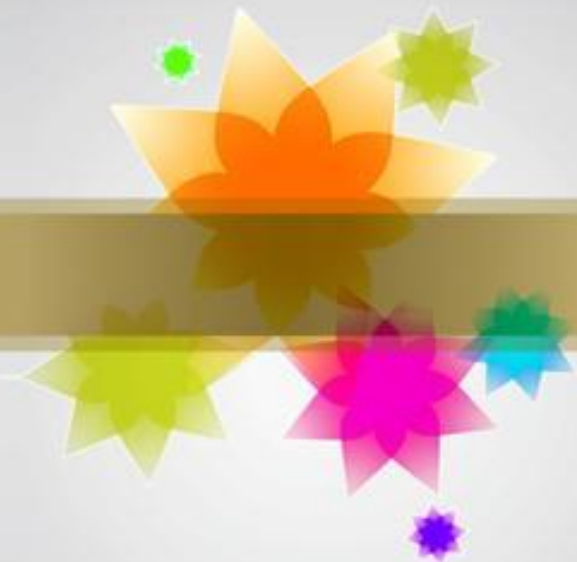


به نام خدا

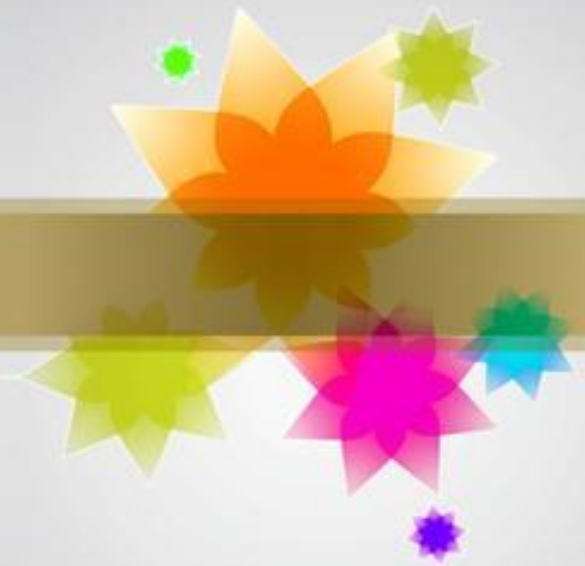
موضوع ارائه: به کارگیری الگوریتم شبیه سازی تبرید و
جستجوی ممنوعه برای حل مسائل چیدمان تسهیلات

فهرست

- مقدمه
- فرایند آنیل کردن
- الگوریتم شبیه سازی تبرید
- الگوریتم جستجوی ممنوعه
- بررسی مقالات و کاربردها
- نتیجه گیری



مقدمه



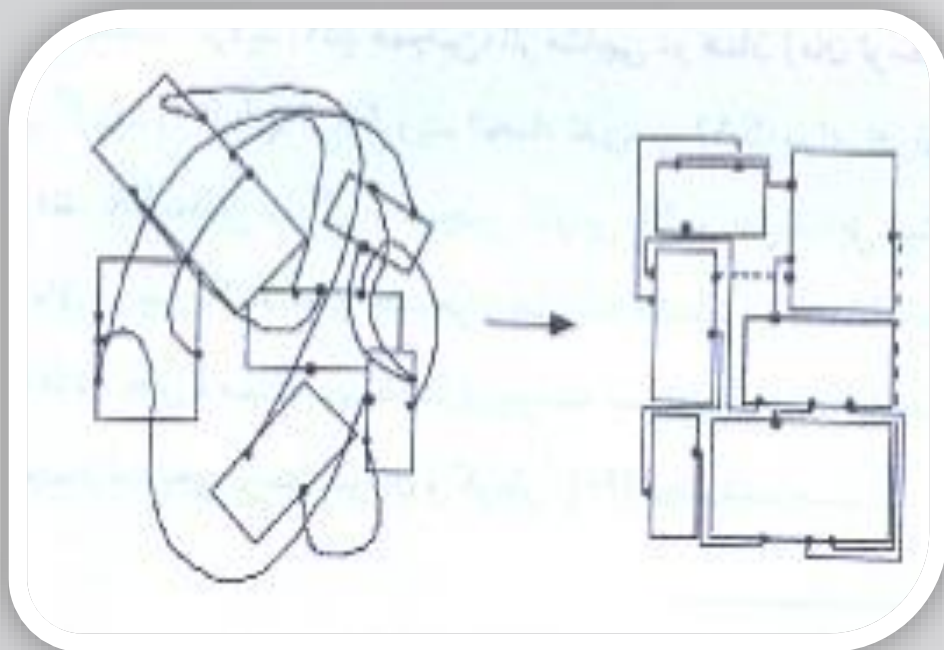
چیدمان تسهیلات مساله‌ای است که به نحوه قرارگیری دیوارتمان‌ها در منطقه کاری می‌پردازد.

انواع مسائل چیدمان: تخصیص کوآدراتیک، برنامه‌ریزی عدد صحیح خطی، برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط، نظریه گراف

استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری برای حل مسائل چیدمان تسهیلات

فرایند آنیل کردن فلزات

- اگر ماده‌ی مذاب بسیار آهسته سرد شود (تا حالت جامد) اتم‌های آن به صورت منظم در شبکه بلوری قرار گرفته و ماده جامد حاصل دارای حداقل سطح انرژی خواهد بود. به این روش تبرید آهسته، آنیل کردن گویند.



- SA از فرایند فیزیکی خنک‌سازی مواد مذاب به حالت جامد الهام گرفته است.



شبیه سازی تبرید



مراحل الگوریتم SA استاندارد :

- (1) ورود اطلاعات مساله و تنظیم پارامترهای الگوریتم
- (2) تشکیل یک جواب در همسایگی جواب فعلی (بررسی ۳ حالت ممکن)
- (3) ارزیابی جواب همسایگی
- (4) به روز رسانی پارامترهای الگوریتم و مساله
- (5) بهترین جواب را حفظ کنیم و حرکت به گام اول

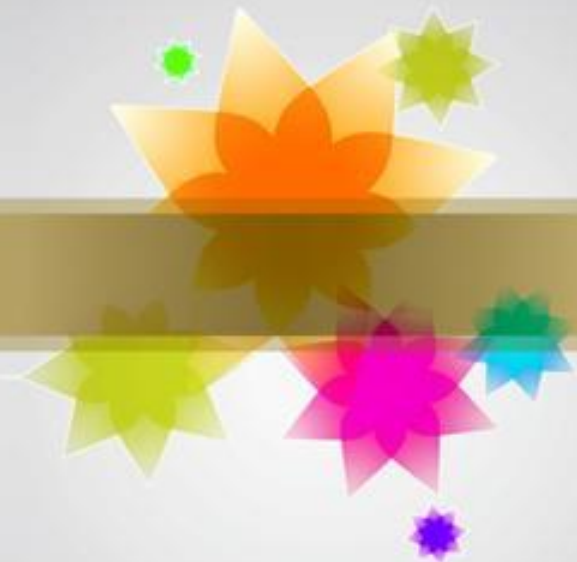
شبه سازی تبرید



در دمای بالا و مراحل اولیه الگوریتم مقدار تابع زیر به ۱ نزدیک است و در نتیجه اکثر حرکات پذیرفته می شود در دماهای پایین و اواخر الگوریتم مقدارش به صفر نزدیک شده و اکثر جواب های بدتر رد شده و تنها جواب های خوب پذیرفته می شود.

$$e^{-\Delta E/T}$$

پارامترهای SA



نقطه شروع: یک جواب قابل قبول که معمولا به صورت تصادفی ایجاد می شود.

نقطه شروع بر سرعت همگرایی الگوریتم تا حدی موثر است. برای گسترش فضای جستجو و گریز از بهینه های محلی، معمولا الگوریتم از چندین نقطه شروع مختلف اجرا می شود.

پارامترهای SA



دمای اولیه: (C_0) مقدار دمای اولیه تابع توزیع بولتزمن می‌بایست به گونه ای باشد تا مقدار تابع نزدیک به یک شود.

مقادیر بسیار بزرگ C_0 با نرخ سرمایش آهسته موجب طولانی شدن مدت اجرا و گسترش فضای جستجو می‌شود.

مقادیر بسیار کوچک C_0 ممکن است موجب همگرایی زود هنگام شده الگوریتم در بهینه محلی متوقف شود .

پارامترهای SA



تابع سرمایش: سرعت همگرایی الگوریتم، وابسته به تابع سرمایش است.

قاعده خطی، قاعده هندسی، قاعده لگاریتمی، قاعده کاهش خیلی آهسته

نرخ سرمایش بسیار بزرگ ، باعث همگرایی زود هنگام و حبس در بهینه محلی می شود.

نرخ سرمایش کوچک ، زمان محاسباتی را افزایش می دهد.



الگوریتم جستجوی ممنوعه

روش جستجوی ممنوع، روش بهینه‌یابی فرا ابتکاری از نوع بهبود دهنده برای حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی است که بر پایه الگوریتم‌های جستجوی محلی بنا نهاده شده است.

تفاوت آن با الگوریتم‌های جستجوی محلی، جلوگیری از دور در جواب‌ها و افتادن در دام جواب‌های بهینه محلی، از مفهومی به نام فهرست ممنوعه استفاده می‌کند.

الگوریتم جستجوی ممنوعه

- (1) شروع از یک جواب اولیه
- (2) انتخاب بهترین جواب همسایه از میان همسایه‌های جواب فعلی
- (3) اگر جواب در فهرست ممنوعه قرار نداشته باشد، الگوریتم به جواب همسایه حرکت می‌کند.
- (4) در غیراین صورت الگوریتم معیاری به نام معیار تنفس را چک خواهد کرد.
- (5) پس از حرکت الگوریتم به جواب همسایه، فهرست ممنوعه بروزرسانی می‌شود.



استراتژی‌های پیشرفته‌ی جستجوی ممنوعه

- استراتژی فهرست کاندید: به جای آن که تمامی همسایه‌ها بررسی شود، تنها یک زیرمجموعه‌ی تصادفی از همسایه‌ها در نظر گرفته شود.
- استراتژی تقویت: استراتژی تقویت به معنای یافتن حرکتهای خوب و افزایش انجام آن حرکتهای در الگوریتم است.
- استراتژی تنوع بخشی: جستجو را مجبور می‌کند به سوی مناطقی که تا کنون کشف نشده، حرکت کند.
- مجوز دادن به جوابهای نشدنی



سال	عنوان مقاله
۲۰۱۲	A linear programming embeded propabilistic tabu search foe the unequal-area facility layout problem with flexible bays
۲۰۱۱	A simulated annealing algorithm for solving the bi-objective facility layout problem
2008	The strategies of tabu search technique for facility layout optimization
2005	Simulated Annealing Approach for the Multi-objective Facility Layout Problem
۱۹۹۸	A solution to the facility layout problem using simulated annealing
۲۰۱۰	An efficient tabu algorithm for the single row facility layout problem
۲۰۰۱	A simulated annealing algoritm for facility layout problems under variable demand in cellular manufacturing systems

The strategies of tabu search technique for facility layout optimization

- پیشنهاد استراتژی‌هایی برای TS به منظور بهبود نتایج چیدمان
- پیشنهاد الگوریتم جستجوی همگرا برای حل چیدمان تسهیلات
- بهبود کارایی چیدمان‌های گوناگون
- ارائه مقایسه‌ای برای بررسی کارایی استراتژی‌های جستجوی تابو در بهینه سازی



The strategies of tabu search technique for facility layout optimization(2008)

- دو استراتژی پیشنهاد داده شده‌ی این مقاله تقویت و تنوع بخشی در جستجوی تابو هستند. که همگرایی در جستجوی چندگانه را شتاب می‌دهند.
- ایجاد آسان گزینه‌های چیدمان متفاوت
- حل سه مثال تجربی

The strategies of tabu search technique for facility layout optimization(2008)

1. مدل جریان منابع تسهیل: مدل cheung

- تخصیص n تسهیل به n مکان. منابع برای محاسبه هزینه‌های جابجایی بین تسهیلات در نظر گرفته می‌شوند.
- هر جابجایی باعث افزایش یا کاهش می‌شود که هدف حداقل سازی این مقدار است.

The strategies of tabu search technique for facility layout optimization(2008)

$$\text{Total Cost} = \text{minimize} \left(\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \text{TCL}_{Mki,j} \right)$$

subject to

$$\text{TCL}_{Mki,j} = M_{Lmi,j} \times C_{Mk}$$

$$M_{Lmki,j} = \text{FL}_{Mki,j} \times D_{ij}$$

$$\text{FL}_{Mki,j} = \begin{bmatrix} \text{FL}_{Mk1,1} & \text{FL}_{Mk1,2} & \cdots & \text{FL}_{Mk1,q} \\ \text{FL}_{Mk2,1} & \text{FL}_{Mk2,2} & \cdots & \text{FL}_{Mk2,q} \\ \vdots & & & \\ \vdots & & & \\ \text{FL}_{Mkq,1} & \text{FL}_{Mkq,2} & \cdots & \text{FL}_{Mkq,q} \end{bmatrix}$$

$$D_{ij} = |XL_j - XL_i| + |YL_j - YL_i|$$

The strategies of tabu search technique for facility layout optimization(2008)

2. مدل توزیع فضایی روابط همسایگی:

- هر گزینه چیدمان می تواند با یک ماتریس تبدیل $n \times n$ نمایش داده شود که ردیف ها و ستون ها نشان دهنده تسهیلات و مکان ها هستند.

$$\text{Maximize } F = \sum_x \sum_i B_{xi} \times C_{xi} + \sum_x \sum_i \sum_y \sum_j B_{xi} \times B_{yj} \times A_{ij} \times D_{xy}$$

The strategies of tabu search technique for facility layout optimization(2008)

- پارامترهای جستجوی تابو: اندازه همسایگی، اندازه لیست تابو، معیار تنفس و معیار توقف
- با اجرای الگوریتم به جواب بهینه یا نزدیک به جواب بهینه می‌رسیم.



The strategies of tabu search technique for facility layout optimization(2008)

تعریف استراتژی‌های پیشنهادی

- **الگوی تقویت:** کشف محدوده شدنی برای بهبود مقادیر تابع هدف و کشف جوابهای نشدنی به منظور کاهش انحراف از محدودیت‌ها (تبدیل چیدمان نشدنی به شدنی)
- **الگوی تنوع بخشی:** اضافه کردن جواب‌های همسایگی بیشتر برای افزایش کارایی جستجو و جلوگیری از بدتر شدن

The strategies of tabu search technique for facility layout optimization(2008)

گام‌های استراتژیهای جستجوی چندگانه الگوریتم TS

(1) تعریف لیست تابو، نگهداری تابو و معیار بهینه. ایجاد جواب تصادفی اولیه

(2) محاسبه تابع هدف جواب اولیه. طبق الگوی تقویت بهترین جواب را از بین جوابهای همسایگی بدست آورید.

(3) “دوره بی‌اثر” را چک کنید. $q - q_b \geq \alpha$

The strategies of tabu search technique for facility layout optimization(2008)



۴) اگر رابطه دوره بی اثر درست باشد الگوی تنوع بخشی اجرا شده است. در غیر این صورت به مرحله بعد بروید.

۵) اگر پارامتر رنج تنوع بخشی $(0 \leq \beta)$ به روش تقویت بازگردید. در غیر این صورت $\beta = \beta + 1$

۶) بهترین جواب فعلی را به روز کنید. معیار توقف را چک کنید.

The strategies of tabu search technique for facility layout optimization(2008)

استراتژی تقویت:

P_n یک جواب شدنی است.

گام (۱) اعداد i و j تصادفی بزرگتر از یک تولید کنید. P_i ، P_{i-1} و P_{i+1} را در لیست تابو قرار دهید.

گام (۲) عناصر باقیمانده را انتخاب و به طور تصادفی جابجا کنید.

گام (۳) گام اول و دوم را j بار تکرار کنید.

The strategies of tabu search technique for facility layout optimization(2008)

P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
2	5	6	1	3	4	7

i=3

P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
2	5	6	1	4	3	7

P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
4	5	6	1	2	3	7

The strategies of tabu search technique for facility layout optimization(2008)

- برای استراتژی تنوع بخشی سه الگوی جابجایی در این تحقیق وجود دارد. جابجایی همسایگی (NM)، جابجایی به عقب (BM)، جابجایی چپ راست (LRM)

The strategies of tabu search technique for facility layout optimization(2008)

- دو مثال از مدل جریان منابع تسهیل

(۱) تخصیص ۱۱ تسهیل به ۱۱ مکان. مختصات مکان تسهیلات، ماتریس تکرار سفرها در بین تسهیلات برای هر منبع و ماتریس فاصله ۱۱ مکان داده شده است.

(۲) قرار دادن مجموعه‌ای از فضاها از پیش تعیین شده در محوطه‌ی کار. هدف چیدمان حداقل سازی جابجایی کل است. دو ماتریس تکرار سفرها و فاصله ۱۱ مکان داده شده است.

The strategies of tabu search technique for facility layout optimization(2008)



- مثالی از مدل توزیع فضایی رابطه همسایگی

تخصیص ۲۸ تسهیل در ۴ طبقه یک بیمارستان که هر طبقه شامل ۷ مکان است. احتیاجات فضای هر طبقه، شاخص همسایگی و چند معیار توقف داده شده است.

The strategies of tabu search technique for facility layout optimization(2008)

- نتایج حاصل از تکنیک جستجوی چندگانه TS با جواب‌های GA و ANN مقایسه شده است.
- چیدمان حاصل از الگوریتم ژنتیک و ANN هزینه بیشتری از جستجوی چندگانه TS داشته است.
- مقدار اولویت حاصل از TS از روش ANN و GA نیز بیشتر گردیده است. (۴ تا ۵ درصد بهبود)

An empirical comparison of Tabu Search, Simulated Annealing, and Genetic Algorithms

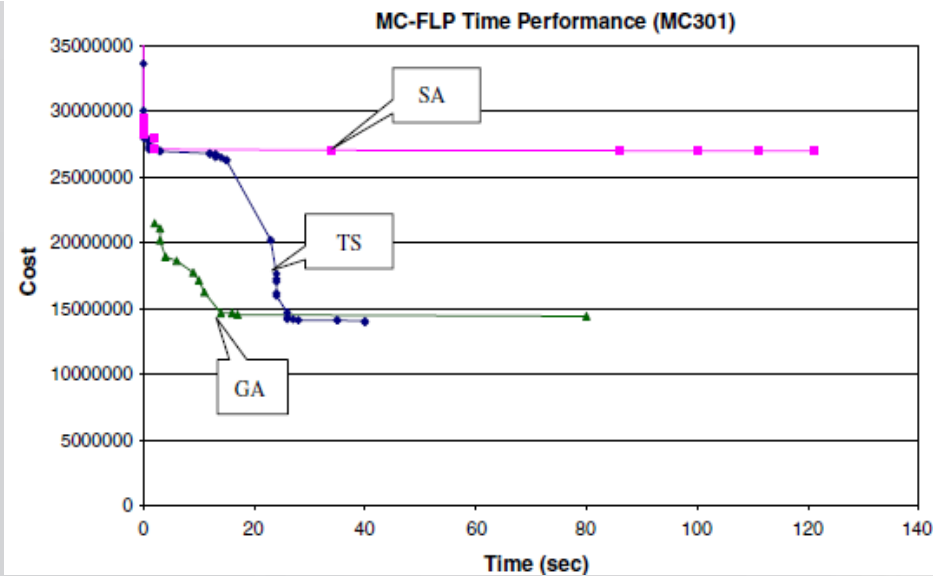
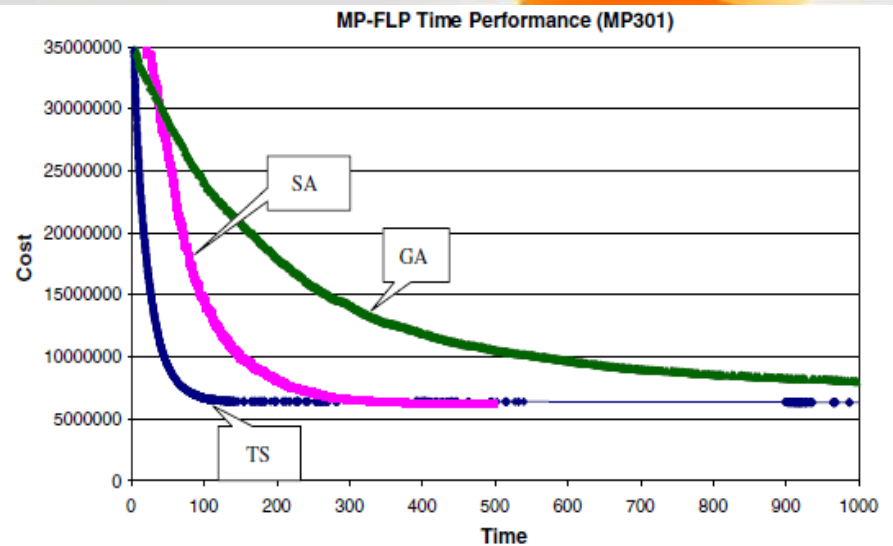
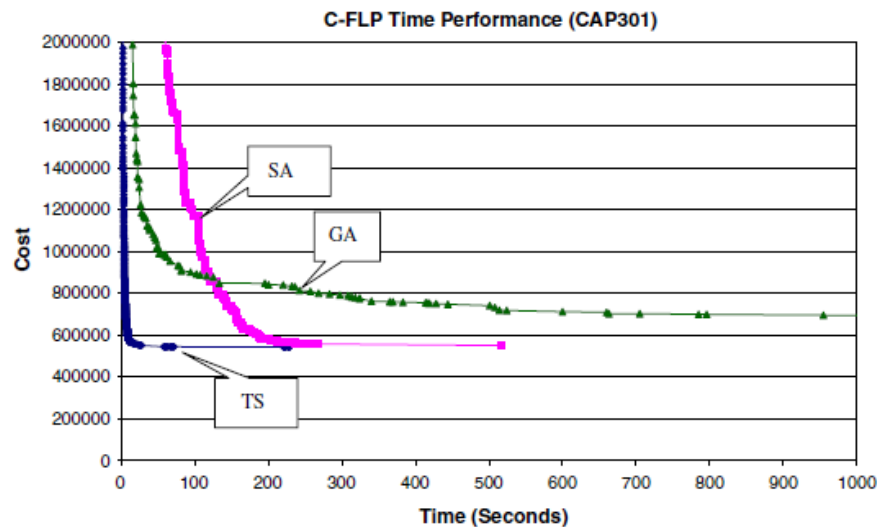
- مقایسه عملکرد نسبی نتایج حاصل از جستجوی تابو (TS)، تبرید شبیه سازی شده (SA) و الگوریتم ژنتیک (GA) در حالات مختلف مسئله مکانیابی تسهیلات (FLP) در زمان محدود، جواب محدود و شرایط نامحدود
- برای هر گونه FLP مجموعه‌ای ۲۰ تایی مسئله آزمایشی ایجاد کرده است. که اندازه مسئله، هزینه ثابت و نوع تقاضا داده شده است.

An empirical comparison of Tabu Search, Simulated Annealing, and Genetic Algorithms

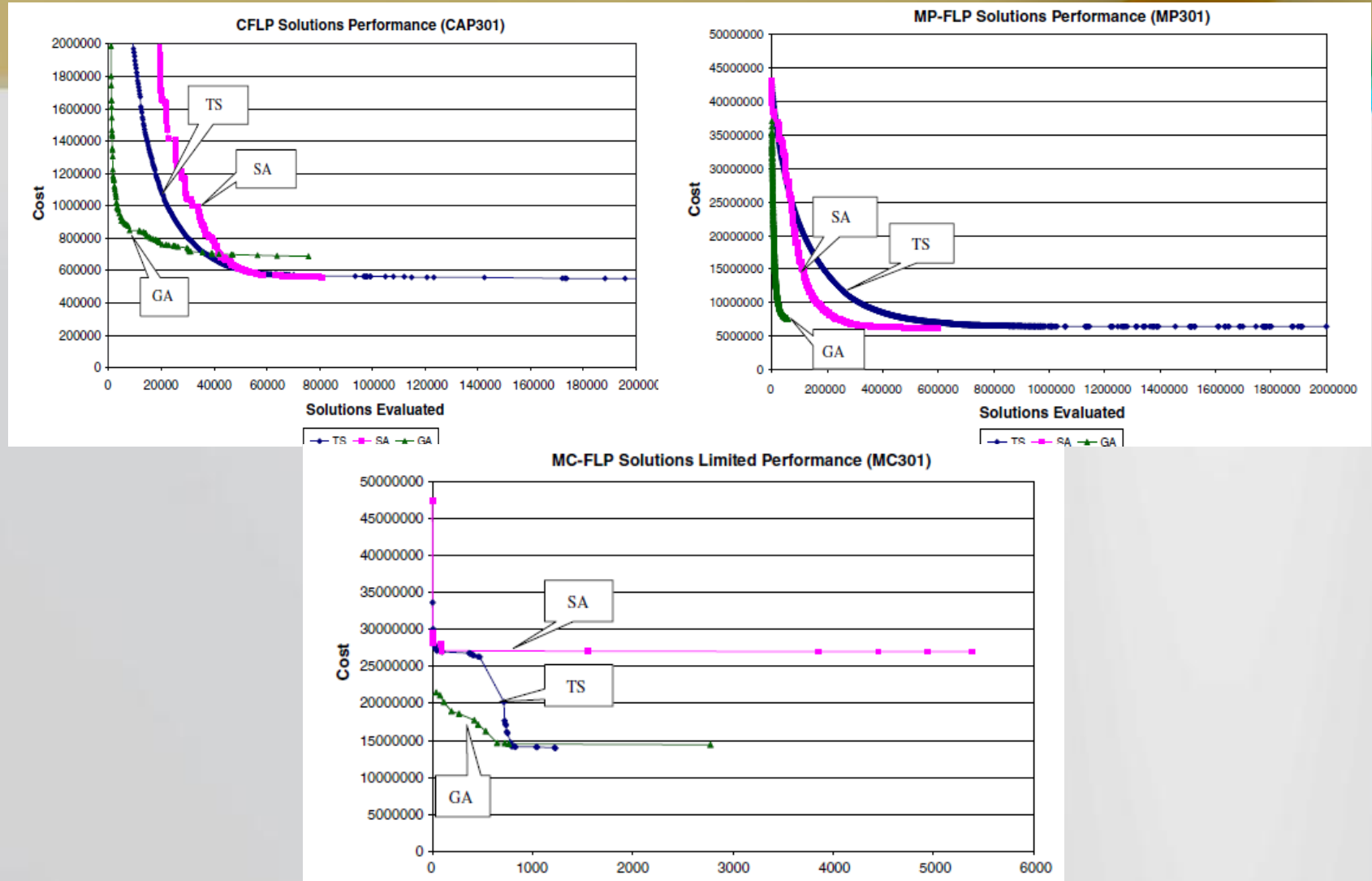
- تفاوت در عملکرد سه الگوریتم توسط تست F_r ارزیابی شد. همچنین تست $wicoxon$ برای مقایسه جفتی الگوریتم‌ها به کار برده شد.
- حل مدل‌ها در سه حالت
- در حالت زمان-محدود حداکثر زمان ۳۰۰ ثانیه در نظر گرفته شد.



نتایج حالت زمان-محدود



نتایج حالت جواب-محدود



Simulated Annealing Approach for the Multi-objective Facility Layout Problem

• داده کاوی می تواند برای فراهم کردن داده های مفید در مسائل چیدمان چند هدفه استفاده شود.

- در نظر گرفتن مقادیر جریمه برای افزایش کیفیت داده ها
- فراهم کردن داده ها از طریق ادغام، انتخاب و انتقال داده ها از پایگاه داده ها (سیستم ERP)

Simulated Annealing Approach for the Multi-objective Facility Layout Problem



- محاسبه تعداد سفرها از طریق: MPS, BOM, MRP, SQL

- نمونه مطالعاتی: طراحی چیدمان ۱۰ مرکز کار که مسئله از نوع کوادراتیک می باشد. داده های مورد نیاز تعداد سفرها بین مراکز و فواصل آنها می باشد. همچنین داده های کیفی مقادیر جریمه هستند.

Initialization

$n=1$;

Draw at random an initial solution X_0 ;

$X_f = X_0$;

$X_n = X_0$;

$X_m = X_0$;

$T = T_i$;

Evaluate $z_k(X_0) \forall k$;

While ($T \geq T_f$) do;

 While (all generated neighboring solutions have not been analyzed) do;

Y = a neighboring solution of X_n ;

 calculate $s(z(Y), \lambda)$;

 if ($s(z(Y), \lambda) < s(z(X_m), \lambda)$) then;

$X_m = Y$;

 end if;

 calculate $\Delta S = s(z(Y), \lambda) - s(z(X_n), \lambda)$;

$prob = \min(1, \exp(-\Delta S/T))$;

 if ($rd() \leq prob$) then;

$X_f = Y$;

 end if;

end while;

$n = n + 1$;

$X_n = X_f$;

$T = T \cdot \alpha$;

end while;

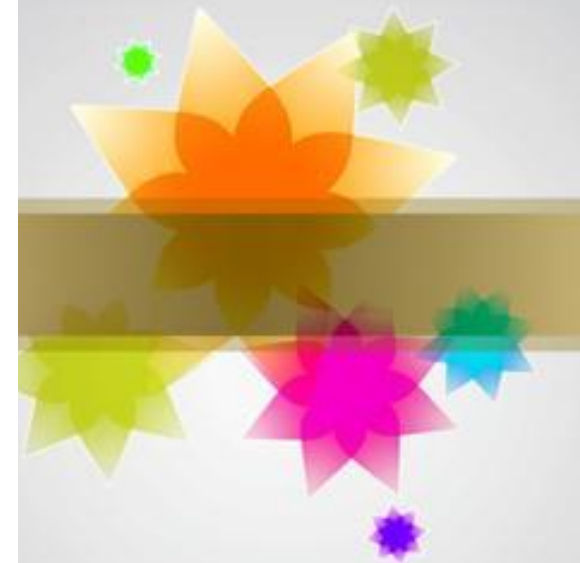
 if ($s(z(X_m), \lambda) < s(z(X_f), \lambda)$) then;

$X_f = X_m$;

 end if;

write the solution X_f ;

end.



Simulated Annealing Approach for the Multi-objective Facility Layout Problem

- مسئله در **C++** کد شده و حل می شود. اهداف مسئله حداقل سازی سفرها (فاصله) و مقادیر جریمه است.
- چندین بار اجرای برنامه و بدست آوردن پنج گزینه چیدمان در خروجی

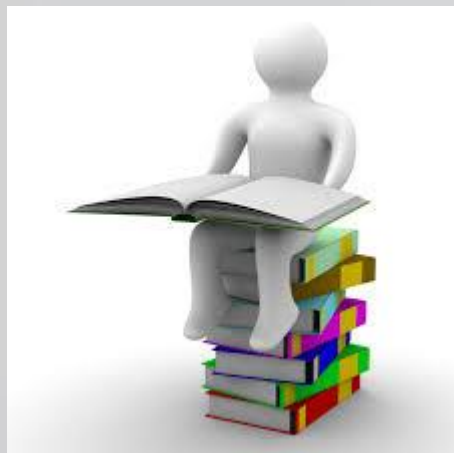
```
"C:\Documents and Settings\Umut Tuzkaya\Bel...
THE LAST SOLUTION COST1:416275.000000
THE LAST SOLUTION COST2:55000.000000
THE LAST WEIGHTED SOLUTION :299944.450000

THE LAST LAYOUT
*****
* x[1][2] :1 *
* x[2][1] :1 *
* x[3][4] :1 *
* x[4][3] :1 *
* x[5][6] :1 *
* x[6][10] :1 *
* x[7][9] :1 *
* x[8][7] :1 *
* x[9][5] :1 *
* x[10][8] :1 *
*****
Press any key to continue
```

An efficient tabu algorithm for the single row facility layout problem

• مسائل چیدمان تک ردیفه شامل پیدا کردن جا برای تسهیلات مستطیلی با ابعاد مختلف روی یک خط راست است.

- این مقاله ابتدا یک تئوری برای پیدا کردن جواب اولیه برای SRFLP ارائه می دهد، این تئوری باعث کاهش میزان محاسبات در جستجوی ممنوعه می گردد.



An efficient tabu algorithm for the single row facility layout problem

- تئوری ارائه شده به این صورت است که $C=C_{ij}$ و $S_{ij}=0$ ، تسهیلات به صورت غیر نزولی مرتب میشوند.

- الگوریتم موجود در مقاله برای جستجو از جواب اولیه تصادفی استفاده نمیکند، چون کیفیت جواب پایین می آید، بلکه به مکان قرارگیری تسهیلات توجه می کند.

An efficient tabu algorithm for the single row facility layout problem

- الگوریتم جستجوی ممنوعه در این مقاله از تکنیک حافظه انطباقی استفاده میکند، که باعث میشود الگوریتم در فضای وسیعی قبل از رسیدن به جواب نهایی جستجو کند.
- تابع احتمال برای انتخاب یکی از راه حل های موجود در حافظه

$$\frac{2i}{|L| \times |L+1|}$$

- میانگین زمان حل با استفاده از الگوریتم ۲.۲۹ ثانیه وبا استفاده از روش Anjos et al.(2005) ، ۸ ساعت بود.

An efficient tabu algorithm for the single row facility layout problem

- در ۷۰٪ مسائل دسته اول بین جواب بهینه و جواب مقاله تفاوتی وجود ندارد.
- استفاده از تئوری مقاله: ۲۵٪ اختلاف با جواب بهینه
- استفاده از جواب اولیه تصادفی: ۵۰٪ اختلاف با جواب بهینه
- در مسائلی که جواب بهینه آنها در ادبیات موضوع وجود نداشت نیز الگوریتم باعث بهبود تابع هدف شد.

A simulated annealing algorithm for solving the bi-objective facility layout problem

- مساله چیدمان دو هدفه، هدف \min کردن کل هزینه حمل و نقل (کمی) و \max کردن نرخ نزدیکی نسبی (کیفی)

- اشکال مقالات قبلی : فاکتورها با مقیاس یکسان نشان داده شده بودند، جریان از صفر تا مقدار زیاد تغییر کند، امانرخ نزدیکی از ۱ تا ۴، در نتیجه نرخ نزدیکی تاثیر کمی بر چیدمان نهایی دارد.

گام ۱: گرفتن داده های ورودی (ماتریس جریان ، اندازه مساله، ماتریس روابط، وزن برای اهداف)

A simulated annealing algorithm for solving the bi-objective facility layout problem

گام ۲: شمارنده دما را شروع کنید $el = 0$

گام ۳: بدست آوردن جواب اولیه احتمالی و محاسبه هزینه موزون آن

$$S_{best} = S_c = S_0, E_{best} = E_c = E_0$$

گام ۴: شمارنده تکرار در هر دما را صفر قرار دهید

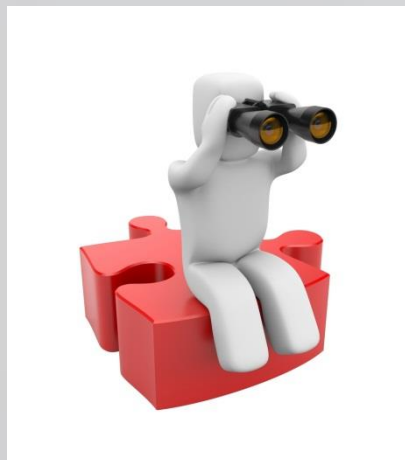
$$il = 0$$

A simulated annealing algorithm for solving the bi-objective facility layout problem

گام ۵: شمارنده تکرار را هربار یکی اضافه کنید

$$il = il + 1$$

گام ۶: دو تسهیل را به صورت تصادفی انتخاب و یک جواب همسایه به وسیله جا به جا کردن مکان آن ها پیدا کنید و هزینه موزون همسایگی را محاسبه کنید.



گام ۷: تغییر در هزینه موزون را محاسبه کنید

A simulated annealing algorithm for solving the bi-objective facility layout problem

گام ۸: $(E_c < E_{best}) \Rightarrow S_{best} = S_c \text{ and } E_{best} = E_c$

در غیر اینصورت به گام بعد بروید.

گام ۹: اگر $il > NIET$ به قدم بعد بروید، در غیر اینصورت به قدم ۵ بروید.

گام ۱۰: شمارنده دما $el = el + 1$

A simulated annealing algorithm for solving the bi-objective facility layout problem

$$T_{el+1} = \alpha T_{el}$$

گام ۱۱:

گام ۱۲: اگر $el > el_{max}$ توقف الگوریتم، در غیر

اینصورت گام ۴

A solution to the facility layout problem using simulated annealing

در این مقاله به مواردی اشاره شده است که در ادبیات موضوع کمتر به آن پرداخته شده است:

- تسهیلات با مساحت، شکل و جهت متفاوت
- تسهیلات با مکان ثابت
- نقاط بارگیری و تخلیه در مورد چیدمان ماشین آلات

A solution to the facility layout problem using simulated annealing

تابع هدف ارائه شده شامل هزینه حمل و نقل که باید min شود و یک تابع جریمه برای جلوگیری از همپوشانی تسهیلات است.

$$f = \alpha \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} d_{ij} + 2\omega\beta \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, i \neq j}^n I_{ij}$$

برای یافتن جواب همسایگی از دو رویه استفاده شده است: رویه اول جای دو تسهیل را با هم عوض میکند و رویه دوم شامل حرکات تصادفی تسهیل در سطح کارخانه (بالا، پایین، چپ، راست) می شود.

A solution to the facility layout problem using simulated annealing

```
Choose_random_movable_facility_A;  
Choose_random_movable_facility_B;  
 $x = x_b$ ;  
 $y = y_b$ ;  
 $x_b = x_a$ ;  
 $y_b = y_a$ ;  
 $x_a = x$ ;  
 $y_a = y$ ;  
//( $x_a, y_a$ ), ( $x_b, y_b$ ) are the coordinates  
//of centroid of facilities A and B, respectively
```


```
if (change = move) then  
  case (direction) of  
    'up':  $y_A = y_A + p$ ;  
    'down':  $y_A = y_A - p$ ;  
    'left':  $x_A = x_A - p$ ;  
    'right':  $x_A = x_A + p$ ;  
  end  
else begin
```


A solution to the facility layout problem using simulated annealing

۶ مساله در این مقاله بررسی شد، مسائل ۱ و ۲ شامل ۱۲ و ۱۵ دپارتمان میشدند، مدل قبلی برای این دپارتمان ها فضایی را برای عبور در نظر نگرفته بود، در حالیکه در این الگوریتم در نظر گرفته شده است.

مزیت دیگر در این الگوریتم \min کردن نسبت فضای بدون استفاده (dead-space-ratio)

مساله ۵ نتایج مشابه و مساله ۶ الگوریتم SA نتایج بهتری ارائه کرده است.



نتیجه‌گیری

بسیاری از مسائل بهینه‌سازی در مهندسی، طبیعتاً پیچیده‌تر از آن هستند که با روش‌های مرسوم بهینه‌سازی نظیر برنامه‌ریزی ریاضی و نظایر آن قابل حل باشند.

از جمله راه‌حل‌های موجود در برخورد با این گونه مسائل، استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری است. این الگوریتم‌ها تضمینی نمی‌دهند که جواب به دست آمده بهینه باشد و با صرف زمان بسیار می‌توان جواب نسبتاً دقیقی به دست آورد بسته به زمان صرف شده، دقت جواب تغییر می‌کند.