بسم الله الرحمن الرحيم

گروه مهندسی صنایع
تحصیلات تکمیلی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی صنایع - گرایش مهندسی صنایع

عنوان پایان‌نامه

# ارائه یک مدل ریاضی برای طراحی همزمان مسئله تشکیل سلولی پویا و تخصیص اپراتور با در نظر گرفتن مسیرهای تولیدی جایگزین

استاد راهنما: جناب آقای دکتر سید مهدی سجادی‌فر

استاد مشاور: جناب آقای مهندس پیام چینی‌فروشان

تهیه و نگارش: مهدی ممیوند

۱۳۸۹

تقدیم به:

# پدر و مادر

# عزیز و ارجمندم

## چکیده

این تحقیق یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح آمیخته به منظور حل همزمان مسئله طراحی سیستم‌های تولید سلولی در حالت پویا و تخصیص اپراتور ارائه می‌کند. مدل ریاضی پیشنهادی شامل چندین فاکتور مهم طراحی از جمله ترکیب‌بندی مجدد پویای سلول‌ها، توالی عملیات، مسیرهای تولیدی جایگزین، ماشین‌آلات چندگانه، ظرفیت ماشین‌آلات، هزینه عملیاتی استفاده از ماشین‌آلات، و زمان در دسترس اپراتورها است. همچنین، برای افزایش قابلیت و رضایتمندی اپراتورها، در مدل ریاضی آموزش در حین کار لحاظ شده است. تابع هدف مدل ریاضی پیشنهادی عبارت از کمینه‌سازی مجموع هزینه‌های جابجایی بین سلولی قطعات، هزینه عملیاتی ماشین‌آلات، هزینه نگهداری و تعمیرات ماشین‌آلات، هزینه ترکیب‌بندی مجدد سلول‌ها، هزینه‌های دستمزد و آموزش اپراتورها است. نتایج محاسباتی توسط چند مثال عددی برای نمایش کارایی و مزایای مدل، ارائه شده است. این نتایج محاسباتی نشان می‌دهد که فرمول‌بندی خطی مدل ریاضی به وسیله نرم افزار بهینه ساز لینگو برای اندازه‌های متوسط به طور کارا قابل حل است. نتایج به دست آمده از طریق تحلیل حساسیت نشان دهنده تاثیر و اهمیت چشمگیر فاکتورهای ترکیب‌بندی مجدد سلولی، مسیرهای تولیدی جایگزین، و آموزش در حین کار بر روی ترکیب‌بندی سلولی است. همچنین، میزان صرفه‌جویی در هزینه به واسطه در نظر گرفتن این فاکتورها قابل توجه است.



کلمات کلیدی: تشکیل سلولی پویا، مسیرهای تولیدی جایگزین، تخصیص اپراتور، آموزش در حین کار، برنامه‌ریزی ریاضی.

با حمد و سپاس فراوان به درگاه خداوند متعال،

بدینوسیله از زحمات بی دریغ استاد ارجمند، جناب آقای دکتر مهدی سجادی‌فر که وظیفه هدایت و راهنمایی رساله را بر عهده داشتند و با راهنمایی‌های خود مرا در انجام هر چه بهتر این تحقیق یاری کردند، صمیمانه تشکر و سپاس‌گذاری می‌نمایم.

همچنین از استاد مشاور گرامی، جناب آقای مهندس پیام چینی فروشان که از رهنمودها و دیدگاه‌های با ارزش ایشان برخوردار بوده‌ام، بدین وسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را اعلام می‌دارم.

بر خود لازم می‌دانم از استاد محترم، جناب آقای دکتر عزیزاله جعفری که در طول دوره کارشناسی ارشد همواره از راهنمایی‌های ایشان بهره گرفتم، تقدیر نمایم.

از پدر و مادر ارجمندم که راهنما، مشوق و حامی من در تمام مراحل تحصیل بوده اند کمال تشکر را می نمایم.

