Archive of SID

2th International Conference on Industrial Management
19 & 20 April 2017
دومین کنفرانس بین المللی مدیریت صنعتی
(30 و 31 فروردین 1396)

به کارگیری رویه جستجوی تصادفی تطابقی حریصانه برای حل مسئله فروشنده‌دوره‌گرد

محسن شیدپور[1]، جواد بهنامیان[2]، امید رضایی[3]
1. کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه بوعلی سینا (Mohsen.shidpour@gmail.com)
2. استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه بوعلی سینا (Behnamian@Basu.ac.ir)
3. کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه بوعلی سینا (O.rezaei69@gmail.com)

چکیده

یکی از مهم‌ترین مسائل مطرح شده در زمینه بهینه سازی مسئله فروشنده دوره گرد است که تاکنون روش های متفاوتی برای حل آن پیشنهاد شده است. اهمیت این مسئله به دلیل تعمیم راه حل‌های این روش در بسیاری از مسائل حمل و نقل و مسائل زمانبندی و ... می باشد. بنابراین لازم است روش های حلی که برای این مسئله ارائه می‌شود از دقت بالایی برخوردار باشد. در این مسئله می‌بایست یک فروشنده تعدادی شهر یا همان نقاط تقاضا را به صورت یک تور بهینه طی کند به طوری که کل فاصله طی شده کمینه شود. در این مقاله از الگوریتم جستجوی تصادفی تطابقی حریصانه برای حل مسئله استفاده شده است. هر تکرار از این الگوریتم شامل دو فاز اصلی ساخت و جستجوی محلی است. در فاز ساخت یک جواب شدنی ایجاد و در فاز جستجوی محلی همسایه های این جواب را جستجو کرده و نقطه با بهترین تابع هدف را انتخاب می‌شود. این رویه تکرار می‌شود و در نهایت بهترین جواب برای خروجی انتخاب می‌شود. پارامترهای الگوریتم نیز با استفاده از روش فاکتوریل در نرم افزار Minitab16 تخمین زده شده است.

کلمات کلیدی: الگوریتم جستجوی تصادفی تطابقی حریصانه ، مسئله فروشنده دوره گرد، طراحی آزمایشات

1- مقدمه

در مسئله یافتن کوتاه‌ترین مسیر همیلتونی یا مسئله فروشنده دوره‌گرد مجموعه شهرها با $\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ و همچنین فواصل بین شهرها با $d(c_i, c_j)$ نشان داده می‌شود. در این مسئله هدف، یافتن کوتاه‌ترین مسیر همیلتونی است که از یک شهر شروع و به همه شهرها دقیقا یک بار وارد شود و در انتها به شهر اول باز می‌گردد. منشا پیدایش این مسئله دهه 1920 است، زمانی که ریاضیدانی به نام منجر این مسئله را مورد توجه قرار داد.سپس کار برروی این مسئله توسط انجمن ریاضی برینستون در دهه 1930 ادامه پیدا کرد. در دهه 1940 ریاضیدانی به نام فلود این مسئله را با نام مسئله فروشنده دوره‌گرد معرفی کرد .مسئله فروشنده دوره‌گرد، یک مسئله کلاسیک بهینه‌سازی گسسته است و در زمره مسائل پژوهش عملیاتی قرار می گیرد که توضیح و شرح آن ساده و حل آن مشکل است .مسئله یافتن کوتاهترین مسیر همیلتونی از نتایج حل مسئله فروشنده دوره‌گرد است. این مسئله می تواند متقارن و یا نامتقارن باشد.درحالت متقارن فاصله دو شهر به جهت حرکت بستگی ندارد .[9] همچنین این مسئله می‌تواند به صورت احتمالی[1] ، با پنجره زمانی[2]، به صورت چندکالایی[3] و در شبکه راه‌آهن[4] باشد .یافتن کوتاه‌ترین مسیر همیلتونی کاربردهای متفاوتی دارد و درساخت تراشه‌های الکترونیکی[5]، زمانبندی کارها، تعیین توالی کارها و در مسیریابی وسایل نقلیه[6] استفاده می شود .این مسئله علاوه بر جنبه نظری از لحاظ جنبه کاربردی نیز اهمیت فراوانی دارد .شناخت روشهای حل این مسئله و مقایسه آنها با یکدیگر وانتخاب روش مناسب، یکی از زمین ههای پژوهشی مهم محسوب می‌شود[8].

