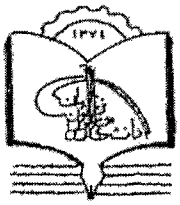
١١١٨٢٨

وزارت علوم ، تحقیقات و فن‌آوری



دانشگاه علوم و فنون مازندران

دانشکده مهندسی صنایع

پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی سیستمهای اقتصادی- اجتماعی

ارائه یک روش ابتکاری برای حل مساله تعیین اندازه انباشته تولید با محدودیت ظرفیت و با مفروضات راه‌اندازی

دانشجو:

محمد گلمکانی

۱۳۸۸ /۲/ -۵

استاد راهنما : دکتر رضاتوکلی مقدم

استاد مشاور : دکتر ایرج مهدوی

تابستان ۱۳۸۵

۱۱۱۸۲۸

تقدیم به ارزشمندترین نعمتهای خداوند

پدر و مادر عزیزم

که با گرمی آفتاب وجودشان،

با دریای زلال محبتشان و

با نور چراغ عمرشان

موجب رشد و هدایت من شدند.

تقدیم به

همسر عزیزم

که با کمک‌ها، مهربانی‌ها و همدلی‌های فراوانش

گذران دوران تحصیل را بر من آسان نمود.

تقدیر و تشکر

با حمد و سپاس به درگاه یگانه سزاوار پرستش

بر خود لازم می دانم تابدین وسیله از تمام عزیزانی که همواره در طول زندگی و در راه کسب علم و دانش یاری‌گر و مشوق من بوده‌اند و هر یک به نوعی بر اندوخته‌های علمی من افزوده اند تشکر نمایم. همچنین مراتب سپاس و قدردانی خود را از اساتید محترم و ارجمند : آقای دکتر رضا توکلی مقدم به پاس زحمات و راهنمایی‌های روشنگرشان، آقای دکتر ایرج مهدوی به پاس یاری و مشاوره در راه تهیه این پایان نامه ، ابراز می‌نمایم.

در خاتمه از استاد محترم جناب آقای دکتر تقی‌زاده کاخکی در دانشگاه فردوسی مشهد که مسیر جدیدی را در تحصیل علم به روی من گشودند و همچنین از زحمات و تلاشهای سایر دوستانی که مرا در تهیه و تکمیل این پایان نامه تشویق و راهنمایی نموده اند، کمال تشکر را دارم.

چکیده

مساله تصمیم گیری در تعیین اندازه انباشته، عبارت است از تعیین مقدار و زمان تولید یک محصول یا قطعه تولیدی بطوریکه که مجموع هزینه‌های راه‌اندازی، تولید و نگهداری، حداقل شود. این پایان‌نامه، توسعه‌ای است بر مساله تعیین اندازه انباشته تولید با فرض محدودیت ظرفیت به این صورت که مساله کلاسیک CLSP همراه با کلیه فروض راه‌اندازی پیچیده یعنی راه‌اندازی گروهی، وابستگی راه‌اندازی به توالی تولید و نیز انتقال راه اندازی از یک پریود به پریود بعد، مورد مطالعه قرارگرفته و یک مدل ریاضی جدید توسعه‌یافته برای آن ارائه خواهد گردید. مساله کلاسیک CLSP خود یک مساله NP-Hard است لذا با اضافه‌شدن مشخصه‌های دیگری همچون فرضهای ذکر شده به پیچیدگی مساله افزوده می‌شود که به این ترتیب شاید تنها راه‌حل عملی مساله، استفاده از الگوریتم‌های ابتکاری باشد. اگرچه شاید بتوان روشهای معمولی مانند شاخه و کران را برای به دست آوردن جواب نزدیک به بهینه مورد استفاده قرار داد ولی قابلیت استفاده از این روش‌ها در عمل و برای حل مسائلی با ابعاد واقعی بسیار ضعیف است. بنابراین در این پایان‌نامه از روش حل الگوریتم ژنتیک برای حل مدل جدید استفاده و جوابهای حاصل با جوابهای جاصل از حل مدل با نرم‌افزار لینگو مقایسه خواهد شد.

