دانشگاه کردستان

دانشکده فنی

گروه مهندسی صنایع

عنوان:

استفاده از سیستم‌های صف در مسأله مکان‌یابی شبکه‌ای تسهیلات پرازدحام

پژوهشگر:

سیدرضا جعفری

استاد راهنما:

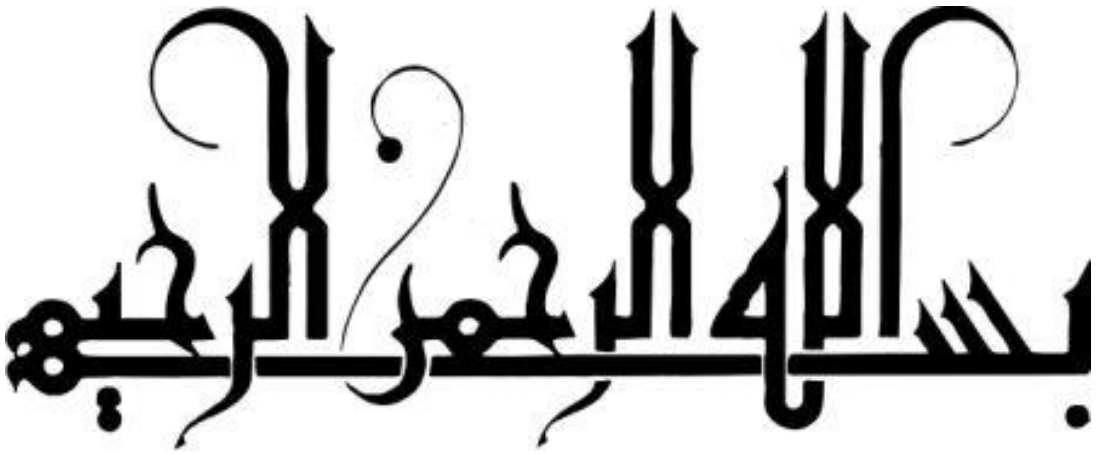
دکتر جمال ارکات

استاد مشاور:

دکتر حمید فرورش

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع

مهر ماه ۱۳۹۱



مطالعات، بر نتایـج و معنوی مترتب مادی حقوق کلیه

ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع

این پایان‌نامه (رسـاله) متعلق به دانشـگاه کردستان است.

تعهد نامه

اینجانب سیدرضا جعفری دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع دانشگاه کردستان، دانشکده فنی گروه مهندسی صنایع تعهد می‌نماییم که محتوای این پایان نامه نتیجه تلاش و تحقیقات خود بوده و از جایی کپی برداری نشده و به پایان رسانیدن آن نتیجه تلاش و مطالعات مستمر اینجانب و راهنمایی و مشاوره اساتید بوده است.

با تقدیم احترام

سیدرضا جعفری

۱۳۹۱/۷/۱۷

دانشگاه کردستان
دانشکده فنی
گروه مهندسی صنایع

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع

عنوان:

استفاده از سیستم‌های صف در مسأله مکان‌یابی شبکه‌ای تسهیلات پرازدحام

پژوهشگر:
سیدرضا جعفری

در تاریخ ۱۳۹۱/۷/۱۷ توسط کمیته تخصصی وهیات داوران زیر مورد بررسی قرار گرفت و با نمره..... و درجه..... به تصویب رسید.

هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱ـ استاد راهنما	دکتر جمال ارکات	استادیار	
۲ـ استاد مشاور	دکتر حمید فرورش	استادیار	
۳ـ استاد داور خارجی	دکتر مراد احمدنسب	استادیار	
۴ـ استاد داور داخلی	دکتر فردین احمدی‌زر	استادیار	

مهر و امضاء گروه دانشکده

مهر و امضاء معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی

تقدیر

نگارنده بر خود می‌داند تا تقدیر و تشکر خود را از استاد گرامی جناب آقای دکتر جمال ارکات عرض نماید که در تهیه این رساله ایشان را از راهنمایی‌ها و زحمات بی‌دریغ خود بهره‌مند گردانیده و در زمان‌های غیرکاری نیز از راهنمایی‌های خویش بی‌نصیب نگذاشته است.

همچنین لازم است از مشاوره‌های استاد گرامی جناب آقای دکتر حمید فرورش که به اتمام این رساله کمک شایانی فرمودند قدردانی به‌عمل آید.

