مجله علمی – پژوهشی مدیریت تولید و عملیات
سال اول، شماره اول، پاییز و زمستان ۱۳۸۹
تاریخ وصول:۸۹/۱۰/۲۹
تاریخ پذیرش:۹۰/۳/۲٤
صص: ۵۲-۳۱

مکان‌یابی مراکز ارائه خدمات رقابتی با هدف کاهش ازدحام ترافیک شهری
مطالعه موردی: مکان یابی مراکز سلامت در شهر اصفهان

حمید مرادی[۱]، نادر شتاب‌بوشهری[۲*]، علی کورنک بهشتی[۳]، حسین پورزاهدی[٤]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۲- استادیار، دانشکده صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۳- دانشجوی دکتری، دانشکده صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه صنعتی اصفهان.
٤- استاد، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی شریف.

چکیده

توزیع کالا و خدمات در سطح شهرها از اهمیت زیادی برخوردار است. انتخاب مکان های مناسب جهت استقرار مراکز ارائه-ی خدمات در سطح یک شهر هم می‌تواند کمک بزرگی به شهروندان جهت دسترسی راحت و سریع به این خدمات باشد و هم بار ترافیکی ناشی از این¬گونه سفرها در سطح آن شهر را کاهش دهد. متاسفانه نبود برنامه¬ریزی صحیح شهری در گذشته، باعث شده تا ساختار بسیاری از شهرهای جهان، به گونه¬ای نادرست شکل گرفته و مراکز ارائه خدمات در آن¬ها در مکان های نامناسبی استقرار یابند. از آنجا که بخش عظیمی از این مراکز توسط بخش خصوصی احداث گشته و جابجایی آن¬ها به دلایل مختلف همچون دلایل قانونی مشکل است، نیاز است که بخش دولتی با احداث مراکزی جدید در مکان¬هایی با قابلیت رقابت بالا به جذب مشتریان این مراکز خصوصی بپردازد. در این مقاله، انتخاب مکان‌هایی جهت احداث مراکز ارائه¬ی خدمت جدید مورد بررسی قرار می‌گیرد. این مکان¬ها به گونه¬ای انتخاب می¬شوند که اهدافی خاص همچون دسترسی سریع و آسان متقاضیان دریافت خدمات به آن¬ها فراهم آمده، و معضلات ترافیکی ناشی از این¬گونه سفرها در سطح شهرها کاهش یابد. در این ارتباط، مدلی برای مکان یابی

* نویسنده مسؤول: shetab@cc.iut.ac.ir

مراکز با محدودیت ظرفیت، طراحی شده و سپس یک الگوریتم شبیه¬سازی تبریدی موازی برای حل این مدل ارائه گردیده است. در پایان، الگوریتم پیشنهادی برای تعیین مکان¬های مراکز سلامت در شهر اصفهان استفاده گردیده و کارایی آن مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج به¬دست آمده نشان از دقت و سرعت الگوریتم یاد شده در تعیین مکان های مراکز سلامت در شهر اصفهان دارد.

واژه های کلیدی: مکان¬یابی رقابتی، الگوریتم شبیه¬سازی تبریدی موازی، مکان¬یابی مراکز سلامت

مقدمه

در اکثر کشورهای جهان، تا قبل از انقلاب صنعتی، شهرها به این دلیل مورد توجه بودند که کانون قدرت و جمعیت بوده و برخی از خدمات را برای روستاها تامین می‌کردند. اما بعد از انقلاب صنعتی شهرها فقط جایی برای زندگی فئودال‌ها و تامین‌کنندگان خدمات برای روستاها نبودند، بلکه با پیشرفت تکنولوژی و گذشت زمان بر نقش اقتصادی و اشتغال‌زایی شهرها افزوده شد و به تبع آن خدماتی که در آن‌ها ارائه می‌گشت گسترش یافت. به این ترتیب مردم نیز با مشاهده امکانات و ارائه خدمات ضروری، رفاهی و شغلی در شهرها به این کانون‌ها جذب می‌شدند. در آن زمان ها، مکان و ظرفیت کانون‌های ارائه‌ی خدمات معمولاً بر اساس تصمیم-گیری‌های شخصی یا جمعی تعدادی از سرمایه-گذاران مشخص می‌شد و مطالعات جامع شهری در این مورد جایگاهی نداشت. با توسعه شهرها و شکل گیری بدون برنامه این مراکز، معضلات و مشکلات جانبی فراوانی به وجود آمد. یکی از این مشکلات، توسعه شهرها و باقی ماندن مراکز یاد شده در نقاط شلوغ شهر بود که این موضوع به ازدحام، ترافیک و مشکلات مرتبط به آن منجر می گردید. در سال های اخیر، این مشکلات نه تنها باعث کاهش رضایتمندی استفاده‌کنندگان از این خدمات شده، بلکه مسائل زیادی را برای دیگر شهروندان به وجود آورده است.

با مشاهده‌ی این مشکلات، نیاز به تعیین مراکزی از سوی دولت برای ارائه خدمت‌رسانی بهتر حس می‌شود. مراکز جدید باید از نظر مکانی و ارائه خدمات، قابلیت رقابت با مراکز قبلی را داشته باشند تا به مرور زمان مشتریان مراکز قدیمی را جذب خود کرده و مشکلات و معضلات به وجود آمده در سطح شهرها را کاهش دهند. هدف از این مقاله ساخت مدلی جهت تعیین مکان مراکز یاد شده می باشد. لذا در فصل دوم مروری بر ادبیات موضوع و کارهای انجام شده قبلی می شود. در فصل سوم، روش تحقیق آورده می‌شود. در این فصل مدل برنامه‌ریزی ریاضی پیشنهادی ارائه می‌گردد که با حل آن مکان‌های مطلوب جهت احداث مراکز ارائه خدمت جدید در شهرها بدست می‌آید. این مکان ها به گونه ای تعیین می گردند که علاوه بر قابلیت رقابت با مراکز قدیمی ارائه خدمت و جذب مشتریان آن ها، معضلات ترافیکی ایجاد شده توسط آن ها را کاهش دهد. در فصل چهارم، الگوریتمی فرا ابتکاری برای حل مدل یاد شده ارائه می گردد. در فصل پنجم، نتایج محاسباتی مدل و الگوریتم یاد شده بر روی یک مسأله‌ی موردی در شهر اصفهان ارائه می-

گردد و در نهایت در فصل ششم نتایج پژوهش عنوان می‌گردد.

ادبیات موضوع

یکی از اولین و اساسی‌ترین مراحل در برنامه-ریزی جهت ارائه خدمت یا محصول به متقاضیان، تعیین بهترین محل ارائه خدمت یا محصول است. متناسب با شرایط، مدل‌های مکان‌یابی بسیار متنوعی در این راستا توسط پژوهشگران ارائه شده‌است. تحقیقات انجام گرفته در زمینه‌ی مکان‌یابی از گستردگی بسیار زیاد برخوردار بوده و کاربردهای عملی بسیار وسیعی در زمینه‌های مختلف داشته است. از زمانی که مساله کلاسیک وبر در سال ۱۹۰۹ به صورت تعیین موقعیت یک انبار فرمول‌بندی شده، تاکنون نظریه مکان‌یابی بخش فعالی از تحقیقات را در ۳۰ سال گذشته به خود اختصاص داده است. مدل‌های مکان‌یابی دامنه‌ی وسیعی از کاربردها شامل تعیین محل یک تجهیز در کارخانه، محل استقرار یک کارخانه در شهر، محل استقرار مراکز توزیع محصول، مکان‌یابی بیمارستان‌ها، مکان‌یابی مراکز عرضه‌ی سوخت و بسیاری مواردی دیگر را شامل می‌گردد.

مدل‌های مکان‌یابی بر اساس شرایط مساله به دسته‌های مختلفی تقسیم می‌شوند. هونگ ژونگ جیا و همکارانش هشت فاکتور را که در دسته‌بندی مدل-های مکان‌یابی تسهیلات موثر هستند را معرفی کردند. این هشت فاکتور عبارتند از: مشخصات جغرافیایی، خصوصیات تسهیلات، اهداف، روش حل، الگوهای تقاضا، انواع زنجیره عرضه، افق زمانی و پارامترهای ورودی(هونگ ژونگ جیا و همکاران، ۲۰۰۵).

یکی از این دسته مدل‌ها، مدل‌های مکان‌یابی پوششی است. این مدل‌ها اغلب در مکان‌یابی تجهیزات اضطراری همچون مراکز درمانی، آمبولانس، نیروهای امنیتی، آتش‌نشانی‌ها و سایر موارد مشابه مطرح می‌شوند و هدف نهایی آن‌ها تعیین مراکز ارائه‌ی خدمت در نقاط نامزد است، به گونه‌ای که بیشترین یا بهترین خدمت به مناطق تقاضا داده شود.