www.SID.ir

Archive of SID

در سال 1986 رادهارامان از روش شاخه و کران برای حل مسئله فروشنده دوره گرد متقارن و نامتقارن استفاده کرده است[3]. در سال 2008ساروبی و همکاران کاربرد مسئله فروشنده دوره گرد را در مسائل چندکالایی مورد بررسی قرار داده و آن را با روش شاخه و برش حل کردند[7]. در سال 2010 زمانی و لاو مقاله ای را در زمینه یافتن کران پایین برای مسئله فروشنده دوره گرد با استفاده از تکنیک‌های آزادسازی لاگرانژ ارائه کردند[9] در سال2002 مون و همکاران با استفاده از الگوریتم ژنتیک به حل مسئله فروشنده دوره گرد با در نظر گرفتن محدودیت اولویت شهرها پرداخته اند. در این مسئله، برداری وجود دارد که نشان‌دهنده اولویت شهرها است .عملیات بازترکیب در این مقاله به روشی متفاوت انجام شده است که در نهایت منجر به بهبود عملکرد الگوریتم شده است[9]. در سال 2009 بالاپ راکاش و همکاران در مقاله ای، از ترکیب الگوریتم ژنتیک و الگوریتمهای جستجوی محلی، برای حل مسئله فروشنده دوره گرد احتمالی استفاده کرده اند[3]. لیو سه روش تولید جواب اولیه را برای مسئله فروشنده دوره گرد احتمالی با استفاده از الگوریتم ژنتیک ارائه کرده است .این مقاله که در سال2010 ارائه شده، از مسائل مختلفی برای ارزیابی کارآیی سه روش استفاده کرده است. در مقال های که در سال 2010 توسط مارین اکیس و همکاران ارائه شده است، از الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات(PSO) برای حل مسئله فروشنده دوره‌گرد احتمالی استفاده شده است. لی در سال 2008 به بهبود الگوریتم کلونی مورچه ها جهت حل این مسئله پرداخته است .در این مقاله از روش حد پایین هلد کارپ استفاده شده است که میزان تاثیر مقدار هیوریستیک و مقدار فرمون را در انتخاب مسیر تنظیم می‌کند. این روش منجر به نتایج بهتری نسبت به روشهای معمول الگوریتم کلونی مورچه ها می‌شود. همچنین در سال 2009 تیانکان و همکاران الگوریتم کلونی مورچه‌ها را برای حل این مسئله، از طریق ایجاد تفاوت در نحوه بهنگام سازی فرمون بهبود بخشیدن در همین سال ژانگ الگوریتمهای شبکه عصبی، ژنتیک و کلونی مورچه‌ها را برای حل مسئله فروشنده دوره‌گرد مورد بررسی قرار داده است[9].

2- الگوریتم پیشنهادی

2-1- ساختار استاندارد الگوریتم GRASP

برای حل مسئله مسیریابی الگوریتمGRASP ازدوفازفراابتکاری برای حل مسائل بهینه سازی ترکیباتی استفاده می کند: فاز اول یک فاز سازنده می باشد که راه حل های اولیه را می سازد درحالی که در مرحله دوم به طور کلی یک روش جستجوی محلی برای بهبود راه حل های اولیه مرحله اول ارائه می شود.

2-2- فاز ساخت

فاز ساخت یک رویه تکراری است که با یک آرایه خالی شروع می‌کند ودر هر تکرار یک عنصر به جواب ناقص حاصل شده اضافه می‌شود وتا زمانی که جواب کامل شود این رویه ادامه پیدا می کند. در ابتدا کلیه عناصری که امکان شرکت در جواب ناقص را دارند، به شرطی که موجه بودن جواب را به هم نزنند، درنظر گرفته می‌شوند که عناصر کاندید نامیده می‌شوند. سپس هزینه شرکت کردن هرعنصر در جواب ناقص محاسبه شده و تعدادی از این عناصر کاندید[۷] که دارای هزینه کمتری باشند، انتخاب و در مجموعه لیست کاندیدای محدود[۸] ، قرار داده می شوند. پس از آن به تصادف از

www.SID.ir

Archive of SID

RCL انتخاب شده ودر جواب ناقص شرکت داده می شود.هر بار که یک عنصر در جواب ناقص شرکت داده می‌شود لیست عناصر کاندید و همچنین هزینه شرکت دادن هر عنصر مجددا محاسبه می شود.

