

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

## دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی صنایع

پایان نامه کارشناسی ارشد

حل مسئله چیدمان تسهیلات چند دوره‌ای با در نظر

گرفتن ارزش زمانی پول

استاد راهنما اول:

آقای دکتر بهزاد اشجری

استاد راهنما دوم:

آقای دکتر ایرج مهدوی

دانشجو:

علی کیوانی

شهریورماه ۱۳۹۱

تقدیم به:

مادر عزیزم

که همواره راهنمایی‌هایش، روشنگر راه و دعاهایش بدرقه راهم بوده است.

و پدر عزیزم

که لحظه لحظه زندگی‌م را به ایشان مدیونم و از خدای متعال شادی روح ایشان را خواستارم.

## سپاس و قدردانی

انجام این تحقیق و تدوین پایان نامه حاضر بدون راهنمایی‌های ارزنده اساتید بزرگوار جناب آقای دکتر بهزاد اشجری و جناب آقای دکتر ایرج مهدوی ممکن نبود. بدینوسیله صمیمانه از زحمات ایشان تشکر و قدردانی می‌کنم و برای ایشان آرزوی موفقیت روز افزون دارم.

همچنین از دوستان عزیزم آقایان، مهندس مرتضی پور اسماعیلی، صالح پویان فر، میلاد همتیان و امیر اردستانی که در تدوین و نگارش این پایان نامه به بنده یاری رساندند کمال تشکر را دارم.

## چکیده:

مسئله چیدمان تسهیلات پویا در حقیقت توسعه یافته مدل چیدمان تسهیلات ایستا است با این فرض که جریان حمل و نقل بین بخش ها در دوره های مختلف افق برنا مه ریزی مدام در حال تغییر است که خود به سبب عواملی چون ۱- تغییر طراحی در محصولات جدید ۲- اضافه کردن محصولی جدید یا حذف کردن محصول قدیمی جایگزینی ۳- تجهیزات موجود تولید ۴- کوتاه شدن چرخه عمر محصول ۵- تغییر در مقدار تولید و برنامه زمان بندی مرتبط با آن، می باشد.

از طرفی با توجه به این موضوع که در هر دوره تغییرات خاصی در چیدمان بین بخش ها متناسب با جریان پیش بینی شده بین آنها خواهیم داشت هزینه مرتبط به این چیدمان مجدد نیز باید لحاظ گردد. اهمیت پرداختن به مسائل چیدمان پویا از آنجا معلوم میشود که بدانید سالانه میلیاردها دلار صرف تعیین نوع چیدمان در صنایع تولیدی و خدماتی میشود ویا برای چیدمان مجدد متناسب با نیازمندی های صنایع مختلف هزینه میشود. ۲۰ تا ۵۰ درصد کل هزینه های تولید درون یک کارخانه تولیدی مربوط به هزینه های حمل و نقل میباشد. این امر سبب میشود که در صورت عدم بهینه بودن چیدمان دپارتمان های مختلف مبالغ هنگفتی صرف مواد و در نتیجه افزایش قیمت تمام شده محصول گردد.

در شرایط واقعی در صورتی که جریان حمل و نقل بین بخشها برای مدت زمان زیادی تغییر نکند مسائل چیدمان ایستا می توانند جوابگوی نیاز ما باشند یا در صورتی که هزینه تغییر مکان هر دپارتمان نسبت به سایر هزینه های حمل و نقل پایین باشد معمولا ترجیح میدهیم که متناسب با تغییر جریان در هر دوره برنامه ریزی به صورت غیر پویا (ایستا) چیدمان دپارتمان ها را تغییر دهیم.

اما با توجه به این موضوع که امروزه اغلب محیط های کاری در حال تغییر هستند بررسی چیدمان مسائل پویا ضروری به نظر میرسد. در چیدمان تسهیلات چنددوره ای، چندین دوره تولید در نظر می گیرد و چیدمان تسهیلات برای هر دوره با ایجاد تعادل بین هزینه های حمل و نقل و چیدمان مجدد صورت می گیرد. در این پایان نامه به مسائل چیدمان تسهیلات پویا از دیدگاه ارزش زمانی پول پرداخته میشود.

ارزش زمانی پول در واقع در نظر گرفتن تورم در قدرت خرید افراد می باشد. بطور مثال ۱۰۰۰ تومان در حال حاضر با نرخ تورم ۲۰٪ برابر ۱۲۰۰ تومان در سال آینده ارزش دارد. پول میتواند به عنوان یکی از عوامل تولید در چرخه تولید قرار گیرد و ایجاد ارزش افزوده کند. این توانایی از یک سو وجود تورم از سوی دیگر دو عامل اصلی در تغییر ارزش اقتصادی پول در طول زمان هستند. در نظر گرفتن ارزش زمانی پول در پروژه بلند مدت این کمک را به کارشناسان تصمیم گیری می کند که توجه پذیری یک پروژه را بررسی نمایند و بتوانند هر پروژه را با پروژه های جایگزین مقایسه نمایند، این مهم سبب تعریف این پایان نامه گردیده است.

در بیشتر پژوهش هایی که در زمینه چیدمان تسهیلات چند دوره ای انجام شده است، بندرت تأثیر فاکتورهای اقتصاد مهندسی همانند ارزش زمانی پول، *Time value of money* دیده شده است و این در حالی است که معمولا هزینه انتقال بخش ها و جابجایی مواد بین بخش ها در دوره های مختلف زمانی ثابت در نظر گرفته نمی شود و به این علت در بلند مدت پروژه های چیدمان تسهیلات تحت تأثیر تغییرات ارزش پول قرار می گیرند در این پایان نامه مدل های پیشنهادی با توجه به این که هزینه ها در واقع تابعی از گذر زمان میباشد به ارائه الگویی جدید می پردازند.

الگوهای جدید به مراتب پیچیده تر از الگوی اولیه مسئله چیدمان پویا می باشد و قطعا در حل مسائلی با ابعاد بزرگ میا یست از تکنیکها و الگوریتم های ابتکاری استفاده کرد. در این پایان نامه ابتدا به بررسی مدل های ریاضی و در ادامه استفاده از الگوریتم های ابتکاری در حل این مسائل را پیشنهاد میدهیم.