تورگاس و همکارانش به جستجوی مکان‌هایی برای مراکز اورژانسی در ایالت نیویورک آمریکا پرداختند. آن‌ها با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی خطی تعداد مراکز مورد نیاز برای پوشش تقاضاهای نواحی مختلف با در نظر گرفتن زمان های پوشش متفاوت را به‌دست آوردند(تورگاس و همکاران، ۱۹۷۱). عادل عالی و جان وایت مسأله تعیین مکان های بهینه برای احداث مرکز خدمات اورژانسی (مراکز پلیس، ایستگاه‌های آتش نشانی، ایستگاه‌های آمبولانس، مراکز سلامت، بیمارستان‌ها، و ماشین‌های پلیس) را در آمریکا مورد بررسی قرار دادند(عادل و جان، ۱۹۷۸). گالوآ و همکاران مدل پوشش حداکثر را با استفاده از روش آزاد سازی لاگرانژ و تبدیل آن به یک مساله‌ی کوله‌پشتی صفر و یک حل کردند. مسائل مورد آزمون در این تحقیق تا اندازه‌ی ۹۰۰ نقطه تقاضا و ۹۰۰ مکان نامزد بود (گالوآ و همکاران، ۲۰۰۰). داسکین و لاتویا، کاربرد سه مدل پایه مکان یابی، یعنی مدل پوشش مجموعه‌ها، مدل حداکثر پوشش و مدل P-median را در مراقبت‌های پزشکی

عنوان کردند. همچنین سه هدف عمده در مکان‌یابی مراکز پزشکی یعنی دسترسی[1]، سازگاری[2] و سودمندی[3] را مطرح نمودند(داسکین و لاتویا، ۲۰۰٤). چنگ و همکارانش، برای تعیین مکان‌های مناسب بیمارستان‌های تایوان از روش های تحلیل سلسله مراتبی[4]، تحلیل حساسیت[5] و دلفی تعدیل شده[6] استفاده کردند(چنگ و همکاران، ۲۰۰۷). ملوآ و همکارانش[7] یک مدل مکان‌یابی تسهیلات چند کالایی را برای طراحی استراتژیک شبکه‌های زنجیره تامین ارائه دادند. آن‌ها جنبه‌هایی نظیر افق برنامه-ریزی، ساختار عمومی شبکه زنجیره تامین، توزیع کالاها، موقعیت تسهیلات و محدودیت انبارها را در طراحی مدلشان در نظر گرفتند(لاورانس و همکاران، ۲۰۰۷). بوتیستا و پریرا یک الگوریتم گراسپ[8] برای حل مساله‌ی مکان‌یابی پوشش مجموعه ارائه کردند. آن‌ها مسائلی با ۵۰۰ نقطه تقاضا و ۵۰۰ مکان نامزد را حل کردند (بوتیستا و پریرا، ۲۰۰۷). آبولین و همکاران مساله‌ی طراحی و مکان‌یابی تسهیلات رقابتی را در نظر گرفتند که هدف آن بهینه‌سازی همزمان مکان‌ها و طراحی تسهیلات جدید در کنار تسهیلات موجود با محدودیت بودجه بود. آن‌ها مساله را به صورت برنامه‌ریزی عدد صحیح با یک تابع هدف غیرخطی مدل کردند(آبولین و همکاران، ۲۰۰۷). رداندو و همکاران مساله مکان‌یابی رقابتی تسهیلات در حالت پیوسته را در نظر گرفتند. هدف آن‌ها تعیین مکان و کیفیت تسهیلات به منظور حداکثر کردن سود بود. آن‌ها از موازی سازی الگوریتم‌ها برای حل مساله استفاده کردند(رداندو و همکاران، ۲۰۰۸). ینگ وانگ و چوانگ وانگ یک مدل جدید مکان‌یابی با دو هدف کمینه کردن هزینه و بیشینه کردن پوشش تقاضا ارائه دادند. آن‌ها با استفاده از برنامه‌ریزی اعداد صحیح مختلط تعداد مراکز سوخت‌گیری وسایل نقلیه و مکان آنها را شبکه‌ی جاده‌ای تایوان برای خدمت‌رسانی به فواصل کوتاه و بلند تعیین کردند(وانگ، ۲۰۱۰). کوکایدین و همکاران یک مساله مکان‌یابی رقابتی چند تسهیلاتی در حالت گسسته را در نظر گرفتند. آن‌ها فرض کردند که متقاضیان دریافت خدمت در یک نقطه‌ی تقاضا متناسب با دو پارامتر جذابیت تسهیلات و عکس فاصله‌ی نقاط تقاضا از مکان تسهیلات از تسهیلات جدید استفاده می‌کنند.آن‌ها مساله را به صورت یک مدل غیرخطی عدد صحیح دو سطحی فرمول‌بندی کردند و سپس با تبدیل به مدل یک سطحی معادل، با استفاده از روش GMIN-aBB آن را حل کردند (کوکایدین و همکاران، ۲۰۱۱). مسائل مکان‌یابی تسهیلاتی رقابتی در مطالعات دیگری نیز به‌کار رفته است((سایز و همکاران، ۲۰۱۰)، (گرانوت و راویو، ۲۰۱۰)، (منگ و چو، ۲۰۰۹) و (پلاستریا، ۲۰۰۸)).

اگر چه تحقیقات زیادی در زمینه مکان‌یابی تسهیلات در سطح شهرها صورت گرفته است، ولی پژوهش‌های انجام‌گرفته در زمینه‌ی مکان‌یابی تسهیلات رقابتی ناچیز است. همچنین هدف تمامی مدل‌های ارائه شده در زمینه‌ی مکان‌یابی تسهیلات

1 Accessibility
2 Adaptability
3 Availability
4 Analytic Hierarchy Process
5 Sensitivity Analysis
6 Modified Delphi Method
7 Meloa
8 GRASP Algorithm

رقابتی، حداکثر کردن سود ویا بیشینه کردن پوشش تقاضا بوده است. مزیت مدل ارائه شده در این مقاله، مکان‌یابی تسهیلات رقابتی در سطح شهرهاست به‌گونه‌ای که با جذب مشتریان دیگر تسهیلات مشابه موجود، معضلاتی همچون ترافیک شهری را کاهش دهد.

روش تحقیق

در این بخش ابتدا فروض حاکم بر مدل پیشنهادی ارائه شده معرفی گشته و سپس اهدافی که از مکان‌یابی مراکز ارائه خدمت دنبال می‌شود، بیان می گردد. سرانجام مسأله مکان‌یابی مراکز ارائه خدمت مدل شده و روش دقیق حل آن ارائه می‌شود.

۳-۱- فروض حاکم بر مدل مکان یابی

الف- مراکز ارائه خدمت به گونه‌ای هستند که خدمات ارائه شده توسط آن‌ها قابل رقابت با خدمات سایر مراکز موجود است. لذا تاسیس مراکز جدید ارائه خدمت در نواحی مناسب، باعث جذب بعضی از متقاضیان خدمات مراکز موجود خواهد شد.

ب- برای متقاضیان خدمات، فاصله تا مراکز ارائه خدمات نقشی اساسی را بازی می کند. این بدان معناست که هر چه این مراکز خدماتی به متقاضی خدمت نزدیکتر باشد، احتمال انتخاب آن توسط متقاضی بیشتر خواهد بود.

قبل از معرفی مدل‌ها لازم است پارامترهای مدل معرفی شوند. در جدول ۱ پارامترهای مربوطه تعریف شده‌اند.

جدول 1- پارامترها و متغیرهای مدل‌های مکان‌یابی

ردیف	نماد	توضیح
۱	K	مجموعه‌ای از نواحی می باشد که قرار است در هر کدام از آن ها یک مرکز ارائه خدمت تاسیس شود.
۲	$x_{ij}^{k}(K)$	نشان دهنده تعداد متقاضیانی است که از ناحیه "i" برای گرفتن خدمات به ناحیه "j" می‌روند و با تاسیس مجموعه مراکز "K"، جذب مرکز تاسیس شده واقع در ناحیه "k"، $(k \in K)$ می‌گردند.
۳	t_{ij}	تعداد سفر روزانه از ناحیه "i" به ناحیه "j" است.
٤	c_{ij}	زمان سفر از ناحیه "i" به ناحیه "j" است.
٥	γ	پارامتری است که مقدار آن به رفتار مردم منطقه مورد مطالعه ربط دارد.
٦	m	تعداد مکان های پیشنهادی برای ایجاد تسهیلات.
۷	cap_k	ظرفیت مرکزk ، تعداد متقاضیانی است که مرکز "k" (در صورت تاسیس) توانایی جوابگویی به آن‌ها را در روز داراست.
۸	ϕ	مجموعه نواحی است که مکان های پیشنهادی برای احداث مراکز در آن نواحی قرار دارند.
۹	Ψ	مجموعهٔ تمام زیر مجموعه‌های ϕ.
۱۰	p	تعداد مکان‌هایی که می‌خواهیم انتخاب کنیم.
۱۱	$n\|K\|$	تعداد عضوهای مجموعه‌ی K

در این پژوهش دو نوع رفتار برای شهروندان در ارتباط با انتخاب مرکز ارائه خدمت در نظر گرفته می‌شود:

رفتار انتخاب همه یا هیچ

در این نوع رفتار فرض بر آن است که متقاضیان، مراکزی را انتخاب می‌کنند که به آن‌ها نزدیکتر است. در رفتار همه یا هیچ, تمامی مسافرین ناحیه "i" که برای گرفتن خدمات به ناحیه "j" می‌روند، جذب مرکز جدید تاسیس شده در ناحیه "k" می‌گردد اگر مرکز جدید تاسیس شده در ناحیه "k" نزدیکترین مرکز به ناحیه"i" بوده و زمان سفر از ناحیه"i" به ناحیه"k" کمتر از زمان سفر از ناحیه "i" به ناحیه "j" باشد، در غیر اینصورت هیچ سفر که از ناحیه "i" برای گرفتن خدمات به ناحیه "j" می‌رود، جذب مرکز تاسیس شده در ناحیه "k" نمی‌گردد.

رفتار انتخاب تصادفی

در دنیای واقع این فرض که تنها معیار انتخاب مرکز ارائه خدمت توسط متقاضیان، نزدیکی آن مرکز باشد، درست به نظر نمی‌رسد. و عواملی دیگر هم انتخاب متقاضی را تحت تاثیر قرار می دهد. به عنوان مثال در امور درمانی، بعضی اشخاص اعتقاد به پزشک خاصی دارند و برای گرفتن خدمات پزشکی حتما باید به آن پزشک مراجعه نمایند. به همین منظور فرض می شودکه رفتار متقاضی خدمات برای انتخاب مقصد مورد نظرش از یک مدل انتخاب تصادفی همچون مدل لوجیت تبعیت می‌کند.

