دانشکده مدیریت وحسابداری

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت صنعتی گرایش تحقیق در عملیات

الگوریتمی ابتکاری برای مساله جانمایی پویای تسهیلات با استفاده از روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات و شبیه‌سازی

نگارش

محمد علی زارع شوریجه

استاد راهنما

پرهام عظیمی

استاد مشاور

مقصود امیری

استاد داور

محمدعلی خاتمی فیروزآبادی

زمستان 1390

بسمه تعالی

دانشگاه علامه طباطبائی — شماره :

دانشکده حسابداری و مدیریت — تاریخ :

پیوست:

صورتجلسه دفاعیه پایان نامه تحصیلی

با تائیدات خداوند متعال پایان نامه **آقای محمدعلی زارع شوریجه** دانشجوی **کارشناسی ارشد** رشته **مدیریت صنعتی** گرایش **تحقیق در عملیات** تحت عنوان:

«الگوریتمی ابتکاری برای مسئله جانمایی پویای تسهیلات با استفاده از روش بهینه سازی ازدحام ذرات و شبیه سازی»

که به راهنمایی **آقای دکتر عظیمی** جلسه مورخه **۹۰/۱۱/۳۰** با حضور اعضاء هیات داوران برگزار گردید ضمنا نمره نهایی نامبرده به شرح زیر اعلام می گردد./س

نمره پایان نامه از۱۹	
نمره مقاله از۱	اخذ پذیرش از مجلات علمی ترویجی: ۰/۵ نمره
	اخذ پذیرش ازمجلات علمی پژوهشی: ۱نمره
نمره نهایی	باعدد: ۱۸/۷۵
	با حروف: هجده و هفتاد و پنج صدم

اعضاء هیات داوران :

سمت	نام و نام خانوادگی	امضا
استادراهنما	آقای دکتر عظیمی	
استاد مشاور	آقای دکتر امیری	
استاد داور نماینده تحصیلات تکمیلی	آقای دکتر خاتمی	

نمره ۱۸ تا ۲۰ عالی — نمره ۱۶ تا ۱۷/۹۹ بسیار خوب

نمره ۱۴ تا ۱۵/۹۹ خوب — نمره ۰ تا ۱۱/۹۹ غیر قابل قبول

نمره ۱۲ تا ۱۳/۹۹ قابل قبول

دانشکده مدیریت وحسابداری

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت صنعتی گرایش تحقیق در عملیات

الگوریتمی ابتکاری برای مساله جانمایی پویای تسهیلات با استفاده از روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات و شبیه‌سازی

نگارش

محمد علی زارع شوریجه

استاد راهنما

پرهام عظیمی

استاد مشاور

مقصود امیری

استاد داور

محمدعلی خاتمی فیروزآبادی

زمستان 1390

تقدیم به:

روح پاک بزرگترین آموزگارم

مادربزرگ عزیزم

که درس زندگی‌ام آموخت.

و

آنانی که دوست‌شان دارم

و

آنانی که محبّت‌های بی‌دریغ‌شان همواره شامل حال من بوده است.

تقدیر و تشکر:

ایزد منان را سپاسگزارم که به من توفیق داد در مسیر مقدس علم و پژوهش گام نهم. بر خود واجب می دانم نهایت سپاس و قدردانی را داشته باشم:

- از استاد ارجمند و فرزانه، **جناب آقاي دکتر عظیمی** که به عنوان استاد راهنما با ارشادات عالمانه و راهنمايي‌هاي ارزنده از مرحله انتخاب موضوع تا اتمام پایان‌نامه، اینجانب را مورد عنایت خویش قرار داده اند.

- از استاد ارجمند و فرزانه، **جناب آقاي دکتر امیری** که به عنوان استاد مشاور در طول مدت تهیه پایان‌نامه و نیز دوران تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد، با بذل عنایت و حوصله بسیار، اینجانب را مرهون لطف و ارشادات خردمندانه خویش قرار داده‌اند.

- از استاد بزرگوار جناب آقاي **دکتر خاتمی فیروزآبادی** که در مقام داور این پایان نامه قبول زحمت فرمودند، و نیز در دوران تحصیل بنده در مقطع کارشناسی ارشد در نهایت بزرگواري و متانت، کمال همکاري را با اینجانب داشته اند.

- همچنین از **آقایان دکتر McKendall و Balakrishnan**، از اساتید و محققان بسیار مطرح و صاحب‌نام در زمینه DFLP از دانشگاه‌های West Virginia آمریکا و Calgary کانادا که با ارسال داده‌های مربوط به مسائل نمونه مطالعات خویش و نیز راهنمایی‌های ارزشمندشان اینجانب را یاری رساندند.

- و نیز از کلیه دوستانی که در طول تدوین پایان‌نامه حاضر با نظرات و مساعدت‌های ارزشمند خود اینجانب را یاری فرمودند.