**کلمات کلیدی:** چیدمان تسهیلات، چیدمان تسهیلات چند دوره ای، ارزش زمانی پول، برنامه ریزی عدد صحیح مختلط

## فهرست مطالب

### عنوان

### صفحه

#### فصل اول: مقدمه و کلیات

۱	۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱ تعریف چیدمان
۵	۳-۱ اهداف اساسی چیدمان
۵	۴-۱ فاکتورهای عملیاتی برای ماکزیمم کردن کارایی تسهیلات
۶	۵-۱ انواع رویکردها در حل مسائل چیدمان تسهیلات
۶	۶-۱ تقسیم بندی انواع مسائل چیدمان تسهیلات
۶	۱-۶-۱ از دیدگاه شکل دپارتمان
۷	۲-۶-۱ از دیدگاه جریان مواد
۸	۳-۶-۱ از دیدگاه مسئله تسمیم گیری

#### فصل دوم: مرور ادبیات

۱۰	۱-۲ مرور ادبیات تسهیلات تک دوره ای
۱۲	۲-۲ مرور ادبیات تسهیلات چند دوره ای
۱۵	۳-۲ ادغام مسئله چیدمان تسهیلات چند دوره ای
۱۶	۴-۲ ضرورت طرح مسئله
۱۹	۵-۲ روش تحقیق در این پایان نامه

#### فصل سوم: مدل سازی ریاضی و ارائه الگوریتم ممیتیک و شبیه سازی تبرید

۲۰	۱-۳ مدل سازی ریاضی موجود در ادبیات مسئله تخصیص درجه دوم
۲۳	۲-۳ ارائه مدل ریاضی برای مسئله چیدمان تسهیلات چند دوره ای

- ۳-۳ ارائه مدل ریاضی برای مسئله چیدمان تسهیلات چند دوره ای با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول ۲۵
- ۳-۴ ارائه مدل ریاضی برای ادغام مسئله چیدمان تسهیلات چند دوره ای و مسئله نقات گذاشت و برداشت مواد با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول ۲۶
- ۳-۵ مدل ریاضی برای مسئله چیدمان تسهیلات چند دوره ای به صورت دو سطحی با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول ۲۹
- ۳-۶ ارائه الگوریتم ممتیک ۳۱
- ۳-۶-۱ تعریف کروموزم و کد گذاری مسئله ۳۵
- ۳-۶-۲ تولید جمعیت اولیه ۳۶
- ۳-۶-۳ تعیین تابع شایستگی - تابع برازندگی ۳۷
- ۳-۶-۴ عملگر انتخاب والدین ۳۸
- ۳-۶-۵ عملگر تقاطع ۳۸
- ۳-۶-۶ عملگر جهش ۴۰
- ۳-۶-۷ تعیین پارامترهای الگوریتم ژنتیک ۴۱
- ۳-۶-۸ جستجوی محلی ۴۱
- ۳-۷ الگوریتم شبیه سازی تبرید ۴۲
- ۳-۷-۱ تعیین پارامترهای الگوریتم شبیه سازی تبرید ۴۳

### فصل چهارم: تحلیل نتایج و محاسبات عددی

- ۴-۱ نتایج محاسباتی ۴۴
- ۴-۱-۱ نتایج محاسباتی با نرخ تورم صفر (بدون لحاظ کردن ارزش زمانی پول) ۴۵
- ۴-۱-۲ نتایج محاسباتی با نرخ تورم غیر صفر (با لحاظ کردن ارزش زمانی پول) ۴۸

### فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات تحقیقات آتی

- ۵-۱ جمع بندی و نتیجه گیری ۶۱
- ۵-۲ پیشنهادات و تحقیقات آتی ۶۱

## فصل ششم: پیوست

- ۵۲ ۱-۶ الگوریتم ژنتیک
- ۶۵ ۲-۶ الگوریتم شبیه سازی شده تبرید
- ۶۹ ۳-۶ نمونه مسائل چیدمان تسهیلات چند دوره ای
- ۷۸ ۴-۶ کد lingo برای مدل ریاضی مسأله چیدمان تسهیلات چند دوره ای با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول
- ۸۲ ۵-۶ کد gams برای مدل ریاضی ادغام مسأله چیدمان تسهیلات چند دوره ای و مسأله نقاط گذاشت و برداشت مواد با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول:
- ۸۵ ۶-۶ کد gams ارائه مدل ریاضی برای مسأله چیدمان تسهیلات چند دوره ای به صورت دو سطحی با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول
- ۸۸ ۷-۶ کد matlab برای الگوریتم شبیه سازی شده تبرید
- ۹۳ ۸-۶ کد matlab برای الگوریتم ممیک طراحی شده
- ۱۱۶ **مراجع و ماخذ**
- ۱۲۰ **فهرست علائم و اختصارات**



## پیشگفتار:

در این پایان نامه سعی بر این است که برای مسأله چیدمان تسهیلات چند دوره‌ای با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول مدل ریاضی ارائه گردید. روش تحقیق در این پایان نامه به صورت زیر بیان می‌گردد: ابتدا مدل ریاضی چیدمان تسهیلات چند دوره‌ای موجود در ادبیات موضوع را گسترش داده و ارزش زمانی پول را در این مدل در نظر می‌گیریم.

سپس مدل ریاضی برای مسأله چیدمان تسهیلات چند دوره‌ای را با مسأله مکان‌یابی نفاذ گذاشت و برداشت مواد ادغام کرده است و ارزش زمانی پول را در این مدل در نظر می‌گیریم.

در این مدل در هر یک از نقاط گذاشت و برداشت مواد، دستگاهی که می‌تواند یکی از ۳ ظرفیت کم حجم، حجم متوسط و حجم نامحدود را داشته باشد، قرار گیرد. هزینه سرمایه اولیه هر دستگاه با افزایش ظرفیت آن افزایش می‌یابد. همچنین دستگاه با ظرفیت بیشتر سعی در متمرکز کردن انتقال مواد و در نتیجه کاهش هزینه طی دوره حمل و نقل می‌کند. به علت پیچیدگی بسیار بالای این مسأله به ارائه مدل ریاضی اکتفا می‌کنیم.

و در نهایت در مدل آخر مدلی برای حل مسأله چیدمان تسهیلات چند دوره‌ای در دو سطح با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول ارائه می‌دهیم در واقع برای رفع مشکل کمبود زمین در ساختن یک کارخانه می‌توانیم از چند طبقه برای استقرار دپارتمان هایمان استفاده کنیم و از این مدل می‌توانیم استفاده کنیم در این مدل نیز به دنبال پیدا کردن نقطه تعادل بین هزینه اولیه هر دوره (هزینه جابجایی ماشین آلات (چیدمان مجدد) و هزینه در حین پروژه (هزینه حمل و نقل مواد و جابجایی مواد) هستیم با این تفاوت که هزینه جابجایی در هر سطح لزوماً با هم مساوی نیستند. در این مسأله نیز به ارائه مدل ریاضی اکتفا می‌کنیم.

در مرحله دوم پس از ارائه ۳ مدل فوق برای مدل اول با توجه به ماهیت مسأله که حالت خاصی از مسأله تخصیص درجه دو می‌باشد، پیش‌بینی می‌شود که نیازمند ارائه الگوریتم‌های ابتکاری یا فراابتکاری باشد. بنابراین در ادامه پایان نامه سعی می‌گردد تا الگوریتم فراابتکاری برای حل مسأله طراحی گردد به علت پیچیدگی مسأله، برای حل نمونه مسائل در ابعاد بزرگ الگوریتم ممتیک و الگوریتم شبیه‌سازی تبرید ارائه گردید. این الگوریتم‌ها با الگوریتم‌های موجود در ادبیات چیدمان تسهیلات چند دوره‌ای در حالتی که نرخ تورم برابر صفر است (بدون در نظر گرفتن ارزش زمانی پول) مقایسه می‌گردند

فصل‌های این تحقیق بصورت زیر سازماندهی شده است:

فصل اول مقدمه و کلیات

فصل دوم: به مرور ادبیات و کارهای انجام شده در این زمینه می‌پردازد.