رابطه (۱)، مدل ریاضی میزان جذب متقاضی دریافت خدمت توسط مرکز ناحیه "k", $(k \in K)$، از متقاضیان ناحیه"i" که به مرکز ارائه خدمت موجود در ناحیه "j" می روند و رفتارشان از مدل رفتاری لوجیت تبعیت کند را نشان می‌دهد(مک فادن، ۱۹۶۵):

(۱)

$$x_{ij}^{k}(K) = \frac{t_{ij}\exp(\gamma c_{ik})}{\exp(\gamma c_{ij}) + \sum_{k \in K}\exp(\gamma c_{ik})}$$
$$i, j = 1,\ldots, N \quad k \in K$$

در رابطه (۱)، K: مجموعه‌ای از نواحی می باشد که قرار است در هر کدام از آن ها یک مرکز ارائه خدمت تاسیس شود، متغیر $x_{ij}^{k}(K)$: نشان دهنده تعداد متقاضیانی است که از ناحیه"i" برای گرفتن خدمات به ناحیه "j" می‌روند و با تاسیس مجموعه مراکز "K"، جذب مرکز تاسیس شده واقع در ناحیه" k"، $(k \in K)$ می‌گردند. t_{ij}: تعداد سفر روزانه از ناحیه "i" به ناحیه" j" است، c_{ij}: زمان سفر از ناحیه "i" به ناحیه "j"، و γ: پارامتر است که مقدار آن به رفتار مردم منطقه مورد مطالعه ربط دارد.

اهداف مدل مکان یابی

سیاست گذاران شهری اهداف مختلفی را در ارتباط با مکان‌یابی مراکز ارائه خدمات در نظر می-گیرند. بعضی از این اهداف به شرح زیر می‌باشد:

الف- کمینه کردن زمان سفر متقاضیان خدمات در سطح شهر یا کلان شهر؛

ب- کمینه کردن تعداد سفرهای انجام شده به مراکز ارائه خدمات. سفرهایی که زمان سفر آن ها بیشتر از زمان سفر استاندارد می باشد؛

ج- کمینه کردن تعداد سفرها به مراکز ارائه خدمات واقع در منطقه تجاری شهر یا نقاط خاص دیگر.

مدل مکان‌یابی مراکز ارائه خدمات

هدف این مقاله، تعیین تعداد محدودی مکان برای احداث مراکز ارائه خدمت در شهرهاست. این مکان-ها از میان یک مجموعه مکان های پیشنهادی انتخاب می شوند. ظرفیت هر یک از مکان های پیشنهادی، محدود و مشخص است. بنابراین در تعیین مکان مراکز ارائه خدمت، علاوه بر در نظر گرفتن رفتار متقاضیان دریافت خدمت در انتخاب مرکز خدمات مورد نظرشان و همچنین هدف سیاست‌گذاران شهری از احداث این مراکز، محدودیت ظرفیت پذیرش متقاضیان مراکز هم باید در نظر گرفته شود.

فرض کنید که ϕ مجموعه نواحی باشد که مکان های پیشنهادی برای احداث مراکز در آن نواحی قرار دارند. همچنین فرض کنید تعداد مکان های پیشنهادی، "m" است، cap_k: ظرفیت مرکز k، تعداد متقاضیانی است که مرکز "k" (در صورت تاسیس) توانایی جوابگویی به آن‌ها را در روز داراستو Ψ: مجموعهٔ تمام زیر مجموعه‌های ϕ باشد.

حال فرض کنید هدف سیاست‌گذاران شهری، تاسیس p مرکز در m مکان پیشنهادی است $(m \geq p)$، به گونه ای که مثلا زمان سفر متقاضیان دریافت خدمت در سطح شهر کمینه گردد. این مسئله را می‌توان در دو حالت "مکان یابی بدون محدودیت ظرفیت" و "مکان یابی با محدودیت ظرفیت" طراحی کرد.

مدل ریاضی مکان یابی بدون محدودیت ظرفیت و روش حل دقیق آن

در اول فرض کنید ظرفیت ارائه خدمات مراکز پیشنهادی بسیار بالاست. به صورت دیگر این مراکز محدودیتی در جذب متقاضیان ندارند $(cap_k = \infty, \forall k)$. این مسأله "مکان یابی بدون محدودیت ظرفیت[1] $(NCLP)$" نامیده می‌شود. مدل ریاضی مکان‌یابی بدون محدودیت ظرفیت در زیر نشان داده شده است:

مدل $(NCLP)$

$$Z = \max \sum_{k \in K} \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} x_{ij}^{k}(K) \times (c_{ij} - c_{ik})$$

$$s.t. \begin{cases} n|K| = p \\ K \in \Psi \end{cases}$$

در مدل بالا، $x_{ij}^{k}(K)$: نشان دهنده تعداد متقاضیانی است که از ناحیه "i" برای گرفتن خدمات به ناحیه "j" می‌روند و با تاسیس مجموعه مراکز "K"، جذب مرکز تاسیس شده واقع در ناحیه "k" $(k \in K)$ می‌گردند.

در واقع مجموعه K، متغیر تصمیم در مدل مورد نظر است. همچنین N تعداد نواحی منطقه مورد مطالعه است و $n|K|$، تعداد عضوهای مجموعه‌ی K

1 - Non capacitated location problem

می‌باشد. در حقیقت تعداد مکان‌های انتخاب شده P است.

در مدل بالا، تابع هدف، میزان کاهش (بهبود) در هزینه‌ی سفر (کیلومتر پیموده شده) توسط متقاضیان دریافت خدمت را در صورت تاسیس مراکز ارائه خدمت جدید نشان می‌دهد.

الگوریتم $NCLPA$[1]، مدل $(NCLP)$ را به روش شمارشی حل می کند.

الگوریتم $NCLPA$:

قدم صفر : مقدار Z^*را برابر با صفر و مجموعه K^* را برابر با مجموعه ای تهی قرار دهید.

قدم یک: یک عضو از مجموعه Ψ مثلا K را انتخاب کنید.

قدم دو: اگر $n|K| \neq p$، (تعداد مکان‌های انتخاب شده برابر با P نباشد)، به قدم چهار بروید.

قدم سه: مقادیر $x_{ij}^k(K)$ را برای مجموعه K و کلیه مقادیر i و j از الگوریتم AON[2](شرح این الگوریتم در زیر آمده است) و یا رابطه (۱)، (بسته به رفتار متقاضی خدمات) بدست آورید. سپس به کمک این مقادیر، تابع هدف مدل $(NCLP)$، را محاسبه کنید. اگر $Z(K)$ بزرگتر از Z^* بود، Z^* را برابر $Z(K)$ و K^* را برابر مجموعه K قرار دهید.

قدم چهار: Ψ را برابر $\Psi - \{K\}$ قرار بدهید. اگر $\Psi \neq \{\}$ به قدم یک بروید.

قدم پنج: پایان.

تعیین مقادیر $x_{ij}^k(K)$ هنگامی که رفتار متقاضیان خدمات پزشکی از مدل لوجیت تبعیت می کند از رابطه (۱) به دست می آید. برای تعیین مقادیر $x_{ij}^k(K)$ هنگامی که رفتار این متقاضیان از قاعده همه یا هیچ پیروی کند، می توان از الگوریتم AON که شرح آن در زیر آمده است، استفاده کرد:

الگوریتم AON:

قدم یک: قدم های دو وسه این الگوریتم را برای تمامی نواحی مبدا i، $(i = 1,...,N)$ انجام دهید.

قدم دو: برای ناحیه مبدا i، نزدیکترین مرکز سلامت واقع در مجموعه K را انتخاب کنید. فرض کنید که این مرکز در ناحیه k^* واقع است و فاصله مبدا i از آن $\bar{c}_i$ است.

قدم سه: برای آن نواحی j ، $(j = 1,...,N)$ که $c_{ij} \geq \bar{c}_i$ است، تمامی t_{ij} (تعداد سفرهای متقاضیان ناحیه i که خدمت خود را از ناحیه j دریافت می کنند) را به مرکز واقع در k^* تخصیص دهید.

۳-۲- مدل ریاضی مکان یابی با محدودیت ظرفیت و روش حل دقیق آن

حال فرض کنید ظرفیت مراکز پیشنهادی محدود و معلوم می باشد. در این حالت مسئله مکان‌یابی مراکز ارائه خدمت، مسئله "مکان یابی با محدودیت ظرفیت[3](CLP)" می نامیم. مدل ریاضی مکان‌یابی با محدودیت ظرفیت در زیر نشان داده شده است. در این مدل نیز مجموعه K، متغیر تصمیم است.

مدل (CLP)

$$Z = \max \sum_{k \in K} \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} x_{ij}^k(K) \times (c_{ij} - c_{ik})$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} x_{ij}^k \leq cap_k & k \in K \\ n|K| = p \\ K \in \Psi \end{cases}$$

1 - Non capacitated location problem algorithm
2 - All or nothing
3 - Capacitated location problem

روش حل مدل (CLP)

حل مدل (CLP) پیچیده می باشد. زیرا دیگر نمی توان مقدار $x_{ij}^{k}(K)$ یعنی تعداد متقاضیانی است که از ناحیه"i" برای گرفتن خدمات به ناحیه "j" می روند و با تاسیس مجموعه مراکز K، جذب مرکز تاسیس شده در ناحیه"k"، ($k \in K$) می-گردند را از رابطه **Error! Reference source not found.** یا الگوریتم AON بدست آورد، چرا که ممکن است استفاده از این روابط باعث شود مجموع متقاضیانی که توسط مرکز واقع در ناحیه"k" "جذب می‌شوند بیشتر از ظرفیت آن ناحیه شود. لذا برای حل مدل (CLP)، ابتدا یک الگوریتم تحت عنوان الگوریتم تخصیص جزئی [1] (IAA) معرفی می‌شود که با حل آن مقادیر $x_{ij}^{k}(K)$ مشخص می شود و در ادامه با استفاده از الگوریتم یاد شده به حل مدل (CLP) می پردازیم.