چکیده

مسأله مکان‌یابی شبکه‌ای از جمله مسائل جدید در حوزه مسائل مکان‌یابی می‌باشد. در این مسأله، جابجایی‌ها بین تسهیلات موجود (مشتریان) و تسهیلات جدید (خدمت‌دهندگان) در امتداد کمان‌های شبکه انجام می‌گیرند و بدین جهت برخلاف مسائل متعارف مکان‌یابی، فواصل بین تسهیلات براساس معیارهای متداول اندازه‌گیری فاصله، محاسبه نمی‌شوند. مسأله‌ای که در این تحقیق بدان پرداخته شده است از نوع مسائل گسسته است بدین معنی که تعدادی سایت به عنوان مکان بالقوه برای احداث خدمت‌دهندگان وجود دارند که باید از بین آنها تعداد مشخصی جهت پوشش به تقاضای مشتریان انتخاب گردند. در این نوع مسائل با ازدحام مشتریان، در محل تسهیلات صف ایجاد می‌شود که به آنها مسائل مکان‌یابی تسهیلات پرازدحام می‌گویند. فرض شده است که مکان و زمان وقوع تقاضاها در امتداد کمان‌های شبکه، متغیرهای تصادفی مستقل هستند بدین صورت که مکان وقوع یک تقاضا به صورت یکنواخت در هر یک از کمان‌ها توزیع شده است و تقاضاها براساس فرآیند پواسون تولید می‌شوند.

هدف این مسأله، کمینه‌کردن مجموع زمان‌های سفر و انتظار مشتریان می‌باشد. فرض شده است که هر مشتری به نزدیک‌ترین تسهیل باز مراجعه می‌نماید و در صورتی که برآورد آنها از مدت زمان انتظار در سیستم از مقدار آستانه مشخصی، بیشتر باشد، از ورود به صف منصرف می‌شوند. مسأله موردنظر در قالب یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح آمیخته، مدلسازی شده است. از آنجایی که مسأله تحت بررسی از جمله مسائل ناچندجمله‌ای سخت (NP-Hard) می‌باشد، برای حل آن، سه الگوریتم فراابتکاری ژنتیک، ممتیک و بازپخت شبیه‌سازی شده، ارائه شده‌اند. برای آزمودن کارایی الگوریتم‌های پیشنهادی، تعدادی مسأله تصادفی در اندازه‌های مختلف تولید شده و نتایج حل الگوریتم‌های فراابتکاری با نتایج به دست آمده از حل مدل توسط نرم‌افزار GAMS (حل کننده CPLEX) مقایسه شده‌اند. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که الگوریتم‌های ابتکاری پیشنهادی می‌توانند راه‌حل‌های قابل قبول را در زمان‌های محاسباتی کم، به دست آورند.

کلمات کلیدی: مکان‌یابی شبکه‌ای، ازدحام در خدمت‌دهی، سیستم‌های صف، الگوریتم‌های فراابتکاری

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول (کلیات تحقیق)

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- تعریف کلی مسأله پیشنهادی ۲

۱-۳- ضرورت انجام تحقیق ۳

۱-٤- جنبه‌های نوآوری تحقیق ٤

۱-۵- مفروضات تحقیق ٤

۱-٦- اهداف تحقیق ۵

۱-۷- مراحل انجام تحقیق ۵

فصل دوم (مرور ادبیات و پیشینه تحقیق)

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲- تاریخچه مدلهای تسهیلات پرازدحام ۹

۲-۳- مکان‌یابی تسهیلات پرازدحام با خدمتدهندههای ثابت ۱۱

۲-٤- مسأله مکانیابی تسهیلات برپایه-جریان ۲۳

۲-۵- تقاضاهای از دست رفته ۲۵

۲-٦- خلاصه فصل ۳۰

فصل سوم (ارائه مدل ریاضی)

۳-۱- مقدمه ۳۳

۳-۲- مدل ریاضی ۳۳
۳-۲-۱- آماده‌سازی مدل ۳۹
۳-۲-۲- مدل ریاضی پیشنهادی ٤۱
۳-۲-۳- خطی‌سازی مدل ٤۲
۳-۳- مثال عددی ٤٦
۳-٤- خلاصه فصل ٤۹

فصل چهارم (ارائه الگوریتم‌های حل)