مهدی ممیوند

۱۳۸۹

## فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


چکیده..... پنج
تشکر و قدردانی..... شش
فهرست مطالب..... هفت
فهرست جدول ها..... ده
فهرست شکل ها..... دوازده

**فصل اول: کلیات تحقیق**

۱-۱- مقدمه ..... ۱
۱-۲- تعاریف و مفاهیم ..... ۱
۱-۳- تولید سلولی ..... ۷
۱-۳-۱- مزایای سیستم تولید سلولی ..... ۱۲
۱-۵- معایب روش های فعلی طراحی سیستم های تولید سلولی ..... ۲۳
۱-۵-۱- شرایط تولید پویا ..... ۲٤
۱-۵-۲- انعطاف پذیری در مسیریابی ..... ۲٦
۱-۵-۳- منابع نیروی انسانی در تولید سلولی ..... ۳۰
۱-٦- تعریف مسئله ..... ۳۲
۱-۷- سازمان دهی تحقیق ..... ۳۳
۲-۱- مقدمه ..... ۳٤
۲-۲- روش های طراحی سیستم های تولید سلولی ..... ۳٤
۲-۲-۱- روش های بر مبنای تولید ..... ۳۷
۲-۳- الزامات تولید پویا و قطعی ..... ٤۳

۲-٤- انعطاف پذیری در مسیر یابی ..... ٤٧
۲-٥- مروری بر اهمیت منابع نیروی انسانی در تولید سلولی ..... ٤٩
۲-٥-۱- آموزش در حین کار ..... ٥٤
۲-٦- ویژگی های جدید و نوآوری طرح ..... ٥٥
۲-۷- نتیجه گیری ..... ٥٦
۳-۱- مقدمه ..... ٥٨
۳-۲- فرضیات ..... ٥٨
۳-۳- اهداف طراحی ..... ٦٠
۳-٤- متغیرهای تصمیم طراحی ..... ٦١
۳-٥- ورودی های سیستم ..... ٦٢
۳-٦- محدودیت ها ..... ٦٢
۳-۷- نماد سازی ..... ٦٣
۳-۷-۱- اندیس ها ..... ٦٣
۳-۷-۲- ورودی های مدل ..... ٦٣
۳-۷-۳- متغیرهای تصمیم ..... ٦٤
۳-۸- مدل ریاضی ..... ٦٥
۳-۹- خطی سازی مدل ریاضی ..... ٦٨
۳-۱۰- نتیجه گیری ..... ۷۰
٤-۱- مقدمه ..... ۷۱
٤-۲- مثال یک ..... ۷۱
٤-۲-۱- نتایج عددی مثال یک ..... ۷٤

٤-٣- مثال دو ..... ٧٧
٤-٣-١- نتایج عددی مثال دو ..... ٨٠
٤-٤- تحلیل حساسیت نتایج ..... ٨٤
٤-٥- نتیجه گیری ..... ٨٦
٥-١- نتیجه گیری ..... ٨٨
٥-٢- تحقیقات آتی ..... ٩١
مراجع ..... ٩٢