الگوریتم تخصیص جزیی (IAA)

اگر "K" مجموعه‌ای از نواحی باشد که قرار است در هر کدام از آن ها یک مرکز با ظرفیت محدود تاسیس شود، الگوریتم تخصیص جزیی یک روش ابداعی است برای تعیین میزان جذب متقاضیان از مراکز قدیمی به این مراکز.

اگر فرض شود "T"، ماتریس سفر روزانه (مبدا-مقصد) با هدف گرفتن خدمت مورد نظر باشد، در هر مرحله، درصد ناچیزی (جزئی) از ماتریس "T" را به کمک رابطه **Error! Reference source not found.** یا الگوریتم AON به مجموعه مراکز واقع در مجموعه"K" تخصیص داده و مقادیر جزیی تخصیص داده شده به این مراکز با مقادیر تخصیص داده شده در مراحل قبل جمع می‌شود. حال اگر در مرحله‌ای، کل مقدار تخصیص داده شده به یکی از این مراکز برابر با ظرفیت آن مرکز شد، آن مرکز از مجموعه مراکز ارائه خدمت مورد نظر حذف خواهد گشت. این کار تا جایی ادامه می‌یابد که تمامی مراکز واقع در مجموعه "K" به ظرفیت خود برسند و یا مجموع مقادیر ماتریس‌های جزئی تخصیص داده شده برابر ماتریس "T" گردد.

در الگوریتم بالا، مشخص است که با تخصیص جزء ناچیزی از ماتریس تقاضا، به مراکز در هر مرحله، مقدار تقاضای تخصیص داده شده به مراکز جدید از ظرفیت آن ها یا بیشتر نخواهد شد ویا اگر بیشتر شود، میزان این افزایش بسیار ناچیز می باشد.

الگوریتم $CLPA$، که شرح آن در ادامه آمده، مدل (CLP) را به کمک الگوریتم IAA و روش شمارشی حل می کند.

الگوریتم $CLPA$:

قدم صفر : مقدار Z^* را برابر با صفر و مجموعه K^* را برابر با مجموعه‌ای تهی قرار دهید.

قدم یک: یک عضو از مجموعه Ψ مثلا K را انتخاب کنید.

قدم دو: اگر $p \neq n|K|$، (تعداد مکان‌های انتخاب شده برابر با P نباشد)، به قدم چهار بروید.

قدم سه: مقادیر $x_{ij}^{k}(K)$ را برای مجموعه K و کلیه نواحی i و j از الگوریتم IAA بدست آورید. سپس به کمک این مقادیر، تابع هدف مدل (CLP)، را محاسبه کنید. اگر $Z(K)$ بزرگتر از Z^* بود، Z^* را برابر $Z(K)$ و K^* را برابر مجموعه K قرار دهید.

1 - Incremental assignment algorithm

قدم چهار: Ψ را برابر $\Psi - \{K\}$ قرار بدهید. اگر $\Psi \neq \{\}$ به قدم یک بروید.

قدم پنج: پایان.

روش حل فراابتکاری

همان طور که مشخص است مسئله (CLP) از نوع مسائل بهینه سازی ترکیبی است، و روش های شمارشی در حل اینگونه مسائل کارا نمی باشند. لذا در این مقاله از الگوریتم شبیه‌سازی تبریدی موازی[1] به منظور حل آن استفاده شده است. این الگوریتم، حالت توسعه‌یافته‌ی الگوریتم شبیه‌سازی تبریدی (SA)[2] است. SA یک روش فراابتکاری است که از کارایی مناسبی برای حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی برخوردار می باشد. در حقیقت شبیه‌سازی تبریدی یک روش احتمالی جستجو است که از ذوب فیزیکی مواد جامد برای پیدا کردن جواب مساله بهینه سازی ترکیبی تقلید می‌کند. در ذوب فیزیکی، ماده‌ی جامد تا مرحله ذوب شدن گرم می شود و سپس با یک زمان بندی مناسب، ذوب آن سرد می گردد تا به حداقل سطح انرژی برسد(ساهین و ترکبین، ۲۰۰۹).

نقطه‌ی قوت این الگوریتم در فرار از نقاط بهینه محلی است. در مقابل یکی از موارد ضعف آن، بالا بودن حجم محاسبات کامپیوتری برای رسیدن به جواب‌های خیلی خوب است. مشکل یاد شده به این دلیل واقع می گردد که الگوریتم یاد شده برخلاف الگوریتم ژنتیک جمعیت‌گرا نبوده و از یک نقطه از فضای جواب، جستجو را آغاز می‌کند. یکی از راه-های برطرف کردن این مشکل آن است که از چندین فرآیند شبیه‌سازی تبریدی به صورت موازی برای جستجوی فضای جواب استفاده شود.

روش‌های مختلفی برای موازی سازی الگوریتم شبیه‌سازی تبریدی وجود دارد. هیرایاسو و همکاران یکی از کاراترین روش‌های موازی سازی را پیشنهاد داده اند. در روش آن‌ها فرآیند جستجو از چند نقطه از فضای جواب آغاز شده و پس از چندین قدم از عملگر تقاطع در الگوریتم ژنتیک برای تولید جواب-های خوب استفاده می‌شود (هیرایاسو و همکاران، ۲۰۰۰). در این مقاله نیز از روشی مشابه برای حل مسئله (CLP) استفاده شده است.

نمودار جریان الگوریتم پیشنهادی در مقاله‌ی حاضر برای حل مساله (CLP) بر طبق شکل است. در این روش n فرآیند شبیه‌سازی تبریدی $(SA_1, \ldots, SA_n)$ به طور موازی جستجوی فضای جواب را از جواب‌های تصادفی آغاز می‌کنند. این عملیات با یک دمای اولیه‌ی مشترک برای همه‌ی فرآیندها آغاز می‌شود. سپس در هر فرآیند، عملیات جستجو تا رسیدن به حالت تعادل بر طبق الگوریتم شبیه‌سازی تبریدی انجام می‌گیرد. این عملیات در هر یک از فرآیندهای موازی به صورت زیر انجام می-گیرد: ابتدا یک جواب همسایه از جواب جاری تولید شده و مقدار تابع هدف آن محاسبه می‌گردد. اگر جواب همسایه از جواب جاری برتر بود، این جواب جایگزین جواب جاری می‌شود و در غیر این‌صورت جواب همسایه با احتمال p بر طبق رابطه‌ی(۲) پذیرفته می‌شود. در این رابطه Δf تغییرات تابع هدف و T دمای جاری فرآیند است.

$$p = e^{-\frac{\Delta f}{T}} \qquad (۲)$$

1 Parallel Simulated Annealing
2 Simulated Annealing

فرآیند تولید همسایگی تا رسیدن به حالت تعادل ادامه می‌یابد.

پس از اینکه کلیه‌ی فرآیندهای SA به حالت تعادل رسیدند، جواب‌های جاری فرآیندها را دو به دو با هم تقاطع یک نقطه‌ای داده و به این ترتیب از n جواب جاری، n فرزند تولید می‌شوند. سپس از مجموع n جواب جاری و n جواب فرزند، تعداد n جواب بهتر به عنوان جواب‌های جاری در نظر گرفته می‌شوند. سپس فرآیند کاهش دما انجام شده و در صورتی‌که شرط پایان (رسیدن به دمای نهایی) ارضا نشده باشد فرآیندهای شبیه‌سازی تبریدی از با شروع از جواب‌های جاری، آغاز به فعالیت می‌کنند. در الگوریتم شبیه‌سازی تبریدی باید نحوه‌ی کدگذاری جواب‌های مساله، تعیین جواب‌های اولیه، دمای اولیه، دمای نهایی، فرآیند تبرید (کاهش دما)، حال تعادل، تولید همسایگی و نحوه‌ی محاسبه مقدار تابع هدف تعیین گردد. در ادامه نحوه‌ی تعیین هر یک از این موارد آمده است.

نحوه‌ی کدگذاری جواب‌های مساله:

در این مساله باید در ابتدا تعداد مورد نیاز مراکز ارائه خدمت مشخص شود. پس از تعیین این تعداد، آرایه‌ای که به تعداد مراکز ارائه خدمت عنصر دارد تشکیل می‌گردد. در هر یک از خانه‌های این آرایه مشخص می‌گردد که از چه مکانی (ناحیه‌ای) به عنوان مرکز ارائه خدمت استفاده شود. نمونه‌ای از این آرایه در زیر آمده است. این آرایه نشان می‌دهد که نواحی ۲، ۸، ۱۰،۱۸،۲۰ و ۲٤ به عنوان نواحی که مراکز ارائه‌ی خدمت باید در آن ها تاسیس شوند، انتخاب شده‌اند.

۲	۸	۲۰	۱۸	۱۰	۲٤

تعیین جواب‌های اولیه:

در این روش حل جواب‌های اولیه هر فرآیند به طور تصادفی ایجاد می‌شود. البته در تولید تصادفی جواب‌ها باید دقت شود که در هر جواب مکان‌های تکراری وجود نداشته باشد.