کلمات کلیدی: اندازه انباشته تولید، محدودیت ظرفیت، راه‌اندازی گروهی، هزینه راه‌اندازی وابسته به توالی، انتقال راه‌اندازی.

Abstract

The Decision Making problem for determining the lot size includes clarifying the quantity and time of producing a product or manufacturing good in a way that the total costs of set up, production and inventory control will be minimized.

This thesis is a development on the Capacitated Lot Sizing Problem with capacity limitation assumption in a way that the classic CLSP with the entire complex suppositions of family set up, set up dependency on the production sequence and change-over set up are studied and a new mathematical model will be developed for solving them.

The classic CLSP is a NP-Hard problem. So, through adding other features such as family setup, the problem complexity is increased. Therefore, the only possible and practical solution method will be using heuristic algorithms. Although still using general processes like branch and bound algorithm may be considered to find a options so close to the optimal solution, using such methods in practice and for real world problems will be too time consumer and almost impossible for large scale problems.

Consequently, in this thesis, the supper heuristic method, Genetic Algorithm, is used for solving the new mathematical model and also the results are compared with the outcomes of the Lingo8 software.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات تحقیق

۱-۱ مقدمه ۲
۱-۲ هدف از اجرای پایان‌نامه ۳
۱-۳ ضرورت انجام تحقیق ۳
۱-۴ فرضیات مساله ۳
۱-۵ مشخصه‌های موثر در مسائل تعیین اندازه انباشته ۳

فصل دوم: ادبیات و پیشینه تحقیق

۲-۱ مقدمه ۱۰
۲-۲ انواع مسائل تعیین اندازه انباشته و زمان‌بندی تولید ۱۰
۲-۲-۱ مساله تعیین اندازه انباشته با محدودیت ظرفیت (CLSP) ۱۱
۲-۲-۲ مساله زمان‌بندی و تعیین اندازه انباشته گسسته (DLSP) ۱۱
۲-۲-۳ مساله تعیین زمان‌بندی انباشته اقتصادی تولید (ELSP) ۱۲
۲-۲-۴ مساله تعیین اندازه انباشته با راه‌اندازی پیوسته (CSLP) ۱۲
۲-۲-۵ مساله زمان‌بندی و تعیین اندازه انباشته نسبی (PLSP) ۱۲
۲-۲-۶ مساله زمان‌بندی و تعیین اندازه انباشته کلی (GLSP) ۱۳
۲-۳ مساله تعیین اندازه انباشته تک مرحله‌ای ۱۳
۲-۳-۱ مساله تعیین اندازه انباشته تک مرحله‌ای بدون محدودیت ظرفیت ۱۳
۲-۳-۲- الگوریتم‌های حل مساله تعیین اندازه انباشته تک‌مرحله‌ای بدون محدودیت ظرفیت ۱۵
۲-۳-۲-۱- روش بهر به بهر ۱۵
۲-۳-۲-۲- روش مقدار سفارش ثابت ۱۶
۲-۳-۲-۳- روش مقدار سفارش اقتصادی ۱۶
۲-۳-۲-۴- روش مقدار سفارش دوره‌ای ۱۶
۲-۳-۲-۵- روش دوره سفارش ثابت ۱۶