**فهرست جدول ها**


جدول ۱-۱- مزایای استفاده از سیستم تولید سلولی در شرکت استوارد..... ۱۵
جدول ۱-۲- مزایای گزارش شده از سیستم تولید سلولی در ۳۲ کارخانه تولیدی..... ۱۷
جدول ۱-۳- بهبود عملکرد های گزارش شده در ٤٦ کارخانه تولیدی..... ۱۸
جدول ۱-٤- ماتریس اولیه ماشین - قطعه..... ۲۱
جدول ۱-۵- ماتریس تشکیل سلولی..... ۲۱
جدول ۱-٦- ماتریس اولیه ماشین - قطعه..... ۲۷
جدول ۱-۷- تجزیه ناقص از یک ماتریس ماشین -قطعه..... ۲۸
جدول ۱-۸- وجود برنامه پردازشی جایگزین در ماتریس اولیه..... ۲۸
جدول ۱-۹- بهبود تجزیه بوسیله برنامه پردازشی جایگزین..... ۲۹
جدول ۱-۱۰- تجزیه ناقص از ماتریس ماشین – قطعه..... ۲۹
جدول ۱-۱۱- بهبود در تجزیه بوسیله ماشین اضافی از نوع دو..... ۳۰
جدول ۳-۱- تعداد متغیرها در مدل ریاضی خطی..... ٦۹
جدول ۳-۲- تعداد محدودیت ها در مدل ریاضی خطی..... ٦۹
جدول ٤-۱- زمان های پردازشی انواع عملیات برای مثال یک..... ۷۲
جدول ٤-۲- اطلاعات ماشین آلات برای مثال یک..... ۷۲
جدول ٤-۳- تقاضای انواع قطعات در هر دوره برای مثال یک..... ۷۳
جدول ٤-٤- ماتریس قابلیت های اپراتور ها برای مثال یک..... ۷۳
جدول ٤-۵- جواب بهینه سراسری برا ی مثال یک..... ۷٤
جدول ٤-٦- تخصیص انواع عملیات قطعات در دوره یک برای مثال یک..... ۷٦
جدول ٤-۷- تخصیص انواع عملیات قطعات در دوره دو برای مثال یک..... ۷٦
جدول ٤-۸- تخصیص انواع عملیات قطعات در دوره سه برای مثال یک..... ۷٦
جدول ٤-۹- گروه بندی اپراتورها در دوره های مختلف برای مثال یک ..... ۷۷
جدول ٤-۱۰- زمان های پردازشی انواع عملیات برای مثال دو ..... ۷۸
جدول ٤-۱۱- اطلاعات ماشین آلات برای مثال دو..... ۷۹
جدول ٤-۱۲- تقاضای قطعات در هر دوره برای مثال دو..... ۷۹
جدول ٤-۱۳- ماتریس قابلیت های اپراتور ها برای مثال دو..... ۸۰

جدول ٤-١٤- جواب بهینه سراسری برا ی مثال دو..... ٨٠
جدول ٤-١٥- تخصیص انواع عملیات قطعات در دوره یک برای مثال دو..... ٨٢
جدول ٤-١٦- تخصیص انواع عملیات قطعات در دوره دو برای مثال دو..... ٨٣
جدول ٤-١٧- تخصیص انواع عملیات قطعات در دوره سه برای مثال دو..... ٨٣
جدول ٤-١٨- گروه بندی اپراتورها در دوره های مختلف برای مثال دو..... ٨٣
جدول ٤-١٩- هزینه عملیاتی مسیرهای پردازشی پردازشی..... ٨٥
جدول ٤-٢٠- ویژگی های حذف شده از مدل پیشنهادی و هزینه های مرتبط در مثال یک..... ٨٦
جدول ٤-٢١- ویژگی های حذف شده از مدل پیشنهادی و هزینه های مرتبط در مثال دو..... ٨٦

**فهرست شکل ها**

شکل ۱-۱- سیستم تولید کارگاهی.....۸
شکل ۱-۲- درصد زمان‌های جابجایی و پردازش در تولید کارگاهی.....۹
شکل ۱-۳- سیستم تولید محصولی.....۱۰
شکل ۱-٤- سیستم تولید سلولی.....۱۱
شکل ۲-۱- دسته‌بندی روش‌های تشکیل سلولی.....۳٦
شکل ٤-۱- تخصیص ماشین آلات در دوره های مختلف مثال یک.....۷۵
شکل ٤-۲- تخصیص ماشین آلات در دوره های مختلف مثال دو.....۸۲

## فهرست علایم و اختصارات

| | |
|---|---|
| **JIT** | Just in time |
| **GT** | Group technology |
| **CMS** | Cellular manufacturing systems |
| **PCA** | Part coding analysis |
| **CFP** | Cell formation problem |
| **PF** | Part family |
| **MG** | Machine group |
| **RF** | Routing flexibility |
| **APP** | Alternative process plans |
| **AR** | Alternate routings |
| **OM** | Operation management |
| **HRM** | Human resources management |
| **WIP** | Work in process |
| **MP** | Mathematical programming |
| **LP** | Linear programming |
| **LQP** | Linear and quadratic integer programming |
| **DP** | Dynamic programming |
| **GP** | Goal programming |