تعیین دمای اولیه و دمای نهایی:

هدف از این روش ارائه طرحی کلی برای بدست آمدن یک دمای اولیه با توجه به خصوصیات هر مساله بوده است. ایده این روش این است که در ابتدای فرآیند جستجو احتمال پذیرش یک جواب بد برابر با μ فرض می‌شود. به این منظور ابتدا یک جواب ممکن اولیه به صورت تصادفی ایجاد می شود. سپس به تعداد β جواب همسایه ایجاد شده و میانگین اختلاف مقدار تابع هدف همسایگی‌هایی که بدتر از جواب اولیه هستند را با جواب جاری محاسبه می‌شود. این مقدار (Δf) نشان می دهد که به طور متوسط یک همسایگی بدتر چه اختلاف تابع هدفی را با جواب اولیه دارد .پس از آن از حل رابطه‌ی (۳) زیر مقدار دمای اولیه بدست می‌آید.

$$\mu = e^{-\left(\frac{\Delta f}{T_0}\right)} \qquad (۳)$$

با توجه به این معادله، مقدار T_0 (دمای اولیه) به دست می آید. در این مقاله با انجام تست‌های مختلف بر روی مسائل آزمایشی، مقادیر ۰.۹ و ۲۰ برای μ و β در نظر گرفته شده است. برای بدست آوردن دمای نهایی نیز از همین روش استفاده شده ولی مقدار μ برابر با ۰.۰۵ در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که در ابتدای فرآیند جستجو برای

افـزایش گونـاگونی فضـای جسـتجو بایـد احتمـال پـذیرفتن یـک جـواب بـد بـالا و در انتهـای فرآینـد جستجو این احتمال کم باشد.

حالت تعادل:

در مقاله‌ی حاضر عدم تغییر بهترین جـواب در N تولید همسایگی متوالی در هر دما به معنـای رسـیدن فرآیند به حالت تعادل است. برای تنظیم مناسـب N، مقادیر ۱۰، ۲۰ و۲۵ برای N در نظر گرفته شـد. ایـن تنظیم پارامتر در بخش ۵ توضیح داده شده است.

فرآیند تبرید (کاهش دما):

در فرآیند کـاهش دمـا از رابطـه‌ی (٤) اسـتفاده شـده است(لندی و میس، ۱۹۸٦).

$$T_c = \frac{T_{c-1}}{1+\beta T_{c-1}} \qquad (٤)$$

در ایـن رابطـه T_c : دمـا در مرحلـه‌ی c، و β: ضریب ثابت که مقدار آن از رابطه‌ی(۵) بدست می-آید.

$$\beta = \frac{T_\circ - T_f}{N \times T_\circ \times T_f} \qquad (۵)$$

در رابطه‌ی (۵) N، تعداد تکرار در هر دما است.

تولید همسایگی:

به منظور تولید همسایگی یکی از عناصر آرایـه‌ی جواب را به صورت تصادفی انتخاب کـرده و مقـدار آن تصادفی تغییر داده می‌شود. البته در صورتی مقدار تصادفی جدید قابل قبول است که مقدار آن در ارایـه جواب تکراری نباشد. اگر تکراری بود جـواب قابـل قبول نبوده و این کار تکرار می‌گردد تـا یـک جـواب امکان‌پذیر تولید شود.

نحوه‌ی محاسبه مقدار تابع هدف:

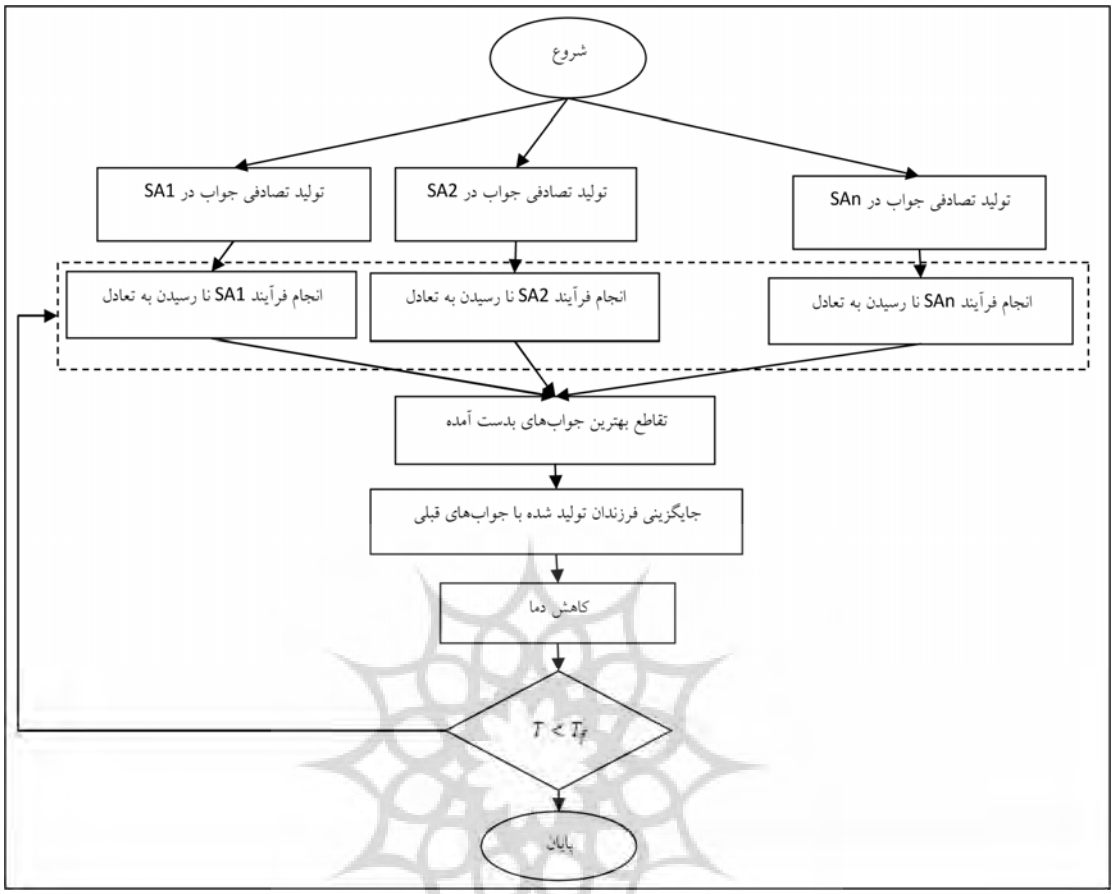
به منظور محاسبه‌ی مقدار تابع هـدف مربـوط بـه یک جواب، نیـاز بـه مقـادیر $x_{ij}^k(K)$ مربـوط بـه آن جواب می باشد. برای محاسـبه ایـن مقـادیر از روش تخصیص جزئی IAA استفاده گردید.

مطالعه موردی

در این بخش یک مطالعه موردی آورده می‌شود و نتایج حاصل از آن ارائه و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این مطالعه موردی مربوط به تعیین مراکز سـلامت در شهر اصفهان است.

یکـی از خـدماتی کـه نقـش بسـزایی در تـامین سلامت افراد یک شهر دارد، خدمات درمـانی اسـت. انتخاب مکـان هـای مناسـب جهـت اسـتقرار مراکـز سلامت در سطح یک شهر هم می‌تواند کمک بزرگی به شهروندان جهت دسترسی راحت و سریع بـه ایـن خدمات باشد و هم بار ترافیکـی ناشـی از ایـن‌گونـه سفرها در سطح آن شـهر را کـاهش دهـد. منظـور از مراکـز سـلامت، مراکـزی اسـت کـه در آن خـدمات درمانی تخصصی ارائه می شود. ضـمناً در ایـن نـوع مراکز امکانات و تجهیزات جانبی همچون آزمایشگاه، داروخانه و ... موجود می باشد.

شهر اصفهان بـه عنـوان یکـی از کـلان شـهرهای ایران دارای مشکل تراکم پزشک و مراکز پزشـکی در مرکز شهر است.



شکل ۱- نمودار جریان الگوریتم شبیه سازی تبریدی موازی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

این موضوع باعث شده است تا شهروندان اصفهانی برای تحصیل خدمات پزشکی با مشکل روبرو شوند. در واقع بار ترافیکی ایجاد شده در اثر سفرهای پزشکی باعث ایجاد ازدحام در مرکز شهر شده و همین موضوع نه تنها خدمت‌رسانی سریع به بیماران را مغشوش نموده است، بلکه وضعیت سفرهای درون شهری دیگر شهروندان اصفهانی را با مشکل روبرو کرده است. به همین دلیل به نظر می‌رسد که انتخاب مکان یا مکان‌های مناسب برای تاسیس مراکز سلامت در شهر اصفهان لازم است؛ مکان‌هایی که علاوه بر داشتن امکانات کافی پزشکی، قابلیت دسترسی سریع به آن‌ها برای بیماران وجود داشته باشد.

مطالعه موردی این مقاله بر مکان‌یابی مراکز سلامت در شهر اصفهان متمرکز شده است. منظور از مراکز سلامت، مراکزی است که در آن خدمات درمانی تخصصی ارائه می شود. ضمناً در این نوع مراکز امکانات و تجهیزات جانبی همچون آزمایشگاه،

داروخانـه،و ... موجـود مـی باشـد. در ایـن مطالعـه موردی با در نظر گـرفتن عوامـل و معیارهـای مـوثر، سعی در انتخاب مکان‌های مناسب این‌گونه مراکـز در سطح شهر اصفهان اسـت. بـدین‌ترتیـب کـه از میـان مجموعه‌ای از مکان‌های پیشنهادی، بـا لحـاظ کـردن تقاضا برای خدمات پزشکی در نواحی مختلف شـهر اصفهان، نقاطی را برای احداث مراکز سلامت انتخاب می کند. این نقاط به گونه‌ای انتخاب مـی شـوند کـه اهـدافی خـاص همچـون دسترسـی سـریع و آسـان متقاضیان خدمات پزشکی به آن‌ها فـراهم آمـده و یـا معضلات ترافیکی ناشی از سفرهای پزشکی به مرکـز شهر کاهش یابد.

در ادامه مراحل انجام این مطالعه موردی توضـیح داده می‌شود.

