردالوس و هنسن، ۲۰۰۱]

شکل ۲. محل قرارگیری جایگاههای موجود عرضه سوخت در شهر مشهد

۵. حل مدل مکانیابی جایگاههای عرضه سوخت

پس از مشخص شدن تمامی پارامتر های مسئله، مدل مکانیابی جایگاههای عرضه سوخت در نرم افزار Lingo پیاده سازی و مورد تحلیل قرار گرفت. [سازمان نقشه برداری خراسان رضوی،

بی تا] به این ترتیب تعداد ٤٧ ناحیه برای احداث جایگاه عرضه سوخت در آنها بر مبنای حداکثر خدمت دهی انتخاب شدند. اما با توجه به ۲۹ جایگاه عرضه سوختی که در حال حاضر در مشهد فعال هستند، تنها ۱۸ جایگاه دیگر مورد نیاز است. همچنین تمام X_{ij} ها در قالب ماتریسی ذخیره شده که نشان می دهند نواحی که در آنها پمپ بنزین وجود ندارد از پمپ بنزین کدام ناحیه استفاده می کنند.

شکل ۳. موقعیت های قرارگیری جایگاه های عرضه سوخت با ٥ سناریو

شکل٤. نواحی تحت پوشش هر پمپ بنزین با ٥ سناریو

۵-۱ اولویت بندی ۱۸ جایگاه برگزیده بر مبنای حداکثر خدمت دهی

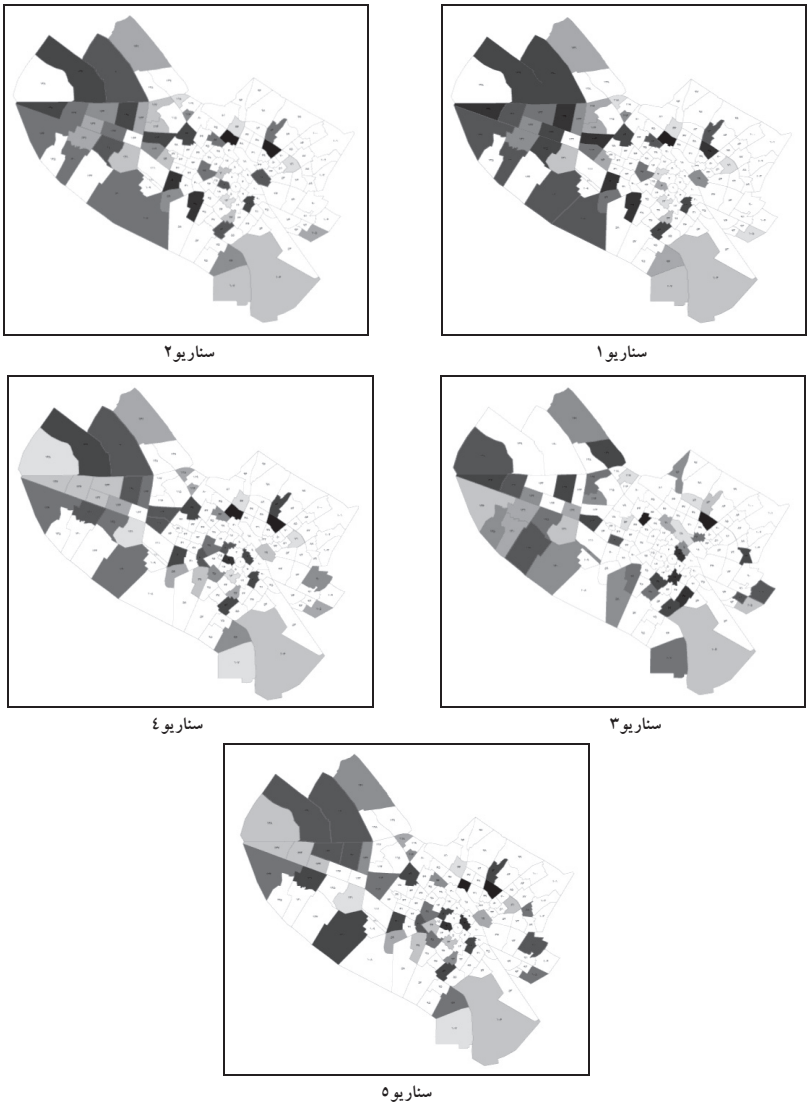
با استفاده از نمادهای تعریف شده در قبل، بیشینه میزان خدمت دهی یک ناحیه از رابطه زیر قابل محاسبه خواهد بود: [گزارش فروش جایگاههای...، ۱۳۸۸]