۲-۳-۲-۶- ایجاد تعادل قطعه-پریود و الگوریتم واگنر- ویدین ۱۶
۲-۳-۲-۷- الگوریتم واگنر- ویدین ۱۷
۲-۳-۳ مساله تعیین اندازه انباشته تک‌مرحله‌ای با محدودیت ظرفیت ۱۷
۲-۳-۴ الگوریتم‌های حل مساله تعیین اندازه انباشته تک‌مرحله‌ای با محدودیت ظرفیت..... ۱۹
۲-۳-۴-۱- روش‌های دقیق ۱۹
۲-۳-۴-۲- روش‌های ابتکاری ویژه ۲۰
۲-۳-۴-۲-۱- روش‌های ابتکاری تجربی ۲۰
۲-۳-۴-۲-۱-۱- روش دوره به دوره ۲۰
۲-۳-۴-۲-۱-۲- روش‌های ابتکاری بهبود ۲۱
۲-۳-۴-۳- روشهای ابتکاری بر پایه برنامه‌ریزی خطی ۲۳
۲-۴ مروری بر تاریخچه موضوع تحقیق و ارائه روش تحقیق ۲۴
۴-۴-۱ مسایل انجام گرفته با فرض راه‌اندازی گروهی..... ۲۴
۲-۴-۲ مسایل انجام گرفته با فرض انتقال راه‌اندازی ۲۶
۲-۴-۳ مسایل انجام گرفته با فرض راه‌اندازی وابسته به توالی تولید ۲۷
۱-۵ انتخاب مساله و ارائه روش تحقیق..... ۲۹
۲-۵-۱- مساله CLSP همراه با فرض راه‌اندازی گروهی، انتقال راه‌اندازی و وابسته بودن هزینه راه‌اندازی به توالی تولید..... ۳۰

فصل سوم: مدل ریاضی پیشنهادی و روش حل آن

۳-۱ مقدمه..... ۳۳
۳-۲ مدل ریاضی پیشنهادی مساله تعیین اندازه انباشته تولید با فرض راه‌اندازی گروهی، راه‌اندازی وابسته به توالی تولید و امکان انتقال راه‌اندازی ۳۴
۳-۲-۱- مدل ریاضی پیشنهادی مساله تعیین اندازه انباشته با فرض راه‌اندازی گروهی، انتقال راه‌اندازی و وابستگی هزینه راه‌اندازی به توالی تولید ۳۵
۳-۲-۱-۱- مفروضات ۳۵
۳-۲-۱-۲- اندیس‌ها ، پارامترها و متغیرها ۳۵
۳-۲-۱-۳- مدل ریاضی یشنهادی ۳۷

۳-۲-۲- مدل ریاضی پیشنهادی مساله تعیین اندازه انباشته با فرض راه‌اندازی گروهی، انتقال راه‌اندازی و تنها وابستگی هزینه راه‌اندازی خانواده‌ها به توالی تولید ۴۳
۳-۲-۳- مدل ریاضی پیشنهادی مساله تعیین اندازه انباشته با فرض راه‌اندازی گروهی، انتقال راه‌اندازی و وابستگی هزینه راه‌اندازی هم خانواده‌ها و هم محصولات به توالی تولید ۴۴
۳-۲-۴- تفاوت الگوریتم‌ها برای سه مدل ریاضی پیشنهادی ارائه شده ۴۴
۳-۳ الگوریتم ژنتیک ۴۵
۳-۳-۱- واژگان الگوریتم ژنتیک ۴۶
۳-۳-۲- ساختار کلی الگوریتم ژنتیک ۴۷
۳-۴ مشخصات الگوریتم ژنتیک طراحی شده ۴۸
۳-۴-۱- سیستم کدینگ ۴۹
۳-۴-۲- تولید جمعیت اولیه ۴۹
۳-۴-۳- عملیات ژنتیک ۴۹
۳-۴-۳-۱- عملگر تقاطع ۴۹
۳-۴-۳-۲- عملگر جهش ۵۱
۳-۴-۴- عملگر تحول ۵۲
۳-۴-۵- تابع برازش ۵۲
۳-۴-۶- استراتژی برخورد با محدودیت‌ها ۵۲
۳-۵ گامهای اجرایی الگوریتم ژنتیک طراحی شده ۵۲

