

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه کردستان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی صنایع

عنوان:

به کارگیری سیستم‌های صف فوق مکعبی برای مدل سازی
مسأله مکان یابی تسهیلات اضطراری

پژوهشگر:

مهران یعقوبی

استاد راهنما:

دکتر جمال ارکات

استاد مشاور:

دکتر هیوا فاروقی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع، گرایش صنایع

مهر ماه ۱۳۹۳

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج مطالعات،

ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع

این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه کردستان است.

*****تعهد نامه*****

اینجانب مهراڻ یعقوبی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع دانشگاه کردستان، دانشکده فنی و مهندسی گروه صنایع تعهد می نمایم 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

مهراڻ یعقوبی

۱۳۹۳/۷/۱۶



دانشگاه کردستان
دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی صنایع

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع

عنوان:

به کارگیری سیستم‌های صف فوق مکعبی برای مدل سازی
مسأله مکان یابی تسهیلات اضطراری

پژوهشگر:

مهران یعقوبی

در تاریخ ۱۳۹۳/۷/۱۶ توسط کمیته تخصصی و هیات داوران زیر مورد بررسی
قرار گرفت و با نمره ۱۹/۲۰ و درجه عالی به تصویب رسید.

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	هیات داوران
	دانشیار	دکتر جمال ارکات	۱- استاد راهنما
	استادیار	دکتر هیوا فاروقی	۲- استاد مشاور
	استادیار	دکتر حمید فروش	۳- استاد داور خارجی
	دانشیار	دکتر فردین احمدی‌زر	۴- استاد داور داخلی

مهر و امضاء معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده

مهر و امضاء گروه

به رهنجی دایک به خپو کراوم
باوک ماندوو بوو بو نان و ناوم
دایکی دلسؤزم پهروه رده ی کردم
ته گهر نه و نه با زور زوو ده مردم
پیلایوی دایک له بانى چاوم
باوکم خوش دهوی هه تا من ماوم
ماموستا هه ژار

تقدیم به پدر و مادرم

که صبوری و مهرشان تکیه گاه

من است.

تقدیر

با تقدیر و تشکر از استاد ارجمند جناب آقای دکتر جمال ارکات که در طول دوره کارشناسی، کارشناسی ارشد و در طی مراحل مختلف این تحقیق، صبورانه و مشتاقانه بنده را راهنمایی فرموده‌اند.

همچنین از جناب دکتر هیوا فاروقی که زحمت مشاوره این پایان‌نامه را قبول نموده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در نهایت از زحمات پدر، مادر، خانواده و همه کسانی که همواره در فراگیری و آموختن علم بنده را یاری نموده‌اند، تشکر می‌کنم.

چکیده

در این تحقیق از مدل صف فوق مکعبی برای مدل سازی مسأله مکان یابی تسهیلات اضطراری با خدمت دهندگان متحرک استفاده می شود. در مدل ارائه شده، فرض می شود که تقاضای هر مشتری توسط نزدیک ترین تسهیل آزاد تأمین می گردد. هدف مسأله تحت بررسی، انتخاب تعدادی از سایت های کانیدها برای استقرار تعداد مشخصی تسهیل است به گونه ای که مجموع امید ریاضی مدت زمان انتظار مشتریان تا رسیدن خدمت دهنده، کمینه گردد. فواصل زمانی بین تقاضاهای متوالی هر مشتری و همچنین زمان های خدمت دهی توسط هر تسهیل به صورت متغیرهای تصادفی نمایی در نظر گرفته می شوند. اگرچه در نظر گرفتن تسهیل پشتیبان برای مشتریان، شرایط دنیای واقعی را به گونه ای مطلوب مدنظر قرار می دهد، اما در مقابل استفاده از مدل های متعارف را برای تحلیل سیستم صف تسهیلات ناممکن می سازد و بدین جهت، از تعریف وضعیتی مبتنی بر سیستم های صف فوق مکعبی استفاده می گردد. به منظور اعتبارسنجی مدل ریاضی ارائه شده، تعدادی مثال عددی در ابعاد کوچک ارائه و توسط نرم افزار GAMS حل کننده CPLEX حل و تحلیل می گردند. در ادامه با توجه به پیچیدگی مسأله مورد مطالعه، یک الگوریتم ژنتیک به منظور حل مسائل با ابعاد بزرگ توسعه داده می شود.