چکیده:

امروزه یکی از ضروریات رویارویی با بی‌ثباتی محیط‌های تولیدی، استفاده از طرح جانمایی پویای تسهیلات است. مساله جانمایی پویای تسهیلات (DFLP)، مساله‌ای بهینه‌سازی است که در جستجوی مناسب‌ترین موقعیت تسهیلات تولیدی برای افقی چنددوره‌ای است، به گونه‌ای که مجموع کل هزینه‌های طرح جانمایی کمینه گردد. این پژوهش، برای نخستین بار، رویکرد شبیه‌سازی و الگوریتم فراابتکاری بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) را برای حل DFLP ترکیب کرده و با اعمال اصلاحاتی در الگوریتم ازدحام ذرات در فضای صفر و یک (BPSO)، الگوریتمی جدید به نام الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات گمارش شده (APSOA) را ارائه داده است، که نتیجه آن اثربخشی هر چه بیشتر PSO در حل DFLP است. نتایج بدست آمده حاصل از آزمون APSOA روی مسائل مختلف DFLP با اندازه‌های کوچک، متوسط و بزرگ، حکایت از عملکرد بسیار خوب آن دارد.

کلیدواژه‌ها: جانمایی تسهیلات، مساله جانمایی پویای تسهیلات (DFLP)، الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات گمارش شده (APSOA)، شبیه‌سازی، مساله تخصیص درجه دوم(QAP).

فهرست مطالب:

فصل اول:
کلیات تحقیق

مقدمه ۲
۱-۱-موضوع تحقیق (بیان مساله) ۳
۱-۲- اهمیت و ضرورت موضوع ۵
۱-۳- تعریف مساله‌ی جانمایی تسهیلات ۶
۱-۳-۱- مدل ریاضی مساله جانمایی تسهیلات ۶
۱-۱-۳-۱- مساله تخصیص درجه دوم ۷
۱-۲-۳-۱- تابع هدف و محدودیت‌ها در مدل ریاضی مسائل جانمایی تسهیلات ۸
۱-۳-۳-۱- فاصله اقلیدسی و راست خطی بین دو مکان ۹
۱-۴-۳-۱- مدل جانمایی ایستای تسهیلات ۱۰
۱-۵-۳-۱- مدل جانمایی پویای تسهیلات ۱۱
۱-۳-۲- رویکردهای گوناگون در حل مسائل جانمایی پویای تسهیلات ۱۳
۱-۴- مفروضات مساله‌ی جانمایی پویا ۱۴
۱-۵- اهداف تحقیق یا نتایج مورد انتظار ۱۴
۱-۶- پرسش های اصلی و فرعی ۱۵
۱-۷- روش انجام تحقیق ۱۵
۱-۷-۱- قلمرو مکانی و جامعه تحقیق ۱۵
۱-۷-۲- قلمرو زمانی تحقیق ۱۵
۱-۷-۳- روش نمونه گیری و تخمین حجم جامعه ۱۵
۱-۷-۴- روش‌های گردآوری و تحلیل داده ها و ابزار مورد استفاده برای آن ۱۶
۱-۸- موانع ومحدودیتهای تحقیق ۱۶
۱-۹- نتیجه‌گیری ۱۷

فصل دوم :
مبانی نظری و پیشینه تحقیق

مقدمه ۱۹
۲-۱-مفاهیم پرکاربرد و واژگان کلیدی تحقیق ۲۰
۲-۱-۱- تسهیلات (تسهیل) ۲۰
۲-۱-۲- جانمایی (چیدمان) تسهیلات ۲۰