2-3- فاز جستجوی محلی

جواب های ساخته شده در فاز ساخت ضرورتا بهینه نمی باشند، معمولا فاز جستجوی محلی، جواب‌های به دست آمده در فاز ساخت را بهبود می‌دهند.در فاز جستجوی محلی جواب جاری به صورت متوالی با جواب های بهتر در همسایگی آن تعویض می‌گردد و این کار تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که به یک جواب بهینه محلی ختم شود.

3- الگوریتم پیشنهادی GRASP برای حل مسئله فروشنده دوره گرد

3-1- فاز ساخت

در فاز ساخت الگوریتم پیشنهادی برای حل مسئله فروشنده دوره‌گرد از یک روش ابتکاری برای یافتن جواب اولیه مناسب که بتوانیم سریع‌تر در فاز بهبود به جواب بهینه برسیم. این روش یک شهر را به تصادف از میان شهرهای موجود انتخاب می‌کند. این‌که کدام شهررا برای یافتن جواب اولیه انتخاب کنیم در جواب پایانی ما هیچ تاثیری نخواهد داشت. بعد از این‌که یک شهر را انتخاب کردیم، این روش در میان شهرهای مجاور این شهر نزدیک‌ترین شهر دیدار نشده را انتخاب و به آن شهر می رود و این روش را به همین صورت ادامه داده تا همه شهرها در یک تور قرار گیرند. به این ترتیب یک جواب ممکن و قابل قبول را پیدا کرده‌ایم که در فاز بهبود آن را بهینه می‌نماییم. لازم به ذکر است که این جواب لزوما جواب بهینه نیست و می بایست آن را بهبود دهیم.

3-2- فاز جستجوی محلی

روش های جستجوی محلی تصادفی نشان داده‌اند که برای حل بسیاری از مسائل پیچیده مفیدند. الگوریتم انجماد تدریجی که در میان آنها از همه بیشتر استفاده می‌شود.

3-3- الگوریتم انجماد تدریجی[9]

الگوریتم انجماد تدریجی یک الگوریتم بر گرفته از طبیعت و پدیده انجماد است. در پدیده انجماد ابتدا دمای محیط بالا وبه تدریج این دما سرد شده و پدیده انجماد کم کم رخ می دهد که هر چه این دما آرام تر صورت گیرد نظم بیشتری در انجماد صورت می گیرد.این الگوریتم از یک دمای اولیه شروع به حرکت کرده کرده و در هر دما تعدادی تکرار را انجام می‌دهد که به مجموعه تکرارها در یک دما یک زنجیره مارکوف را تشکیل می دهد و الگوریتم به همین ترتیب ادامه می دهد تا به یک معیار توقف رسیده و کار را خاتمه دهد.

این الگوریتم در هر مرحله از یک تابع انرژی برای پذیرش جواب استفاده می نماید به این ترتیب که اگر در یک مسئله میزان تفاوت انرژی راه حل فعلی و راه حل جدید در یک مسئله مینیمم سازی منفی باشد این راه حل پذیرفته می

www.SID.ir

Archive of SID

شود ولی اگر این مقدار مثبت باشد به طور کامل حرکت رد نشده و با یک احتمال که متناسب با انرژی و دما در آن تکرار است یک مقدار را به دست آورده و با یک عدد تصادفی تولید شده مقایسه می شود اگر این مقدار از عدد تصادفی تولید شده بیشتر باشد حرکت پذیرفته شده ودرغیر این صورت حرکت رد خواهد شد.در بیشتر روشهای مختلف این الگوریتم تفاوت در همین احتمال پذیرش می باشد.

الگوریتم SA از یک راه حل داده شده شروع شده وبعد از تکرار برخی از اشفتگی ها به منظور رسیدن به جواب بهتر ادامه می یابد.در هر مرحله اگرمقدار تابع هدف کاهش یابد جواب بهینه آن مرحله است،در غیر این صورت SA با قبول سطح احتمال $\frac{\Delta E}{T}$ که ΔE تفاوت ارزش هدف فعلی و قبلی و T پارامتر درجه حرارت که در طول فرآیند جستجو کاهش می یابد در نتیجه در ابتدای الگوریتم SA احتمال پذیرش نقاط بالاست، به تدریج کاهش می‌یابد تا زمانی که این احتمال خیلی کم شود. الگوریتم SA از اولین الگوریتم‌های توسعه یافته برای مسئله مسیریابی است. در این مطالعه از روش SA استاندارد با ساختار همسایگی متشکل از4 اپراتورکه در داخل مسیر به عنوان اپراتورهای بهبود می‌باشند،که در زیر همسایگی مختلف اپراتورها با استفاده از انجماد تدریجی نشان داده شده است.