کلمات کلیدی: مکان یابی تسهیلات اضطراری، خدمت دهنده متحرک، تسهیل پشتیبان، مدل صف فوق مکعبی، الگوریتم ژنتیک.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: کلیات تحقیق.....
۲	۱-۱- مقدمه.....
۳	۱-۲- تعریف کلی مسأله پیشنهادی.....
۴	۱-۳- مفروضات تحقیق.....
۵	۱-۴- ضرورت انجام تحقیق.....
۶	۱-۵- جنبه‌های نوآوری تحقیق.....
۷	۱-۶- اهداف تحقیق.....
۸	۱-۷- مراحل انجام تحقیق.....
۹	فصل دوم: پیشینه تحقیق و مرور ادبیات.....
۱۰	۲-۱- مقدمه.....
۱۰	۲-۲- مکان‌یابی تسهیلات.....
۱۱	۲-۲-۱- دسته‌بندی بر مبنای فضای تخصیص.....
۱۲	۲-۲-۲- دسته‌بندی بر مبنای ثابت یا متحرک بودن تسهیلات.....
۱۳	۲-۲-۳- دسته‌بندی بر مبنای احتمالی یا قطعی بودن پارامترها.....
۱۴	۲-۲-۴- دسته‌بندی بر مبنای وجود یا عدم وجود ازدحام.....
۱۴	۲-۳- مکان‌یابی تسهیلات اضطراری پر ازدحام با خدمت‌دهنده متحرک.....
۱۹	۲-۴- مکان‌یابی تسهیلات اضطراری پر ازدحام با خدمت‌دهنده ثابت.....
۲۴	۲-۵- مدل صف فوق مکعبی.....
۲۷	۲-۶- سیاست اعزام.....

۲۷	۷-۲- جمع‌بندی
۲۹	فصل سوم: ارائه مدل ریاضی.....
۳۰	۱-۳- مقدمه
۳۰	۲-۳- مدل صف فوق مکعبی
۳۲	۱-۲-۳- معادلات تعادل مدل صف فوق مکعبی
۳۵	۳-۳- تعریف مسأله و ارائه مدل ریاضی
۴۲	۱-۳-۳- مثال عددی
۴۵	۴-۳- جمع‌بندی
۴۶	فصل چهارم: ارائه الگوریتم حل.....
۴۷	۱-۴- مقدمه
۴۷	۲-۴- الگوریتم‌های فراابتکاری
۴۸	۱-۲-۴- الگوریتم‌های فراابتکاری مبتنی بر یک جواب.....
۴۹	۲-۲-۴- الگوریتم‌های فراابتکاری مبتنی بر جمعیت
۵۱	۳-۴- الگوریتم ژنتیک
۵۳	۱-۳-۴- اجزای الگوریتم ژنتیک
۶۱	۴-۴- نتایج محاسباتی
۶۱	۱-۴-۴- تولید مسائل نمونه
۶۱	۲-۴-۴- تنظیم پارامترها
۶۴	۳-۴-۴- ارزیابی عملکرد الگوریتم پیشنهادی در حل مسائل دسته اول.....
۶۵	۴-۴-۴- ارزیابی عملکرد الگوریتم پیشنهادی در حل مسائل دسته دوم.....
۶۶	۵-۴- جمع‌بندی

فصل پنجم: جمع بندی و ارائه پیشنهادها.....	۶۸
۵-۱- جمع بندی.....	۶۹
۵-۲- پیشنهاد برای تحقیقات آتی.....	۷۰
فهرست منابع و مراجع.....	۷۱