۳-۱-۲- مساله تخصیص مکان..... ۲۱
۴-۱-۲- مساله تخصیص..... ۲۳
۵-۱-۲- مساله تخصیص درجه دوم(QAP) ۲۳
۶-۱-۲- مساله NP-hard ۲۵
۷-۱-۲- الگوریتم‌های دقیق..... ۲۵
۸-۱-۲- الگوریتم‌های تقریبی..... ۲۵
۱-۸-۱-۲-الگوریتم‌های ابتکاری (heuristics) ۲۶
۲-۸-۱-۲- الگوریتم‌های فراابتکاری (metaheuristics) ۲۷
۹-۱-۲- مساله جانمایی تسهیلات (FLP) ۲۹
۱-۹-۱-۲- مساله جانمایی ایستای تسهیلات(SFLP) ۲۹
۱-۱-۹-۱-۲- روش‌های مورد استفاده در حل SFLP ۳۰
۲-۱-۹-۱-۲- ایرادهای وارد بر مسائل جانمایی ایستای تسهیلات ۳۲
۲-۹-۱-۲- مساله جانمایی پویای تسهیلات(DFLP) ۳۳
۱-۲-۹-۱-۲- عوامل محرک برای ایجاد یک طرح جانمایی پویا ۳۵
۱۰-۱-۲- الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) ۳۶
۱-۱۰-۱-۲- هوش جمعی ۳۷
۲-۱۰-۱-۲- مدل پایه‌ای PSO و مبانی آن ۳۸
۳-۱۰-۱-۲- مدل PSO صفر و یک ۴۱
۱۱-۱-۲- شبیه‌سازی ۴۲
۱-۱۱-۱-۲- اهمیت شبیه‌سازی ۴۳
۲-۱۱-۱-۲- کاربردهای شبیه‌سازی ۴۴
۳-۱۱-۱-۲-کاربرد شبیه‌سازی در جانمایی پویای تسهیلات ۴۵
۱-۳-۱۱-۱-۲- تشریح یک مساله DFLP ساده ۴۵
۲-۳-۱۱-۱-۲- مدل ریاضی مساله ۴۸
۳-۳-۱۱-۱-۲- مدلسازی مسأله در نرم‌افزار ED. 8.0 ..... ۴۸
۴-۳-۱۱-۱-۲- تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از شبیه‌سازی ۵۱
۲-۲- پیشینه تحقیق..... ۵۳
۱-۲-۲- رویکردهای استفاده شده در حل DFLP..... ۵۳
۱-۱-۲-۲- روش‌های دقیق در حل DFLP ۵۵
۱-۱-۱-۲-۲-برنامه‌ریزی پویا ۵۶
۲-۱-۱-۲-۲- رویکردهای Lacksonen & Enscore (1993) ۵۶
۲-۱-۲-۲- روش‌های ابتکاری در حل DFLP ۵۶
۱-۲-۱-۲-۲- الگوریتم ابتکاری معاوضه دو به دو ۵۶
۲-۲-۱-۲-۲- الگوریتم‌های ژنتیک (GA) ۵۷
۳-۲-۱-۲-۲- جستجوی ممنوع (TS) ۵۸

۴-۲-۱-۲-۲- شبیه‌سازی تبرید (SA) ۵۸
۵-۲-۱-۲-۲- الگوریتم کلونی مورچگان (ACO) ۶۰
۲-۲-۲- برخی دیگر از مطالعات انجام شده ۶۳
۳-۲- نتیجه‌گیری ۶۵

فصل سوم :
روش تحقیق

مقدمه ۶۷
۳-۱- اهداف تحقیق ۶۸
۳-۲- سوالات تحقیق ۶۸
۳-۳- روش انجام تحقیق ۶۸
۱-۳-۳- روش گردآوری اطلاعات و داده‌ها ۶۸
۲-۳-۳- جامعه آماری ۶۹
۳-۳-۳- محدودیت‌های تحقیق ۶۹
۳-۴- مفروضات مساله‌ی جانمایی پویا ۶۹
۳-۵- مساله جانمایی پویای تسهیلات ۷۰
۱-۵-۳- بیان مساله ۷۰
۳-۶- الگوریتم پیشنهادی ۷۲
۱-۶-۳- نقش شبیه‌سازی در الگوریتم پیشنهادی ۷۲
۲-۶-۳- الگوریتم ازدحام ذرات صفر و یک پیشنهادی و گام‌های آن ۷۳
۱-۲-۶-۳- ابتکار و اصلاح صورت گرفته در PSO صفر و یک ۷۳
۲-۲-۶-۳- گام‌های APSOA ۷۸
۳-۷- میزان سازی پارامترها ۸۱
۳-۸- نتیجه‌گیری ۸۳

فصل چهارم :
اجرای الگوریتم پیشنهادی و تجزیه و تحلیل نتایج

مقدمه ۸۵
۴-۱- ملاحظاتی چند برای استفاده از داده‌های ورودی DFLP ۸۶
۴-۲- نتایج به کارگیری الگوریتم پیشنهادی در حل DFLP با اندازه‌های محاسباتی مختلف ۸۶

۴-۲-۱- مساله جانمایی پویای تسهیلات با ۶ مکان (ماشین) و ۵ دوره ۸۷
۴-۲-۲- مساله جانمایی پویای تسهیلات با ۶ مکان (ماشین) و ۱۰ دوره ۸۹
۴-۲-۳- مساله جانمایی پویای تسهیلات با ۱۵ مکان (ماشین) و ۵ دوره ۹۱
۴-۲-۴- مساله جانمایی پویای تسهیلات با ۱۵ مکان (ماشین) و ۱۰ دوره ۹۳
۴-۲-۵- مساله جانمایی پویای تسهیلات با ۳۰ مکان (ماشین) و ۵ دوره ۹۵
۴-۲-۶- مساله جانمایی پویای تسهیلات با ۳۰ مکان (ماشین) و ۱۰ دوره ۹۷
۴-۲-۷- نتایج تطبیقی حاصل از مسائل جانمایی پویای تسهیلات برای ۴۸ مساله نمونه ۹۹
۴-۳- زمان‌های محاسباتی الگوریتم پیشنهادی در حل DFLP ۱۰۳
۴-۴- نتیجه‌گیری ۱۰۵