جمع آوری اطلاعات

اطلاعات مورد نیاز در این مطالعه موردی عبارتند از: ماتریس زمان سفر بین نواحی مختلف کلان شـهر اصـفهان در سـال ۱۳۹۰، مـاتریس مبـدا- مقصـد سفرهای پزشکی روزانه بـین نـواحی مختلـف کـلان شهر اصفهان در سال ۱۳۹۰، نواحی مسـتعد احـداث مراکز سلامت در شهر اصفهان و ظرفیت آن ها.

شکل ۲ محدوده کلان شـهر اصـفهان و همچنـین منطقه شهر اصفهان را نشان می‌دهـد. کلیـه اطلاعـات ترافیکی مورد نیاز در ایـن مقالـه از بانـک اطلاعـاتی مطالعات جامع حمل و نقل اصفهان که از سال ۱۳۷۹ در محـدوده کـلان شـهر اصـفهان بـه اجـرا در آمـد، اسـتخراج گردیـده اسـت(ممـتحن، ۱۳۸۳). در آن مطالعه، محدوده کلان شـهر اصـفهان بـه ۳۲۱ ناحیـه ترافیکی تقسیم شده و اطلاعات اقتصادی، اجتمـاعی، و ترافیکی مربوط به آن نواحی، جمع آوری گشـته و در یک بانک اطلاعاتی ذخیره گردید. ایـن اطلاعـات شامل ماتریس مبدا- مقصد سفرهای روزانـه پزشـکی انجام شده در سطح محدوده کـلان شـهر اصـفهان و همچنین ماتریس زمان سفر بین این مبـدا- مقصـدها برای سال ۱۳۷۹ می باشد. همچنین مدل های پـیش-بینی ماتریس‌های یاد شده از گـزارش فرآینـد مـدل-سازی برای برآورد تقاضای سفر آینده شـهر اصـفهان استخراج گردید. (مهندسین مشـاور دانشـگاه صـنعتی اصفهان، ۱۳۸٦). مدیریت طرح تفضیلی شهر اصفهان هم هر ده سال یک‌بار کاربری‌های مختلـف زمـین در این شهر را برنامه‌ریزی و اعلام مـی‌نمایـد. اطلاعـات کاربری زمین مـورد نیـاز ایـن مطالعـه هـم از بانـک اطلاعاتی این مدیریت برداشت شده است.

شکل ۲- کلان شهر اصفهان در سال ۲۰۰۰ (محدوده با خط پر رنگ مشخص شده است)

ایجاد اطلاعات مورد نیاز

از جمله اطلاعات مورد نیاز در این مطالعه، ماتریس مبدا- مقصد سفرهای پزشکی برای سال های آتی، و ماتریس میانگین زمان سفر پزشکی روزانه بین مبدا- مقصدهای مختلف میباشد. تعیین نواحی که پتانسیل تاسیس مراکز سلامتی را دارا بوده و برآورد ظرفیت این مراکز از دیگر اطلاعات مورد نیاز می باشد.

پیش بینی ماتریس مبدا- مقصد سفرهای پزشکی برای سال های آینده

از آنجایی که ماتریس مبدا- مقصد سفرهای پزشکی که از بانک اطلاعاتی مطالعات حمل و نقل شهر اصفهان بدست آمده است، مربوط به سال ۱۳۷۹ می باشد و اطلاعات مربوط به آن با گذر زمان و تغییرات اقتصادی- اجتماعی در حال تغییر می باشد، نیاز به مدلی برای پیش بینی ماتریس یاد شده برای سال‌های آینده است. مدل بکار گرفته شده در این رابطه از نوع مدل های رگرسیون می باشد، که از آوردن جزییات مربوط به ساخت آن در این مقاله چشم پوشی می‌شود. (مهندسین مشاور دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸٦)

تعیین میانگین زمان سفر های پزشکی روزانه بین نواحی مختلف

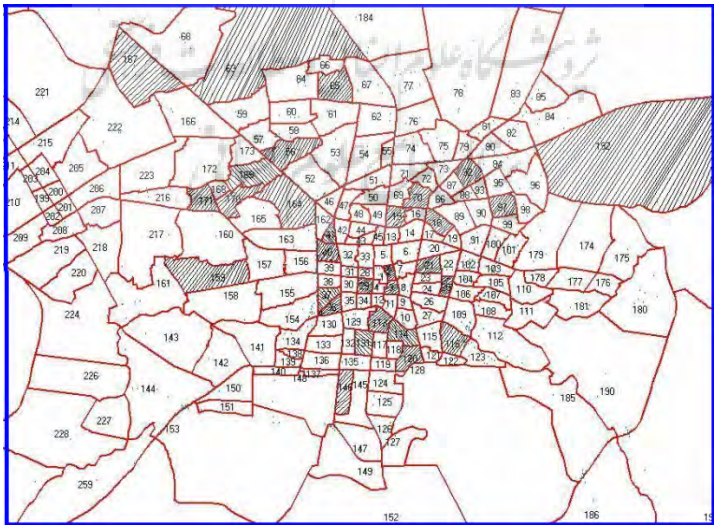
ماتریس میانگین زمان سفرهای پزشکی روزانه بین نواحی مختلف در شهر اصفهان، یک میانگین وزنی از ماتریس های زمان سفر ساعاتی از روز است که بیشترین سفرهای پزشکی در آن ساعات انجام گرفته است. و از رابطه (۷) محاسبه می‌شود:

$$c_{ij} = \sum_{t \in \Omega} w^t c_{ij}^t \qquad (۷)$$

در این رابطه c_{ij}: میانگین زمان سفر پزشکی روزانه بین نواحی i و j می باشد، w^t: سهمی از سفر پزشکی انجام گرفته در ساعت t از روز است (Ω مجموعه ای از ساعات روز است که بیشترین سفرهای پزشکی در آن ساعات انجام گرفته است)، و c_{ij}^t: زمان سفر بین نواحی i و j در ساعت t می باشد که از تخصیص تقاضای سفر ساعت t به شبکه خیابانی شهر اصفهان و به کمک نرم افزار ترافیکی $emme/2$ (راهنمای نرم‌افزار، ۱۹۹٦) به دست آمده است.

تعیین ناحیه هایی که پتانسیل تاسیس مراکز سلامت را دارا می‌باشند

برای تعیین مکان‌هایی که از نظر وسعت برای احداث مراکز سلامت مناسب به نظر می‌آیند و همچنین ظرفیت آن ها از اطلاعات به دست آمده از گزارش طرح بازنگری طرح تفضیلی شهر اصفهان که از سازمان مسکن و شهرسازی اصفهان دریافت گردید، کمک گرفته شد و در نهایت ۳۰ مکان مستعد جهت احداث مراکز سلامت مشخص و پیشنهاد گردید(طرح بازنگری طرح تفضیلی شهر اصفهان،۱۳۸٦). شکل ۳ نواحی مستعد جهت احداث مراکز سلامت را نشان می دهد(مرادی، ۱۳۸٦). اطلاعات مربوط به اسامی نواحی در گزارش "محدوده‌ی مورد مطالعه و ناحیه بندی آن" آمده است (ممتحن، ۱۳۸۰).



شکل ۳- نواحی مستعد پیشنهادی برای احداث مراکز درمانی و پزشکی

نتایج

پس از جمع‌آوری و ایجاد اطلاعات مورد نیاز، به منظور تعیین مکان های مراکز سلامت در کلان شهر اصفهان در سال ۱۳۹۰، از مدل (CLP) استفاده شد.

مقادیر پارامترها در عملکرد و کارایی الگوریتم-های فراابتکاری تأثیر چشمگیری دارد. در این مقاله از طراحی آزمایش‌ها به منظور تنظیم پارامترها استفاده شد. همانطور که در بخش قبل عنوان شد، در مقاله‌ی حاضر عدم تغییر بهترین جواب در N تولید همسایگی متوالی در هر دما به معنای رسیدن فرآیند به حالت تعادل است که مقدار N باید تنظیم شود. همچنین تعداد نقطه‌ی شروع (M) (تعداد الگوریتم شبیه‌سازی تبریدی به صورت موازی) باید تعیین شود. در جدول۲ مقادیر N و M آمده‌است.

جدول ۲- سطوح پارامترهای الگوریتم ترکیبی پیشنهادی

پارامتر	مقادیر
N	۱۰، ۲۰ و ۲۵
M	٤، ۸ و ۱۲

با توجه به سطوح پارامترها در جدول۲، ۹ حالت مختلف برای روش حل تشکیل می‌شود. برای آزمودن این ۹ حالت، از مطالعه‌ی موردی، استفاده شد. همچنین تعداد تکرار برای هر مساله، ۵ بار درنظرگرفته شده‌است. در نتیجه ٤٥ بار هر مساله حل‌شد. در پایان با توجه به میانگین مقادیر تابع هدف و زمان حل، حالت N=20 و M=8 انتخاب گردید.

نتایج روش حل پیشنهادی پس از تنظیم پارامترها در جدول۳ آمده است. در این جدول:

p : تعداد مکان‌های مراکز سلامت

$tt1$: میزان بهبود در زمان سفر در سطح شهر یا کلان شهر اصفهان (تابع هدف شماره ۱)؛

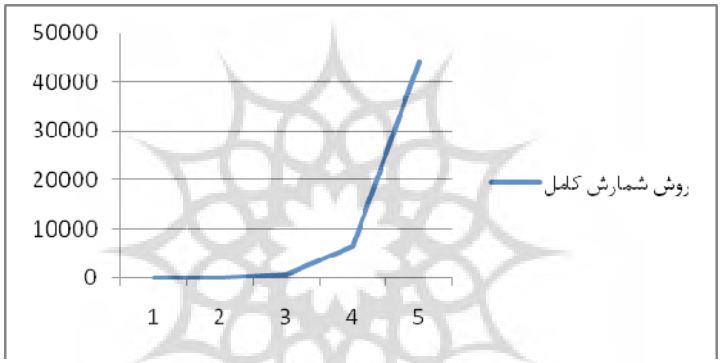
$tt2$: میزان بهبود در تعداد سفرهای با زمان سفر بالاتر از زمان سفر استاندارد (تابع هدف شماره ۲)؛

$tt3$: میزان بهبود در تعداد سفرها به منطقه تجاری شهر یا نقاط خاص دیگر (تابع هدف شماره ۳) است.

