

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه علامه طباطبائی
دانشکده مدیریت و حسابداری

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد
مدیریت صنعتی گرایش تحقیق در عملیات

بهینه سازی خط مونتاژ با رویکرد فراابتکاری چند هدفه

استاد راهنما

دکتر مقصود امیری

استاد مشاور

دکتر مصطفی زندیه

نگارش

نجمه ملایی

تابستان

۱۳۹۱

تقدیم به

پدرم برای همه بزرگواری‌هایش

مادرم برای همه محبت‌هایش

همسرم برای همه همراهی‌هایش

تشکر و قدردانی از اساتید

حمد و سپاس مخصوص خداست که پروردگار جهانیان است.

از استاد راهنما جناب آقای دکتر مقصود امیری به خاطر رهنمودهای ارزنده و مساعدت‌های بی‌دریغشان در طول انجام این تحقیق سپاسگزارم.

همچنین از جناب آقای مهندس یوسف زاده و مهندس علیزاده به خاطر همکاری-های صادقانه، صمیمانه تشکر می‌کنم.

چکیده

در این تحقیق، یک الگوریتم فراابتکاری چندمعیاره مبتنی بر شبیه سازی تبرید برای حل مسائل بالانس خط مونتاژ ساده (SALBP-1) دو معیاره پیشنهاد می شود. این مسئله زمانی که یک خط مونتاژ جدید نصب و راه اندازی می شود، مطرح می شود و شامل تقسیم کارها به حداقل ایستگاه های ممکن می باشد، به طوری که بدون نقض محدودیت های تقدمی، تعدادی از معیارهای عملکرد بهینه شوند. معیارهای عملکردی که در این تحقیق به دنبال مینیمم سازی آن ها هستیم عبارتند از: (۱) هزینه ماشین آلات و نیروی انسانی و (۲) شاخص همواری حجم کاری تقسیم شده بین ایستگاه های کاری خط مونتاژ.

برای این منظور، یک الگوریتم شبیه سازی تبرید چندمعیاره که از مفاهیم مقایسه حل ها بر اساس تسلط پارتو و از ارزیابی حل ها بر مبنای شاخص نزدیکی نسبی مبتنی بر رویکرد تصمیم گیری چندشاخصه TOPSIS استفاده می کند، توسعه داده شده است. در این الگوریتم، به منظور جستجوی همسایگی از استراتژی های انتقال و معاوضه که زیرمجموعه اپراتورهای جهش در الگوریتم ژنتیک می باشند و از لیست جستجوی ممنوع برای عدم رویارویی با جواب های تکراری استفاده می گردد. همچنین قصد داریم تا برخلاف روش های تنظیم پارامتر سنتی ادبیات الگوریتم شبیه سازی تبرید، با استفاده از ابزار تاگوچی به عنوان یک روش طراحی پارامتر قدرتمند، فاکتورهای موثر الگوریتم پیشنهادی را به ازای سه دسته متمایز از مسائل معیار در دسترس در ادبیات، تنظیم کنیم. در ادامه عملکرد الگوریتم توسعه داده شده که آن را MCSA نامیده ایم، در مقایسه با سایر الگوریتم های موجود مانند الگوریتم شبیه سازی تبرید چندهدفه، بر روی مسائل معیار شناخته شده ادبیات SALBP-1 با زمان هایی احتمالی که در این تحقیق توزیع احتمال زمان های عناصر کاری را نرمال با میانگین و واریانس مشخص فرض نموده ایم، مورد آزمون قرار می گیرد. نتایج محاسباتی نشان دهنده برتری این الگوریتم نسبت به سایر الگوریتم های موجود، بر روی رنج وسیعی از مسائل معیار می باشد.