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۳: پارامتر و متغیرهای مدل صف فوق‌مکعبی ۳۳
- جدول ۲-۳: انواع وضعیت‌های ممکن در مدل صف فوق‌مکعبی در حالتی که خدمت‌دهنده‌ها در مکان‌های اول تاسوم (از چپ به راست) استقرار یابند. ۳۳
- جدول ۳-۳: اطلاعات مربوط به مثال‌های با ۵ مکان کاندیدا ۴۳
- جدول ۴-۳: اطلاعات مربوط به مثال‌های با ۸ مکان کاندیدا ۴۴
- جدول ۵-۳: نتایج بدست آمده برای مسائل با ۵ مکان کاندیدا ۴۵
- جدول ۶-۳: نتایج بدست آمده برای مسائل با ۸ مکان کاندیدا ۴۵
- جدول ۱-۴: دامنه تغییر پارامترها برای مسائل دسته اول ۶۲
- جدول ۲-۴: پارامترهای نهایی برای مسائل دسته اول ۶۳
- جدول ۳-۴: دامنه تغییر پارامترها برای مسائل دسته دوم ۶۳
- جدول ۴-۴: پارامترهای نهایی برای مسائل دسته دوم ۶۴
- جدول ۵-۴: مقایسه نتایج اجرای CPLEX و الگوریتم ژنتیک برای مسائل دسته اول ۶۵
- جدول ۶-۴: نتایج اجرای الگوریتم ژنتیک برای مسائل دسته دوم ۶۶

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۳: دیاگرام آهنگ انتقال یک سیستم با ۳ خدمت‌دهنده ۳۲
- شکل ۲-۳: نمودار آهنگ انتقال وضعیت (۱۲۲۰) ۳۴
- شکل ۳-۳: شبکه مربوط به مثال با پنج نقطه تقاضا ۴۳
- شکل ۱-۴: ساختار یک الگوریتم ژنتیک ۵۳
- شکل ۲-۴: کروموزوم الگوریتم ژنتیک ۵۶
- شکل ۳-۴: همگذری ترتیبی، گام ۱: کپی کردن قسمتی که به طور تصادفی انتخاب شده در فرزند ۵۹
- شکل ۴-۴: همگذری ترتیبی، گام ۲: کپی کردن بقیه ژن‌ها به ترتیبی که آنها در دومین والد قرار دارند ۵۹
- شکل ۵-۴: جهش جابه‌جایی ۶۰

فهرست نمودارها

نمودار ۱-۴: نمودار تکامل جمعیت در هر نسل برای مسأله با ۲۵ سایت و

۱۰ تسهیل ۶۶

فصل اول
کلیات تحقیق

مکان‌یابی تسهیلات^۱ به تعیین و انتخاب مکان مناسب به منظور احداث یک یا چند مرکز ارائه خدمات با توجه به مکان مشتریان و سایر محدودیت‌های از پیش تعیین شده اطلاق می‌شود به گونه‌ای که هدف یا اهداف مشخصی بهینه گردند. نظریه مکان‌یابی اولین بار توسط فانتانون^۲ در زمینه فعالیت‌های کشاورزی ابداع گردید و اولین چارچوب علمی این نظریه به طور رسمی توسط آلفرد وبر^۳ [۱] معرفی شد. مسائل مکان‌یابی از تنوع بسیار زیادی برخوردارند و در هر یک از آنها، هدف‌های ویژه‌ای دنبال می‌شود. در این میان استقرار بهینه تسهیلات اضطراری^۴ در سطح شهرها و شبکه راه‌ها اهمیت یافته و تلاش محققان بسیاری را برای وسعت بخشیدن بر کارایی و غنای این شاخه از طراحی تسهیلات جلب نموده است. زمان‌های خدمت‌دهی تسهیلات اضطراری و حجم تقاضای پوشش یافته توسط این تسهیلات در دنیای واقعی، زمینه‌ای برای تحقیق و پژوهش می‌باشد، زیرا نامناسب بودن مکان استقرار تسهیلات اضطراری و در دسترس نبودن تسهیلات موجب افزایش زمان‌های خدمت‌دهی و تقاضای از دست‌رفته می‌شود. بر همین اساس، انتخاب مکان مناسب جهت استقرار تسهیلات اضطراری و در نظر گرفتن تسهیل پشتیبان می‌تواند زمان‌های خدمت‌دهی و تقاضاهای از دست‌رفته را کمینه نماید. از این روی، در این تحقیق به بررسی مسأله مکان‌یابی تسهیلات اضطراری با در نظر گرفتن تسهیل پشتیبان خواهیم پرداخت.