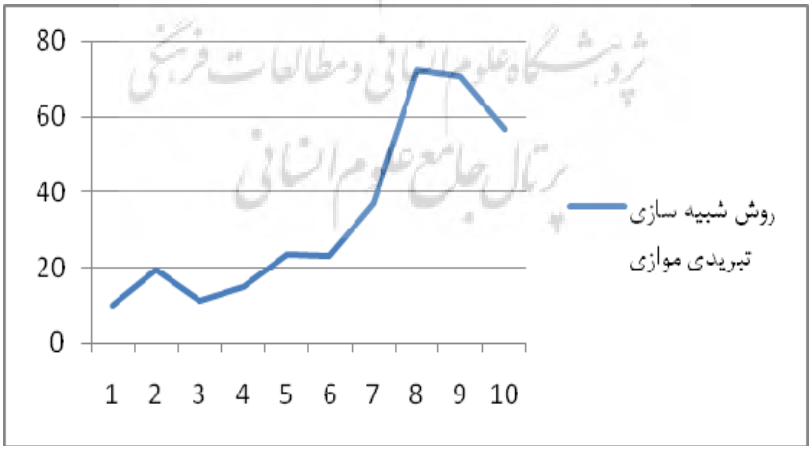
همچنین برای بررسی کارایی الگوریتم شبیه‌سازی تبریدی موازی، نتایج به دست آمده از آن با نتایج بدست آمده از روش شمارش کامل مقایسه گردید. لازم به ذکر است که روش شمارش کامل تنها توانست تا مکانیابی ۵ مرکز سلامت را در زمانی منطقی (برای کلان شهر اصفهان) حل کند. در جدول٤ نتایج حاصل از روش شمارش کامل آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود جواب های حاصل از دو روش، یکسان و الگوریتم شبیه‌سازی تبریدی موازی در تمام مسائل به جواب بهینه رسیده است. این نشان از کارایی الگوریتم یاد شده دارد.

در شکل نمودار زمان حل مسئله موردی اصفهان توسط روش شمارش کامل با تابع هدف سوم بر اساس تعداد مکان انتخابی برای مراکز

سلامت آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود در روش شمارش کامل با افزایش ابعاد مساله، زمان حل به صورت نمایی بالا می‌رود. روش شمارش کامل فقط توانست تا مکان‌یابی ۵ مرکز سلامت را در زمان منطقی انجام دهد. در شکل نمودار زمان حل مسائل توسط الگوریتم شبیه‌سازی تبریدی موازی با تابع هدف سوم آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود الگوریتم شبیه‌سازی تبریدی موازی مسائل مکان‌یابی ۱۰ مکان در زمان ٥٦.٨٣ ثانیه انجام داد و این نشان از کارایی این الگوریتم نسبت به روش شمارش کامل است. از دیگر موارد مورد بحث در شکل ۵ کاهش زمان حل با افزایش ابعاد مساله در بعضی موارد است. این به این دلیل است که زمان حل الگوریتم شبیه‌سازی تبریدی وابسته به عوامل مختلفی از جمله پیچیدگی فضای جستجو و همچنین پارامترهایی مثل N (شاخص تعادل) است. مثلاً به طور میانگین در حالت P=10 رسیدن به تعادل در هر دما زودتر از حالت P=9 اتفاق افتاده است.



شکل ٤- نمودار زمان اجرای الگوریتم شمارش کامل



شکل ۵- نمودار زمان اجرای الگوریتم شبیه سازی تبریدی موازی

جدول ۳- نتایج محاسباتی حل مدل (CLP) با الگوریتم شبیه سازی تبریدی موازی برای سه تابع هدف $tt1$ ، $tt2$ و $tt3$ در مطالعه موردی کلان شهر اصفهان

p	($tt1$)	زمان حل (ثانیه)	نواحی انتخاب شده	($tt2$)	زمان حل (ثانیه)	نواحی انتخاب شده	($tt3$)	زمان حل (ثانیه)	نواحی انتخاب شده
۱	۸۹۲۱۴.۳۱۷	۴.۷۷	۱۵	۳۹۶۴.۴۰	۴.۷۱	۱۵	۹۶۹۵.۸۹۳	۱۰.۰۸	۱۴۶
۲	۱۷۵۷۷۷.۷۱۹	۲۰.۰۲	۱۵و۱۴۶	۶۵۳۲.۱۰	۲۴.۰۵	۱۵و۴۰	۱۷۹۲۸.۶۱۳	۱۹.۵۵	۱۹۲و۱۴۶
۳	۲۵۹۲۵۵.۳۵۹	۱۱	۱۵، ۴۰ و ۱۴۶	۸۷۲۲.۴۴	۱۷.۳	۱۵، ۴۰ و ۱۹۲	۲۲۶۲۵.۲۵۵	۱۱.۳۶	۶۳، ۱۴۶ و ۱۹۲
۴	۳۴۰۹۹۴.۸۴۴	۱۶.۸۸	۱۵، ۴۰، ۱۴۶ و ۱۹۲	۱۰۸۹۳.۵۱	۱۷.۱۱	۱۵، ۴۰، ۶۳ و ۱۹۲	۲۶۹۳۴.۵۱۴	۱۵.۱۸	۶۳، ۱۴۶، ۱۹۲ و ۱۶۴
۵	۴۱۷۰۲۳.۲۸۶	۱۸.۲۵	۱۵، ۴۰، ۱۴۶، ۱۹۲ و ۶۳	۱۳۰۱۵.۴۲	۲۳.۳۱	۱۵، ۴۰، ۱۴۶، ۱۹۲ و ۶۳	۳۰۱۵۷.۸۸۷	۲۳.۶۲	۶۳، ۱۴۶، ۱۹۲، ۱۱۶ و ۱۶۴
۶	۴۸۶۲۳۸.۹۵۴	۱۹.۹۱	۱۵، ۴۰، ۱۴۶، ۱۹۲، ۶۳ و ۱۳۱	۱۴۵۶۶.۰۴	۱۸.۵	۱۵، ۴۰، ۱۴۶، ۱۹۲، ۶۳ و ۱۶۴	۳۳۲۳۸.۵۲۵	۲۳.۰۹	۱۴۶، ۱۶۴، ۶۳، ۹۷، ۱۹۲ و ۱۱۶
۷	۵۵۱۶۵۱.۶۲۷	۷۵.۳	۱۳۱، ۶۳، ۱۹۲، ۱۵، ۱۶۴، ۱۴۶ و ۴۰	۱۶۰۴۹.۴۵	۴۷.۰۷	۱۳۱، ۶۳، ۱۹۲، ۱۵، ۱۶۴، ۱۴۶ و ۴۰	۳۶۱۷۷.۴۴۰	۳۶.۹۹	۹۷، ۱۱۶، ۱۶۴، ۱۴۶، ۱۹۲، ۶۵ و۶۳
۸	۶۰۷۷۴۶.۳۶۹	۸۳.۵۷	۱۹۲، ۱۴۶، ۶۵، ۱۳۱، ۱۵، ۱۶۴، ۶۳ و ۴۰	۱۷۰۴۵.۸۵	۱۰۵.۴۱	۱۹۲، ۱۴۶، ۳۶، ۴۱، ۱۵، ۱۶۴، ۶۳ و ۴۰	۳۸۹۵۱.۵۳۵	۷۲.۳۱	۹۲، ۹۷، ۱۴۶، ۱۷۱، ۱۶۴، ۷۰، ۱۹۲ و ۶۳
۹	۶۳۴۷۰۴.۴۴۹	۵۷.۳۹	۵۶، ۶۳، ۱۹۲، ۱۴۶، ۱۵، ۴۰، ۱۳۱، ۱۶۴ و ۶۵	۱۷۹۰۹.۳۰	۴۶.۱۵	۱۳۱، ۴۰، ۱۵، ۱۶۴، ۱۴۶، ۱۶۷، ۶۵، ۱۹۲ و ۶۳	۴۰۷۲۸.۱۹۲	۷۰.۵۳	۱۹۲، ۵۶، ۱۶۴، ۱۱۶، ۶۵، ۱۴۶، ۶۳، ۹۲ و ۹۷
۱۰	۶۵۹۰۳۴.۴۵۱	۸۱.۱۴	۲۱، ۱۴۶، ۱۹۲، ۱۶۴، ۱۶۷، ۱۵، ۱۳۱، ۶۳، ۶۵ و ۴۰	۱۸۲۹۶.۶۵	۸۲.۲۱	۱۶۴، ۱۴۶، ۶۵، ۱۵، ۱۹۳، ۴۰، ۱۶۷،۱۳۱، ۶۳ و ۱۱۴	۴۲۴۲۳.۸۳۵	۵۶.۸۳	۶۳، ۱۶۴، ۹۲، ۱۶۹، ۹۷، ۱۹۲، ۱۱۶، ۵۶، ۱۴۶ و ۶۵