٤-۱- مقدمه ۵۱
٤-۲- روش تولید مثال‌های عددی ۵۱
٤-۳- الگوریتم ژنتیک (GA) ۵٤
٤-۳-۱- نمایش راه‌حل ۵٤
٤-۳-۲- محاسبه زیبندگی ۵۵
٤-۳-۳- اندازه جمعیت ۵۵
٤-۳-٤- تولید جمعیت اولیه ۵٦
٤-۳-۵- انتخاب ۵۷
٤-۳-٦- تولید فرزندان ۵۷
٤-۳-۷- جایگزینی ۵۷
٤-۳-۸- توقف الگوریتم ۵۸
٤-٤- الگوریتم ممتیک (MA) ۵۹

٤-٤-١- جمعیت اولیه ٦٠
٤-٤-٢- انتخاب ٦٠
٤-٤-٣- عملگر همگذری ٦٠
٤-٤-٤- عملگر جهش ٦١
٤-٤-٥- جستجوی محلی ٦٢
٤-٤-٦- تنظیم پارامترهای الگوریتم ممتیک ٦٣
٤-٥- ارزیابی عملکرد الگوریتمهای حل ٦٥
٤-٦- الگوریتم بازپخت شبیه‌سازی‌شده (SA) ٦٩
٤-٧- مقایسه دو الگوریتم SA و MA ٧٠
٤-٨- خلاصه فصل ٧٤

فصل پنجم (جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها)
٥-١- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ٧٦
٥-٢- پیشنهادها و کارهای آینده ٧٧
فهرست مراجع ٧٩

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۳-۱- نمایش تقاضاها بر روی کمان	۳٤
شکل ۳-۲- نمایش کمانی از شبکه	۳٦
شکل ۳-۳- بسط شبکه	٤۰
شکل ۳-٤- نمایش شبکه‌ای با ٦ گره	٤٦
شکل ۳-۵- نمایش حرکت مشتریان در حالت بهینه	٤۸
شکل ٤-۱- نمایش شبکه‌های ورودی به مدل	۵۱
شکل ٤-۲- نمایش نمونه‌هایی از شبکه	۵۳
شکل ٤-۳- فلوچارت الگوریتم ژنتیک (GA)	٦۰
شکل ٤-٤- شمای عملگر همگذری	٦۳
شکل ٤-۵- شمای عملگر جهش	٦٤
شکل ٤-٦- نمایش ساختار همسایگی در الگوریتم ممتیک	٦٤
شکل ٤-۷- فلوچارت الگوریتم ممتیک (MA)	٦۵

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۲-۱- طبقه‌بندی مدل‌ها بر اساس نوع سیستم صف و نحوه انتخاب تسهیلات از سوی مشتریان	۲۱
جدول ۲-۲- طبقه‌بندی مدل‌ها بر اساس نوع توابع هدف و نوع مدل مکان‌یابی	۲۲
جدول ۳-۱- ماتریس طول کمان‌های شبکه	٤۷
جدول ۳-۲- ماتریس نرخ تقاضای هر کمان	٤۷
جدول ۳-۳- نقاط افراز هر کمان در حالت بهینه	٤۷
جدول ۳-٤- چگونگی تخصیص گره‌ها به تسهیلات احداث شده	٤۸
جدول ٤-۱- داده‌های مربوط به تنظیم پارامترهای الگوریتم ممتیک	٦٦
جدول ٤-۲- مقایسه الگوریتم‌های **GA** و **MA** با **CPLEX**	٦۸
جدول ٤-۳- مقایسه دو الگوریتم **GA** و **MA**	۷۰
جدول ٤-٤- مقادیر پیشنهادی برای پارامترهای الگوریتم **SA**	۷٤
جدول ٤-۵- مقایسه **SA** و **MA** در ابعاد کوچک	۷۵
جدول ٤-٦- مقایسه دو الگوریتم **SA** و **MA**	۷٦

فهرست نمودارها

عنوان	صفحه
نمودار ٤-۱- مقایسه کیفیت جواب‌های الگوریتم‌های GA و MA با CPLEX	٦۹
نمودار ٤-۲- مقایسه الگوریتم‌های SA و MA بر اساس بهترین جواب‌ها در زمان‌های برابر	۷۷
نمودار ٤-۳- مقایسه الگوریتم‌های SA و MA بر اساس میانگین جواب‌ها در زمان‌های برابر	۷۷