کلمات کلیدی: بالانس خطوط مونتاژ^۱، الگوریتم شبیه سازی تبرید^۲، TOPSIS، طراحی تاگوچی^۳

1- Assembly Line Balancing

2-Simulated Annealing Algorithm

3-Taguchi Design

فهرست

فصل اول : کلیات تحقیق

- ۱-۱ مساله تحقیق..... ۲
- ۲-۱ اهمیت و ضرورت تحقیق..... ۴
- ۳-۱ جنبه جدید بودن و نوآوری تحقیق..... ۵
- ۴-۱ اهداف تحقیق..... ۵
- ۱-۴-۱ سوال اصلی و فرعی تحقیق..... ۵
- ۵-۱ شرح روش تحقیق..... ۵
- ۶-۱ محدودیت های تحقیق..... ۵
- ۷-۱ تعریف واژه ها و اصطلاحات فنی و تخصصی..... ۶
- ۸-۱ مدل مفهومی تحقیق..... ۷
- ۹-۱ جمع بندی..... ۸

فصل دوم : ادبیات و پیشینه تحقیق

- ۱-۲ مقدمه..... ۱۰
- ۲-۲ دسته بندی خطوط مونتاژ..... ۱۰
- ۱-۲-۲ انواع خطوط مونتاژ بر طبق تعداد محصولات یا مدل ها..... ۱۰
- ۲-۲-۲ انواع خطوط مونتاژ بر طبق زمان عملیات ها..... ۱۱
- ۳-۲-۲ انواع خطوط مونتاژ بر طبق شکل یا چیدمان خط..... ۱۲
- ۴-۲-۲ انواع خطوط مونتاژ بر طبق جریان قطعات کاری..... ۱۵
- ۵-۲-۲ انواع خطوط مونتاژ بر طبق سطح اتوماسیون..... ۱۷

- ۳-۲ طبقه بندی معیارهای عملکردی در بالانس خط مونتاژ..... ۱۸
- ۱-۳-۲ شول..... ۱۸
- ۴-۲ رویکردهای تقسیم بندی مسائل بالانس خط مونتاژ..... ۱۹
- ۱-۴-۲ تقسیم بندی بای بارز..... ۱۹
- ۲-۴-۲ تقسیم بندی قوش و گاگون..... ۱۹
- ۳-۴-۲ تقسیم بندی شول و بکر..... ۲۰
- ۴-۴-۲ طبقه بندی پلنز..... ۲۳
- ۵-۴-۲ طبقه بندی بویسن و همکاران..... ۲۴
- ۵-۲ مسائل بالانس خط مونتاژ ساده..... ۲۵
- ۱-۵-۲ مشخصات مسائل بالانس خط مونتاژ ساده..... ۲۶
- ۲-۵-۲ روش های حل SALBP..... ۲۷
- ۱-۲-۵-۲ قوانین تسلط..... ۳۱
- ۲-۲-۵-۲ قوانین کاهش..... ۳۳
- ۶-۲ روش های موجود برای حل ALBP چندمعیاره..... ۳۵
- ۱-۶-۲ الگوریتم ابتکاری حریصانه..... ۳۸
- ۲-۶-۲ الگوریتم جستجوی ممنوع..... ۳۸
- ۳-۶-۲ الگوریتم مورچگان..... ۳۹
- ۴-۶-۲ الگوریتم شبیه سازی تبرید..... ۳۹
- ۵-۶-۲ الگوریتم ژنتیک..... ۴۰
- ۶-۶-۲ الگوریتم تکامل تفاضلی..... ۴۰
- ۷-۲ بهینه سازی چندهدفه..... ۴۱

۴۳.....۸-۲ ارتباط ریسک با بالانس خط مونتاژ.....

۴۴.....۹-۲ پیشینه تحقیق.....

۴۸.....۱۰-۲ جمع بندی.....

فصل سوم : متدولوژی تحقیق

۵۰.....۱-۳ مقدمه.....

۵۱.....۲-۳ مشخصه های مسئله بالانس خط مونتاژ تک مدلی دو هدفه با زمان های تصادفی.....

۵۲.....۳-۳ مدل سازی دوهدفه مسئله.....

۵۲.....۱-۳-۳ مفروضات به کار رفته در مسئله بالانس خط مونتاژ تصادفی.....

۵۳.....۲-۳-۳ تعریف متغیرها، مجموعه ها و پارامترها.....

۵۴.....۳-۳-۳ مدل سازی دوهدفه مسئله.....

۵۶.....۴-۳ ساختار اصلی الگوریتم آنیل شبیه سازی شده پیشنهادی.....

۵۸.....۱-۴-۳ انتخاب یک الگوی نمایش، به عبارت دیگر روشی برای به کد درآوردن حل ها.....

۵۸.....۲-۴-۳ تولید جواب اولیه.....

۶۰.....۳-۴-۳ عناصر اصلی در الگوریتم آنیل شبیه سازی شده پیشنهادی.....