فصل چهارم- نتایج محاسباتی

۴-۱ مقدمه ۵۶
۴-۲ تعیین بهترین رویکرد جهت طراحی الگوریتم ۵۶
۴-۳ نحوه تعیین پارامترهای الگوریتم ۷۳
۴-۳-۱- تعیین تعداد نسل ۷۳
۴-۳-۲- تعیین اندازه جمعیت اولیه ۷۹
۴-۳-۳- تعیین نرخ جهش و نرخ تقاطع ۸۱
۴-۴ نتایج محاسبات ۸۳

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱ نتیجه‌گیری ۸۹
۵-۲ پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی ۹۰

منابع ۹۱

فصل اول

کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه

برنامه‌ریزی تولید فعالیتی است که هدف آن استفاده بهینه از منابع تولید به منظور برآورده ساختن اهداف تولیدی در یک دوره زمانی معین بنام افق برنامه‌ریزی است. منظور از منابع تولید، نیروی انسانی، تجهیزات، مواد خام، فضا برای تولید یا نگهداری موجودی، سرمایه و غیره است. یک برنامه خوب برنامه‌ای است که بتواند با در نظرگرفتن محدودیت منابع، علاوه بر برآورده ساختن تقاضا، مدت زمان و هزینه‌های مربوط به تولید را نیز کاهش دهد و از این رو تعیین اندازه انباشته بهینه اهمیت زیادی در کارایی سیستم تولید خواهد داشت. مساله تصمیم گیری در تعیین اندازه انباشته عبارت است از مشخص نمودن مقدار و زمان تولید یک محصول یا قطعه تولیدی، بگونه‌ای که هزینه های نگهداری، تولید و راه‌اندازی مینیمم شود.[1]

تحقیقات اخیر در زمینه‌های زمان‌بندی و تعیین اندازه انباشته تولید، بر توسعه الگوریتم‌هایی تمرکز داشته که بتوانند میزان تولید را به نحوی برنامه‌ریزی کنند که ضمن در نظرگرفتن محدودیت‌های موجود، مجموع هزینه‌های راه‌اندازی، تولید و نگهداری موجودی، کمترین مقدار ممکن را داشته باشد.

در این پایان‌نامه، مساله تعیین اندازه انباشته تولید با فرض محدودیت ظرفیت همراه با فرضیات: راه‌اندازی گروهی، وابستگی راه‌اندازی به توالی تولید و نیز انتقال راه اندازی از یک پریود به پریود بعد، مورد مطالعه قرار گرفته است. این مساله توسعه‌ای بر مساله کلاسیک تعیین اندازه انباشته تولید با محدودیت ظرفیت (CLSP) است. در فصل اول این پایان‌نامه، مشخصه‌هایی که نقش موثری در تنوع و یا پیچیدگی این مسائل دارند مورد مطالعه قرار گرفته، سپس مروری بر ادبیات موضوع این مساله ذکر و روش تحقیق ارائه شده است. در ادامه مساله به طور کامل تعریف و مدل برنامه‌ریزی مخلوط با اعداد صحیح (MIP) آن نوشته شده است. همچنین الگوریتم فوق ابتکاری الگوریتم ژنتیک که در این پایان‌نامه مورد استفاده قرار گرفته، به طور خلاصه آورده شده است.

در ادامه، ابتدا هدف از اجرا ، ضرورت اجرا و همچنین فرضیات مورد استفاده در این پایان‌نامه بیان شده و سپس مشخصه های مؤثر در مسائل تعیین اندازه انباشته تولید بررسی خواهند شد.

۱-۲- هدف از اجرا

هدف از انجام این تحقیق عبارتست از توسعه مساله تعیین اندازه انباشته تولید و ارائه یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای حالت توسعه یافته و به دنبال آن تهیه و ارائه یک روش حل ابتکاری برای آن با استفاده از روش فوق ابتکاری شناخته شده ژنتیک می‌باشد.

