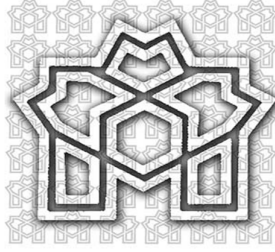


- به نام خداوند رحمتگر مهربان (۱)
- ستایش خدایی را که پروردگار جهانیان (۲)
- رحمتگر مهربان (۳)
- [و] خداوند روز جزاست (۴)
- [بار الها] تنها تو را می پرستیم و تنها از تو
- یاری می جوئیم (۵)
- ما را به راه راست هدایت فرما (۶)
- راه آنان که گرامی شان داشته‌ای نه [راه]
- مغضوبان و نه [راه] گمراهان (۷)
- سوره مبارکه فاتحه (قرآن کریم)



دانشگاه علامه طباطبائی (ره)

دانشکده مدیریت و حسابداری

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت صنعتی - گرایش تحقیق در عملیات -

الگوریتمی ابتکاری برای مساله چیدمان پویای تجهیزات

نگارش

محمد علی صالحی ابرقویی

استاد راهنما

دکتر پرهام عظیمی

استاد مشاور

دکتر پیام حنفی زاده

استاد داور

دکتر مقصود امیری

زمستان

1389

**مِنّتِ خدای را عزوجلّ... که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید
نعمت.**

**هر نفسی که فرو می رود مُمدّ حیات است و چون بر می آید مفرّج ذات. پس در
هر نفسی دو نعمت موجود است و بر هر نعمت شکرش واجب.**

از دست و زبان که برآید که از عهده شکرش به در آید..

به پاس ایثارشان؛

به پاس قلب های بزرگشان؛

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان؛

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند؛

این مجموعه را تقدیم می کنم به:

معلم اخلاقم : پدرم

به همت والایش، به همیشه بودنش، اویجی که مهرش بی ریا و عشقش ستودنی است، اویجی که بودنش دلگرمی است.

و به مادرم که زبان از گفتنش قاصر است.

سرپشمه بی ریای مهربانی، فداکاری و از خودگذشتگی. او که نمونه صبر و گذشت و فداکاری است.

والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم.

لظه لظه زندگیم فدایشان.

و به پاس آموخته های فراوان علمی و اخلاقی؛

به استاد گرانقدرم:

جناب آقای دکتر عظیمی

پس از حمد و سپاس الهی،

بر خود لازم و واجب می دانم از جناب آقای دکتر امیری که زحمت داوری این تحقیق را به عهده گرفتند
تشکر کنم.

همچنین از جناب آقای دکتر حنفی زاده به دلیل مشاوره های ارزشمندشان کمال تشکر و سپاسگذاری را
دارم.

از آن جا که در طول دوره نگارش این تحقیق بیش از همه از راهنمایی های ارزنده و
مفید جناب آقای دکتر عظیمی بهره بردم، و به پاس زحمات و محبت های بی
دریغشان صمیمانه ترین سپاسگذاری ها و قدردانی ها را تقدیم ایشان می کنم.

هم چنین از پدر و مادرم که در طول مدت تحصیل همواره بهترین پشتیبانانم بوده اند و
وجودشان باعث دلگرمیم بوده سپاس گذاری می کنم.

نهایتاً از زحمات کلیه کسانی که در دوران تحصیل همواره مشوق و پشتیبان اینجانب بوده اند، معلمان و
اساتید عزیزم در کل دوران تحصیل، دوستان عزیزم و پرسنل محترم دانشگاه های صنعتی اصفهان و علامه
طباطبایی تهران کمال تشکر را دارم.

چکیده

مساله چیدمان تجهیزات پویا، مساله ای است که به دلیل داشتن تاثیرات زیاد بر سودآوری سازمان ها مورد توجه محققان بسیاری قرار گرفته است. در این مساله هدف یافتن طرح چیدمانی از تجهیزات است که مجموع هزینه های جابجایی تجهیزات بین دوره های برنامه ریزی، و هزینه های انتقال مواد بین تجهیزات را کمینه کند. این مساله از آنرو دارای اهمیت است که به دلیل تغییرات تقاضا و به منظور کاستن از هزینه های انتقال مواد اولیه، سازمان ها نیاز به تغییر آرایش تجهیزاتشان را خواهند داشت.