فصل اول

کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه

تصمیمات مربوط به مکان‌یابی تسهیلات[1] از عناصر مهم در برنامه‌ریزی‌های راهبردی برای بسیاری از شرکت‌های عمومی و خصوصی می‌باشند. اگرچه در بسیاری از کاربردها، استفاده از مدل‌هایی ساده مانند مکان‌یابی تک‌تسهیلی[2] یا p-میانه[3] معمول می‌باشد اما واقعیت آن است که در اغلب موارد، محدودیت ظرفیت تسهیلات خدمت‌دهنده باعث عدم‌امکان پوشش کلیه تقاضاهای موجود می‌گردد. علاوه بر این، تقاضاها معمولا در شرایط دنیای واقعی دارای ماهیتی غیرقطعی می‌باشند به‌گونه‌ای که حتی در صورتی که تسهیل یا تسهیلات خدمت‌دهنده، قادر به پاسخ‌گویی میانگین تقاضاهای برآورد شده باشند همواره این احتمال وجود دارد که در بازه‌هایی از زمان، خدمت‌دهنده یا خدمت‌دهندگان با ازدحام[4] متقاضیان دریافت خدمات روبرو شوند. در چنین شرایطی، مشتری مجبور است در صف دریافت خدمت، منتظر بماند یا آنکه از دریافت خدمت منصرف شود.

۱-۲- تعریف کلی مسأله پیشنهادی

مسأله‌ای که در این تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد، مسأله مکان‌یابی برای تسهیلات ثابتی[5] است که در هر یک از آنها، یک خدمت‌دهنده برای انجام خدمت به مشتریان مستقر می‌شود. فرض شده است که تقاضاها در طول کمان‌هایی با موقعیت جغرافیایی از قبل مشخص (مانند شبکه خیابان‌های موجود در سطح یک شهر)، رخ می‌دهند. مکان وقوع تقاضا در طول هر یک از کمان‌ها به صورت یکنواخت توزیع شده است و فاصله زمانی بین دو تقاضای متوالی در هر کمان نیز از یک توزیع نمایی[6] با میانگین مشخص پیروی می‌کند. مشتریان پس از مراجعه به تسهیل خدمت‌دهنده در صورت مشغول به کار بودن تسهیل، در صفی با نظام نوبتی، منتظر می‌مانند. مدت زمان ارائه خدمت توسط هر یک از تسهیلات خدمت‌دهنده نیز از یک توزیع نمایی با نرخی مشخص پیروی می‌کند.

---

1. Facility location
2. Single facility
3. P-median problem
4. Congestion
5. Immobile Facilities
6. Exponential distribution

در مدل‌های مشابه موجود فرض شده است که مشتریان در نقاط (گره‌های[1]) مشخصی از شبکه مستقر هستند و فاصله زمانی بین تقاضاهایی که در هر گره اتفاق می‌افتند از یک توزیع نمایی پیروی می‌کند. از آنجایی که زمان سفر برای کلیه تقاضاهایی که در یک گره تولید شده‌اند، تا رسیدن به محل یک خدمت‌دهنده یکسان است لذا نظام نوبتی ارائه خدمات همانند نظام نوبتی تولید تقاضاها در هر یک از گره‌ها است. در مسأله‌ای که در این تحقیق بدان پرداخته شده است، تقاضاهای همجنس[2] فواصل نابرابری تا رسیدن به یک خدمت‌دهنده دارند و بدین جهت این امکان وجود دارد که نظام نوبتی ارائه خدمات با نظام نوبتی تولید تقاضاها متفاوت باشد بدین معنی که تقاضایی که زودتر تولید شده است به دلیل دور بودن مسافت از خدمت‌دهنده در نوبت خدمتی بعد از تقاضایی قرار گیرد که دیرتر تولید شده است اما مسافتی کمتر تا خدمت‌دهنده دارد. چنین مشکلی باعث خواهد شد فواصل زمانی بین وقوع دو تقاضا و فواصل زمانی بین دو خدمت از توزیع‌های متفاوتی پیروی کنند. چنین تفاوتی در نظام‌های تولید و پوشش تقاضاها باعث می‌گردد مدل ریاضی مربوطه نسبت به مدل‌های موجود از پیچیدگی بالاتری برخوردار باشد.

مسأله تحت بررسی از مسائل گسسته مکان‌یابی است بدین معنی که تعدادی سایت به عنوان مکان‌های بالقوه برای احداث تسهیلات خدمت‌دهنده در نظر گرفته شده است و هدف، انتخاب کردن تعدادی از چنین سایت‌هایی است که منجر به کمینه کردن مجموع متوسط زمان‌های سفر و انتظار مشتریان گردد.