^۱. Facility location

^۲. Fantanon

^۳. Alfred Weber

^۴. Emergency facilities

۱-۲- تعریف کلی مسأله پیشنهادی

همان طور که ذکر شد افزایش زمان‌های خدمت‌دهی تسهیلات اضطراری و تقاضاهای از دست‌رفته موجب کاهش سطح ارائه خدمات می‌شود. بنابراین استقرار مناسب تسهیلات اضطراری و در نظر گرفتن تسهیل پشتیبان با هدف کمینه نمودن زمان خدمت‌دهی و حجم تقاضای از دست‌رفته، سهم چشم‌گیری در افزایش سطح ارائه خدمات خواهد داشت. با این اوصاف، مسأله‌ای که این تحقیق بدان پرداخته خواهد شد استفاده از مفهوم سیستم‌های صف فوق‌مکعبی^۱ برای مدل‌سازی مسأله مکان‌یابی تسهیلات اضطراری است. در این مسأله، فرض بر این است که تسهیلات خدمات خود را به یک محدوده جمعیتی عرضه می‌کنند که خود به صورت نواحی خدمت‌دهی تقسیم‌بندی شده است. تقاضا در مرکز هر ناحیه خدمت‌رخ می‌دهد و وقوع درخواست برای دریافت خدمت به صورت یک فرآیند پواسان همگن^۲ است. همچنین مکان‌های کاندیدا برای استقرار تسهیلات، مراکز نواحی خدمت‌دهی می‌باشند و در هر تسهیل، یک خدمت‌دهنده با زمان خدمت‌دهی نمایی^۳ و نرخ مشخص، مستقر می‌گردد. زمانی که درخواست ارائه خدمت از یک مشتری دریافت شود، خدمت‌دهنده بر اساس سیاست اعزام^۴، جهت ارائه خدمت اعزام می‌شود. در مسائل مکان‌یابی، سیاست اعزام به یک طرح اولویت‌بندی شده جهت ارسال نزدیکترین خدمت‌دهنده به مکان مشتری اطلاق می‌گردد. در این تحقیق، سیاست اعزام به صورت یک لیست اولویت‌بندی شده ثابت برای هر مشتری در نظر گرفته می‌شود که در آن، خدمت‌دهندگان استقرار یافته در مکان‌های کاندیدا، رتبه‌بندی شده‌اند. رتبه‌بندی براساس قاعده معمول مجاورت می‌باشد؛ بدین صورت که اولویت‌های هر مشتری بر مبنای فاصله وی از هر یک از مکان‌های خدمت‌دهندگان تعیین می‌گردد. اعزام بر اساس لیست هر

^۱. Hypercube queue systems

^۲. Homogeneous poisson process

^۳. Exponential

^۴. Dispatch policy

مشتری انجام می‌گیرد بدین صورت که خدمت‌دهنده آزادی که دارای بالاترین اولویت برای مشتری مذکور است برای خدمت‌دهی انتخاب و اعزام می‌گردد. در صورتی که تمامی خدمت‌دهندگان مشغول باشند تقاضا از دست رفته تلقی می‌گردد. هدف مسأله، انتخاب تعداد مشخصی تسهیل از بین تعدادی سایت کاندیدا است به نحوی که مجموع امید ریاضی فاصله طی شده توسط خدمت‌دهندگان تا رسیدن به مکان مشتری، کمینه گردد. در مسأله تحت بررسی، از مدل صف فوق‌مکعبی جهت به دست آوردن احتمال مشغول یا آزاد بودن خدمت‌دهندگان استفاده می‌شود.