فصل سوم، مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط برای مسأله تعیین چیدمان تسهیلات چند دوره‌ای با ارزش زمانی پول به همراه الگوریتم ممتیک و شبیه‌سازی تبرید برای حل نمونه مسائل در ابعاد بزرگ را ارائه می‌دهد.

فصل چهارم: محاسبات عددی و تحلیل نتایج در فصل چهارم نشان داده می‌شود

فصل پنجم: در نهایت در فصل پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی بیان می‌گردد.

# فصل اول

## مقدمه و کلیات

### ۱-۱- مقدمه

تعیین مکان دپارتمان‌ها در کارخانه‌ها، مراکز خدماتی، بیمارستان‌ها و ... که همان طراحی چیدمان نامیده می‌شود، از جمله مشکلات معمولی است که مهندسين صنايع با آن برخورد می‌کنند. در واقع چیدمان، یکی از بزرگترین عواملی است که روی کارایی یک کارخانه‌ی تولیدی و ... تاثیر می‌گذارد. یک چیدمان تسهیلات<sup>۱</sup> ضعیف، بیانگر این است که صرفنظر از سایر فاکتورها، تسهیلات مورد نظر ناکاراً خواهد بود. هر دپارتمان به یک حداقل فضا نیاز داشته و با بقیه دپارتمان‌ها نیز تراکنش دارد. این تراکنش‌ها که ممکن است به صورت جریان مواد، منابع و یا جریان اطلاعات باشند، باید مد نظر قرار گیرند تا کارآترین چیدمان (البته با در نظر گرفتن محدودیت‌های محاسباتی) به دست آید. هدف کلی از طراحی چیدمان، توسعه یک چیدمان کارآ و موجه<sup>۲</sup> می‌باشد که کارایی ذکر شده، با بررسی نحوه‌ی استقرار دپارتمان‌ها و در نظر گرفتن این نکته که تراکنش‌های مذکور چگونه اتفاق می‌افتد، سنجیده می‌شود. شدنی بودن یک چیدمان، در واقع بر اساس ارضای الزامات فضایی دپارتمان‌ها بنا شده است، به گونه‌ای که اطمینان حاصل شود دپارتمان‌ها با همدیگر همپوشانی نداشته و هیچ یک از محدودیت‌های تحمیل شده‌ی نقشه سایت کارخانه یا ساختمان (شامل فضاهای ثابت و غیر قابل استفاده)، نقض نشده باشند.

مسئله‌ی طراحی چیدمان، مرتبط با مبحث طراحی مفهومی محوطه‌ی فیزیکی سیستم‌های تولیدی یا خدماتی است. هزینه‌های جایابی مواد<sup>۳</sup> در این سیستم‌ها به صورت مستقیم تحت تاثیر نحوه‌ی آرایش دپارتمان‌ها یا چیدمان تسهیلات می‌باشد. رایج‌ترین تابع هدف در طراحی چیدمان، کمینه‌سازی مسافت کلی حمل و نقل (TTD) است.<sup>۴</sup> به صورت مجموع وزنی جریان‌های مواد بین دو دپارتمان تعریف می‌شود که این وزن‌ها در واقع مسافت‌های حمل و نقل مواد در امتداد مسیرهای جریان (راهروها)، از نقاط خروجی (برداشت) یک دپارتمان تا نقاط ورودی (گذاشت) دپارتمان دیگر می‌باشند. اگر اندازه دپارتمان‌ها داده شده باشد، سه تصمیم اساسی طراحی و وابسته به هم در مساله‌ی طراحی چیدمان عبارتند از:

(الف) تعیین اشکال و مکان‌های کل دپارتمان‌ها که مساله‌ی چیدمان بلوکی مفهومی نامیده می‌شود.

(ب) مکان‌یابی نقاط ورودی و خروجی پیرامون هر دپارتمان.

(ج) طراحی مسیرهای جریان مواد یا راهروها که این نقاط ورودی و خروجی را به هم وصل می‌کند.

با اینکه این مسایل ارتباط تنگاتنگی با هم دارند، ولی به علت پیچیدگی محاسباتی موجود در مسایل طراحی یکپارچه، آنها را به طور سنتی به صورت مجزا و متوالی حل می‌کنند. معمولاً مکان‌های نقاط ورودی و خروجی و مسیرهای جریان مواد، برای یک چیدمان بلوکی، داده شده و پس از مشخص شدن چیدمان بر مبنای فواصل مستقیم مرکز به مرکز تعیین می‌گردد. مساله چیدمان تسهیلات<sup>۵</sup> یکی از زمینه‌های فعال پژوهشی در چهار دهه‌ی گذشته بوده و تعداد زیادی الگوریتم ابتکاری و بهینه‌سازی برای ایجاد چیدمان بلوکی مفهومی، توسعه یافته است.