۱-۳- ضرورت انجام تحقیق

از آنجاییکه یکی از مهمترین مسائل برنامه‌ریزی تولید علاوه بر برآورده نمودن تقاضا در مدت زمان تولید با هزینه‌های مربوط به‌آن، حداکثرکاهش هزینه‌های راه‌اندازی و تولید و نگهداری موجودی است، لذا تعیین اندازه انباشته بهینه اهمیت زیادی در کارایی سیستم‌های تولیدی دارد. از طرف دیگر افزودن محدودیتها ومشخصه‌های مختلف به فرضیات مساله باعث کاهش کارایی روش‌های معمولی مانند شاخه و کران در حل اینگونه مسائل می‌شود. و در نتیجه استفاده از الگوریتم‌های ابتکاری برای بدست آوردن بهترین جواب ممکن کاملاً ضروری به نظر می‌رسد.

۱-۴- فرضیات مساله

در این تحقیق یک مساله تعیین اندازه انباشته تولید پویای تک‌مرحله‌ای چند محصولی با محدودیت ظرفیت و با شرط راه‌اندازی گروهی و وابستگی راه‌اندازی به توالی تولید ونیز امکان انتقال راه‌اندازی یک خانواده محصولات از یک پریود به پریود دیگر در نظر گرفته خواهد شد.

۱-۵- مشخصه‌های مؤثر در مسائل تعیین اندازه انباشته

مشخصه‌های مهمی وجود دارند که تأثیر فراوانی در دسته‌بندی و مدلسازی مسائل تعیین اندازه انباشته تولید[1] داشته و وجود هر یک از آنها پیچیدگی این مسائل را تحت تأثیر قرار می‌دهند. کریمی و همکاران[2]، پس از معرفی مسائل تعیین اندازه انباشته تک مرحله‌ای و انواع مختلف این مسائل و همچنین روشهای حل آنها این مشخصه‌ها را معرفی نموده‌اند. این موارد را می‌توان بطور خلاصه و به صورت زیر بیان نمود:

افق برنامه‌ریزی:

یک بازه زمانی است که در آن برنامه تولید توسط برنامه تولید اصلی ویا سربرنامه تولید[2](MPS) مشخص می‌شود. این بازه می‌تواند محدود (معمولا با تقاضای پویا) و یا نامحدود (معمولا با تقاضای ایستا) باشد. سیستم می‌تواند به صورت پیوسته و یا گسسته به تولید ادامه دهد. در هر پریود شاید بتوان چند محصول را تولید کرد و یا طول پریود کوتاه باشد طوری‌که تنها یک محصول امکان تولید داشته باشد. حالت اول به "ظرف زمانی بزرگ"[3] و حالت دوم "ظرف زمانی کوچک"[4] معروف است. از نکات دیگر در رابطه با افق برنامه‌ریزی، می‌توان به فرض افق متحرک[5] اشاره کرد که در موارد وجود عدم قطعیت در داده‌ها مطرح می‌باشد. در این‌گونه موارد تصمیم‌گیری تنها برای پریودهای اولیه اجرا شده و سپس با گذشت هر پریود، با استفاده از داده‌های به‌روز شده مدل مجدد اجرا می‌شود. بطور خلاصه برنامه‌ریزی بلند مدت معمولاً بر روی پیش بینی نیازهای تجمعی تمرکز داشته و تصمیمات استراتژیک در مورد منابع را شامل می‌شود. برنامه‌ریزی میان مدت بیشتر تصمیم گیری در مورد برنامه‌ریزی نیازمندیهای مواد و تعیین اندازه انباشته و مقدار تولید در طول افق برنامه‌ریزی را دربر می گیرد و برنامه‌ریزی کوتاه مدت نیز اغلب زمانبندی روزانه عملیاتهایی همچون توالی کار و کنترل کف کارگاه را شامل می‌شود [3] .

---

[1] Lot Sizing
[2] Master Production Scheduling
[3] Big Bucket (or large time window)
[4] Small Bucket (or small time window)
[5] Rolling Horizon

تعداد مراحل تولید:

یک سیستم تولیدی می‌تواند تک مرحله‌ای یا چند مرحله‌ای باشد. در سیستم تک مرحله‌ای، معمولا مواد اولیه پس از یک مرحله عملیات تبدیل به محصول نهایی می‌شوند. در این حالت تقاضاهای محصول بصورت مستقیم از سفارش مشتری یا پیش بینی بازار بدست می‌آید(تقاضای مستقل). اما در سیستم چند مرحله‌ای، یک رابطه والد-فرزندی بین اقلام وجود دارد. مواد خام پس از گذراندن چندین مرحله عملیات مختلف تولید، به محصول نهایی تبدیل می‌شوند. خروجی یک مرحله، ورودی مرحله بعد است. مسائل چند مرحله‌ای معمولاً بوسیله ساختار محصولشان مشخص می‌شوند (سیستم‌های تولیدی سری، مونتاژی، دمونتاژی وMRP[1]).

تعداد محصولات:

تعداد محصول نهایی در یک سیستم تولیدی، عامل مهم دیگری است که در مدلسازی و پیچیدگی مسایل برنامه‌ریزی تولید مؤثر است. در این حالت دو دسته‌بندی عمده وجود دارد: تک محصولی و یا چند محصولی.

محدودیت منابع و ظرفیت:

در سیستم‌های تولیدی اغلب با محدودیت منابع به‌خصوص ظرفیت[2] تولید روبه‌رو هستیم، این مسائل، مسائل پیچیده‌تری نسبت به مسائل بدون محدودیت ظرفیت هستند.

تقاضا:

در مسایل تعیین اندازه انباشته، تقاضا یک متغیر ورودی است که قطعی[3] یا احتمالی[4] خواهد بود و در زمانی که تقاضا قطعی است نیز می‌تواند در طول زمان بدون تغییر باقی بماند (تقاضای ایستا[5]) و یا می‌تواند تغییر کند و به عبارت دیگر پویا[6] باشد.

---

[1] Material Requirement Planning
[2] Capacitated
[3] Deterministic
[4] Probabilistic
[5] Static
[6] Dynamic

فساد پذیری محصول[1]:

امکان فاسد گشتن و غیر قابل استفاده شدن محصولات پس از مدت زمان مجاز برای نگهداری این محصولات درانبار، عامل بسیار مهمی است که برپیچیدگی مسائل تأثیرمی‌گذارد.

کمبود موجودی:

مجاز بودن کمبود موجودی در مساله، بدین معنی است که تقاضای هر پریود تولیدی را می‌توان با تولید در پریودهای بعد جبران نمود. کمبود موجودی می‌تواند به سه شکل سفارش عقب‌افتاده یا فروش از دست رفته و یا ترکیبی از این دو، در مساله وارد شود.