$$S_i^{\max} = \sum_{j=1}^{n} Potential_j X_{ij} \qquad \forall i \in I \qquad (14)$$

نکته قابل توجه اینکه در مدل مکانیابی، کسری از پتانسیل ناحیه **j** به ناحیه **i** منتسب شد اما در اینجا پس از مشخص شدن پمپ بنزینها و نیز اینکه نواحی که در آنها پمپ بنزین نیست از کدام ناحیه خدمت می گیرند، تمام پتانسیل ناحیه **j** به پمپ بنزین **i** نسبت داده می شود.

٦. نتیجه گیری و جمع بندی

۱- نتایج کاربرد مدل در شهر مشهد نشان می دهد علاوه بر ۲۹ پمپ بنزین فعلی، نیاز به احداث ۱۸ جایگاه عرضه سوخت جدید است. علاوه بر تعیین موقعیت جایگاههای جدید، آنها بر مبنای حداکثر خدمت دهی اولویت بندی شده اند. بر این اساس و با میانگین گیری روی هر ۵ سناریو اولویت احداث ۱۸ جایگاه پیشنهادی به شرح جدول ٤ است.



شکل ۵. اولویت بندی ٤۷ جایگاه تعیین شده - نواحی تیره تر، در اولویت قرار دارند.

جدول ٤. اولویت بندی ۱۸ جایگاه پیشنهادی

اولویت	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥	۱٦	۱۷	۱۸
شماره ناحیه	۱۲۷	۱۱۳	۱۳٦	۱۳۷	۱۳۱	۱۳٤	۱۱۲	۱۲٦	٤۷	۱۲٥	٥۹	۱۰٦	٤۰	۱۲۱	۲٥	۱۱۷	۷٦	۳

۲- اهمیت نواحی پیشنهادی ۱۸گانه در مقایسه با ۲۹ ناحیه موجود به شرح شکل ٦ است.

خطوط تیره جایگاههای پیشنهادی و خطوط روشن جایگاههای موجود را نشان می‌دهند. بر طبق شکل فوق، جایگاههای پیشنهادی ۱۸ گانه نسبت به ۲۹ جایگاه موجود اولویت مناسبی دارند، به‌طوری که در بین ۱۰ جایگاه اول، شش جایگاه مربوط به گروه جایگاههای پیشنهاد شده هستند و نیز در بین ۱۲ جایگاه با اهمیت کمتر انتهایی (سمت راست شکل فوق) هیچ یک از جایگاههای پیشنهاد شده حضور ندارند.

۳- استفاده از سناریوهای پنجگانه در این مطالعه نشان می‌دهد که اگر هدف برنامه ریزی، سوختگیری در مجاورت محل سکونت باشد (سناریو۱) نواحی غربی شهر اولویت زیادی برای احداث جایگاه دارند و اگر اولویت سوختگیری در محل سفر باشد (سناریو٥) نواحی شرقی و مرکزی اولویت احداث جایگاه‌های عرضه سوخت خواهند بود.

٤- نتایج تعداد نواحی تحت پوشش هر جایگاه پمپ بنزین به نوعی نشان دهنده میزان کارآیی پمپ بنزینهایی است که در حال حاضر فعالیت می کنند. برخی پمپ بنزینها به علت مکان نامناسب حتی به ناحیه مجاور خود نیز خدمت دهی ندارند. نمونه بارز این موارد، پمپ بنزین موجود در ناحیه ۷۱ است که فقط به دو ناحیه ۷۰ و ۷۱ خدمت دهی می کند، این مطلب به معنی بی نیازی به پمپ بنزین در ناحیه ۷۱ نیست، بلکه بیان می کند که محل پمپ بنزین در این ناحیه نامناسب است.