<sup>1</sup> Facility Layout

<sup>2</sup> feasible

<sup>3</sup> Material Handling Costs

<sup>4</sup> Total Transportation Distance

<sup>5</sup> Facility layout Problem

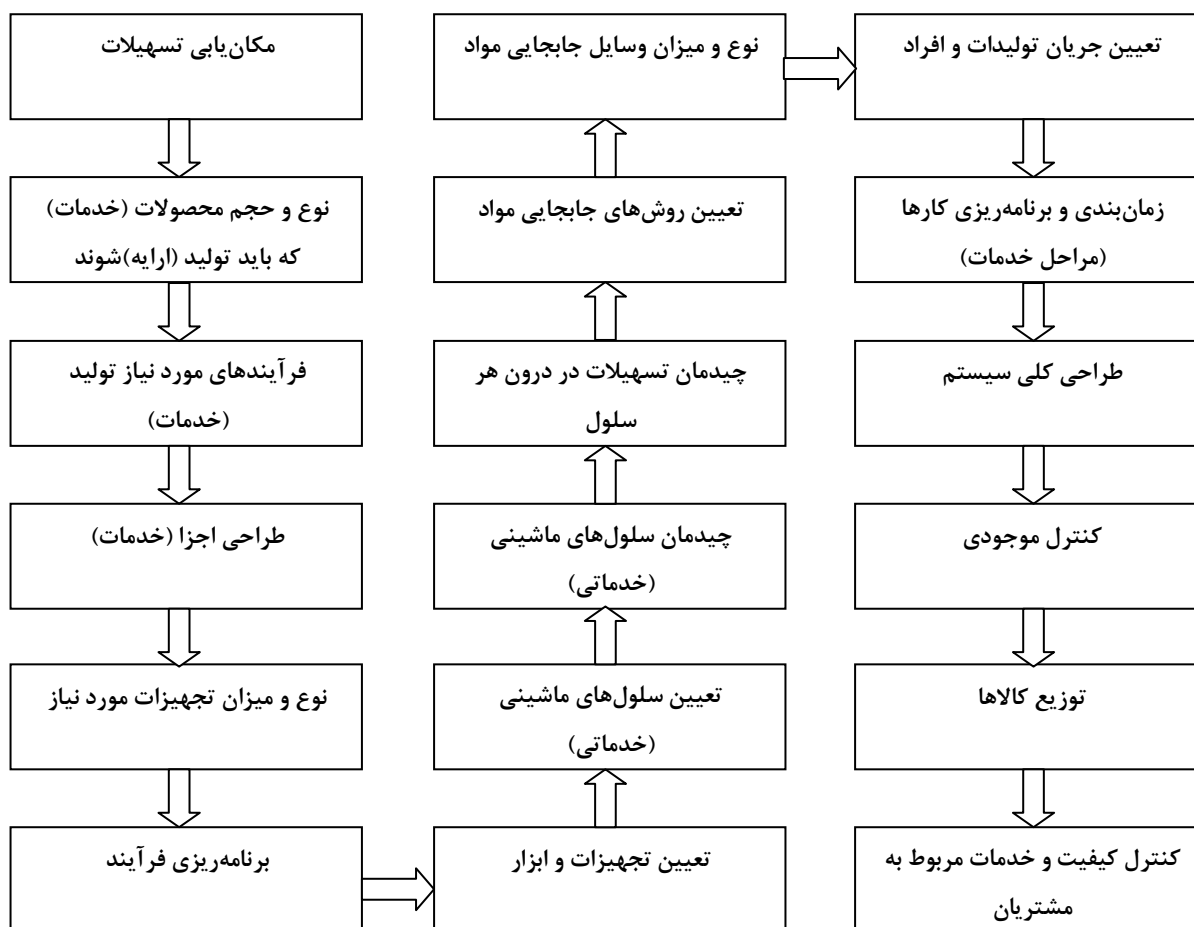
## ۱-۲- تعریف چیدمان تسهیلات

یکی از مهم‌ترین مسایل پیش روی مهندسين صنايع چیدمان تسهیلات است. چیدمان تسهیلات به تعیین کارآترین آرایش دپارتمان‌ها در کنار یکدیگر با هدف بالا بردن کارایی سیستم تولیدی می‌پردازد. تسهیلات را می‌توان به طور عمده به عنوان ساختمان‌هایی تعریف نمود که افراد، مواد و ماشین‌ها را برای اجرای هدف مشخصی - نوعاً برای ساخت یک محصول فیزیکی و یا ارائه‌ی خدمت خاصی، گرد هم جمع نموده است. به علت فشارهای داخلی و خارجی، تسهیلات را باید به درستی و به صورتی طراحی و اداره نمود که علاوه بر نایل شدن به هدف مورد نظر، اهداف دیگری را نیز ارضا نماید. این اهداف می‌تواند شامل تولید یک محصول و یا ارائه‌ی یک خدمت با کمترین هزینه، در بالاترین کیفیت و یا استفاده از کمترین منابع طبیعی باشد. برای مدیریت و اداره‌ی صحیح تسهیلات، به گونه‌ای که باعث نیل به اهداف مورد نظر (که اغلب در تضاد با یکدیگر هستند) شود، باید مسایل تصمیم‌گیری اساسی را که در این گونه سیستم‌ها به آن پرداخته می‌شود، به درستی درک نمود. برای برجسته نمودن عوامل عمده‌ای که در توصیف مسایل چیدمان ضروری به نظر می‌رسد.

چیدمان و طراحی افضا، تاثیر زیادی بر نحوه انجام کار - وجود جریان روان فعالیت‌ها، مواد و اطلاعات در سیستم مورد مطالعه - می‌گذارد. کلید یک طراحی و چیدمان تسهیلات خوب، یکپارچه‌سازی نیازهای افراد (پرسنل و مشتریان)، مواد (خام، ساخته شده و در دست ساخت) و ماشین‌آلات در مسیری است که این موارد، یک سیستم یکپارچه<sup>۶</sup> و با عملکرد مناسب به وجود آورند.

در سال‌های اخیر، صنایع تولیدی و سازمان‌های خدماتی، گواه پیشرفت‌های زیادی در این زمینه بوده‌اند که می‌توان با مشاهده‌ی افزایش در نوع و تعداد سیستم‌های خودکار، بر این امر صحنه نهاد. هر چند نباید از نظر دور داشت که این پیشرفت‌ها، از همراهی با مسایل طراحی سیستم حاصل شده‌اند. با رشد مسایل طراحی و پیچیده‌تر شدن آنها، طراحان و کاربران سیستم‌های خودکار نیز باید ابزارهای جدیدی طراحی نمایند تا از عهده‌ی این گونه مسایل برآیند. طراحی سیستم تولیدی یا خدماتی، با موارد گوناگونی مواجه است. این فعالیت پیچیده، شامل حل تعدادی از مسایل طراحی و برنامه‌ریزی است که در یک سلسله مراتب قرار دارند. مسایل مورد نظر شامل تعیین محصولاتی که باید تولید شوند، خدماتی که باید ارائه شوند، فرآیندهای تولیدی و یا خدماتی که باید مورد استفاده قرار گیرند، و نیز مقدار و نوع تجهیزات مورد نیاز خدمات یا تولید (که قابلیت اجرای فرآیندهای مورد نیاز را داشته باشند) می‌باشد. علاوه بر این، برخی از سوالات مهم‌تر طراحی که باید به آنها جواب داده شود، عبارتند از: توسعه‌ی برنامه - ی فرآیند اولیه، تعیین نیازمندی‌های ابزاری و محدودیت‌ها، چیدمان سلول‌ها و ماشین‌های تولیدی، "روش‌های جابجایی مواد" مورد استفاده و تعداد و انواع تجهیزات مخصوص جابجایی مواد که قابلیت اجرای حرکات جابجایی مواد را داشته باشند. شکل ۱-۲، جایگاه تسهیلات و طراحی چیدمان را در طراحی کلی کارخانه و نیز ارتباط این مقوله را با سایر عوامل موثر نشان می‌دهد. این مساله کاربردهای بسیاری در دنیای واقعی دارد که از آن جمله می‌توان به استفاده از آن در طراحی کارخانه، طراحی چیدمان کشتی‌ها، طراحی صفحه کیبورد نمایشگرها، طراحی مدارهای الکتریکی و ... اشاره نمود.

<sup>6</sup> Integrated System



چیدمان، یکی از تاثیرگذارترین فاکتورهایی است که بر کارایی یک کارخانه تولیدی اثر می‌گذارد. یک چیدمان ضعیف دلالت بر این امر دارد که صرف نظر از دیگر فاکتورها، کارخانه یا تسهیلات مورد نظر ما ناکارآمد خواهد بود. مسایل چیدمان تسهیلات (FLPs) در خصوص بهینه‌سازی چیدمان فضایی، به صورت عمیق و در زمینه‌های مهندسی زیادی، توسط محققین بررسی شده است. پیشرفت‌های اخیر در علوم محاسباتی و کشف روش‌هایی برای توسعه مدل‌های ریاضیاتی، به کمک تحقیقات طراحی چیدمان آمده است. FLP، در هر دو زمینه تولید و صنعت خدماتی کاربرد دارد. FLP یک مساله صنعتی معمول در تخصیص تسهیلات است که هزینه کلی حمل و نقل را کمینه کرده و یا الزامات همسایگی (منظور، نرخ نزدیکی دپارتمان‌ها به صورت زوجی است) را ماکزیمم می‌نماید و یا هم هزینه کلی حمل و نقل را کمینه کرده و الزامات همسایگی را ماکزیمم می‌کند. مساله-ی طراحی چیدمان تسهیلات<sup>7</sup> یکی از مهم‌ترین اجزا در سیستم‌های تولیدی مدرن و فعالیت‌های کلی یک تجارت می‌باشد، چه به لحاظ ماکزیمم کردن کارایی فرآیند تولید و چه به منظور ارضای نیازهای کارمندان. چیدمان تسهیلات، نقشی کلیدی در شرکت‌ها و سازمان‌ها ایفا می‌کند و در واقع بخشی جدانشدنی از فرایند طراحی سیستم‌های تولیدی است. استقرار تسهیلات در یک محیط کارخانه‌ای که اغلب تحت عنوان مساله چیدمان تسهیلات (FLP) شناخته می‌شود، دارای اثری قابل توجه روی هزینه‌های ساخت، کار روی کالاها، نیمه‌ساخته، زمان‌های تحویل<sup>8</sup> و بهره‌وری است. توجه به این نکته ضروری است که استقرار صحیح تسهیلات، در کارایی کلی عملیات، تاثیر بسزایی داشته و می‌تواند تا پنجاه درصد از هزینه‌های عملیاتی را بکاهد. مطالعات شبیه‌سازی، اغلب جهت اندازه‌گیری و سنجش مزایا و عملکرد چیدمان‌های داده شده مورد استفاده قرار می‌گیرند. مساله چیدمان

<sup>7</sup> Facility Layout Design Problem

<sup>8</sup> Lead Times

تسهیلات به نحوه آرایش فیزیکی دپارتمان‌ها در داخل یک کارخانه، سازمان یا ... می‌پردازد تا به آنها در تولید محصولات یا آرایه‌ی خدمات کمک نماید و به خاطر فواید تجربی و نیز دارا بودن کارکردهای زیاد در برنامه‌ریزی، محققین زیادی را به خود جذب نموده است. از جمله اهداف ایجاد تسهیلات، تولید محصول یا آرایه خدمات، با هزینه کمتر و کیفیت بالاتر، با استفاده از حداقل منابع است. برای اداره کردن این تسهیلات به منظور دستیابی به اهدافی که اغلب با یکدیگر مغایرت دارند، فرد باید از مشکلات اساسی تصمیم‌گیری که در چنین سیستم‌هایی با آنها برخورد می‌کند آگاهی داشته باشد.

متأسفانه مسایل چیدمان به پیچیده بودن معروف بوده و از نظر پیچیدگی محاسباتی در زمره مسایل NP-hard<sup>9</sup> قرار می‌گیرد (Drira et al. 2007). در نتیجه، در دهه‌های گذشته، پژوهش‌های فراوانی در این زمینه صورت گرفته است. با این حال، بررسی‌های اندکی جهت مرور و بازبینی زمینه‌های تحقیق و گرایش‌ات متفاوت در این حیطه منتشر شده است. این بررسی‌ها نیز یا جدید نیستند و یا اینکه روی یک جنبه بسیار خاص از طراحی چیدمان، از قبیل چیدمان‌های حلقه‌ای<sup>10</sup>، مسایل پویا<sup>11</sup> و طراحی از طریق رویکردهای تکاملی<sup>12</sup> متمرکز شده‌اند.

---

<sup>9</sup> Non polynomial

<sup>10</sup> Loop Layouts

<sup>11</sup> Dynamic Problems

<sup>12</sup> Evolutionary Approaches

### ۱-۳- هدف اساسی چیدمان

چیدمان تسهیلات، به علت تاثیر داشتن در جریان مواد، نقش عمده‌ای در محیط ساخت و تولید و نیز خدماتی را ایفا می‌نماید و در کل، آرایش و مکان دپارتمان‌ها را برای جریان‌های مواد، منابع، اطلاعات و ... نشان می‌دهد. در ضمن، نشان‌دهنده‌ی مسافت جابجایی مواد بین دپارتمان‌ها نیز می‌باشد. جابجایی مواد را می‌توان به عنوان فرآیندی بدون ارزش افزوده در نظر گرفت. بنابراین، چیدمان تسهیلات را باید به عنوان یک استراتژی که هر گونه جابجایی‌های غیر ضروری مواد را کنترل و یا کاهش می‌دهد، در نظر گرفت. هدف اساسی چیدمان در واقع اطمینان یافتن از وجود یک جریان روان کار، مواد و اطلاعات در یک سیستم می‌باشد. خلق یک راه حل مناسب برای مساله چیدمان تسهیلات، به بالا بردن راندمان کلی فعالیت‌ها کمک می‌نماید، طوری که یک چیدمان ضعیف می‌تواند باعث انباشتگی موجودی کالاهای در دست ساخت، اضافه باری سیستم‌های جابجایی مواد، نصب و راه‌اندازی‌های ناکارآ و ایجاد صف‌های طولی گردد. بنابراین حل کردن یک مساله FLP، در واقع یک مطالعه‌ی استراتژیک می‌باشد که انجام آن بسیار لازم به نظر می‌رسد.