در این تحقیق، الگوریتمی ارائه گردیده است که می تواند این مساله را به صورتی کارا حل کند. در این الگوریتم، دو روش برنامه ریزی ریاضی (فن شبیه سازی و برنامه ریزی خطی) ترکیب می شوند. بطوری که پس از تبدیل یک مساله برنامه ریزی غیرخطی صفر و یک به یک مساله برنامه ریزی خطی، از نتایج این مساله برای تعریف احتمال تخصیص تجهیزات به مکان ها در مدل شبیه سازی استفاده می شود. پیاده سازی الگوریتم پیشنهادی برای مسائل مختلف و مقایسه نتایج به دست آمده با نتایج به دست آمده از تحقیقات مشابه نشان داد که این الگوریتم قادر است با سرعت و دقت منطقی به جواب های مناسب دست یابد.

علاقه مندان به مباحث مطرح شده در این تحقیق می توانند برای ارتباط با محقق از طریق آدرس زیر اقدام نمایند:

Ma.salehi21@yahoo.com

فهرست مطالب

i

i.....	مقدمه کل.....
ii.....	واژگان کلیدی.....
1.....	فصل اول: کلیات پژوهش
2.....	مقدمه.....
3.....	موضوع تحقیق.....
9.....	اهمیت تحقیق.....
12.....	تعریف مسائل چیدمان.....
13.....	چیدمان ایستا و پویا.....
15.....	عوامل موثر بر تغییر جریان مواد.....
16.....	روش های حل مسائل چیدمان.....
18.....	نمایش گسسته و پیوسته مسائل چیدمان.....
20.....	ورودی های مورد نیاز مسائل چیدمان.....
21.....	فاصله بین مکان ها.....
21.....	فاصله اقلیدسی.....
21.....	فاصله مستقیم الخط.....
23.....	فرضیات مسائل چیدمان تجهیزات پویا.....
24.....	مساله تخصیص کوادراتیک.....
26.....	مدل QAP در تحقیق حاضر.....
27.....	اهداف تحقیق.....

28.....	سوالات تحقیق.....
28.....	روش انجام تحقیق.....
29.....	نوع روش تحقیق.....
30.....	روش گردآوری اطلاعات و داده‌ها.....
30.....	جامعه آماری.....
30.....	محدودیت های تحقیق.....
31.....	نتیجه گیری.....
32.....	فصل دوم: ادبیات پژوهش.....
33.....	مقدمه.....
34.....	واژگان تحقیق.....
34.....	تجهیزات.....
34.....	چیدمان تجهیزات.....
34.....	مساله چیدمان تجهیزات.....
34.....	مساله چیدمان ایستای تجهیزات.....
36.....	مساله چیدمان پویای تجهیزات.....
39.....	مساله تخصیص.....
40.....	مساله تخصیص کوادراتیک.....
41.....	شبیه سازی.....
42.....	مزایای شبیه سازی.....
43.....	کاربرد های شبیه سازی.....
44.....	بررسی یک مساله چیدمان پویای تجهیزات.....

46.....	چرا <i>DFLP</i> به جای <i>SFLP</i> ؟
48.....	بررسی یک مساله چیدمان ایستای تجهیزات
56.....	پیشینه تحقیق
66.....	نتیجه گیری
67.....	فصل سوم: روش شناسی پژوهش
68.....	مقدمه
69.....	اهداف تحقیق
69.....	سوالات تحقیق
69.....	روش انجام تحقیق
70.....	نوع روش تحقیق
70.....	روش گردآوری اطلاعات و داده‌ها
70.....	جامعه آماری
71.....	محدودیت های تحقیق
72.....	مساله چیدمان تجهیزات پویا
73.....	الگوریتم پیشنهادی
73.....	گام های الگوریتم پیشنهادی
76.....	خطی کردن مساله (1)
78.....	آزادسازی مساله (1)
80.....	خطی سازی با استفاده از بسط تیلور
82.....	اجرای الگوریتم پیشنهادی
82.....	گام های اول و دوم

83.....	گام سوم: حل مساله (2).....
84.....	گام چهارم: ساخت مدل شبیه سازی.....
85.....	گام پنجم: ورود توزیع تجربی به شبیه سازی.....
85.....	جواب مساله (2)، یک توزیع تجربی.....
86.....	گام ششم: اجرای مدل شبیه سازی.....
87.....	محاسبه تعداد اجرای مدل شبیه سازی.....
90.....	گام هفتم: محاسبه هزینه طرح ها.....
92.....	زمان پیاده سازی الگوریتم.....
92.....	زمان حل مساله (2).....
92.....	زمان اجرای مدل شبیه سازی.....
93.....	اعتبارسنجی الگوریتم.....
94.....	نتیجه گیری.....
95.....	فصل چهارم: پیاده سازی الگوریتم.....
96.....	مقدمه.....
97.....	تعداد اجرای مدل شبیه سازی.....
98.....	مساله چیدمان پویای تجهیزات $T=5, N=6$
99.....	مساله چیدمان پویای تجهیزات $T=10, N=6$
100.....	مساله چیدمان پویای تجهیزات $T=5, N=15$
101.....	مساله چیدمان پویای تجهیزات $T=10, N=15$
102.....	مساله چیدمان پویای تجهیزات $T=5, N=30$
103.....	مساله چیدمان پویای تجهیزات $T=10, N=30$

104.....	نتیجه گیری.....
105.....	فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات.....
106.....	مقدمه.....
107.....	خلاصه نتایج به دست آمده از الگوریتم پیشنهادی.....
108.....	بررسی مقایسه ای نتایج به دست آمده از الگوریتم پیشنهادی.....
113.....	برخی از برتری های الگوریتم پیشنهادی.....
114.....	پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی.....
118.....	نتیجه گیری.....
119.....	فهرست منابع و مآخذ.....
129.....	پیوست 1: جزییات مساله DFLP با $T=N=3$.....
130.....	نتایج به دست آمده از 30 بار اجرای مدل شبیه سازی.....
133.....	محاسبه هزینه رشته طرح ACB-ACB-ACB.....
135.....	پیوست 2: داده های الگوریتم پیشنهادی.....
136.....	نحوه قرار گرفتن لکیشن ها.....
136.....	داده های فاصله.....
137.....	داده های جریان بین در دوره اول.....
137.....	داده های جریان در دوره دوم.....
137.....	داده های جریان در دوره سوم.....
138.....	داده های جریان در دوره چهارم.....

138..... داده های جریان بی در دوره پنجم

138..... هزینه ثابت تغییر مکان ماشین آلات

139..... خلاصه انگلیسی

فهرست اشکال و نمودارها

- شکل 1-1: چیدمانی با $T=4, N=6$ 14
- شکل 1-2: نمایش گسسته و پیوسته چیدمان 19
- شکل 1-3: فاصله اقلیدسی و مستقیم الخط 22
- شکل 1-4: چیدمان تجهیزات در فرمول بندی QAP 26
- شکل 2-1: چیدمان بلوکی رشته چیدمان 246135 45
- شکل 2-2: تصویر سایت تولیدی کارخانه فرضی 49
- شکل 2-3: تخصیص بخش ها به سایت تولیدی 49
- شکل 2-4: درصد استفاده از روش های مختلف در مسائل DFLP 63
- شکل 2-5: دو حرکت برگشت به عقب و میانبر 64
- شکل 3-1: فلوجارت گام های الگوریتم پیشنهادی 75
- شکل 3-2: نمایی از حل مساله " 2 79
- شکل 3-3: مدل شبیه سازی برای $T=N=3$ 84
- شکل 3-4: طرح بهینه حاصل از الگوریتم پیشنهادی 91
- شکل 6-1: طرح چیدمان ACB-ACB-ACB 131
- شکل 7-1: نحوه قرار گرفتن لکیشن ها 134

فهرست جداول

45.....	جدول 2-1: جواب بهینه برای مساله بخش 2.2
47.....	جدول 2-2: رشته چیدمان های ایستای بهینه
51.....	جدول 2-3: فاصله بین مکان ها در مثال فرضی
51.....	جدول 2-4: جریان بین تجهیزات
90.....	جدول 3-1: محاسبه تعداد اجرای مدل شبیه سازی
98.....	جدول 4-1: نتایج مساله DFLP با $T=5$ و $N=6k$
99.....	جدول 4-2: نتایج مساله DFLP با $T=10$ و $N=6$
100.....	جدول 4-3: نتایج مساله DFLP با $T=5$ و $N=15$
101.....	جدول 4-4: نتایج مساله DFLP با $T=10$ و $N=15$
102.....	جدول 4-5: نتایج مساله DFLP با $T=5$ و $N=30$
103.....	جدول 4-6: نتایج مساله DFLP با $T=10$ و $N=30$
107.....	جدول 5-1: خلاصه نتایج اجرای الگوریتم
109.....	جدول 5-2: بررسی مقایسه ای برای $T=5, N=6$
109.....	جدول 5-3: بررسی مقایسه ای برای $T=10, N=6$
110.....	جدول 5-4: بررسی مقایسه ای برای $T=5, N=15$
110.....	جدول 5-5: بررسی مقایسه ای برای $T=10, N=15$
111.....	جدول 5-6: بررسی مقایسه ای برای $T=5, N=30$
111.....	جدول 5-7: بررسی مقایسه ای برای $T=10, N=30$
128.....	جدول 6-1: نتایج 30 بار اجرای مدل شبیه سازی
130.....	جدول 6-2: محاسبه هزینه ها برای DFLP با $T=N=3$

جدول 7-1: داده های فاصله.....	134
جدول 7-2: داده های جریان در دوره اول.....	135
جدول 7-3: داده های جریان در دوره دوم.....	135
جدول 7-4: داده های جریان در دوره سوم.....	135
جدول 7-5: داده های جریان در دوره چهارم.....	136
جدول 7-6: داده های جریان در دوره پنجم.....	136
جدول 7-7: هزینه ثابت تغییر مکان ماشین آلات.....	136

"تجهیزات" به تنهایی می توانند سالانه برای هر سازمان میلیون ها دلار هزینه و یا ذخیره کنند [Richard, 1985]. بنابراین برنامه ریزی چیدمان تجهیزات نقش مهمی در فرایند تولید سازمان ایفا کرده و بطور جدی بر سودآوری آن سازمان تاثیر گذار است. سازمان ها می توانند با چیدمانی مناسب، هزینه های مربوط به انتقال مواد بین تجهیزات را کاهش داده و قدرت رقابت پذیریشان را افزایش دهند [Chen & Rogers, 2009]. به علاوه هزینه های غیرمستقیم هر سازمان با اثربخشی چیدمان آن در ارتباط است [Lacksonen & Ensore, 1993]. از این رو بررسی مسائل مربوط به چیدمان تجهیزات دارای اهمیت بسیاری می باشد.

تحقیقات انجام شده در زمینه چیدمان تجهیزات را می توان به طور کلی در دو طبقه کلی "مسائل چیدمان تجهیزات ایستا" و "مسائل چیدمان تجهیزات پویا" قرار داد؛ به طوری که در مسائل چیدمان تجهیزات ایستا هدف، به دست آوردن چیدمانی است که هزینه انتقال مواد بین تجهیزات را می نیمم کند. فرض اساسی در این تحقیقات آن است که جریان مواد در دوره های برنامه ریزی بدون تغییر بوده و ثابت می ماند. از طرف دیگر "مسائل چیدمان تجهیزات پویا" فرض ثابت بودن جریان مواد را در طول دوره های برنامه ریزی نادیده انگاشته و جریان مواد بین تجهیزات در دوره های مختلف برنامه ریزی را متغیر دانسته و به دنبال یافتن چیدمانی هستند که به طور همزمان:

الف. مجموع هزینه های انتقال مواد، برای تمام دوره ها؛ و

ب. مجموع هزینه های آرایش مجدد بین دوره های زمانی را می نیمم کند.

آنچه مسلم است واقع گرایانه تر بودن مسائل چیدمان تجهیزات پویا نسبت به مسائل ایستا است. اما در یک مساله چیدمان تجهیزات پویا با N دپارتمان و t دوره برنامه ریزی، $(N!)^t$ طرح ممکن بایستی به منظور یافتن جواب بهینه ارزیابی گردد. بنابراین به دست آوردن جواب بهینه برای مسائل بزرگ عملاً امری غیرممکن به نظر می رسد؛ که این پیچیدگی ضرورت توسعه الگوریتم های کارا را برای این مساله ضروری می سازد. این

مساله اولين بار توسط Rosenblatt (1986) مطرح شد و پس از آن محققان با رویکردهای مختلف به موشکافی ابعاد گوناگون آن پرداختند. اما همانطور که Benjaafar و دیگران (2002) مطرح می کنند تحقیقات همچنان نیازمند بهبود است. از اینرو در این تحقیق تلاش می گردد تا الگوریتمی ارائه شود که مسائل چیدمان تجهیزات پویا را به گونه ای کارا حل کند.

برای این منظور در فصل اول این تحقیق به بیان موضوع و ضرورت تحقیق می پردازیم و برخی مسائل و مطالب مرتبط با مسائل چیدمان را برای آمادگی بیشتر ذهن خواننده مطرح می کنیم.

در فصل دوم ابتدا به واژگان و اصلاحات مرتبط با مساله چیدمان و الگوریتم پیشنهادی می پردازیم. سپس مثالی ساده از یک مساله چیدمان تجهیزات پویا و یک مساله چیدمان ایستا را بررسی کرده و به بیان ضرورت توجه به مسائل چیدمان پویا به جای مسائل چیدمان ایستا می پردازیم. در انتهای این فصل مروری کلی خواهیم داشت بر پیشینه مسائل چیدمان تجهیزات پویا. فصل سوم به طرح الگوریتم پیشنهادی می پردازد و مراحل آن را با جزییات و بعضاً در قالب مثال تشریح می کند. در فصل چهارم نتایج حاصل از بکارگیری الگوریتم پیشنهادی در فصل سوم، به همراه سایر جزییات ارائه می گردد. و نهایتاً در فصل پنجم تحقیق، نتایج به دست آمده برای اثبات کارایی الگوریتم با دو تحقیق دیگر مقایسه می شود. این مقایسات دالی هستند بر کارایی الگوریتم پیشنهادی در حل مسائل چیدمان تجهیزات پویا.

واژگان کلیدی: تجهیزات¹؛ چیدمان تجهیزات²؛ مساله چیدمان تجهیزات پویا³؛ تغییر آرایش⁴؛ انتقال مواد⁵؛ افق برنامه ریزی چند دوره ای⁶؛ رویکرد ابتکاری⁷؛ مساله تخصیص کوادراتیک⁸؛ فن شبیه سازی⁹؛

¹ Facilities

² Facility Layout

³ Dynamic Facility Layout Problem

⁴ Rearrangement

⁵ Material Handling

⁶ Multi-period planning horizon

⁷ Heuristic approach

⁸ Quadratic Assignment Problem

⁹ Simulation technique

فصل اول

طرح و

کلیات پژوهش

مقدمه

2|

محیط پویای امروز به وجود آورنده تغییرات سریع در کسب و کار است. در یک سازمان تولیدی که با تغییر و تحولات زیادی مانند تغییرات در نوع و کمیت تقاضا روبرو می باشد، برای حرکت گام به گام با محیط، نیاز است که چیدمان تجهیزات قابلیت تطابق با تغییرات را داشته باشد [Tompkins et al. 2003]. تطابق تجهیزات با تغییرات مداوم نوع و کمیت تقاضا نیازمند جابجایی های مکرر آن ها می باشد که مسلماً دارای هزینه است. از طرفی عدم تغییر مکان تجهیزات هزینه های جابجایی مواد بین تجهیزات را بالا می برد. از این رو یافتن طرحی که بتواند بطور همزمان این دو هزینه را به کمترین حد ممکن برساند دارای اهمیت بسیاری می باشد. مساله چیدمان تجهیزات پویا به دنبال کمینه کردن¹⁰ این هزینه هاست. اما از آن جا که این مساله NP-hard می باشد یافتن راه حل صحیح برای آن کار دشواری است و به همین دلیل محققان بسیاری با استفاده از رویکردهای گوناگون به بررسی آن پرداخته اند. در این تحقیق نیز سعی می شود تا با بکارگیری فن کارای شبیه سازی این مساله مورد بررسی قرار گیرد. برای ورود به این مورد در فصل اول به بیان مساله مذکور و ضرورت و اهمیت آن می پردازیم. اهداف، سوالات و روش تحقیق در این فصل اشاره می شوند. از آن جا که این تحقیق از تحقیقات بنیادین محسوب می گردد، جامعه آماری در آن وجود ندارد.

¹⁰ minimization

1.1 موضوع تحقیق (بیان مساله)

3|

محیط پویای امروز به وجود آورنده تغییرات سریع در کسب و کار است. در یک سازمان تولیدی که با تغییر و تحولات زیادی مانند تغییرات در نوع و کمیت تقاضا روبرو می باشد، برای حرکت گام به گام با محیط، نیاز است که چیدمان تجهیزات قابلیت تطابق با تغییرات را داشته باشد. چیدمان تجهیزات در یک سازمان صنعتی بایستی به اندازه کافی برای سازگاری با تغییرات در طرح محصول، طرح فرایند و طرح زمان بندی منعطف باشد [Tompkins et al. 2003].

از طرف دیگر یکی از عمده ترین مواردی که برای معرفی موفقیت آمیز محصول در بازار بایستی به آن توجهی خاص مبذول داشت، چیدمان کارخانه¹¹ است؛ که می تواند به طور قابل ملاحظه ای در هزینه تولید محصولات موثر باشد. این تاثیر می تواند به عنوان مثال از طریق تغییر در زمان تولید و راه اندازی¹² و افزایش یا کاهش موجودی در جریان حاصل شود و می تواند نهایتاً موجب اثر بخشی یا عدم اثربخشی کل گردد [Dileep, 2009].

قرار دادن تجهیزات در کارخانه، که اغلب به "مسئله چیدمان تجهیزات"¹³ بر می گردد، برای داشتن تاثیری قابل توجه بر هزینه های تولید، کار در جریان¹⁴، زمان تحویل¹⁵ و بهره وری شناخته شده [Drira et.al, 2007] و به همین دلیل دارای اهمیت بسیاری است. قرار دادن مناسب تجهیزات، بهره وری کلی عملیات را باعث می شود و می تواند تا 50% هزینه های عملیاتی را کاهش دهد [Tompkins et. al, 1996].

چیدمان تجهیزات¹⁶ به آرایش¹⁷ یا مرتب کردن ماشین ها، فرایندها، دپارتمان ها، ایستگاه های کاری، انبارها، راهروها و فضای مشترک بین تجهیزات موجود برمی گردد. هدف اصلی تصمیمات چیدمان، اطمینان از یک جریان روان کار، مواد، انسان ها و اطلاعات در میان سیستم است [Russell & TaylorIII,2006, P259].

¹¹ plant layout

¹² Setup Time

¹³ Facility Layout Problem (FLP)

¹⁴ Work-In-Process (WIP)

¹⁵ Lead Time (LT)

¹⁶ Facility Layout