فصل پنجم :
نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱- خلاصه نتایج بدست آمده از الگوریتم پیشنهادی ۱۰۷
۵-۲- مزایای الگوریتم پیشنهادی ۱۰۸
۵-۳- نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای تحقیقات آینده ۱۰۹

منابع:

منابع
فارسی ۱۱۳
منابع انگلیسی ۱۱۳

ضمیمه:

- **داده‌های مربوط به مساله ۶ ماشین- ۵ دوره و ۶ ماشین- ۱۰ دوره** ۱۲۳

فهرست شکل‌ها

شکل (۱-۱): یک طرح جانمایی پویا با سه دوره و شش مکان ۵
شکل (۲-۱): فاصله اقلیدسی و راست خطی ۹
شکل (۳-۱): جانمایی گسسته ۱۱
شکل (۴-۱): جانمایی پیوسته ۱۳
شکل (۱-۲): عوامل موثر در تغییرات طرح جانمایی ۳۵
شکل (۲-۲): گله ماهیان و پرندگان ۳۶
شکل (۳-۲): هوش جمعی نتیجه اجتماعات و رفتارهای گروهی ۳۷
شکل (۴-۲): به‌روز رسانی سرعت و موقعیت ذره در PSO ۴۰
شکل (۵-۲): بخش‌های مختلف کارخانه فرضی ۴۶
شکل (۶-۲): شکل کلی مدل تولید شده در ED ۴۹
شکل (۷-۲): جدول مربوط به اتم Table، خروجی نرم‌افزار ED نشان‌دهنده نحوه چیدمان در هر دوره ۵۰
شکل (۸-۲): جدول مربوط به اتم Table، خروجی نرم‌افزار ED نشان‌دهنده هزینه‌های تغییر چیدمان ۵۰
شکل (۹-۲): مدل تولید شده در نرم‌افزار ED همراه با جزئیات روابط بین اتم‌ها برای مساله‌ای با ۵ دوره و ۴ ماشین ۵۱
شکل (۱۰-۲): انواع جانمایی ۵۴
شکل (۱-۳): یک طرح جانمایی پویا با سه دوره و شش بخش ۷۱
شکل (۲-۳): نحوه تولید جواب به روش ابتکاری با استفاده از ماتریس Sig(vt) ۷۶
شکل (۳-۳): فلوچارت الگوریتم پیشنهادی ۸۰
شکل (۱-۴): مشخصات رایانه اجراکننده الگوریتم ۱۰۳

فهرست جداول و نمودارها

جدول (۱-۱): نمونه‌ای از جدول از-به جریان مواد..... ۸
جدول (۱-۲): هزینه‌های جابه‌جایی مواد در دوره اول ۴۶
جدول (۲-۲): هزینه‌های جابه‌جایی مواد در دوره دوم..... ۴۶
جدول (۳-۲): هزینه‌های جابه‌جایی مواد در دوره سوم..... ۴۶
جدول (۴-۲): هزینه‌های جابه‌جایی مواد در دوره چهارم..... ۴۷
جدول (۵-۲): هزینه‌های جابه‌جایی مواد در دوره پنجم..... ۴۷
جدول (۶-۲): هزینه‌های جابه‌جایی ماشین‌ها بین بخش‌ها: ۴۷
جدول (۷-۲): آرایش ماشین‌ها در هر دوره برای مساله‌ای با ۵ دوره و ۴ ماشین..... ۵۲
جدول (۸-۲): پیشینه تحقیقات DFLP با رویکرد زمانی فهرست..... ۶۱
جدول (۱-۴): نتایج حاصل از مساله جانمایی پویای تسهیلات با ۶ مکان (ماشین) و ۵ دوره (شماره مساله: ۱) ۸۸
جدول (۲-۴): نتایج حاصل از مساله جانمایی پویای تسهیلات با ۶ مکان (ماشین) و ۱۰ دوره (شماره مساله: ۱۰) ۹۰
جدول (۳-۴): نتایج حاصل از مساله جانمایی پویای تسهیلات با ۱۵ مکان (ماشین) و ۵ دوره (شماره مساله: ۲۴) ۹۲
جدول (۴-۴): نتایج حاصل از مساله جانمایی پویای تسهیلات با ۱۵ مکان (ماشین) و ۱۰ دوره (شماره مساله: ۳۲) ۹۴
جدول (۵-۴): نتایج حاصل از مساله جانمایی پویای تسهیلات با ۳۰ مکان (ماشین) و ۵ دوره (شماره مساله: ۴۰) ۹۶
جدول (۶-۴): نتایج حاصل از مساله جانمایی پویای تسهیلات با ۳۰ مکان (ماشین) و ۱۰ دوره (شماره مساله: ۴۸) ۹۸
جدول (۷-۴): نتایج تطبیقی حاصل از مسائل جانمایی پویای تسهیلات با اندازه کوچک (۶ مکان (ماشین)) ۱۰۰
جدول (۸-۴): نتایج تطبیقی حاصل از مسائل جانمایی پویای تسهیلات با اندازه متوسط (۱۵ مکان (ماشین)) ۱۰۱
جدول (۹-۴): نتایج تطبیقی حاصل از مسائل جانمایی پویای تسهیلات با اندازه بزرگ (۳۰ مکان (ماشین)) ۱۰۲
جدول (۱۰-۴): میانگین زمان‌های محاسباتی مسائل نمونه..... ۱۰۴
جدول (۱-۵): خلاصه نتایج حاصل از مسائل نمونه جانمایی پویای تسهیلات با اندازه‌های مختلف کوچک، متوسط و بزرگ..... ۱۰۷
جدول (۱-ضمیمه۱): داده‌های مربوط به مساله ۶ ماشین- ۵ دوره..... ۱۲۳
جدول (۲-ضمیمه۱): داده‌های مربوط به مساله ۶ ماشین- ۱۰ دوره..... ۱۲۵
جدول (۳-ضمیمه۱): داده‌های مربوط به فاصله بین مکان‌ها..... ۱۲۷
نمودار (۱-۴): همگرایی جواب‌های متوالی الگوریتم پیشنهادی APSOA برای DFLP با ۶ مکان (ماشین) و ۵ دوره..... ۸۹
نمودار (۲-۴): همگرایی جواب‌های متوالی الگوریتم پیشنهادی APSOA برای DFLP با ۶ مکان (ماشین) و ۱۰ دوره..... ۹۱
نمودار (۳-۴): همگرایی جواب‌های متوالی الگوریتم پیشنهادی APSOA برای DFLP با ۱۵ مکان (ماشین) و ۵ دوره..... ۹۳
نمودار (۴-۴): همگرایی جواب‌های متوالی الگوریتم پیشنهادی APSOA برای DFLP با ۱۵ مکان (ماشین) و ۱۰ دوره..... ۹۵
نمودار (۵-۴): همگرایی جواب‌های متوالی الگوریتم پیشنهادی APSOA برای DFLP با ۳۰ مکان (ماشین) و ۵ دوره..... ۹۷
نمودار (۶-۴): همگرایی جواب‌های متوالی الگوریتم پیشنهادی APSOA برای DFLP با ۳۰ مکان (ماشین) و ۱۰ دوره..... ۹۹

فصل اول
کلیات تحقیق

مقدمه

جانمایی تسهیلات نقش بسزایی در فرایند تولید بازی می‌کند و تاثیرات بسیار زیادی بر بهره‌وری شرکت‌ها دارد. طرح جانمایی انتخاب شده برای یک شرکت، روابط بین فعالیت‌هایی که همراه با انتقال مواد هستند را مشخص می‌کند. جانمایی تسهیلات و فعالیت‌های مربوط به جابه‌جایی مواد کاملاً با هم مرتبط می باشند و مستقیماً بر یکدیگر اثر می-گذارند و هرگز نمی‌توان یکی از این دو را بدون در نظر گرفتن دیگری مورد تحقیق و بررسی قرار داد. یک طرح جانمایی مناسب می‌تواند هزینه‌های کل جابه‌جایی مواد و فواصل بین محل‌های قرار گرفتن تسهیلاتی را که با هم مواد مبادله می‌کنند و نیز زمان چرخه تولید را حداقل سازد و بنابراین برای ایجاد یک طرح جانمایی جدید در نظر گرفتن جابه‌جایی مواد امری کاملاً اجتناب ناپذیر است.

در اقتصاد امروز جهان، کارخانجات تولیدی می‌بایست قادر به انجام اثربخش کارها و پاسخگویی سریع به تغییرات درتقاضا و نیز تغییرات در سبد محصول باشند. این تغییرات موجب تغییر در جریان مواد بین بخش[1]ها و تسهیلات[2] مختلف تولیدی می‌گردد. تغییر درجریان مواد می‌تواند تغییر درآرایش و جانمایی تسهیلات را به مدیران یا مهندسان تولید تحمیل کند (McKendall, Shang, & Kuppusamy, 2006). با پیش‌بینی این تغییرات و استفاده از نتایج حاصل از این پیش‌بینی‌ها می‌توان طرح‌های مختلف جانمایی تا چند دوره دیگر را برنامه‌ریزی نمود. از طرفی از آنجا که هزینه‌های تغییر آرایش تسهیلات بخش اعظمی از هزینه‌های کل طرح‌های جانمایی را شامل می‌شود، بنابراین لزوم یافتن طرحی بهینه امری بسیار ضروری است تا از اتلاف منابع و هزینه‌های صورت گرفته در این راه جلوگیری کند.

تاکنون مطالعات زیادی در مورد یافتن طرح‌های جانمایی چند دوره‌ای و برنامه‌ریزی پویای تسهیلات برای چندین دوره انجام گرفته است. در تحقیق حاضر سعی بر آن است تا روشی جدید برای استفاده در این نوع برنامه‌ریزی چند دوره‌ای ارائه شود. در فصل اول این تحقیق به کلیاتی از موضوع، اهمیت، ضرورت، اهداف، روش و محدودیت‌های تحقیق حاضر و نیز کلیاتی از مساله جانمایی پویای تسهیلات اشاره می شود.

1 Department
2 Facilities

۱-۱-موضوع تحقیق (بیان مساله)

در عصرحاضر دگرگونی سریع و دوره‌ای تقاضا موجب تغییر مستمر در حجم و نوع کالاهای تولیدی کارخانجات در طول زمان می‌شود. تغییر در حجم و نوع تولیدات باعث تغییر در حجم و نوع مواد اولیه مورد نیاز جهت تولید و نیز تغییر در جانمایی تسهیلات و تجهیزات تولید کالاها و به تبع آن هزینه‌های جابه‌جایی مواد بین این تسهیلات می‌گردد. یک طرح جانمایی تسهیلات، آرایشی است از هر چیز مورد نیاز برای تولید کالا یا ارائه خدمات. تسهیل (تسهیلات) موجودیتی است که انجام کاری را امکان‌پذیر یا آسان‌تر می‌کند، که می‌تواند یک ماشین، ابزار، ایستگاه کاری، سلول تولیدی، بخش، انبار و غیره باشد (Drira, Pierreval, & Hajri-Gabouj, 2007). تسهیل می‌تواند یک کارخانه تولیدی، ساختمان اداری یا خدماتی باشند (McKendall et al., 2006). یک طرح جانمایی خوب می‌تواند تا ۵۰٪ از هزینه‌های عملیاتی را بکاهد (Tompkins et al., 1996). آرایش اثربخش منابع (به عنوان مثال، ماشین‌ها، بخش‌ها یا نیروی کار) درون تسهیل منجر به یک جریان کاری بسیار هماهنگ بین منابع می‌شود. معمولاً مسائل جانمایی مربوط به تعیین محل و موقعیت تسهیلات (مثل ماشین‌ها و بخش‌ها) می‌باشند (Drira et al., 2007). برای تسهیلات تولیدی، هزینه جابه‌جایی مواد[3] مهمترین شاخص برای تعیین اثربخشی یک جانمایی است زیرا این هزینه ۵۰-۲۰ درصد کل هزینه‌های عملیاتی و ۷۵-۱۵ درصد کل هزینه‌های تولید یک محصول را شامل می‌شود (Tompkins et al., 1996). یک جانمایی مناسب برای تسهیلات، کارکرد سایر عملیاتی که بستگی به جریان کاری دارند را نیز بهبود می‌دهد (Drira et al., 2007).

«مساله جانمایی تسهیلات»[4] (FLP) یعنی تعیین اثربخش‌ترین آرایش بخش‌ها درون یک تسهیل (McKendall et al., 2006). Lee & Lee (2002) مساله جانمایی تسهیلات را چیدن n تسهیل با طول و عرض‌های مختلف در یک فضای کلی مفروض با طول و عرض محدود، به طوری‌که هزینه‌های کل حمل مواد و هزینه فضای بلااستفاده حداقل گردد، تعریف کردند. Shayan & Chittilappilly (2004) مساله جانمایی تسهیلات را چنین تعریف می‌کنند: مساله‌ای بهینه‌سازی که تلاش می‌کند با در نظر گرفتن تعاملات بین تسهیلات و سیستم‌های حمل مواد، چیدمان‌هایی هرچه‌کاراتر در هنگام طراحی ایجاد کند. درصورتی که این مساله تنها برای یک دوره تولیدی مورد بررسی قرارگیرد آن را «مساله جانمایی ایستای تسهیلات[5]» (SFLP) می‌نامند (McKendall et al., 2006).

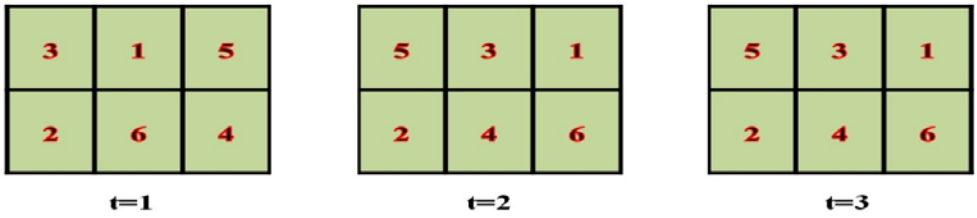
یکی از عوامل تاثیرگذار بر مسائل جانمایی تسهیلات سیر تکاملی جانمایی[6] است. منظور از سیر تکاملی جانمایی آن است که آیا مساله جانمایی حالتی ایستا دارد یا پویا (Drira et al., 2007). زمانی که جریان مواد بین بخش‌ها، درطی یک

3 Material Handling Cost
4 Facility Layout Problem
5 Static Facility Layout Problem
6 Layout Evolution

افق برنامه‌ریزی تغییر می‌کند، SFLP پویا می‌گردد و این مساله تحت عنوان «مساله جانمایی پویای تسهیلات[7]» (DFLP) شناخته می‌شود. افق برنامه‌ریزی به تعدادی دوره تقسیم می‌شود و جریان داده‌های مربوط به هردوره پیش-بینی می‌شود و فرض می‌گردد که جریان داده‌ها در طول هردوره ثابت می‌ماند. بنابراین مساله جانمایی تسهیلات درهر دوره یک SFLP است. سری جانمایی‌های ایجاد شده در کل افق برنامه‌ریزی ممکن است هزینه‌های جابه‌جایی مواد کمی داشته باشد اما می‌تواند هزینه‌های تغییر آرایش بسیار بالایی در پی داشته باشد، به نحوی که حتی تغییر در جانمایی‌ها مقرون به صرفه نباشد. بنابراین جواب SFLP به معنای یک جانمایی واحد است، درصورتی که جواب نهایی DFLP یک برنامه‌ریزی جانمایی برای چندین دوره و به عبارتی یک سری جانمایی‌هاست که هر کدام از آنها با یک دوره متناظر است (McKendall et al., 2006). Gupta & Seifoddini (1990) بیان کردند که یک سوم شرکت‌های آمریکایی مجبورند هر دو سال یک بار تسهیلات خودرا بازسازماندهی[8] کنند. مسائل جانمایی پویا، تغییرات ممکن در جریان حمل مواد در دوره‌های مختلف را در نظر می‌گیرند. اخیراً محققان زیادی چون Balakrishnan & Cheng (2000)؛ Baykasoğlu & Gindy (2001)؛ Balakrishnan, Cheng, Conway & Lau (2003)؛ Dunker, Radonsb & Westkamper (2005) و Pillai , Hunagund & Krishnan (2011) به مسائل جانمایی پویای تسهیلات پرداخته‌اند.

در این نوع مسائل عموماً افق برنامه‌ریزی به چندین دوره قسمت می‌شود که این دوره‌ها می‌توانند هفته، ماه یا سال باشند. شکل(۱-۱) یک مساله ساده جانمایی پویا با سه دوره و شش تسهیل (ماشین) را نشان می‌دهد. برای هر دوره داده‌های برآورد شده مربوطه ثابت فرض می‌شود. در این حالت برای هر دوره یک طرح جانمایی مناسب پیشنهاد می‌گردد. هدف یک مساله جانمایی پویا می‌تواند تعیین یک طرح جانمایی برای هر دوره درافق برنامه‌ریزی باشد، طوریکه مجموع هزینه‌های جابه‌جایی مواد برای تمام دوره‌ها و نیز مجموع هزینه‌های چینش یا آرایش مجدد[9] تسهیلات بین دوره‌های مختلف افق برنامه‌ریزی حداقل گردد (Baykasoglu Dereli & Sabuncu, 2006). هزینه‌های آرایش مجدد زمانی باید در نظر گرفته شود که تسهیلات می‌بایست از یک دوره به دوره‌ی بعد، حرکت داده شوند و این حرکت هزینه‌هایی را به دنبال داشته باشد (Baykasoglu & Gindy, 2001). هزینه‌های تغییر آرایش دربرگیرنده‌ی هزینه‌ی نیروی کار، هزینه‌ی تجهیزات و هزینه‌ی زیان تولید می‌باشد (McKendall et al., 2006).

7 Dynamic Facility Layout Problem
8 Reorganization
9 Rearrangement



شکل (۱-۱): یک طرح جانمایی پویا با سه دوره و شش مکان

۲-۱- اهمیت و ضرورت موضوع

یکی از عمده ترین مواردی که برای معرفی موفقیت‌آمیز محصول در بازار بایستی به آن توجهی خاص مبذول داشت، جانمایی کارخانه[10] است. طراحی یک کارخانه تولیدی مستلزم اتخاذ تصمیماتی است که هر کدام از آن ها به طور خاص در سودآوری سازمان موثر واقع می شود. در کنار ملاحظات مالی، عوامل متعددی در زمان و هزینه تولید محصول موثر واقع می شوند. یکی از مهمترین این عوامل طراحی جانمایی تجهیزات 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 اندازی[11] و افزایش یا کاهش موجودی در جریان حاصل شود و می تواند نهایتاً اثر بخشی یا عدم اثربخشی کلی را منجر شود (Sule, 2009). از طرفی کارخانجات تولیدی بایستی قادر به واکنش سریع به تغییرات در ترکیب محصول و تقاضا با ایجاد کمترین هزینه های انتقال مواد و جابجایی تجهیزات باشند.