۶۴.....۴-۴-۳ انتخاب یک مکانیسم ارزیابی و تنوع.....

۶۷.....۵-۴-۳ شبه کد الگوریتم پیشنهادی.....

۶۸.....۱-۵-۴-۳ تعریف پارامترهای ورودی و مجموعه ها.....

۷۰.....۲-۵-۴-۳ شروع الگوریتم حریمانه برای تولید جواب اولیه.....

۷۳.....۳-۵-۴-۳ شروع الگوریتم MCSA.....

۸۱.....۵-۳ تنظیم پارامترهای الگوریتم MCSA.....

- ۸۱.....۱-۵-۳ طراحی تاگوچی.....
- ۸۸.....۲-۵-۳ تجزیه و تحلیل مسائل با اندازه کوچک.....
- ۹۱.....۳-۵-۳ تجزیه و تحلیل مسائل با اندازه متوسط.....
- ۹۳.....۴-۵-۳ تجزیه و تحلیل مسائل با اندازه بزرگ.....
- ۹۵.....۶-۳ رویکرد مبتنی بر MOSA.....

فصل ۴: نتایج محاسبات و پیشنهادات

- ۹۸.....۱-۴ مقدمه.....
- ۹۸.....۲-۴ اعتبارسنجی مدل.....
- ۹۹.....۳-۴ رویکردهای فراابتکاری تحت بررسی.....
- ۱۰۰.....۴-۴ شرایط مقایسات.....
- ۱۰۱.....۵-۴ معیارهای عملکردی.....
- ۱۰۳.....۶-۴ نتایج محاسباتی.....
- ۱۰۶.....۱-۶-۴ تجزیه و تحلیل نمودارها.....
- ۱۰۷.....۷-۴ تحقیقات آتی.....
- ۱۰۸.....منابع.....

فصل اول

کلیات تحقیق

۱-۱ مسأله تحقیق

خطوط مونتاژ^۴، سیستم های تولید جریان گرایی هستند که هنوز به نوعی در تولید صنعتی کالاهای استاندارد با کمیت بالا و حتی در تولید کالاهای با حجم پایین از محصولات سفارشی حائز اهمیت هستند. در میان مسائل تصمیم گیری که در مدیریت چنین سیستم هایی وجود دارد مسائل بالانس خط مونتاژ جزء وظایف مهم در برنامه ریزی تولید میان مدت تلقی می شوند. مسائل بالانس خط مونتاژ^۵ به صورت گسترده ای مورد مطالعه قرار گرفته است.

مسئله بالانس خط مونتاژ شامل تخصیص یک مجموعه از کارها بر طبق محدودیت های تقدیمی به یک توالی از ایستگاه های کاری، می باشد به طوری که زمان هر ایستگاه از زمان سیکل تجاوز نکرده و یک یا چند معیار عملکرد بهینه شود. (Scholl , Becker,2006)

از آنجا که یک بالانس کامل (یعنی یک حجم کاری یکسان برای تمام ایستگاه ها) به ندرت به دست می آید، کاهش زمان بیکاری ایستگاه ها یکی از اهداف اصلی بهینه سازی است که به صورت مینیمم سازی یک شاخص همواری در این تحقیق در نظر گرفته شده است. هدف دیگری که در این تحقیق مد نظر قرار گرفته است، مینیمم نمودن هزینه های نیروی انسانی، ماشین کاری و ابزار آن می باشد.

4-Assembly Line

5- Assembly Line balancing Problems(ALBP)

از طرفی، مشخصات اختصاصی هر نوع خط مونتاژ، به شدت نوع مسئله بالانس آن را تحت تاثیر قرار می دهد. برای مثال خطوط تک مدله، سری، همزمان و قطعی، فقط شامل تخصیص کارها به ایستگاه های کاری می باشند (ساده ترین نوع مسئله بالانس). این در حالی است که برای سایر ساختارهای خط، مسئله بالانس با مسائل تصمیم گیری اضافی همراه خواهد بود.