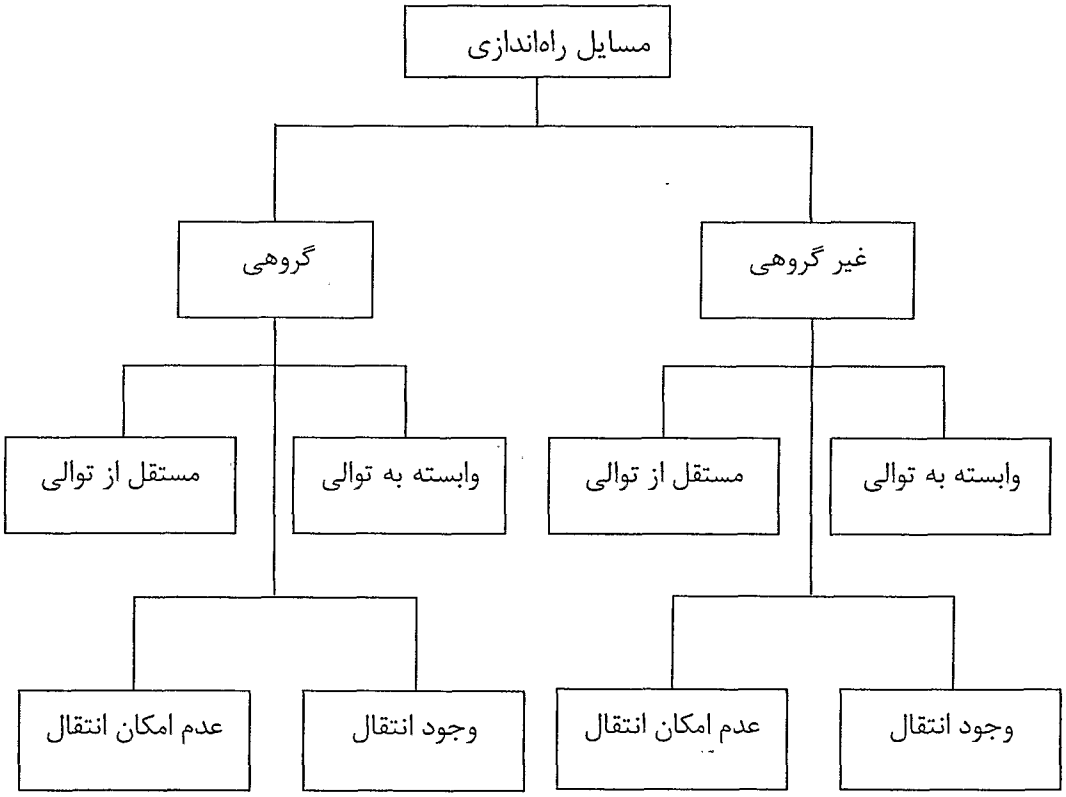
ساختار راه‌اندازی:

ساختار راه‌اندازی سیستم تولیدی نیز از عوامل مهمی است که بطور مستقیم بر پیچیدگی مسایل برنامه‌ریزی تولید تأثیر می‌گذارد. به‌طور کلی در سیستمهای مختلف تولیدی دو نوع راه‌اندازی وجود دارد: راه‌اندازی ساده و دیگری پیچیده. اگر زمان و هزینه راه‌اندازی در یک پریود از تصمیمات و توالی محصولات پریودهای قبلی مستقل باشد، راه‌اندازی دارای ساختار ساده بوده و در غیر این صورت، ساختار راه‌اندازی پیچیده است. هزینه‌های (زمانهای) راه‌اندازی معمولاً بوسیله متغیرهای صفر و یک در مدل ریاضی معرفی شده و حل را با دشواری همراه می‌سازد. انواع راه‌اندازی پیچیده عبارتست از راه‌اندازی گروهی[2]، راه‌اندازی با امکان انتقال راه‌اندازی[3] از پریودی به پریود دیگر و وابستگی هزینه و مدت زمان راه‌اندازی به توالی تولید[4] و نیز می‌توان ترکیبی از این موارد را داشت.

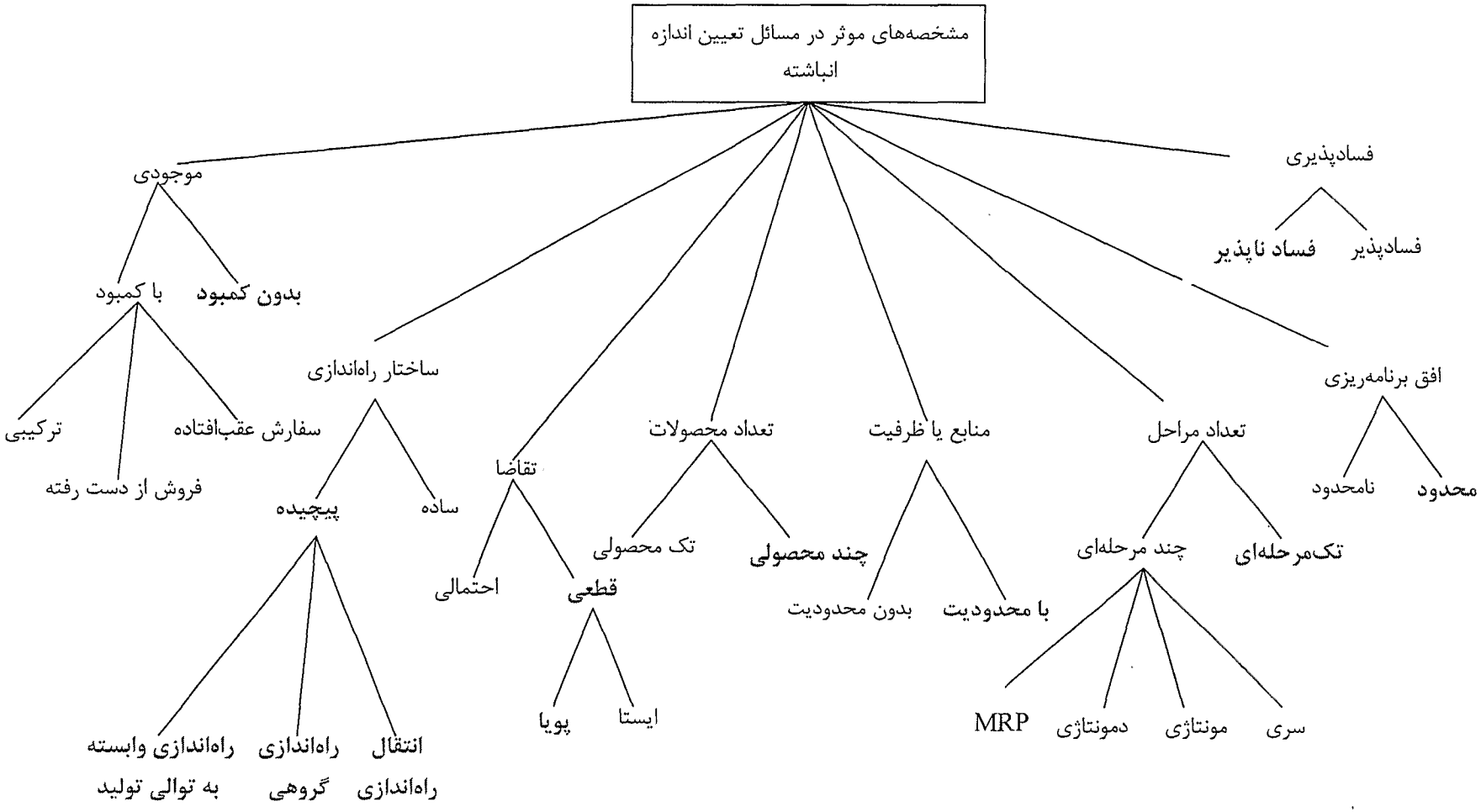
شکل(۱-۱) ، طبقه‌بندی مسایل مختلف راه‌اندازی بیان شده در این پایان‌نامه را نشان می‌دهد و نیز در شکل (۱-۲) مشخصه‌های عنوان شده مؤثر در مسائل تعیین اندازه انباشته، به‌طور خلاصه نشان داده شده‌اند. در این شکل، مشخصه‌های درنظر گرفته شده در این پایان‌نامه، با رنگ قرمز مشخص شده‌اند.

---

[1] Deterioration of Items
[2] Family setup or major setup
[3] Setup carry over
[4] Sequence dependent setup cost and time



شکل (۱-۱) طبقه‌بندی مسایل زمان‌بندی همراه با فروض مختلف راه‌اندازی



شکل ۱-۲ مشخصه‌های موثر در مسائل تعیین اندازه انباشته

فصل دوم

ادبیات و پیشینه تحقیق