قرار دادن مناسب تجهیزات، بهره وری کلی عملیات را باعث می شود و می تواند تا ۵۰٪ هزینه های عملیاتی را کاهش دهد. به همین دلیل با توجه به این که مساله جانمایی پویا موضوعی نسبتا جدید در ادبیات مدیریت تولید و مهندسی صنایع می باشد، تحقیقات نسبتاً زیادی در این ارتباط انجام گرفته اند که در بخش های بعدی اشاره خواهد شد. مسائل جانمایی با ویژگی پیچیده بودن شناخته شده‌اند و عموماً *NP-hard* هستند که حل آن ها را با روش های دقیق دچار مشکل می سازد (Drira et al., 2007). سوال اساسی در این مورد این است که چگونه مکان تجهیزات را انتخاب و تجهیزات را به فضای در دسترس تخصیص دهیم که کل هزینه عملیات (شامل هزینه انتقال مواد بین تجهیزات و هزینه جابجایی تجهیزات در صورت نیاز) حداقل شود (Sule, 2009).

یکی از موارد اهمیت طراحی جانمایی تاثیر متقابلی است که بر سیستم حمل و نقل مواد دارد (Sule, 2009). جانمایی تجهیزات به آرایش یا مرتب کردن ماشین ها، فرایندها، دپارتمان ها، ایستگاه های کاری، انبارها، راهروها و فضای

10 Plant Layout
11 Setup Time

مشترک بین تجهیزات موجود برمی گردد. هدف اصلی تصمیمات جانمایی، اطمینان از یک جریان روان کار، مواد، انسان ها و اطلاعات در میان سیستم است. جانمایی موثر هزینه انتقال مواد را حداقل، از فضا بطور موثر استفاده می‌کند، موجب بکارگیری موثر افراد می شود، گلوگاه ها را حذف می کند، ارتباط و تقابل بین کارگران، بین کارگران و مافوق ها و بین کارگران و مشتریان را تسهیل می‌کند، زمان چرخه تولید و زمان خدمت‌رسانی به مشتری را کاهش می دهد، باعث حذف حرکات اضافی می شود، ورود، خروج و مکان یابی مواد، محصولات و افراد را تسهیل می کند، ایمنی و معیارهای امنیتی را فراهم می‌نماید، باعث افزایش کیفیت کالاها و خدمات می شود، فعالیت‌های نگهدارنده مناسب را تشویق، عملیات کنترل بصری را تسهیل می‌کند، منجر به انعطاف پذیری بیشتری برای انطباق با شرایط متغیر می‌شود و ظرفیت تولید را افزایش می‌دهد (Russell & Taylor, 2006).

Tompkins et al. (1996) تخمین زده اند که ۲۰ تا ۵۰ درصد هزینه های تولیدی مربوط به مدیریت و حمل و نقل قطعات است و بنابراین یک سازماندهی خوب وسایل حمل و نقل ممکن است این هزینه ها را ۱۰ تا ۳۰ درصد کاهش دهد (Drira et al., 2007). تأثیرات متقابل مساله جانمایی و سیستم حمل و نقل مواد از دیگر مواردی است که در ادبیات به آن اشاره شده است یعنی جانمایی تجهیزات حتی انتخاب وسیله انتقال را تحت تاثیر می دهد (Co, Wu, & Reisman, 1989). تحقیق حاضر قصد دارد با بکارگیری و تلفیق تکنیک‌های کارایی همچون شبیه سازی و الگوریتم جدید PSO مساله جانمایی پویا را حل کند.

۱-۳- تعریف مساله‌ی جانمایی تسهیلات

همانطور که پیش از این نیز ذکر شد، مساله جانمایی عبارتست از تخصیص N تسهیل یا ماشین یا... به N مکان. تعداد جواب‌های ممکن یا طرح‌های جانمایی برای یک مساله نمونه با N بخش (ماشین) و T دوره $(N!)^T$ می‌باشد، بنابراین تنها مسائل کوچک را می‌توان در یک زمان محاسباتی منطقی به صورت بهینه حل نمود. از این‌رو، بیشتر محققان از روش‌های ابتکاری و فراابتکاری استفاده می‌کند (McKendall et al., 2006).

۱-۳-۱- مدل ریاضی مساله جانمایی تسهیلات

مسائل جانمایی تسهیلات به چندین روش از جمله مساله تخصیص درجه دوم (کوادراتیک) (QAP)[۱۲] ، مدل برنامه‌ریزی عددصحیح مختلط[۱۳] (MIP)، مدل پوشش مجموعه درجه دوم[۱۴] و همچنین مدل برنامه‌ریزی غیرخطی، قابل مدل شدن

12 Quadratic Assignment Problem