یکی از این مشخصات، زمان های پردازش عناصر کاری می باشد که در ادبیات موضوع بیشتر به آن خواهیم پرداخت. زمان های پردازش تصادفی که از مفروضات این تحقیق می باشد در مقایسه با زمان های قطعی در دنیای واقعی کاربرد بیشتری دارند، برای مثال در تولید محصولاتی مانند لکوموتیو، تغییرپذیری زیادی در زمان های عناصر کاری وجود دارد، که منجر به استفاده از بافر و منابع اضافی می گردد. به منظور رویایی با طبیعت تصادفی این مسائل می توان از منطق احتمال برای زمان های عناصر استفاده نمود. این تحقیق بر خط تولید تک محصولی تمرکز می کند که عناصر کاری، زمان هایی با توزیع نرمال و میانگین و واریانس مشخص دارند، تکمیل می شوند. (Udayakumar,2007)

هر نوعی از مسائل بالانس خط مونتاژ دارای طبیعت ترکیباتی می باشند و جزو دسته مسائل بهینه سازی ترکیباتی NP-Hard به حساب می آیند، بدین معنی که نمی توان یک حل بهینه مطلق را در یک زمان محاسباتی معقول برای آن ها پیدا کرد. بنابراین استفاده از رویکردهای فراابتکاری در حل آن ها امری غیر قابل اجتناب می باشد. روش تبرید شبیه سازی شده که در این تحقیق استفاده گردیده، یکی از پرکاربردترین الگوریتم های فراابتکاری برای مسائل با سایزهای بزرگ می باشد. در این تحقیق با استفاده از اپراتورهای ژنتیک و ابزار TOPSIS جهت ارزیابی جواب ها و مفهوم تسلط پارتو به بهبود جواب های حاصل از این الگوریتم پرداخته ایم.

۲-۱ اهمیت و ضرورت انجام تحقیق

تغییرات کیفی و کمی سریع در تقاضای بازار، تولیدکنندگان را مجبور کرده است تا روش هایی را برای مدیریت خطوط مونتاژ خود، جستجو کنند تا بتوانند محصولات پیچیده تر و رقابتی تری تولید کنند. برای پاسخ به این نیازهای متنوع بازار، خطوط مونتاژ جدید باید از یک طرف دارای سطح اتوماسیون بالایی باشند و از طرف دیگر قابلیت تغییر ساختار خوبی نیز داشته باشند. تصمیماتی که برای مدیریت خطوط مونتاژ در سیستم های تولید خط جریان و انبوه مدرن گرفته می شوند، نه تنها بر روی هزینه نهایی محصول، بلکه بر روی تنوع و کیفیت محصولات نهایی تولیدی و از همه مهمتر بر روی مدت زمان پاسخ به بازار آن ها نیز موثر می باشد. عامل آخر به طور شدیدی به سیکل تولیدی خط مونتاژ، که یکی از مهم ترین معیارهای عملکرد در ساختار بندی خطوط مونتاژ می باشد، وابسته است.

در حالت کلی مسئله ی بالانس خط جزء مسائل پیچیده در حوزه ی تحقیق در عملیات به شمار می رود و میزان پیچیدگی آن متناسب با مشخصات گراف تقدم و تاخر، مشخصات ایستگاه و خط و نوع اهداف و مفروضات مسئله تغییر می کند. از جمله دلایل وجود شکاف بین کاربر عملی و ادبیات تحقیقاتی مسائل بالانس خط مونتاژ مواردی مانند عدم قابلیت بسط نتایج علمی موجود بر روی مسائل کاربردی، در نظر نگرفتن مسائل دنیای واقعی توسط محققین و عدم ارائه ی روش حل مناسب برای مسائل واقعی موجود می باشد بنابراین ارائه یک تقسیم بندی سازگار و معتبر از مسائل ALB با در نظر گرفتن کلیه اهداف و محدودیت های مربوط ضروری به نظر می رسد. به هر میزان که مفروضات بیشتری از مسئله آزاد گردد همزمان با پیچیده تر شدن، این مسائل با دنیای واقعی انطباق بیشتری خواهند یافت.

۳-۱ جنبه جدید بودن و نوآوری در تحقیق

از جمله موارد نوآوری، می توان به ارائه الگوریتم شبیه سازی تبرید توسعه یافته، اشاره نمود. همچنین دوهدفه بودن مسئله بالانس خط مونتاژ تک محصولی با زمان های تصادفی، از دیگر موارد نوآوری این تحقیق است که می توان اشاره نمود.