# فصل اول

# کلیات تحقیق

## ۱-۱- مقدمه

در این فصل کلیات تحقیق ارائه شده است. ابتدا در بخش دو مفاهیم، تعاریف و اصطلاحات مرتبط با موضوع تحقیق ارائه می شود. در بخش سه، تولید سلولی معرفی و نمایش داده می شود، سپس مزایای سیستم تولید سلولی نسبت به سایر سیستم های سنتی تولیدی توضیح و نشان داده می شود. در بخش چهار، طراحی سیستم های تولید سلولی شرح داده می شود. در بخش پنج، معایب موجود در روش های فعلی طراحی سیستم های تولید سلولی ارائه می شود. در بخش شش تعریف مسئله تحقیق به طور خلاصه ارائه می شود. و نهایتا در بخش هفت سازمان دهی تحقیق ارائه می شود.

## ۱-۲- تعاریف و مفاهیم

### توالی عملیات[۱]

ترتیب پردازش یک نوع قطعه بر روی ماشین آلات مختلف توالی عملیات آن قطعه نامیده می شود.

### ماشین آلات تک منظوره[۲]

به انواع ماشین آلاتی گفته می شود که قابلیت پردازش فقط یک نوع عملیات را داشته باشند. از این نوع ماشین آلات در سیستم تولید محصولی[۳] که نیاز به پردازش قطعات با نرخ بالا در زمان کم می باشد، استفاده می شود.

---

[۱] sequence of operations

[۲] specialized machines

[۳] flow-line

ماشین آلات چند منظوره[1]

به انواع ماشین آلاتی گفته می شود که قابلیت پردازش بیش از یک نوع عملیات را داشته باشند. از ویژگی های این نوع ماشین آلات در سیستم های تولید دسته ای مانند سیستم تولید سلولی و سیستم تولید کارگاهی که نیاز به پردازش قطعات در دسته های کوچک و با تنوع زیاد می باشند، استفاده می شود.

سیستم تولید محصولی

سیستم تولید محصولی برای تولید حجم بالای محصولات با نرخ تولید بالا و هزینه های تولید پایین طراحی شده است. یک سیستم تولید محصولی بر مبنای توالی عملیات مورد نیاز برای یک محصول سازماندهی و چیدمان می شود. از ویژگی های این سیستم تولیدی نرخ تولید بالا و انعطاف پذیری کم می باشد. به این صورت که ماشین آلات به صورت متوالی بر اساس فرآیند تولید انبوه چیدمان می شوند و در واقع جریان کار تک جهتی می باشد، به این صورت که مواد اولیه قطعات از یک سمت وارد سیستم تولیدی شده و محصولات نهایی از سمت دیگر سیستم تولید خارج می شوند.

سیستم تولید کارگاهی[2]

سیستم تولید کارگاهی یکی از متداول ترین سیستم های تولیدی مورد استفاده می باشد. به طور کلی، سیستم تولید کارگاهی برای دستیابی به بیشترین انعطاف پذیری ممکن طراحی شده است، به طوریکه بتوان دامنه وسیعی از محصولات با اندازه دسته های کوچک را تولید کرد. محصولاتی که در سیستم تولید کارگاهی تولید می شوند معمولا نیاز به عملیات و توالی های عملیات متفاوت دارند. زمان های پردازشی برای هر عملیات می تواند به طور قابل ملاحضه ای متفاوت باشند. محصولات به صورت دسته ای به کارگاه تولیدی وارد می شوند. مشخصه های تولید کارگاهی که عبارتند از تنوع محصولات و اندازه دسته های کوچک، انواع ماشین آلات مورد نیاز و چگونگی گروه بندی و چیدمان آنها را تعیین می کنند.