### ۱-۴- فاکتورهای عملیاتی برای ماکزیمم کردن کارایی تسهیلات

- صاحبان صنایع کوچک، به هنگام ساخت و یا نوسازی تسهیلات، برای ماکزیمم کردن کارایی تسهیلات، باید به فاکتورهای عملیاتی عیدیه‌ای توجه نمایند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:
- سهولت در تغییر و یا توسعه آینده: تسهیلات باید به گونه‌ای طراحی شوند که بتوان آنان را به راحتی گسترش داده و یا با نیاز به تغییرات در تولید هماهنگ نمود.
- جریان حرکت: طراحی تسهیلات باید نشان‌دهنده شناخت و درک اهمیت یک جریان فرآیندی روان باشد. لزومی ندارد که این جریان، حتماً یک خط راست باشد، بلکه جریان‌های موازی، نمونه‌های U-شکل و حتی زیگزاگی هم نیز می‌توانند کارکردی داشته باشند. با وجود این، در هر نمونه‌ای که انتخاب شود، نباید حرکت رو به عقب داشته باشیم. زمانی که مواد یا قطعات بر خلاف جریان کلی و یا از میان آن حرکت کنند، پرسنل و تشریفات اداری دچار سردرگمی می‌شوند، قطعات گم می‌شوند و دستیابی به هماهنگی نیز دچار پیچیدگی می‌شود.
- جابجایی مواد: صاحبان صنایع کوچک باید مطمئن شوند که چیدمان تسهیلات به گونه‌ای طراحی شده که جابجایی مواد (شامل محصولات، تجهیزات، کانتینرهای حمل مواد و...) به صورت منظم، مرتب و با بازدهی بالا انجام می‌شود.
- نیازهای خارجی: تسهیلات باید به گونه‌ای چیده شده باشد که به ارضای نیازهای تولیدی تجارت و کسب و کار مورد نظر کمک نماید.
- بکارگیری فضا: این جنبه طراحی تسهیلات، شامل تمام مواردی است که باعث حصول اطمینان از وجود مسیریایی که به اندازه کافی عریض هستند می‌شود، طوری که بتوان تا حد ممکن از فضاهای عمودی انبارهای موجودی و یا اتاق‌ها استفاده نمود.
- چیدمان تسهیلات باید به دقت مورد ملاحظه و توجه قرار گیرد، زیرا قرار نیست که به صورت دائمی، طراحی تسهیلات انجام شود. برخی از اهداف در طراحی تسهیلات، اطمینان از کمینه کردن جابجایی مواد، اجتناب از ایجاد گلوگاه‌ها، کمینه کردن تداخل عملکرد ماشین‌آلات، ایجاد ایمنی و روحیه بالای کارکنان، و نیز انعطاف-پذیری می‌باشد.

دیگرام بلوکی، موقعیت و ابعاد ساختمان‌ها و دپارتمان‌ها را بدون جزییات مربوط به ساختار آنها، نشان می‌دهد. یک دیگرام بلوکی خوب باید باعث تسهیل فعالیت‌هایی شود که در کل مجموعه دپارتمان‌ها قرار است انجام گیرد. معمولا مسافت کلی که مواد در کل ساختمان طی می‌کنند، به عنوان هزینه‌ی چیدمان تسهیلات در نظر گرفته می‌شود. در مناطقی که هزینه‌ی تامین زمین بالاست، باید ساختمان‌ها با چندین طبقه ساخته شوند.

### ۱-۵- انواع رویکردها در حل مسایل چیدمان تسهیلات

به طور سنتی، دو رویکرد برای حل مسایل چیدمان تسهیلات وجود دارد. رویکرد اول، روش کمی است که هدف آن کمینه کردن هزینه کلی جابجایی مواد بین دپارتمان‌ها بوده و بر اساس یک تابع فاصله می‌باشد. رویکرد دوم، روش کیفی است که هدف آن ماکزیمم کردن نرخ‌های نزدیکی بین دپارتمان‌ها بوده و بر اساس یک تابع نزدیکی است. این رویکردها معمولا به صورت مجزا برای حل مسایل چیدمان تسهیلات استفاده شده و هر دو روش دارای محاسن و معایبی می‌باشد.

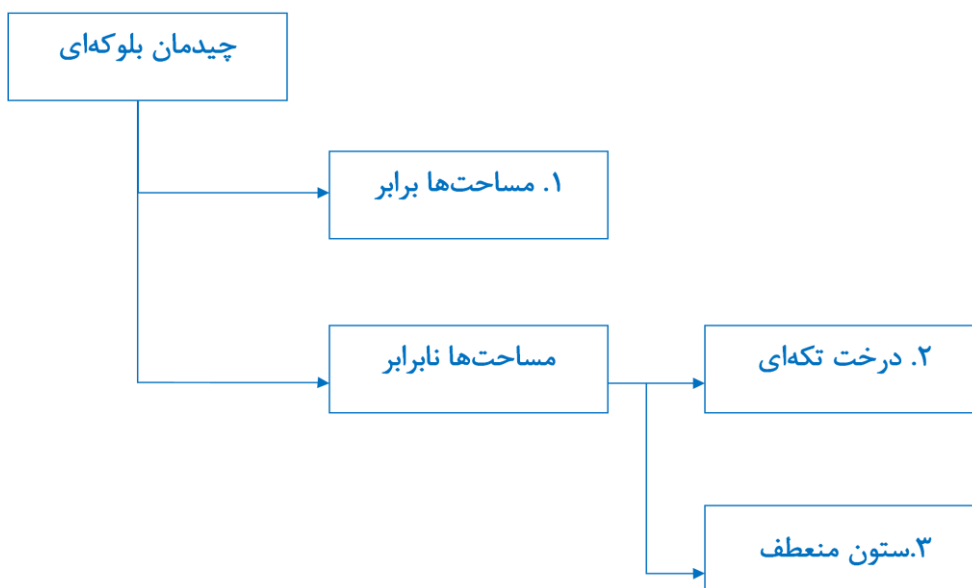
## ۱-۶- تقسیم بندی انواع مسائل چیدمان تسهیلات

در اینجا مسائل چیدمان تسهیلات بر اساس انواع تقسیم بندی بصورت شماتیک توضیح داده می شود.

### ۱-۶-۱ از دیدگاه شکل دپارتمانها

در طراحی چیدمان پایه، هر سلول توسط یک شکل گوشه قائم اما نه لزوماً محدب نمایش داده می شوند مجموعه‌ای از چندوجهی‌های مجاور هم به عنوان چیدمان بلوک‌های شناخته می‌شود.

چیدمان بلوک‌های به دو شاخه چیدمان با مساحت‌های برابر و چیدمان با مساحت‌های نابرابر تقسیم می‌گردد که اغلب منظور از چیدمان بلوک‌های همان چیدمان با مساحت‌های برابر می‌باشد. چیدمان با مساحت‌های برابر به عنوان حالتی خاصی از مسأله تخصیص درجه دو می‌باشد که اغلب به عنوان مسأله چیدمان تسهیلات تک دوره‌ای، *single period facility layout problem* مطرح می‌باشد. مسأله تخصیص درجه دو یکی از قدیمترین مسائل ترکیبیاتی است که دارای پیچیدگی از نوع NP-Hard می‌باشد (Sanhi and Gonzalez, 1976) که کاربردهای بسیاری در شاخه‌های گوناگون از جمله برنامه‌ریزی تسهیلات، فرایند مونتاژ صفحه مدار الکترونیکی، برنامه‌ریزی تولید، آنالیز عددی، طراحی صفحه کلید نمایشگرها و قطعات کنترل و غیره دارد. یکی از انواع رایج مسأله تخصیص درجه دو، مسأله چیدمان تسهیلات تک دوره‌ای است که در آن  $n$  دپارتمان با مساحت برابر به  $n$  مکان تخصیص داده می‌شوند بطوری که هزینه حمل‌ونقل مواد حداقل شود.