۱-۳- ضرورت انجام تحقیق

مسائل مکان‌یابی تسهیلات از مسائل راهبردی در طراحی سیستم‌های تولیدی و خدماتی به شمار می‌روند. در نظر گرفتن شرایط دنیای واقعی باعث بالا رفتن دقت مدل‌های توسعه داده شده می‌گردد. اگرچه مدل‌هایی که فرضیاتی همچون تقاضای احتمالی را در نظر می‌گیرند، بسیار پیچیده می‌باشند به گونه‌ای که توسعه الگوریتم‌های حل دقیق و کارا برای حل مسائل بزرگ، امری دست نیافتنی به نظر

---

[1]. Nodes

[2] منظور از مشتریان همجنس در مدل‌های موجود، مشتریانی هستند که در یک نقطه (گره) مستقر هستند اما در مدل پیشنهادی، منظور مشتریانی است که بر روی یک کمان قرار دارند.

می‌رسد اما واقعیت آن است که در بیشتر موارد حل‌های تقریبی به دست آمده برای این مدل‌ها از کارایی و جذابیت بیشتری نسبت به راه‌حل‌های دقیق مدل‌های ساده‌تر برخوردار می‌باشند.

۱-٤- جنبه‌های نوآوری تحقیق

مطالعات پیشین به منظور سهولت مدل‌سازی و تحلیل، تقاضاهایی که بر روی یک کمان از شبکه قرار دارند را به صورت یک یا چند نقطه (نقاط تمرکز مشتریان) در نظر گرفته‌اند. چنین فرضی باعث به دست آوردن راه‌حل‌هایی می‌گردد که در شرایط دنیای واقعی از راه‌حل بهینه سراسری فاصله دارند. در نظر گرفتن تقاضاهای رخ داده بر روی یک کمان به صورت توزیعی آماری (معمولا یکنواخت) می‌تواند باعث بهبود راه‌حل به دست آمده گردد. از آنجایی که در مدل (مدل‌های) ارائه شده مکان وقوع یک تقاضا خود از توزیعی آماری پیروی می‌کند لذا مدل‌هایی که در این پژوهش بدان‌ها پرداخته می‌شود دارای ماهیتی متفاوت با مدل‌های موجود خواهند بود.

۱-۵- مفروضات تحقیق

- شبکه کمان‌ها (مختصات نقاط ابتدایی و انتهایی هر کمان در شبکه موردنظر) از قبل مشخص است.
- مکان وقوع تقاضاها در طول هر کمان، یک متغیر تصادفی یکنواخت است.
- زمان بین وقوع دو تقاضای متوالی در طول هر کمان از توزیع نمایی با نرخ مشخص پیروی می‌کند.
- سرعت حرکت مشتریان در کلیه کمان‌های شبکه، ثابت است.
- مکان‌های بالقوه برای احداث تسهیلات خدمت‌دهنده از قبل مشخص می‌باشند.
- مشتریان برای دریافت خدمت به محل خدمت‌دهنده مراجعه می‌کنند.
- نظام خدمت‌دهی صف از نوع نوبتی (FIFO[1]) است.
- زمان خدمت‌دهی در هر تسهیل از توزیع نمایی با نرخی مشخص پیروی می‌کند.
- سیستم‌های خدمت‌دهی در حالت پایدار بررسی می‌شوند.

[1]. First In, First Out

- هر مشتری برای دریافت خدمت به نزدیک‌ترین تسهیل باز مراجعه می‌کند.
- تعداد تسهیلاتی که می‌توانند احداث شوند با توجه به محدودیت بودجه از قبل مشخص می‌باشد.
- مدل صف تشکیل شده در هر تسهیل شبیه مدل صف M/M/1 می‌باشد.
- مشتری وقتی‌که وارد تسهیلی می‌شود در صورت شلوغی تسهیل نمی‌تواند از دریافت خدمت صرفنظر کند یا به تسهیل دیگر برود.

۱-٦- اهداف تحقیق

هدف اصلی تحقیق، توسعه مدل (مدل‌های) ریاضی مناسب برای مسأله مکان‌یابی تسهیلات دارای ازدحام بر روی شبکه‌ای از کمان‌ها با تقاضاهای تصادفی از لحاظ زمان و مکان می‌باشد. هدف دیگر تحقیق که در فرع هدف اصلی قرار می‌گیرد، ارائه الگوریتم‌های حل دقیق یا ابتکاری برای حل مدل (مدل‌های) پیشنهادی است.