[1] multi-function machines

[2] job-shop

## تکنولوژی گروهی[1]

در زمینه تولید، تکنولوژی گروهی را می‌توان به عنوان یک رویکرد تولیدی با هدف شناسایی قطعات مشابه و گروه بندی آنها با یکدیگر دورن خانواده قطعات به منظور استفاده از مزایای شباهت آنها در طراحی، ساخت، و تولید تعریف کرد.

## خانواده قطعه[2]

یک خانواده قطعه مجموعه ای از قطعاتی است که به دلیل شکل هندسی، اندازه، و یا مراحل پردازشی مورد نیاز، شباهت دارند.

## سلول تولیدی[3]

یک سلول تولیدی شامل مجموعه ای از ماشین آلات به لحاظ عملکرد متفاوت است که در نزدیکی یکدیگر برای تولید یک خانواده قطعه مستقر شده اند. یک سلول مجموعه ای از ماشین آلاتی است که می توانند کاملا به صورت دستی اداره شوند و یا ممکن است از سطح خودکاری بالا بهره ببرند که در این صورت سیستم تولیدی انعطاف پذیر، پیشرفته ترین نوع آن را تشکیل می دهد. در سیستم تولید سلولی، تعدادی از ماشین آلات که معمولا از لحاظ عملکرد متفاوت هستند در یک سلول تولیدی گروه بندی شده که به آن سلول ماشینی گفته می شود. این سلول مسئول پردازش انواع عملیات مربوط به قطعات مشابهی است که در یک گروه قرار دارند و به عنوان خانواده قطعه شناخته می شوند.

## سیستم تولید سلولی[4]

سیستم تولید سلولی یک سیستم ترکیبی است که مزایای سیستم تولید کارگاهی (انعطاف پذیری در تولید و تنوع محصولات) و سیستم تولید محصولی (جریان کارآمد قطعات و نرخ تولید بالا) را به هم مرتبط می سازد. در تولید سلولی ماشین آلات در نزدیکی یکدیگر مستقر می شوند و به یک خانواده قطعه تخصیص داده می شوند. این کار باعث جریان کارآمد قطعات و نرخ تولید بالا

---

[1] group technology (GT)

[2] part family

[3] manufacturing cell

[4] cellular manufacturing system (CMS)

همانند یک سیستم تولید محصولی می شود. استفاده از ماشین آلات و تجهیزات چند منظوره در تولید سلولی به ماشین آلات امکان تغییر یافتن به منظور برآوردن طراحی و تقاضای جدید با هزینه و زمان کمتر را می دهد. بنابراین این کار انعطاف پذیری زیادی در تولید محصولات متنوع ایجاد می نماید. مفهوم اصلی تولید سلولی عبارت است از تجزیه یک سیستم تولیدی پیچیده به گروه هایی از ماشین آلات (سلول ها)، به طوریکه هر گروه از ماشین آلات برای پردازش یک خانواده قطعه تخصیص داده شده است.

تشکیل سلولی[۱]

طراحی سیستم های تولید سلولی تشکیل سلولی نامیده می شود. با داشتن اطلاعات مربوط به انواع قطعات، الزامات پردازشی، تقاضای هر نوع قطعه و منابع در دسترس (ماشین آلات، نیروی انسانی،...)، یک طراحی کلی تولید سلولی شامل رویکردهای زیر می باشد. تشکیل خانواده قطعات بر مبنای الزامات پردازشی آنها، گروه بندی ماشین آلات درون سلول های تولیدی، و تخصیص خانواده قطعات به سلول ها.

قطعات استثناء[۲]

قطعات استثناء، انواع قطعاتی هستند که به بیش از یک سلول تولیدی برای پردازش عملیات های خود نیاز دارند. به عبارت دیگر به دلیل الزامات پردازشی خود به ماشین آلات سلول های دیگر نیز برای پردازش نیازمند می باشند.

ماشین آلات گلوگاه[۳]

پس از تشکیل سلول های تولیدی ممکن است به دلیل اینکه تعدادی قطعه به یک ماشین یا ماشین آلات خاصی احتیاج داشته باشند، سلولهای تولیدی کاملا مجزا و مستقل نباشند. در واقع به چنین ماشین آلاتی که قطعات استثناء را پردازش می کنند، ماشین آلات گلوگاه گفته می شود.