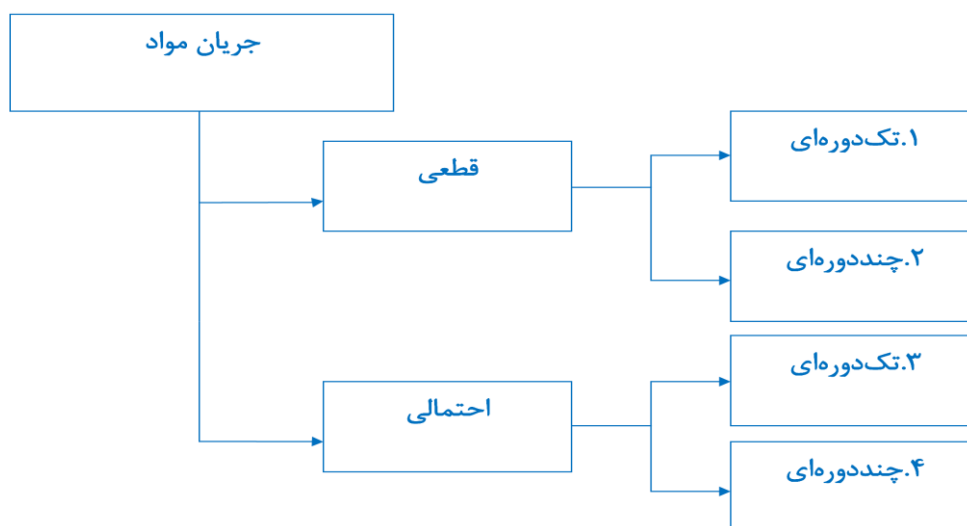
شکل (۱-۳)-الف- نمایش تقسیم‌بندی چیدمان تسهیلات

### ۱-۶-۲ از دیدگاه جریان مواد

دومین نوع تقسیم‌بندی مسائل چیدمان بر اساس جریان بین مواد است. دو نوع رویکرد برای طراحی چیدمان پایدار یا منعطف وجود دارد. رویکرد اول رویکرد چیدمان تسهیلات به صورت قطعی می‌باشد که خود به دو رویکرد تک دوره‌ای و چند دوره‌ای تقسیم می‌شود. چیدمان چند دوره‌ای همان چیدمان تسهیلات پویا، *Dynamic Facility Layout* می‌باشد که چندین دوره تولید در نظر می‌گیرد و چیدمان تسهیلات برای هر دوره با ایجاد تعادل بین هزینه‌های حمل‌ونقل و چیدمان مجدد صورت



Stochastic Facility می‌گیرد. دومین رویکرد، چیدمان تسهیلات تصادفی است که در آن تقاضای محصولات به صورت متغیرهای تصادفی با پارامترهای معلوم (بطور مثال امید ریاضی، واریانس، کوواریانس و مسیرهای تولید محصولات و هزینه حمل و نقل مواد) فرض می‌شوند. مسأله چیدمان تسهیلات تصادفی تک دوره‌ای متفاوت با مسأله چیدمان تسهیلات چند دوره‌ای است زیرا در مسائل پویا، تقاضاها در هر دوره، معلوم، ولی متفاوت با دوره بعد است. پژوهش‌هایی معدودی به ادغام مسائل چیدمان تسهیلات چند دوره‌ای و چیدمان تسهیلات تصادفی روی آورده‌اند.



شکل (۳-۱) ب- نمایش تقسیم‌بندی چیدمان تسهیلات

### ۱-۶-۳ از دیدگاه مسأله تصمیم‌گیری

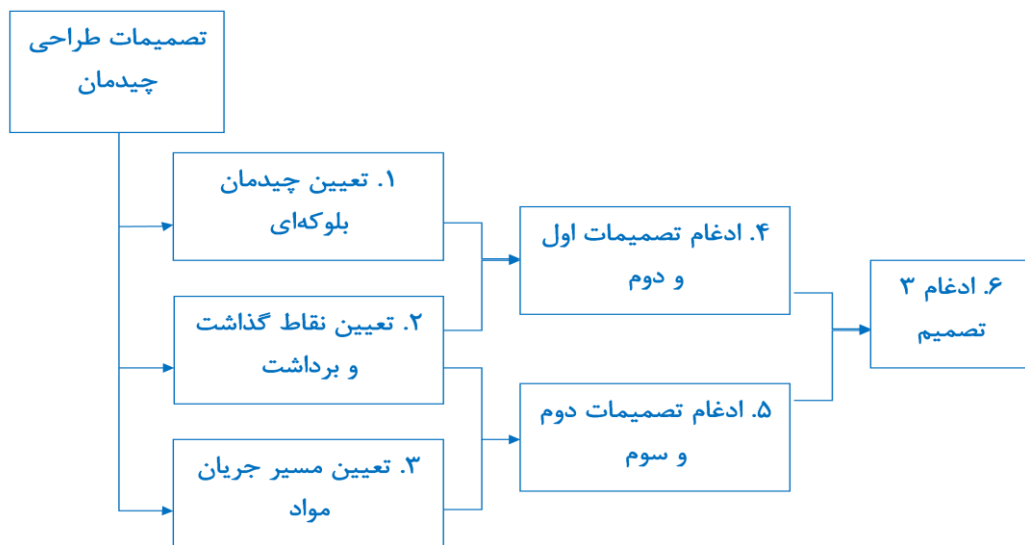
تقسیم‌بندی دیگری که برای مسائل چیدمان تسهیلات می‌توان در نظر گرفت، بر اساس نوع مسأله تصمیم‌گیری است. وقتی ابعاد و شکل ساختمان مشخص شود، سه مسأله تصمیم‌گیری اساسی مطرح می‌شود.

۱- تعیین شکل و مکان دپارتمان‌های داخل تسهیلات.

۲- تعیین نقاط گذاشت و برداشت مواد Input/Output point.

۳- طراحی مسیر جریان مواد یا راهروها برای ارتباط دادن بین نقاط گذاشت و برداشت

در اکثر پژوهش‌های انجام شده در زمینه چیدمان تسهیلات، تمرکز روی یکی از این ۳ مسأله می‌باشد. در مورد تصمیم اول که قبلاً صحبت شد؛ در مورد تصمیم دوم باید گفت که هدف، پیدا کردن نقاطی برای هر دپارتمان است که مواد/محصولات از آنجا بارگیری یا بارگذاری شود. اثبات شده است که مکان این نقاط باید بر روی نقاط تقاطع بین تسهیلات در نظر گرفته شود. در تصمیم سوم، هدف، یافتن مسیر بهینه برای انتقال جریان مواد است. از متداول‌ترین مسیرهای جریان مواد می‌توان به حلقه بسته، تاندم و مسیرهای کانتور، Contour Distance، یا جریان-آزاد اشاره نمود. در مسیر جریان-آزاد، مواد از روی محیط تسهیلات حرکت می‌کنند. علیرغم اینکه مسیر جریان-آزاد در واقعیت کاربرد زیادی دارد، اما به دلیل افزایش پیچیدگی مسأله، فواصل بین مراکز تسهیلات، بصورت مستطیلی در نظر گرفته می‌شود. پیچیدگی هر یک از این مسائل از نوع NP-Hard است و به دلیل پیچیدگی این ۳ تصمیم، مقالات اندکی به ادغام این تصمیمات پرداخته‌اند.