۱-۳- مفروضات تحقیق

در این تحقیق، مفروضات زیر در مدل‌سازی مسأله تحت بررسی مدنظر قرار می‌گیرند:

- نواحی جمعیتی متقاضی دریافت خدمت، از قبل مشخص می‌باشند و تقاضاها در مرکز هر ناحیه خدمت‌دهی رخ می‌دهند.
- مکان‌های بالقوه برای احداث تسهیلات، مراکز نواحی خدمت‌دهی می‌باشند.
- در هر تسهیل یک خدمت‌دهنده مستقر می‌شود.
- زمان بین وقوع تقاضاهای متوالی در هر منطقه جمعیتی از یک توزیع نمایی با نرخ مشخص پیروی می‌کند.
- زمان خدمت‌دهی هر خدمت‌دهنده از توزیع نمایی با نرخ مشخص پیروی می‌کند.
- خدمت‌دهنده برای ارائه خدمت به مکان مشتری سفر می‌کند.
- اولویت‌بندی خدمت‌دهنده‌ها برای هر مشتری بر اساس فاصله بین مکان مشتری و مکان خدمت‌دهندگان انجام می‌شود.

- تعداد کل تسهیلاتی که باید احداث شوند از قبل مشخص است.
- در صورتی که تمامی خدمت‌دهندگان در زمان رخ دادن تقاضا مشغول باشند، تقاضا از دست رفته تلقی می‌شود.
- سیستم‌های صف خدمت‌دهی در حالت پایدار بررسی می‌شود.

۴-۱- ضرورت انجام تحقیق

تصمیمات مربوط به مسائل مکان‌یابی تسهیلات، از عناصر مهم در برنامه‌ریزی‌های راهبردی برای بسیاری از شرکت‌های عمومی و خصوصی می‌باشند. شرکت‌هایی که گاه ارائه خدمت با حداقل هزینه و حداکثر درآمد از طریق جذب حداکثر مشتریان را هدف قرار داده و آن را در قالب مدل‌های ریاضی بیان می‌کنند و گاه نیز مشتری‌مداری و در نظر گرفتن حقوق و نیازهای مشتریان را سرلوحه کار خود قرار داده و به دنبال این امر هستند که خدمتی با کیفیت و با دسترسی آسان به مشتریان خود ارائه دهند. گاه نیز منافع هر دو یعنی مشتری و خدمت‌دهنده را توأمان در نظر گرفته و در قالب مدل ریاضی بیان نموده و از ابزارهای موجود برای استقرار بهینه تسهیلات خود بهره می‌برند. مدل‌هایی که برای مسائل مختلف توسعه داده می‌شوند، با توجه به شرایط مختلفی که در فضای این مسائل وجود دارد، از تنوع بسیاری برخوردار هستند. واضح است که در نظر گرفتن مفروضات دنیای واقعی، بالا رفتن دقت مدل‌های توسعه داده شده را در پی خواهد داشت.

یکی از مسائل مهم و کاربردی در حوزه مکان‌یابی، مکان‌یابی تسهیلات اضطراری است. با توجه به رشد جمعیت، کمبود امکانات، ظرفیت محدود پاسخ‌گویی و در دسترس نبودن تسهیلات، لازم است تدابیری در این زمینه اندیشه شود تا حتی با امکانات موجود نیز بتوان سطح ارائه خدمات را در یک سطح مناسب حفظ کرد. مکان استقرار تسهیلات اضطراری و پشتیبانی تسهیلات به یکدیگر نقش بسیار اساسی در سطح ارائه خدمات دارند. بر این