---

[۱] cell formation (CF)

[۲] exeptional elements

[۳] bottle-neck machines

جابجایی های بین سلولی[1]

جابجایی های قطعات استثناء بین سلول های تولیدی را جابجایی های بین سلولی می نامند. اینگونه جابجایی ها به این دلیل اتفاق مافتند که در اغلب موارد تشکیل سلول های کاملا مجزا و مستقل امکان پذیر نمی باشد. هدف اصلی طراحی سیستم تولید سلولی عبارت است از مینیمم کردن جابجایی های بین سلولی که معادل مینیمم کردن قطعات استثناء است.

ماتریس ماشین- قطعه

الزامات پردازشی انواع قطعات بر روی ماشین آلات مختلف را می توان توسط ماتریس ماشین-قطعه ارائه نمود. ماتریس ماشین-قطعه دارای مولفه های صفر و یک است ($a_{ij}$). اگر مولفه سطر $i$ و ستون $j$ماتریس یک باشد نشان دهنده این است که قطعه $j$دارای یک عملیات روی ماشین $i$ است، در غیر اینصورت صفر نشان دهنده این است که قطعه $j$روی ماشین $i$ عملیاتی برای پردازش ندارد.

انعطاف پذیری ماشین آلات[2]

انعطاف پذیری ماشین آلات به انواع عملیات متفاوتی که یک ماشین می تواند بدون صرف هزینه های فراوان در تعویض از یک عملیات به عملیات دیگر انجام دهد، گفته می شود.

انعطاف پذیری عملیات[3]

انعطاف پذیری عملیات یک نوع قطعه به امکان پردازش شدن عملیات قطعه به روش های مختلف گفته می شود. به عبارت دیگر اگر امکان پردازش یک عملیات بر روی بیش از یک نوع ماشین وجود داشته باشد.

[1] inter-cell movements

[2] machine flexibility

[3] operation flexibility

مسیرهای جایگزین[1]

استفاده از ماشین آلات چند منظوره باعث به وجود آمدن مسیر های ماشین آلات جایگزین برای هر عملیات می شود. بنابراین، هر عملیات می تواند بر روی انواع ماشین آلات جایگزین با هزینه و زمان های متفاوت، پردازش شود.

انعطاف پذیری در مسیر یابی[2]

هنگامیکه یک نوع قطعه می تواند بر روی مسیرهای پردازشی جایگزین در سیستم تولیدی پردازش شود، "انعطاف پذیری در مسیر یابی" نامیده می شود. انعطاف پذیری در مسیر یابی تابعی از انعطاف پذیری ماشین آلات و انعطاف پذیری عملیات می باشد. انعطاف پذیری در مسیریابی نشان دهنده این موضوع است که آن نوع قطعه برنامه های پردازشی جایگزین دارد. تشخیص این ویژگی در شرایط تولید واقعی اهمیت دارد، به طوریکه هر نوع قطعه بیش از یک برنامه پردازشی خواهد داشت به شرط آنکه یک یا بیشتر از یک عملیات آن نوع قطعه امکان پردازش بر روی ماشین آلات جایگزین را داشته باشد.

ترکیب بندی مجدد[3]

هنگامیکه یک سلول تولیدی از یک دوره به دوره دیگر در طول افق برنامه ریزی نیاز به ترکیب بندی مجدد داشته باشد، ضروری است که وضعیت فعلی ترکیب بندی سلول تولیدی در نظر گرفته شود. بنابراین، مزایایی از طریق اینچنین فرضیاتی به دست خواهد آمد. اکثر روش های طراحی سیستم تولید سلولی وضعیت فعلی ترکیب بندی سلول های تولیدی را در روش های طراحی خود در نظر نمی گیرند. اگر وضعیت فعلی سیستم در فرآیند طراحی در نظر گرفته شود، به عنوان "ترکیب بندی مجدد وابسته به سیستم فعلی" نامیده می شود. در غیر اینصورت، اگر وضعیت فعلی سیستم در فرآیند طراحی در نظر گرفته نشود به عنوان "ترکیب بندی مجدد مستقل از سیستم فعلی" نامیده می شود.