شکل (۳-۱) ج- نمایش تقسیم‌بندی چیدمان تسهیلات

## ۲ فصل دوم

### مرور ادبیات

#### ۲-۱ مرور ادبیات چیدمان تسهیلات تک دوره ای

همان طور که در فصل قبل گفته شد چیدمان بلوکه‌ای به دو شاخه چیدمان با مساحت‌های برابر و چیدمان با مساحت‌های نابرابر تقسیم می‌گردد که اغلب منظور از چیدمان بلوکه‌ای همان چیدمان با مساحت‌های نابرابر می‌باشد. چیدمان با مساحت‌های برابر به عنوان حالتی خاصی از مسأله تخصیص درجه دو می‌باشد که اغلب به عنوان مسأله چیدمان تسهیلات تک دوره‌ای، *single period facility layout problem* مطرح می‌باشد.

مسأله تخصیص درجه دو یکی از قدیمترین مسائل ترکیبیاتی است که دارای پیچیدگی از نوع NP-Hard. این مسأله اولین بار توسط Koopmans and Beckmann (1957) مطرح گردید و از آن زمان پژوهش‌های بسیاری در زمینه چیدمان تسهیلات با بکارگیری مسأله تخصیص درجه دو انجام شد که در ذیل به بیان شماری از آنها می‌پردازیم: تحقیقاتی که مسأله تخصیص درجه دو را مطالعه نمودند به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱. ارائه مدل ریاضی

۲. ارائه الگوریتم‌های حل ابتکاری و فراابتکاری

۳. ارائه روش‌های پیدا کردن کران برای جواب بهینه

Malakouti and D'Souza (1987) مدل چند هدفه برای مسأله چیدمان تسهیلات تک دوره‌ای با در نظر گرفتن هزینه حمل‌ونقل، نرخ تولید و انعطاف‌پذیری ارائه دادند. الگوریتمی ابتکاری نیز برای اساس روش حل وزنی ارائه گردید. Chiang and Chiang (1998) الگوریتم‌های جستجوی ممنوعه و شبیه‌سازی تبرید را برای این مسأله ارائه نمودند. Solimanpur et al. (2003) الگوریتم مورچگان برای مسأله تولید سلولی و یک مدل برای جریان مواد درون سلولی با بکارگیری مدل مسأله تخصیص درجه دو ارائه نمودند. Chan et al. (2006) دو مدل برای مسائل گروه‌بندی قطعه-ماشین و طراحی چیدمان سلولی ارائه کردند. مسأله طراحی چیدمان به عنوان یک مسأله تخصیص درجه دو در نظر گرفته شد. بدلیل پیچیدگی این مسائل، آنها الگوریتم ژنتیک برای حل آنها ارائه کردند. در یک مطالعه موردی، Hani et al. (2007) الگوریتم ترکیبی که شامل الگوریتم مورچگان و الگوریتم جستجوی محلی هدایت شده بر اساس مدل مسأله تخصیص درجه دو ارائه نمودند. برای صحنه‌گذاری الگوریتم، نتایج خود را با چند روش ابتکاری موجود در ادبیات موضوع مقایسه کردند. Yalaoui et al. (2009) ادغام دو مسأله چیدمان تسهیلات و تکنولوژی گروهی را به صورت مسأله تخصیص درجه دو حل نمودند. Singh (2009) and Singh (2009) الگوریتم ابتکاری برای بدست آوردن وزن تابع هدف‌ها در مسأله تخصیص درجه دو چندهدفه ارائه نمود به گونه‌ای که نتایج مستقل از نظر طراح بدست می‌آید.

جدول 1.1 مجموعه‌ای از کارهای انجام شده در این زمینه را نشان می‌دهند همچنین برای مطالعه بیشتر تحقیق انجام شده توسط Loiola et al. (2007) می‌تواند مفید باشد.

مدل ارائه شده برای مسأله تخصیص درجه دو غیرخطی است، به این علت روش‌های خطی‌سازی بسیاری ارائه گردید که جدیدترین آنها مربوط به مقاله Zhang et al. (2010) که تغییر یافته روش خطی‌سازی Adams and Jhonson (1994) می‌باشد

در این مقاله Adams and Jhonson (1994) روش جدیدی برای خطی‌سازی مسأله تخصیص درجه دو ارائه شده است. برای نمایش کارایی این خطی‌سازی، تعداد متغیرهای صفر و یک، تعداد محدودیت‌ها، زمان حل، زمان حل بصورت مدل آزاد از متغیر عدد صحیح و مقدار کران پایین که این روش می‌دهد برای تعدادی از نمونه مسائل تخصیص درجه دو که در کتابخانه این مسأله موجود است بررسی گردید.

همچنین به دلیل پیچیدگی بالای مسأله تخصیص درجه دو، به تازگی ۴ الگوریتم در این زمینه ارائه شده است:

۱. Ramkumar et al. (2008): در این مقاله یک الگوریتم ژنتیک با رویکرد جستجوی محلی ارائه شد. سه عملگر متفاوت جهش بطور جداگانه با روش جستجوی محلی ترکیب شدند تا یک چرخه جهش بوجود آوردند. این روش به Iterative Fast Local Search (IFLS)، جستجوی محلی سریع تکرار شونده نامیده شد. در این مقاله تأثیر هر یک از عملگرها و همچنین حضور جستجوی محلی نمایش داده شد.

۲. Ramkumar et al. (2009, a): در این مقاله یک الگوریتم ترکیبی جمعیت محور از الگوریتم مورچگان ارائه شد که در آن ابعاد کلونی مورچگان ثابت در نظر گرفته می‌شود. کارایی این الگوریتم با الگوریتم‌های موجود آن زمان همانند جستجوی ممنوعه، شبیه‌سازی تبرید، الگوریتم ترکیبی ژنتیک مقایسه گردید. نتایج عددی صحنه بر کارایی این الگوریتم می‌گذاشت.

۱. Ramkumar et al. (2009, b): در این مقاله عملگر تقاطع جدیدی برای IFLS استفاده شد که کارایی الگوریتم را بالا می‌برد. در این مقاله تأثیر هر یک از عملگرها و همچنین حضور جستجوی محلی نمایش داده شد.

۲. Singh and Sharma (2010): در این مقاله الگوریتم ژنتیک ارائه گردید و تأثیر جمعیت اولیه بر جواب‌های الگوریتم نشان داده شد. تأکید این مقاله بر ارائه عملگرهای جدید است، با این حال، جواب‌ها نسبت به جواب‌های ۳ الگوریتم قبلی چندان قابل رقابت نمی‌باشد. تنها ۴۰ نمونه مسأله از نمونه مسائل معروف مسأله تخصیص درجه دو را حل گردید.

۳. Wong and See (2010): یک الگوریتم ترکیبی مورچگان با ژنتیک برای مسأله تخصیص درجه دو ارائه نمودند ولی هیچ یک از مسائل معروف مسأله تخصیص درجه دو را حل نمودند

همچنین برای مطالعه بیشتر تحقیق انجام شده توسط Loiola et al. (2007) می‌تواند مفید باشد.