۴-۱ اهداف تحقیق

اهداف این تحقیق شامل مینیمم نمودن هزینه حاصل از ایجاد ایستگاه های موازی در گلوگاه ها و میزان بیکاری در ایستگاه هاست. از نتایج این تحقیق می توان برای خطوط مونتاژ تک محصولی با زمان های تصادفی با توزیع مشخص برای زمان های عناصر کاری که عامل انسانی نقش اصلی را دارد، استفاده نمود.

۱-۴-۱ سؤال اصلی و فرعی تحقیق

بهینه سازی بالانس خط مونتاژ با رویکرد فراابتکاری چندهدفه به چه صورت می باشد؟ (در حالتی که زمان های انجام کار تصادفی و قطعی باشد)

۵-۱ شرح روش تحقیق

ساده ترین نوع مسئله بالانس خط مونتاژ، یافتن تخصیص مناسبی از فعالیتهای مونتاژ به مجموعه ای از ایستگاه های تولیدی بر اساس زمان سیکل، محدودیت های پیشنیازی و دیاگرام مونتاژ است تا معیارهای خاصی همچون روانی خط تولید و یا کارایی در شرایط مطلوبی قرار گیرند. در این تحقیق بالانس خط مونتاژ تک محصولی همراه با زمان های عملیاتی تصادفی با استفاده از روش فراابتکاری ارایه می شود.

۶-۱ محدودیت های تحقیق

یکی از دلایلی که تحقیق کمتری روی مسئله بالانس خط مونتاژ چند هدفه انجام گردیده به این دلیل است که در تحقیقات گذشته (McMullen and Fraizer 1998) مشخص گردیده است که تعداد زیادی از اهداف مهم

در تضاد با یکدیگر قرار دارند که بهینه سازی مسائل چندهدفه را چالش انگیز کرده است. (McMullen, Tarasewich, 2006). همچنین با توجه به این که در این تحقیق از زبان برنامه نویسی مطلب استفاده گردیده است می توان به دشواری های زبان برنامه نویسی مطلب نیز اشاره نمود.

۷-۱ تعریف واژه‌ها و اصطلاحات فنی و تخصصی

فرآیند مونتاژ: عبارتست از اتصال ۲ یا چند قطعه مجزا برای ساخت یک قطعه یا محصول جدید
بالانس خط مونتاژ: بالانس خط مونتاژ عبارتست از تخصیص وظائف مونتاژی و پردازش به ایستگاه های کاری به طوری که زمان کل مورد نیاز در هر ایستگاه کاری تقریباً مشابه باشد.
نرخ خروجی خط یا سیکل تولید یا زمان چرخه: زمانی است که طی آن یک قطعه از خط خارج می شود (مثلاً هر دو دقیقه یک یخچال). ماکزیمم یا میانگین زمان در دسترس برای هر چرخه کاری بوده و از تقسیم حجم تولید به زمان کاری در روز به دست می آید.

نمودار تقدم و تاخر: نمودار توالی عناصر کاری برحسب محدودیت پیش نیازی.

بهینه سازی پارتو^۶: در مسائل چند هدفه یکی از موضوعات مهم یافتن مجموعه جواب های بهینه پارتو می باشد نه به دست آوردن یک نقطه.

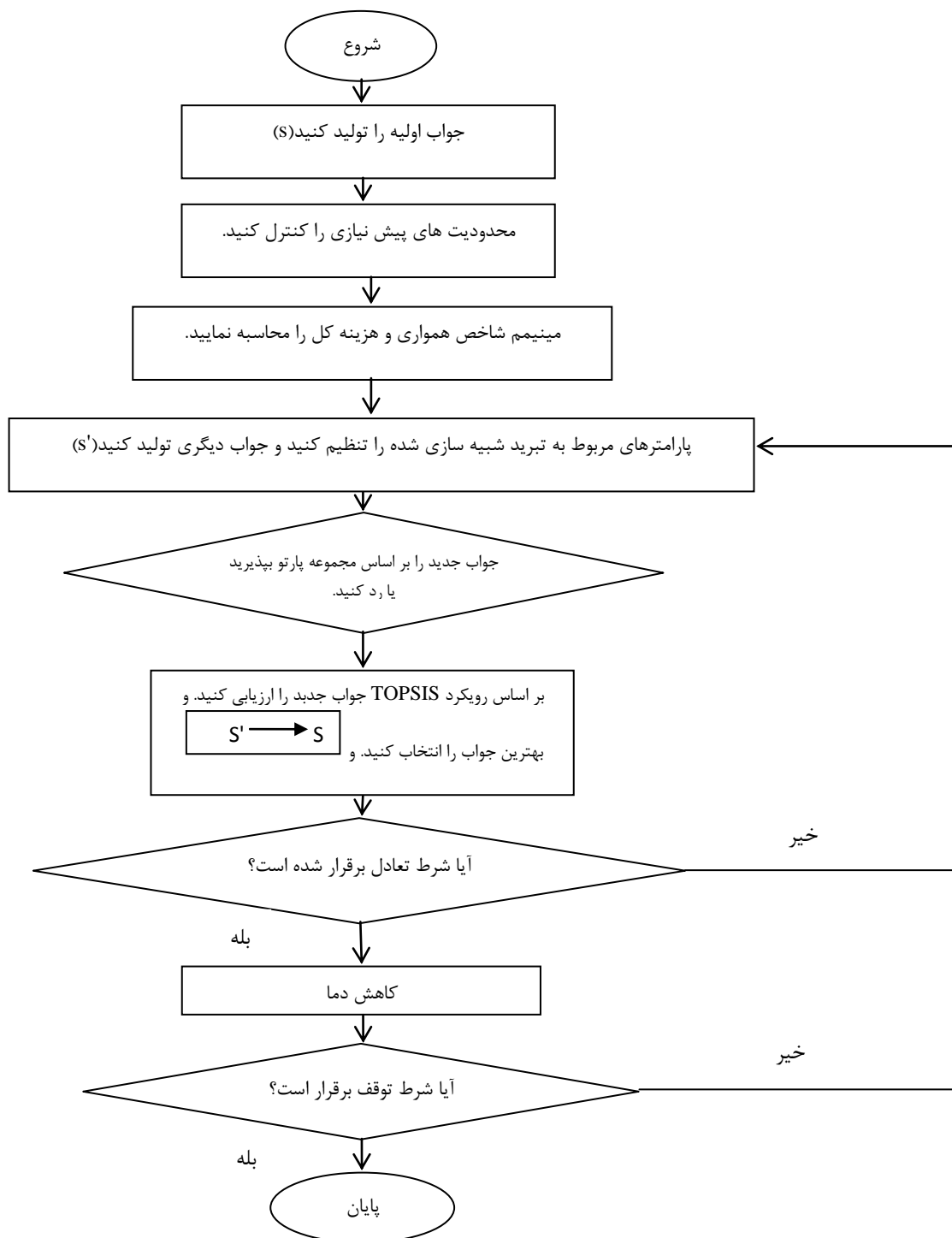
عنصر کاری: تولید یک محصول در خط مونتاژ مستلزم تقسیم و ساده نمودن کل کار به مجموعه ای از عملیات

ابتدایی است که عنصر کاری نامیده می شود. (Sholl , Becker , 2004)

⁶- Pareto Optimization

۸-۱ مدل مفهومی تحقیق

شکل ۱-۱ مدل مفهومی تحقیق را که بیشتر در فصل ۳ به آن پرداخته ایم را نشان می دهد.



شکل ۱-۱. مدل مفهومی تحقیق

۹-۱ جمع‌بندی

در این فصل به کلیات تحقیق پرداخته شد که شامل بیان مساله تحقیق، ضرورت انجام تحقیق، اهداف تحقیق، سوال تحقیق، روش‌شناسی انجام تحقیق و تعاریف واژگان تخصصی تحقیق بوده و هر کدام به تفصیل بررسی شدند تا یک تصویر کلی از تحقیق صورت گرفته، ارائه شود. سازماندهی این تحقیق به این شکل می‌باشد که در ۴ فصل به شرح زیر طراحی شده است:

فصل اول: بیان مسئله

فصل دوم: مرور ادبیات

۱-۲- مرور ادبیات مسئله ی بالانس خط

۲-۲- مرور ادبیات روش های فراابتکاری چندهدفه

فصل سوم: مدل سازی و توسعه راه حل

۱-۳- مدل سازی دو هدفه ی مسئله

۲-۳- انتخاب روش فراابتکاری مناسب با توجه به خصوصیات مسئله

۳-۳- تطبیق روش فراابتکاری انتخاب شده و برنامه نویسی

۴-۳- تنظیم پارامترهای الگوریتم های توسعه داده شده

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل نتایج

۱-۴- مقایسه نتایج حاصل از الگوریتم های توسعه یافته از نظر کارایی و اثربخشی

لازم به ذکر است که کارایی الگوریتم توسعه یافته را از نظر "زمان محاسباتی" و برای اثر بخشی آن "خروجی تابع

هدف" را با یک یا چند معیار مانند "میزان نزدیکی به جواب ایده آل"، "یکنواختی پارتو"، "گسترده‌گی پارتو" و

...محاسبه می نماییم.