جدول۴- نتایج محاسباتی حل مدل (CLP) با استفاده از روش شمارش کامل

p	($tt1$)	($tt2$)	($tt3$)	زمان حل ($tt3$) (ثانیه)
۱	۸۹۲۱۴.۳۱۷	۳۹۶۴.۴۰۰	۹۶۹۵.۸۹۳	۲
۲	۱۷۵۷۷۷.۷۱۹	۶۵۳۲.۱۰۹	۱۷۹۲۸.۶۱۳	۵۳
۳	۲۵۹۲۵۵.۳۵۹	۸۷۲۲.۴۴۵	۲۲۶۲۵.۲۵۵	۷۵۸
۴	۳۴۰۹۹۴.۸۴۴	۱۰۸۹۳.۵۱۳	۲۶۹۳۴.۵۱۴	۶۳۷۲
۵	۴۱۷۰۲۳.۲۸۶	۱۳۰۱۵.۴۲۷	۳۰۱۵۷.۸۸۷	۴۴۱۷۶

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات برای پـژوهش هـای آینده

انتخاب مکان‌های مناسب جهـت اسـتقرار مراکـز ارائه خدمت در سطح یک شهر می‌تواند کمک بزرگی به شهروندان جهت دسترسی راحت و سریع بـه ایـن خدمات باشد و بار ترافیکی ناشی از این‌گونه سـفرها در سطح آن شهر را کاهش دهد. به دلیل نبـود برنامـه ریزی صحیح شهری در گذشته، مراکز ارائه خـدمات شهری در مکان‌هـای نامناسـبی اسـتقرار یافتـه، و بـا توسعه شهرها معضلات فراوانی را بـر شـهر تحمیـل کرده اند. یکی از این معضـلات، شـلوغی و ازدحـام ترافیک شهری است. با توجه به قرار گرفتن بعضی از مراکز ارائـه خـدمت در مکـان هـای شـلوغ شـهر و مراجعه مشتریان به آن‌ها، وضعیت ترافیکی بسیاری از شهرها دچار نابسـامانی گشـته اسـت. یکـی از روش های کاهش اثرات ترافیکی این پدیـده، آن اسـت کـه بخش دولتی با احداث مراکز ارائه خـدمت جدیـد در مکـان هـایی مناسـب، بـه رقابـت بـا مراکـز قـدیمی پرداخته و مشتریان آن ها را جذب نماید.

هدف از انجام این پژوهش، انجام فعالیتی علمـی در جهت مدل‌سازی و حل مساله مکـان یـابی چنـین مراکزی در سطح شهرها بوده اسـت. مراکـز جدیـدی که از نظر مکانی و ارائه خدمات، قابلیـت رقابـت بـا مراکز قبلی را داشته باشند و به مرور زمـان مشـتریان مراکز قـدیمی را جـذب خـود کـرده و مشـکلات و معضلات ترافیکی به وجود آمده در سطح شـهرها را کـاهش دهنـد. در ایـن مقالـه، مـدل برنامـه‌ریـزی ریاضی (CLP) ارائه گردید. ایـن مـدل بـرای مکـان یابی مراکـزی بـا محـدودیت ظرفیـت ارائـه خـدمت طراحی شده است. حل این مدل، مکان‌هایی را جهت احداث مراکز ارائه خدمت در شهرها ارائه مـی کنـد که علاوه بر قابلیت رقابت با مراکز قـدیمی و جـذب مشتریان آن ها، معضلات ترافیکی ایجاد شده توسـط آن ها را به میزان زیادی کاهش دهند. مسـأله (CLP) از نوع مسائل بهینه سازی ترکیبی است، و روش های شمارشی در حل اینگونه مسائل کارا نمی باشـند. لـذا در این مقاله از الگوریتم شبیه‌سازی تبریدی موازی به منظور حل آن اسـتفاده شـده اسـت. ایـن الگـوریتم، حالـت توسـعه‌یافتـه‌ی الگـوریتم شـبیه‌سـازی تبریدی (SA) است که از چندین فرآیند شـبیه‌سـازی تبریدی به صورت مـوازی بـرای جسـتجوی فضـای جواب استفاده می کند. در فصـل پـنجم، نتـایج حـل مـدل (CLP) بـا اسـتفاده از الگـوریتم شـبیه‌سـازی تبریدی موازی برای تعیین مکان یابی مراکز سـلامت در شهر اصفهان ارائه گشته است. نتایج بدست آمـده حاکی از دقت و سرعت الگوریتم شبیه‌سازی تبریدی موازی، در حل مـدل (CLP) بـرای مطالعـه مـوردی شهر اصفهان است.

در ادامه پیشنهاد می شود:

- روش آورده شده در این مقاله بـرای مکـان یابی تسهیلات خـدماتی دیگـر در شـهرها مـورد بررسی و استفاده قرار گیرد.
- در این مقالـه بـا اعمـال فروضـی بـر رفتـار متقاضیان خدمات پزشـکی در صـورت تاسـیس مراکز سلامت، به ساده سازی مدل پرداخته شـد. پیشنهاد می شود، تلاش هایی بیشتری جهت آزاد سازی مدل از این فروض انجام گیرد.

- در مطالعه موردی این مقاله هیچگونه اشاره‌ای به چگونگی جذب پزشکان به مراکز سلامت تازه تاسیس، نشده است. پیشنهاد می شود در ارتباط با ارائه سیاست هایی در این مورد فکر شود.

مراجع

ممتحن، (۱۳۸۳)، خلاصه گزارش: شناخت وضع موجود و فرآیند مدل¬سازی عرضه و تقاضای حمل و نقل در اصفهان، مطالعات جامع حمل و نقل اصفهان، گزارش شماره ۱۰-۸۳ مرکز مطالعات و تحقیقات حمل و نقل، دانشگاه صنعتی شریف.

مهندسین مشاور دانشگاه صنعتی اصفهان،(۱۳۸٦)، فرآیند مدل¬سازی برای برآورد تقاضای سفر آینده شهر اصفهان، مطالعات جامع حمل و نقل اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان.

مشاورین نقش جهان پارس،(۱۳۸٦)، شارستان، شهر و خانه، باوند، سراوند و آتک،"طرح بازنگری طرح تفضیلی شهر اصفهان"،کارفرما: حوزه معاونت شهرسازی.

ممتحن،(۱۳۸۰)، محدوده¬ی مورد مطالعه و ناحیه¬بندی آن، مطالعات جامع حمل و نقل اصفهان، گزارش شماره ۰۱-۸۰، پژوهشکده حمل و نقل شریف، مرکز مطالعات و تحقیقات حمل و نقل (ممتحن)، دانشگاه صنعتی شریف.

مرادی، ح،(۱۳۸٦)، مکان¬یابی مراکز سلامت در شهر اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده صنایع و سیستم¬ها.

Aboolian, R., Berman, O., Krass, D. (2007). Competitive facility location and design problem. European Journal of Operational Research 182, 40–62.

Adel , A. A., John, A. W. (1978). Probabilistic Formulation of the Emergency Service Location Problem. Operational Research Society, 1167-1179.

Bautista, J., Pereira J. (2007). A GRASP algorithm to solve the unicost set covering problem. Computers & Operation research 34, 3162-3173.

Cheng R. W., C. T. L., Huang C. C., . (2007). Optimal selection of location for Taiwanese hospitals to ensure a competitive advantage by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis. Building and Environment, 1431-1444.

Daniel Granot, F. G., Tal Raviv. (2010). On competitive sequential location in a network with a decreasing demand intensity. European Journal of Operational Research, 205 301–312.

EMME/2, 1996, User's manual, Software Ralease 8, Montreal, Canada.

Frank Plastria, L. V. (2008). Discrete models for competitive location with foresight. Computers & Operations Research 35, 683 – 700.

Galvao, R., et al. (2000). A comparison of Lagrangean and surrogate relaxations for the maximal covering location problem. European Journal Of Operation Research 124, 377-389.

Hande Küçükaydin, N. A., I. Kuban Altınel. (2011). Competitive facility location problem with attractiveness adjustment of the follower: A bilevel programming model and its solution. European Journal of Operational Research, 208, 206–220.

HIROYASU, T., MIKI, M., OGURA, M. (2000, November 6-9). Parallel Simulated Annealing using Genetic Crossover. Paper presented at the Proceedings of the IASTED International Conference PARALLEL AND DISTRIBUTED COMPUTING AND SYSMTEMS Las Vegas, Nevada USA.

Honggzhong, J., Fernando, O., Maged, D. (2005). A Modeling framework for facility location of medical services for large-scale emergencies. www.illposed.usc.edu.

Lawrence, V. S., Marks, D., Chung, P.T. (2007). The stochastic location model with risk pooling. European Journal Of Operation Research 179(3), 1221-1238.

Lundy, M., and A. Mees (1986). Convergence of an annealing algorithm. Mathematical Programming, 34, 111–124.

M. Elena Sáiz , E. M. T. H., Blas Pelegrín (2010). On Nash equilibria of a competitive location-design problem. European Journal of Operational Research xxx xxx–xxx.

Mark S. D., L. K. D. (2004). A Handbook of OR/MS in Health Care: Health Care Facilities: Northwestern University.

McFadden D. (1965). Disaggregate behavioral travel damand's RUM side a 30-year retrospective. http://citeeseer.ist.psu.edu/mcfadden00disaggregate.html.

Qiang Meng, Y. H., Ruey Long Cheu. (2009). Competitive facility location on decentralized supply chains. European Journal of Operational Research 196, 487–499.

Redondoa, J., Fernándezb, J.,Garcíaa, I., Ortigosaa, P. (2008). Parallel algorithms for continuous competitive location problems. Optimization Methods and Software, 23, 779–791.

Şahin, A., Türkbey, O. (2009). A simulated annealing algorithm to find approximate Pareto optimal solutions for the multi-objective facility layout problem. Int J Adv Manuf Technol 41, 1003–1018.

Toregas, c., Sawain, R., Revelle, C., Bergman, L. (1971). The location of emergency service facility. Operations Research, 1363-1373.

Wang, Y., Wang, C. (2010). Locating passenger vehicle refueling stations. Transportation Research Part E xxx, xxx, xxx–xxx.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی