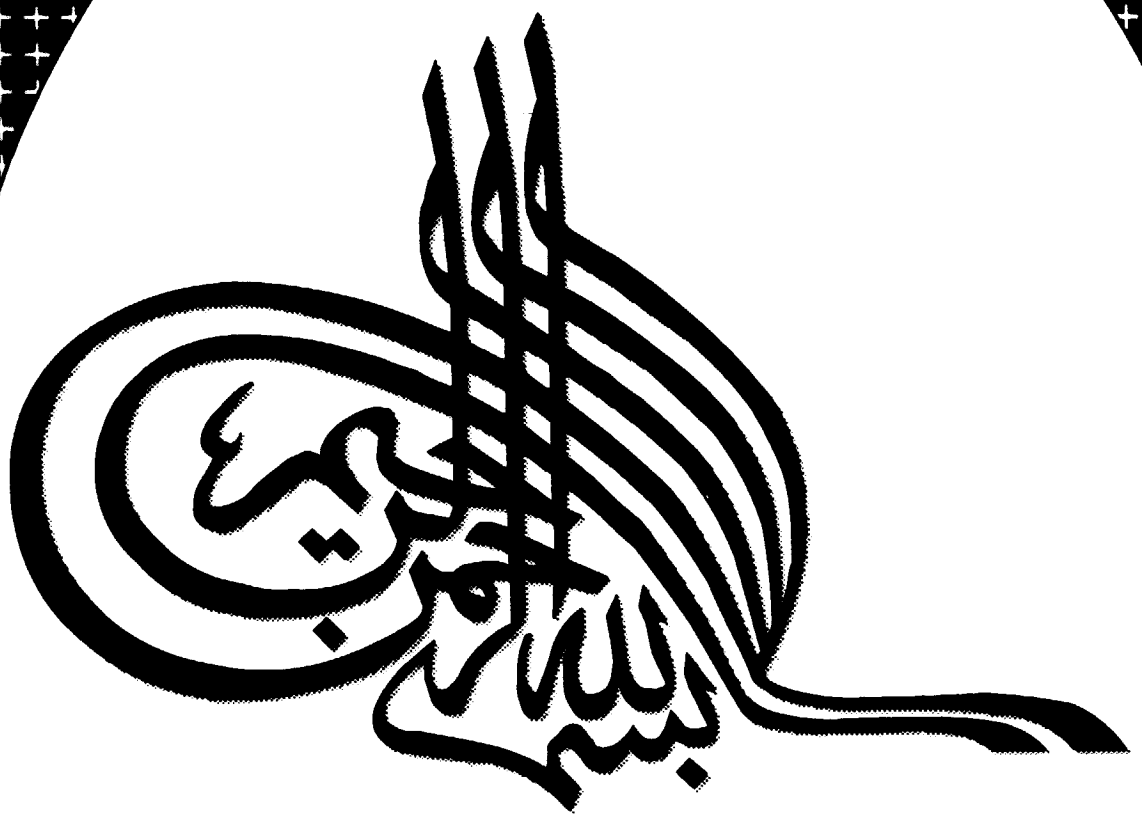

٢٩ ل ٣٤

۱۳۷۹ /۲/ ۳۰

مرکز اطلاعات علمی ایران

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده صنایع و سیستم‌ها

پایان‌نامه کارشناسی ارشد
مهندسی صنایع

تحت عنوان :

حل مسئله فروشنده سیار با استفاده از حل روش مجارستانی مسئله تخصیص

۶۱۲۹

توسط :
مهدی حبیبی

استاد راهنما:
دکتر محمدسعید صباغ

۲۹۵۳۴

زمستان ۱۳۷۷

بنام خدا

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای مهدی حبیبی در رشته مهندسی صنایع

با عنوان :

حل مسئله فروشنده سیار با استفاده از حل مجارستانی مسئله تخصیص

در تاریخ ۷۷/۱۰/۳۰ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت:

۱- استاد راهنمای پایان نامه : دکتر محمدسعید صباغ

۲- استاد مشاور مدعو: دکتر سعیده کتابی

۳- استاد ناظر : مهندس قاسم مصلحی

۴- سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده : دکتر علی شاهنده

سپاس و قدردانی

انجام این تحقیق و تدوین پایان نامه حاضر بدون راهنمایی‌های ارزندهٔ استاد ارجمند **جناب آقای دکتر محمد سعید صباغ ممکن نبود** بدینوسیله از زحمات ایشان تشکر و قدردانی می‌نمایم و برای ایشان آرزوی موفقیت روز افزون دارم.

همچنین از **سرکار خانم دکتر سعیده کتابی** که با ارائهٔ نظریات و راهنمائیهای سودمندشان در هر چه بهتر انجام شدن این پایان نامه این جانب را یاری نمودند سپاسگزارم.

تقدیم به:

مادر مهربانم

به پاس زحمات و فداکاری‌هایش

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و تعریف مسئله

۱-۱) تعریف مسئله ۲

فصل دوم: مروری بر منابع موجود

۲- ۱) کاربردهای مسئله فروشنده سیار ۶

۲- ۱- ۱) مسیریابی وسایط نقلیه ۷

۲- ۱- ۲) سیم کشی کامپیوتر ۷

۲-۱-۳) برش کاغذ دیواری ۸

۲- ۱- ۴) ترتیب بندی کارها ۹

۲- ۱- ۵) دسته بندی داده‌های یک آرایه ۱۰

۲- ۲) مسائل مشابه مسئله فروشنده سیار ۱۲

۲- ۲- ۱) مسئله تخصیص ۱۳

۲- ۲- ۲) مسئله تخصیص درجه دوّم ۱۴

۲- ۳) انواع مسئله فروشنده سیار ۱۵

۲- ۳- ۱) مسئله فروشنده سیار گلوگاهی ۱۵

۲- ۳- ۲) مسئله فروشنده سیار وابسته به زمان ۱۶

۲- ۳- ۳) مسئله فروشنده سیار احتمالی ۱۷

۲- ۴) حالات خاص مسئله فروشنده سیار ۱۷

۲- ۵) حل مسئله فروشنده سیار ۲۱

۲- ۵- ۱) تاریخچه حل مسئله فروشنده سیار ۲۱

۲- ۵- ۲) مروری بر روشهای ابتکاری ۲۲

عنوان **صفحه**

۲-۵-۳) شمارش کامل ۲۳

۲-۵-۴) برنامه‌ریزی پویا ۲۳

۲-۵-۵) حل مسئله فروشنده سیار با استفاده از روش کوتاهترین مسیر کامل ۲۶

۲-۵-۶) روش شاخه و کران ۲۷

۲-۵-۷) روشهای ابتکاری ۲۸

۲-۵-۷-۱) شبکه هاپفیلد ۲۸

۲-۵-۷-۲) روش دسته بندی هاپفیلد ۲۹

۲-۵-۷-۳) حل مسئله فروشنده سیار با استفاده از لیست ممنوع ۳۰

۲-۵-۸) حل مسئله فروشنده سیار با استفاده از ساده‌سازی لاگرانژی ۳۰

۲-۵-۸-۱) حل مسئله ساده شده لاگرانژی با استفاده از مفهوم 1-TREE ۳۱

۲-۵-۸-۲) حل مسئله ساده‌شده لاگرانژی با استفاده از مسئله تخصیص ۳۴

فصل سوم: روشهای شاخه و کران و بسط یک روش جدید

۳-۱) حل مسئله تخصیص ۳۵

۳-۱-۱) حل مسئله تخصیص با استفاده از روش مجارستانی ۳۶

۳-۲) حل مسئله فروشنده سیار به روش شاخه و کران لیتل ۴۰

۳-۳) حل مسئله فروشنده سیار با روش شاخه و کران ایستمن ۴۹

۳-۴) روش پیشنهادی برای حل مسئله فروشنده سیار ۵۱

فصل چهارم: تحلیل حساسیت

۴-۱) تحلیل حساسیت کامل و محدود ۶۶

عنوان | صفحه

۴-۱-۱) تحلیل حساسیت عناصر پایه به روش کامل ۶۷

۴-۱-۲) تحلیل حساسیت عناصر پایه به روش محدود ۶۸

۴-۱-۳) تحلیل حساسیت عناصر غیر پایه به روش کامل ۷۰

۴-۱-۴) تحلیل حساسیت عناصر غیر پایه به روش محدود ۷۱

۴-۲) تحلیل حساسیت محدود ۷۳

فصل پنجم: محاسبات کامپیوتری

۵-۱) ساختمان داده‌ها ۸۰

۵-۲) مقایسه روش ارائه شده با روش لیتل و ایستمن ۸۱

۵-۳) حل مسائل پیچیده فروشنده سیار ۸۴

۵-۴) نتیجه گیری ۸۶

۵-۵) پیشنهادات ۸۶

پیوستها

پیوست (الف): کد برنامهٔ کامپیوتری روش پیشنهادی برای حل مسئلهٔ فروشندهٔ سیار .....