فصل دوم

ادبیات و پیشینه تحقیق

۱-۲ مقدمه

خط مونتاژ از ایستگاه های متوالی کاری $k=1, \dots, m$ که در طول یک تسمه حامل یا ماشین آلات مکانیکی مشابه جریان مواد قرار دارند، تشکیل می گردد. عناصر کاری به صورت متوالی در خط راه اندازی شده و از یک ایستگاه به ایستگاه دیگر منتقل می شوند و ایستگاه ها بطور همزمان مشغول به کار می باشند. در هر ایستگاه عملیات مشخصی با ملاحظه زمان چرخه به طور مکرر انجام می شوند. (Scholl , Becker, 2006)

۲-۲ دسته بندی خطوط مونتاژ

به علت اهمیت کاربردی خطوط مونتاژ تا به امروز بخش مهمی از ادبیات مربوطه به ساختار بندی سیستمهای مونتاژ اختصاص داده شده است. از زمان اولین فرموله نمودن ALB توسط سالوسون⁷ (1955) کارهای علمی عمدتاً بر روی مساله اصلی ساختار بندی یا همان تخصیص کارها به ایستگاه ها متمرکز شده اند.

خطوط مونتاژ دارای معیارهای تقسیم بندی بسیاری هستند، که به طور کلی این معیارها شامل تعداد محصولات با مدل های تولید شده، نوع زمان عملیات ها، شکل یا چیدمان خط، جریان قطعات کاری در خط و سطح اتوماسیون خط می باشند.

۱-۲-۲ انواع خطوط مونتاژ بر طبق تعداد محصولات یا مدل ها

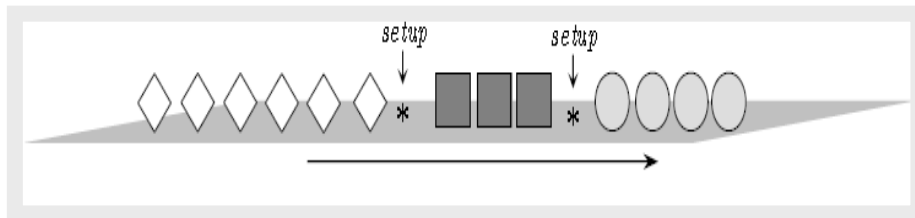
در این نوع خطوط، معیار تعداد محصولات و مدل ها به عنوان اساس تقسیم بندی قرار می گیرند و شامل دسته بندی های زیر می باشند:

⁷-Salveson

- خط تک مدلی: یک ساختار کلاسیک است که در آن یک مدل از یک نوع محصول واحد تولید می شود.

- خط با مدل های مختلط یا ترکیبی: در این خط چندین نوع از یک محصول پایه، که مدل نامیده می شوند، بطور همزمان در خط تولید می شوند. مدل های مختلف محصول در یک توالی مختلط ساخته می شوند.

- خط با مدل های چندگانه: مدل های مختلف با تفاوت های قابل توجهی در خط تولید می شوند. از این رو توالی از دسته ها مورد پردازش قرار می گیرند، که هر دسته شامل یک مدل یا گروهی از مدل های مشابه می باشد، بنابراین هزینه های راه اندازی بین تغییر هر دسته وجود خواهد داشت. شکل ۱-۲ نمایشی از مفهوم خط با مدل های چندگانه می باشد.



شکل ۱-۲. خط مونتاژ با مدل های چندگانه

۲-۲-۲ انواع خطوط مونتاژ بر طبق زمان عملیات ها

در این گروه ها زمان پردازش کارها به عنوان معیار تقسیم بندی خطوط قرار می گیرند و منجر به تقسیمات زیر می شود:

- خط قطعی: زمان پردازش کارها ثابت و شناخته شده می باشند.