3-4- اپراتورهای داخل مسیر

چندین اپراتور داخل مسیر در متون پیشنهاد شده است.به طور کلی آنها از اپراتورهای بهبود TSP گرفته شده اند. این عملگرها با الگوریتم انجماد تدریجی ترکیب شده و موجب بهبود جواب‌های الگوریتم می‌شود. عملگر حرکت اپراتور ، تعویض اپراتور ، وارون و عملگر opt -2که از جمله قوی‌ترین اپراتورهای داخل مسیر می‌باشد برای بهبود جواب‌های الگوریتم استفاده می‌شود.

4- تجزیه و تحلیل بحث

4-1- نحوه تنظیم پارامترهای الگوریتم

همان‌طور که گفته شد در فاز دوم الگوریتم GRASP از الگوریتم انجماد تدریجی برای بهبود جواب به دست آمده در مرحله اول استفاده می‌کنیم. در الگوریتم انجماد تدریجی سه پارامتر مهم ضریب کاهش دما(α) در هر مرحله، دمای اولیه(T_0)و تعداد تکرارها در هر زنجیره مارکوف می باشد. پارامتر α در واقع نحوه کاوش در فضای جستجو را تعیین می‌کند.هرچه این مقدار کمتر باشد الگوریتم جواب‌های بیشتری را بررسی می‌کند. دمای اولیه هم مانند پارامتر α هرچه بیشتر باشد الگوریتم جواب های بیشتری رامورد بررسی قرار داده ولی بالا بودن دما باعث می‌شود که الگوریتم در زمان قابل قبولی جواب نزدیک به جواب بهینه را به ما ندهد. تعداد تکرارها در هر زنجیره مارکوف تعیین کننده تعداد جواب های ممکنی است که در هر دما ما مورد بررسی قرار می دهیم.

4-2- پارامترها و سطوح آن

برای تنظیم پارامترهای الگوریتم که موجب افزایش کارایی الگوریتم می شود، عواملی را که در بالا معرفی شد سطوحی را برای آن‌ها در نظر می‌گیریم.و به ازای هر سطح از پارامترها برنامه را 10 بار اجرا کرده و میانگین این سطح را به عنوان تون مبنا در نرافزار Minitab جهت تجزیه و تحلیل و محاسبات قرار می دهیم. عوامل و سطوح را به شکل زیر در

www.SID.ir

Archive of SID

نظر می‌گیریم:

جدول 1- سطوح پارامترها

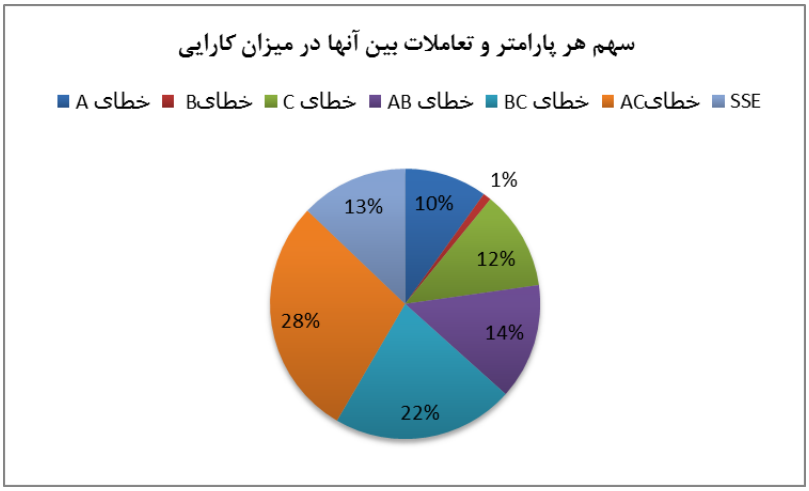
پارامتر	سطح اول	سطح دوم	سطح سوم
تکرار(A)	5	10	20
دمای اولیه(B)	500	1000	-
α(C)	.01	.05	.1

همان طور که مشخص است برای تنظیم پارامترهای الگوریتم از که دارای 3فاکتور است سطوحی در نظر گرفته می‌شود. عامل اول که تعداد تکرارهای زنجیره مارکوف است را 3سطح، دمای اولیه الگوریتم دارای 2 سطح و ضریب کاهش دما را 3 سطح در نظر می‌گیریم. بنابراین به تعداد 3*2*3 جایگشت مختلف از جواب های الگوریتم را مبنا قرار داده و مبنای محاسبات قرار می‌گیرد. بعد از اجرای برنامه جدول تحلیل واریانس زیر به دست می‌آید:

4-3- تحلیل واریانس

جدول 2-جدول تحلیل واریانس

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه های آزادی	میانگین مربعات	F_0	سهم پارامتر
خطای A	39.3	2	19.7	23.2	10
خطای B	2.1	1	2.1	2.5	1
خطای C	45.5	2	22.7	26.9	12
خطای AB	55.2	2	27.6	32.6	14
خطای BC	87.1	2	43.5	51.5	22
خطای AC	111.1	4	27.8	32.8	29
SS_E	49	58	.8		13
کل	389.4	71			

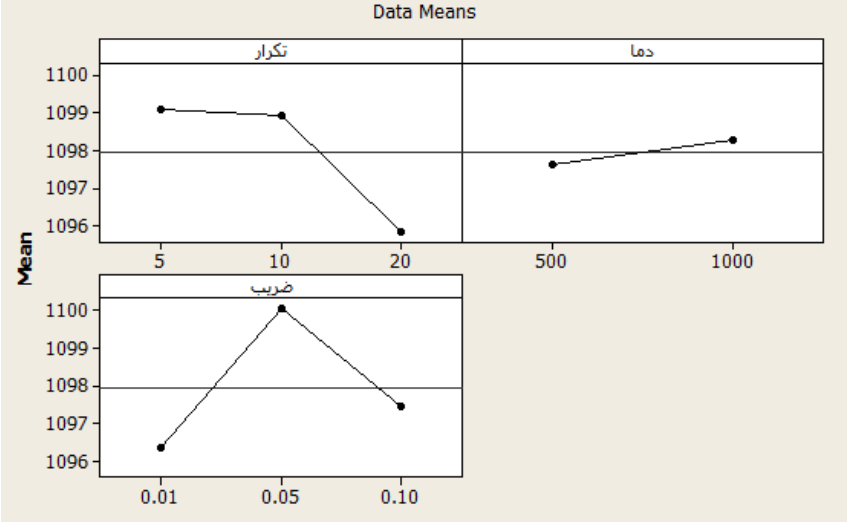


شکل 1-سهم هر پارامتر و تعاملات بین آن ها

www.SID.ir

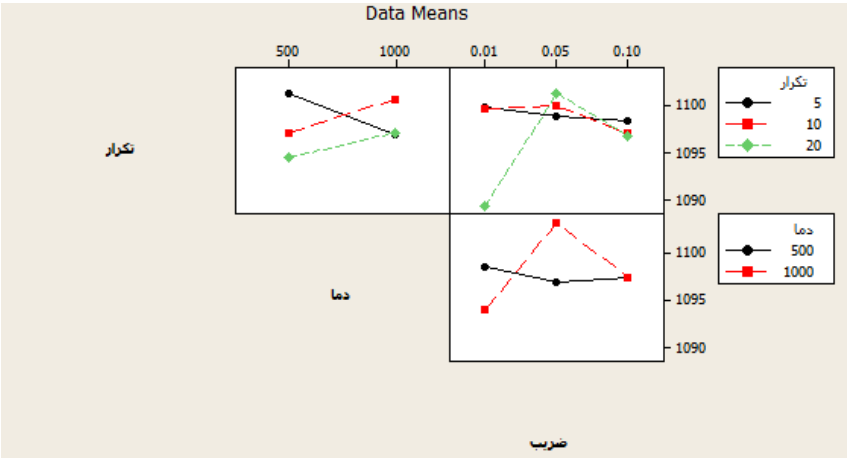
Archive of SID

همان‌طور که مشاهده می‌شود پارامترهای A وC بیشترین سهم را در تغییر جواب‌ها دارند. در تعامل بین پارامترها نیز همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود تعامل بین BC و AC نیز می توانند قابل ملاحظه باشند. حال به وسیله نموداری که از تعاملات بین پارامترها که در نرم افزار به دست آمده است مقادیر مناسب پارامترهای الگوریتم قابل تشخیص می‌باشد.



شکل 2 نمودار اثر پارامترهای الگوریتم به صورت جداگانه

همان‌طور در جدول تحلیل واریانس گفته شد پارامترهای تکرار و ضریب کاهش دما بیشترین سهم را در تغییر جواب های الگوریتم دارند. با توجه به شکل 2 نیز واضح است که شیب این دو پارامتر نسبت به پارامتر دمای اولیه با سرعت بیشتری تغییر می یابد که این سبب تغیی سریع در جواب الگوریتم می شود. پارامتر دمای اولیه نیز بی تاثیر نیست ولی نسبت به دو پارامتر دیگر از حساسیت کمتری برخوردار است.



شکل 3- نمودار تعامل بین پارامترها

www.SID.ir

Archive of SID

شکل 3 نمودار اثرات تعاملی بین پارامترهارا نشان می‌دهد. در تحلیل این نمودار می توان این گونه بیان کرد که مثلا در نمودار تکرار- دما وقتی که دما 500 است، تعداد تکرار 20 بهترین مقدار تابع هدف را به ما خواهد داد و به همین ترتیب برای سایر تنمودارها نیز از چنین استدلالی می توان استفاده نمود و پارامترهای الگوریتم را تنظیم نمود. بنابراین با توجه به استدلال هایی که صورت گرفت مقادیر $\alpha = .01$ و تکرار 20 و دمای 500 یا 1000 برای الگوریتم در نظر گرفته خواهد شد. دلیل اینکه دو دما در نظر گرفته می شود این است که این اختلاف تاثیر چندانی در تغییر جواب های الگوریتم ایجاد نخواهد کرد.

نتیجه گیری و تحقیقات آتی

در این مقاله، یکی از مسائل پرکاربرد مسیریابی تحت عنوان مسئله فروشنده دوره‌گرد مورد بررسی قرار گرفت. این مسئله به دلیل پیچیدگی و حجم بالای محاسبات در ابعاد بزرگ جز مسائل بهینه سازی ترکیباتی می باشد. به همین دلیل از الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل آن استفاده می‌شد. در این بررسی، از رویه جستجوی تصادفی تطابقی حریصانه برای حل مسئله فروشنده دوره‌گرد به‌کارگرفته شد و نتایج حاصل از آن به دست آمد. استفاده از روش های دیگر برای به دست آوردن پارامترهای مناسب برای اجرای الگوریتم نیز برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود.

مراجع

[1] Layeb, A. Ammi, A. and Chikhi, S. (2013). “A GRASP Algorithm Based on New Randomized Heuristic for Vehicle Routing Problem.”, Computer Science Department University of Constantine. 1: 35–46.

[2] Festa, P. (2002). “GREEDY RANDOMIZED ADAPTIVE SEARCHPROCEDURES.”, AIROnews. VII, n.4: 7-11.

[3] THOMAS, A. (1995). “Greedy Randomized Adaptive Search Procedures. ”, Mathematical Sciences Research Center. 6: 109–134.

[4] Hahsler, M. and Hornik, H. (2009) “Introduction to TSP - infrastructure for the traveling salesperson problem“, Journal of Statistical Software, 23, pp.1–21.

[5] Jaillet, P. (1988) “Apriori solution of a travelling salesman problem in which a random subset of the customers are visited“, Operations Research, 36, pp.929–936.

[6] Jayaswal, S. (2008) “A comparative study of tabu search and simulated annealing for traveling salesman problem“, Department of Management Sciences, University of Waterloo.

[7] Johnson, S. and Lyle, A. (1997) “The traveling salesman problem: A case study in local optimization, local search in combinatorial optimization“, In: Aarts, E.H.L. and Lenstra, J.K. (eds.), John Wiley & Sons, 215–310.

[8] جباری، م. پرند، ح. فتاحی، پ. "به کارگیری روش جستجوی تطابقی حریصانه برای مسئله مکان‌یابی – مسیریابی دوسطحه."، پنجمین کنفرانس ملی و سومین کنفرانس بین المللی لجستیک و زنجیره تامین.

[9] یقینی، م. مومنی، م. سرمدی ، م. (1389). "یافتن کوتاهترین مسیر همیلتونی برای شهرهای ایران با استفاده از الگوریتم جستجوی ممنوع و ممتیک."، مهندسی حمل ونقل، چاپ دوم، شماره دوم.

www.SID.ir

Archive of SID

[1] Probabilistic traveling salesman problem
[2] Traveling salesman problem with time windows
[3] Multicommodity traveling salesman problem
[4] Railway Traveling Salesman Problem (RTSP)
[5] Chip fabrication
[6] Vehicle Routing Problem (VRP)
[7] Candidate element
[8] Restricted candidate list (RCL)
[9] Simulated annealing

www.SID.ir