پیوست (ب): کد برنامهٔ کامپیوتری روش لیتل برای حل مسئلهٔ فروشندهٔ سیار .....

پیوست (ج): کد برنامهٔ کامپیوتری روش ایستمن برای حل مسئلهٔ فروشندهٔ سیار .....

پیوست (د): کد زیر برنامهٔ ایجاد ماتریس هزینه برای هر گره "نسخهٔ دوم برنامهٔ کامپیوتری روش پیشنهادی .....

پیوست (هـ): کد برنامهٔ کامپیوتری برای مقایسهٔ روش پیشنهادی با روش ایستمن و لیتل .....

پیوست (و): صورت مسئلهٔ ۱۷ شهر .....

پیوست (ز): صورت مسئلهٔ ۳۶ شهر .....

پیوست (ح): مقایسه درصد بهبود روش پیشنهادی نسبت به روش لیتل و ایستمن .....

منابع

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل (۲-۱): یک مثال برای دسته بندی داده‌های یک آرایه ۱۰

شکل (۲-۲): جواب مسئله تخصیص (این جواب لزوماً جواب مسئله فروشنده سیار نیست) ۱۳

شکل (۲-۳): مسئله عمومی فروشنده سیار و حالات خاص ۱۹

شکل (۲-۴): شبه کد روش پیمایش کامل ۲۴

شکل (۲-۵): شبه کد روش برنامه ریزی پویا ۲۶

شکل (۲-۶): شبه کد پیدا کردن کوتاهترین مسیر بین دو گره ۱ و i با در نظر گرفتن تمام گره‌های موجود در شبکه ۲۷

شکل (۲-۷): جواب ابتدایی مسئله 1- tree ۳۳

شکل (۲-۸): جواب بهینه مسئله با روش ساده سازی 1-tree ۳۴

شکل (۳-۱): رسم کمترین خطوط پوشا در روش مجارستانی برای حل مسئله تخصیص(مرحله اول) ۳۹

شکل (۳-۲): رسم کمترین خطوط پوشا در روش مجارستانی برای حل مسئله تخصیص(مرحله دوم) ۳۹

شکل (۳-۳): رسم کمترین خطوط پوشا در روش مجارستانی برای حل مسئله تخصیص (مرحله سوم) ۴۰

شکل (۳-۴): ماتریس هزینه مسئله ۶ شهر پس از عملیات سطری و ستونی باهزینه‌های عدم‌انتخاب برای‌عناصرصفر ۴۲

شکل (۳-۵): گره‌ها در درخت شمارش روش شاخه و کران لیتل ۴۳

شکل (۳-۶): گره ابتدایی " همه مسیرها" و ماتریس هزینه آن در روش شاخه و کران لیتل ۴۷

شکل (۳-۷): درخت حل مسئله ۶ شهر باروش لیتل ۴۸

شکل (۳-۸): ماتریس هزینه گره همه مسیرها در روش ایتمن ۵۰

شکل (۳-۹): درخت حل‌مسئله ۶شهر باروش ایتمن‌با هزینه‌های‌عدم‌تخصیص‌برای‌عناصرجواب‌مسئله‌تخصیص‌مربوطه. ۵۰

شکل (۳-۱۰): حل مسئله ۶ شهر با الگوریتم ابتدایی ۵۳

شکل (۳-۱۱: جواب تخصیص گره (۱، ۲) در درخت، حل الگوریتم ابتدایی ۵۵

شکل (۳-۱۲): جواب تخصیص گره (۲،۶) در الگوریتم ابتدایی ۵۶

شکل (۳-۱۳):الگوریتم ابتکاری برای شاخه زدن درخت ۶۰

عنوان **صفحه**

شکل (۳-۱۴): درخت حل مسئله ۶ شهر با روش بسط داده شده (پیشنهادی) ۶۱
شکل (۳-۱۵): الگوریتم بسط داده شده برای حل مسئله فروشنده سیار ۶۲
شکل (۴-۱): مسیر جواب بهینه حل مسئله ۶ شهر با روش پیشنهادی ۷۴
شکل (۵-۱): نمودار متوسط زمان حل مسئله فروشنده سیار سه روش لیتل، ایستمن و ارائه شده (پیشنهادی) ۸۲
شکل (۵-۲): نمودار متوسط زمان حل مسائل پیچیده فروشنده سیار ۸۶

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۵-۱): نتایج محاسبات کامپیوتری برای مسائل فروشنده سیار نامتقارن ۸۱