۷. پیشنهادهایی برای مطالعات آتی

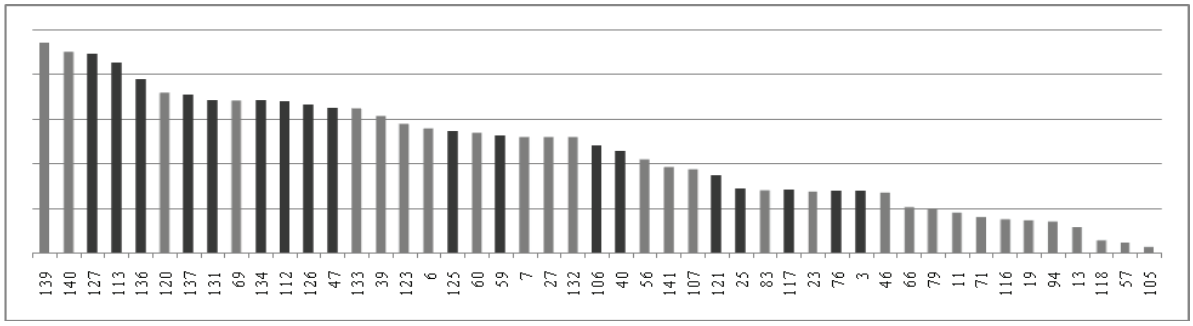
۱- پیشنهاد می گردد در مطالعات آتی ظرفیت جایگاهها متغیر فرض شده و نقش ظرفیت جایگاهها در مطالعه بررسی شود.

۲- پیشنهاد می شود انواع سوختهای قابل عرضه در جایگاهها از قبیل بنزین معمولی، بنزین بدون سرب (سوپر)، گاز مایع (LNG) و گاز فشرده (CNG) در مطالعات آتی در کنار هم بررسی شوند.

۳- پیشنهاد می گردد در صورت وجود داده های لازم، این مکانیابی در یک فضای پیوسته صورت پذیرد و نتایج با این مطالعه که در فضای گسسته انجام گرفته است، مقایسه شود.

۸. مراجع

بهبهانی، حمید، اقبالی، مهدی و فاکهی، امیرحسین (۱۳۸٥) "ارائه مدل بمنظور مکانیابی بهینه محل احداث جایگاه های سوخت‌رسانی (شهرتهران)"، هفتمین کنفرانس مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ایران.



شکل ٦. مقایسه اهمیت جایگاه های موجود و جایگاههای پیشنهادی

دفتر مطالعات و برنامه ریزی حمل و نقل شهر مشهد (۱۳۸۵) "چهارمین آمارنامه حمل و نقل شهر مشهد"، مشهد: دفتر مطالعات و برنامه ریزی حمل و نقل شهر مشهد.

مرکز مطالعات و تحقیقات حمل و نقل (۱۳۸٦) "مدل های تولید و جذب سفر ، مطالعات جامع حمل و نقل مشهد"، گزارش شماره ۰۲-۷٦.

سازمان نقشه برداری خراسان رضوی واحد GIS
دفتر مطالعات و برنامه ریزی سازمان ترافیک مشهد [بی. تا.]

گزارش فروش جایگاه های سوخت در شهر مشهد(۱۳۸۸)، مرکز رایانه شرکت ملی پخش فراورده های نفتی ایران ناحیه مشهد.

گزارش وضعیت جایگاه های عرضه سوخت بنزین در شهر مشهد(۱۳۸۸)، روابط عمومی شرکت ملی پالایش و پخش فراورده های نفتی ایران، ناحیه مرکزی مشهد.

- Zanjirani Farahani, Reza and Hekmatfar, Masoud (2009) "Facility location: Concepts, models, algorithms and case studies (contributions to management science)", Physica-verlag Heidelberg.

- Dileep, R. Sule (2001) "Logistics of facility location and location". Louisiana Tech University Ruston, Louisiana.

- Pardalos, M. Panos and Hansen, Pierre (2008) "Data mining and mathematical programming", American Mathematical Society.