۱-۷- مراحل انجام تحقیق

به عنوان نخستین مرحله از تحقیق، مطالعات انجام گرفته در حوزه تحت مطالعه، شناسایی و بررسی می‌گردند و از بین آنها، تحقیقاتی که دارای مفروضاتی مشابه با مفروضات تحقیق حاضر هستند در جزئیات بیشتر مطالعه و بررسی خواهند شد. نتیجه چنین مطالعاتی در فصل آتی در قالب «مرور ادبیات» ارائه شده است.

پس از آن، در فصل سوم به ارائه مدل پیشنهادی خواهیم پرداخت. با توجه به اینکه مدل‌های صف صرفا در حالت پایدار بررسی شده‌اند، داده‌ها و ورودی‌های مربوط به مثال‌های عددی باید منطقی و منطبق بر واقعیت باشند زیرا در غیر این صورت، دستیابی به حالت پایدار سیستم در اغلب مواقع، ناشدنی خواهد گردید بدین معنی که در برخی از تسهیلات، تعداد مشتریان منتظر در صف به بینهایت میل خواهد کرد. بدین منظور در فصل سوم، شیوه‌ای مناسب برای تولید شبکه‌های تصادفی ارائه خواهد شد.

از آنجایی که مسأله تحت بررسی از جمله مسائل ناچندجمله‌ای سخت[1] محسوب می‌شود، در فصل چهارم، سه الگوریتم فراابتکاری ژنتیک[2]، ممتیک استاندارد[3] و بازپخت شبیه‌سازی شده[4]، توسعه می‌یابند. به منظور ارزیابی کارایی الگوریتم‌های ارائه شده، تعدادی مثال عددی با استفاده از نرم‌افزار GAMS (حل کننده CPLEX) و الگوریتم‌های پیشنهادی حل شده و نتایج حل به دست آمده توسط الگوریتم‌های مختلف، مقایسه می‌شوند. در نهایت، تحقیق با ارائه جمع‌بندی و نتیجه‌گیری و همچنین ارائه پیشنهادهایی برای انجام مطالعات آتی در حوزه تحت بررسی، به پایان خواهد رسید.

[1]. NP-Hard
[2]. Genetic algorithm
[3]. Standard memetic algorithm
[4]. Simulated annealing algorithm

فصل دوم

پیشینه تحقیق و مرور ادبیات

۲-۱- مقدمه

یکی از اولین و اساسی‌ترین مراحل برنامه‌ریزی جهت ارائه خدمت یا محصول به متقاضیان، تعیین بهترین محل ارائه خدمت یا محصولات می‌باشد. متناسب با شرایط، مدل‌های مکان‌یابی بسیار متنوعی در این راستا توسط پژوهشگران ارائه شده‌اند. مسأله کلاسیک وبر[1] در سال ۱۹۰۹ به صورت تعیین موقعیت یک انبار مدل‌سازی شده است. حکیمی[2] در سال ۱۹٦٤ تابع هدف این مسأله را به دو صورت کمترین مجموع[3] و کمینه بیشینه[4] (مینیماکس) طبقه‌بندی کرده و به مسأله مکان‌یابی شبکه‌ای[5] پرداخته است. نظریه مکان‌یابی از دهه هفتاد میلادی، مورد توجه بسیاری از محققان بوده است به گونه‌ای که امروزه یکی از شاخه‌های مهم تحقیق در عملیات به شمار می‌رود. تحقیقات انجام شده در زمینه مکان‌یابی از گستردگی بسیار زیادی برخوردار بوده و کاربردهای عملی بسیار وسیعی در زمینه‌های مختلف داشته است. نمونه‌هایی از کاربردهای این مدل‌ها عبارتند از [۱]:

- مکان‌یابی انبارها در زنجیره تأمین[6] جهت کمینه کردن میانگین زمان‌های سفر به بازار
- مکان‌یابی سایت‌های مواد خطرناک[7] جهت حداقل کردن در معرض خطر قرار گرفتن عموم
- مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز بانک‌ها[8] (ATM) برای انتخاب بهترین خدمت‌دهنده‌ها
- مکان‌یابی ایستگاه‌های امداد و نجات ساحلی[9] برای حداقل کردن حداکثر زمان امداد به سوانح منجر به مرگ
- مکان‌یابی پایگاه‌های داده برای شبکه‌های کامپیوتری

---

1. Alfred Weber
2. Hakimi
3. Min-sum
4. Min-max
5. Network location
6. Supply chain
7. Hazardous material
8. Automated Teller Machine
9. Coastal search and rescue station