جدول (۵-۲): نتایج محاسبات کامپیوتری برای مسائل فروشنده سیار متقارن ۸۳

جدول (۵-۳): مقایسه دونسخه برنامهٔ کامپیوتری روش ارائه شده ۸۳

جدول (۵-۴): متوسط زمان حل مسائل پیچیده فروشنده سیار نامتقارن ۸۵

چکیده

مسئله فروشنده سیار جزء مسائل مشهور کلاسیک تحقیق در عملیات می‌باشد. این مسئله از جمله مسائل بهینه‌سازی ترکیبی است که زمان حل آن تابعی غیر چند جمله‌ای دارد به این معنی که با زیاد شدن تعداد شهرها زمان حل آن بصورت نمایی افزایش پیدا می‌کند. در مسئله فروشنده سیار تعدادی شهر وجود دارد که یک فروشنده می‌خواهد از یکی از این شهرها شروع و به تمام شهرها سفر نماید و در نهایت به شهر اول بازگردد به شرطی که از هر شهر فقط یکبار عبور نماید. هدف بدست آوردن یک مسیر برای این فروشنده می‌باشد بنحویکه طول (هزینه، زمان) کل مسیر طی شده توسط وی حداقل مقدار را دارا باشد.

طی چند دهه اخیر، راه حلهای زیادی برای حل این مسئله ارائه شده است. از جمله روشهای کامل می‌توان به روشهای شاخه و کران، ساده‌سازی لاگرانژی، برنامه‌ریزی پویا و ... اشاره نمود. همچنین روشهای ابتکاری زیادی از جمله شبکه‌های عصبی، جستجوی ممنوع، الگوریتم ژنتیک و ... نیز برای حل مسئله فروشنده سیار مورد استفاده قرار گرفته است.

در این تحقیق یک راه حل کامل، براساس شاخه و کران و حل مجارستانی مسئله تخصیص برای حل مسئله فروشنده سیار بسط داده شده است. در ادامه روشهایی برای تحلیل حساسیت مسئله فروشنده سیار ارائه شده که این روشها بر مبنای راه حل پیشنهادی می‌باشد. یکی از معروفترین روشهای حل کامل مسئله فروشنده سیار، روش شاخه و کران لیتل می‌باشد که در این تحقیق روش پیشنهادی را با آن و روش شاخه و کران اپستمن مقایسه نموده‌ایم. برای این منظور الگوریتم هر سه روش به زبان C++ کد شده‌اند و با استفاده از اعداد تصادفی مسائل مختلف فروشنده سیار تولید شده و با هر سه روش حل شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که متوسط زمان روش پیشنهادی کمتر از دو روش دیگر می‌باشد و با افزایش تعداد شهرها کارآیی روش پیشنهادی بیشتر می‌شود.

فصل اول
مقدمه و تعریف مسئله

معمولاً برای هر یک از ما این اتفاق افتاده است که برای انجام چند کار می‌خواهیم از منزل یا محل کارمان خارج شویم و پس از انجام کارها به محل اولیه برگردیم. در اینگونه موارد معمولاً در ذهن خود با توجه به اهمیت کارها و مکانهایی که باید به آنجا برویم، برنامه‌ریزی می‌نماییم که پس از خارج شدن از منزل یا محل کارمان، به چه ترتیب عمل نماییم، تا همه کارها را در کمترین زمان ممکن انجام دهیم. این مشکل معمولاً برای کسانی که در شهرهای بزرگ زندگی می‌کنند بیشتر مطرح می‌شود.

در اکثر اوقات در این موارد ذهن ما یک ترتیب مناسب برای انجام کارها بدست می‌آورد. ولی اگر تعداد مکانها و تعداد مسیرها زیاد شود آیا باز هم می‌توانیم ترتیب مناسبی بر آنها بدست آوریم؟

مثالی که در بالا مطرح شد به نوعی مفهوم مسئله فروشنده سیار را در خود دارد. مسئله فروشنده سیار جزء مسائل قدیمی و مشهور تحقیق در عملیات می‌باشد. این مسئله کاربردهای زیادی در عمل دارد. در صنعت و کارهای عملی بسیاری از موارد را می‌توان به صورت مسئله

فروشنده سیار در آورد. از این قبیل موارد می‌توان به: زمان‌بندی کارهای وابسته، مسیریابی وسایط نقلیه، برش ورق (برش کاغذ دیواری) و... اشاره نمود.

با توجه به این نکته که مسئله فروشنده سیار، یک مسئله تئوری تحقیق در عملیات می‌باشد، که در عمل مسائل مختلفی را می‌توان بصورت آن در آورد و حل نمود، بر آن شدیم که در این تحقیق ضمن بررسی راه حلهای موجود، یک روش جدید برای حل این مسئله ارائه نماییم. در این پایان نامه هدف بسط یک روش جدید برای حل دقیق مسئله فروشنده سیار و مقایسه این روش با روشهای حل موجود می‌باشد. این پایان نامه شامل پنج فصل می‌باشد که فصل اوّل این پایان نامه به معرفی مسئله اختصاص دارد. در فصل دوّم ضمن معرفی برخی ازکاربردهای مسئله ما به مسائل مشابه و انواع مسائل فروشنده سیار، اشاره شده است. در ادامه این فصل برخی از راه حل‌های دقیق و ابتکاری برای حل مسئله آورده شده است. فصل سوم به روشهای شاخه وکران و بسط یک روش جدید اختصاص داده شده است. از آنجائیکه پایه و اساس روش شاخه وکران استمن و روش ارائه شده بر مبنای حل مجارستانی مسئله تخصیص می‌باشد، در ابتدای فصل سوم، روش مجارستانی مسئله تخصیص بیان شده است. در ادامهٔ روش حل شاخه وکران لیتل و همچنین استمن شرح داده شده‌اند. سپس برای روشن شدن مفهوم روش ارائه شده، ابتدا یک راه حل با نام الگوریتم ابتدایی برای حل مسئله ارائه شده است و در نهایت با بسط الگوریتم ابتدایی، یک روش جدید برای حل مسئله ارائه شده است. فصل چهارم به تحلیل حساسیت ماتریس هزینه(فاصله) مسئله اختصاص دارد. در این فصل سه نوع تحلیل حساسیت دقیق، محدود و مشروط برای ماتریس هزینه، مطرح شده است. فصل پنجم، به مقایسه روش بسط داده شده با روشهای شاخه و کران لیتل و استمن اختصاص دارد. در این فصل با ایجاد یکسری مسائل تصادفی و حل آنها با هر سه روش ذکر شده (با برنامه کامپیوتری) و در نهایت با حل دو مسئله موجود، اقدام به مقایسه این سه روش شده است.

۱-۱) تعریف مسئله

در مسئله فروشنده سیار n شهر وجود دارد که بین هر دو شهر می‌تواند یک مسیر وجود داشته

باشد. هر یک از این مسیرها یک فاصله(هزینه) مشخص دارند. یک فروشنده سیار می‌خواهد از یکی از این شهرها شروع به سفر نماید ازکلیه شهرها، یک بار و فقط یک بار عبور نماید و در نهایت به شهر اول برگردد. در این مسئله هدف پیدا نمودن ترتیبی از شهرها می‌باشد.که فروشنده سیار از آنها عبور نماید، به نحویکه درکل مجموع فاصله‌های طی شده (هزینه‌های صرف شده) توسط این فروشنده حداقل مقدار باشد.

تعریف فوق یک تعریف جامع برای مسئله فروشنده سیار می‌باشد. ما می‌توانیم مسئله فروشنده سیار را در رابطه با "تئوری شبکه‌ها" به صورت زیر تعریف نماییم:

شبکه G را با n گره و E کمان در نظر می‌گیریم. هدف بدست آوردن کوتاهترین مسیر در شبکه G می‌باشد به نحویکه کلیه گره‌ها در مسیر وجود داشته باشند و درجه کلیه گره‌ها دو باشد.

تعریف فوق همان تعریف جامع مسئله فروشنده سیار می‌باشد، زیرا لازمه اینکه ازکلیه گره‌های یک شبکه عبور نماییم وکلیه گره‌های دارای درجه ۲ باشند، این است که به کلیه گره‌های موجود در شبکه فقط و فقط یک بار وارد شویم و از آن یک بار خارج شویم. و این همان مسیر قابل قبول برای فروشنده سیار می‌باشد.

مدل خطی با متغیرهای صحیح مسئله فروشنده سیار را می‌توان به صورت زیر نوشت.

$$Min \sum_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{n} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij}$$

$$S.t \quad \sum_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{n} x_{ij} = 1 \quad j=1,2,\ldots,n \qquad (۱)$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ i\neq j}}^{n} x_{ij} = 1 \quad i=1,2,\ldots,n \qquad (۲)$$

$$U_i - U_j + nx_{ij} <= n-1 \quad 2 \le i \neq j \le n \qquad (۳)$$

$$x_{ij} \in \{۰, ۱\} \quad i = 1, \ldots, n, \; j = 1, \ldots n \quad i \neq j$$

$$U_i \geq 0 \quad i = 2, \ldots, n$$