[1] alternate routings (AR)

[2] routing flexibility (RF)

[3] reconfiguration

آموزش در حین کار[1]

آموزش در حین کار اپراتورها به منظور افزایش سطح مهارت ها و ظرفیت های مهارتی منابع نیروی انسانی در سیستم های تولید سلولی از اهمیت فراوانی برخوردار است.

اپراتورهای چند مهارتی[2]

اپراتورهای چند مهارتی به اپراتورهایی گفته می شود که توانایی کار کردن بر روی بیش از یک نوع ماشین را داشته باشند. در نظر گرفتن اپراتورهای چند مهارتی در سیستم های تولید سلولی ضروری است.

۱-۳- تولید سلولی

صنایع تولیدی تحت تاثیر زیادی از طرف بازارهای رقابتی جهانی می باشند. ویژگی هایی نظیر طول عمر کوتاه تر محصولات، پاسخ به موقع به تقاضای بازار، و تنوع الزامات مشتری، تولید کنندگان را به بهبود کارایی و بهره وری فعالیت های تولیدی خود وادار کرده است. سیستم های تولیدی باید قادر به تولید محصولاتی با هزینه های تولید کم و کیفیت بالا در سریعترین زمان ممکن برای پاسخ به تقاضای مشتری، باشند. همچنین، سیستم های تولیدی باید توانایی تطبیق یا واکنش سریع به تغییرات در طراحی محصول و تقاضای محصول بدون نیاز به سرمایه گذاری های عمده را داشته باشند. سیستم های تولید سنتی، مانند سیستم تولید کارگاهی و تولید محصولی، قادر به برآوردن اینگونه الزامات نیستند.

سیستم تولید کارگاهی یکی از متداول ترین سیستم های تولیدی مورد استفاده می باشد **([1])**. به طور کلی، سیستم تولید کارگاهی برای دستیابی به بیشترین انعطاف پذیری طراحی شده است، به طوریکه بتوان دامنه وسیعی از محصولات با اندازه محموله های کوچک را تولید کرد. محصولاتی که در سیستم تولید کارگاهی تولید می شوند معمولا نیاز به عملیات و توالی های عملیات متفاوت دارند. زمان های پردازشی برای هر عملیات می تواند به طور قابل ملاحضه ای متفاوت باشند. محصولات به صورت دسته ای[3] به کارگاه تولیدی وارد می شوند. مشخصه های

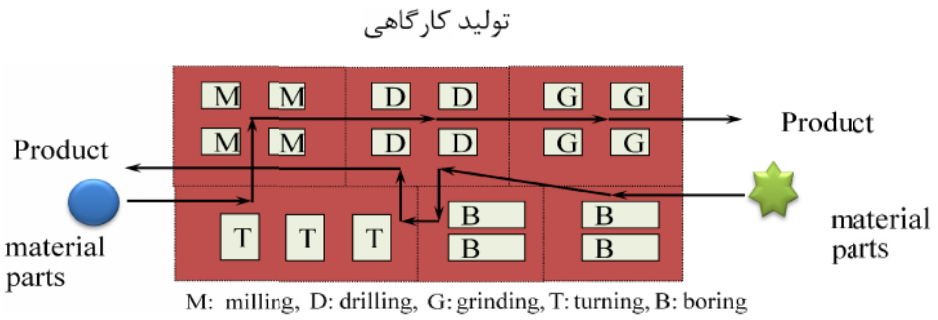
[1] cross-training

[2] multi-skilled workers

[3] batches (jobs)

تولید کارگاهی (تنوع محصولات و اندازه دسته های کوچک) انواع ماشین آلات مورد نیاز و چگونگی گروه بندی و چیدمان آنها را تعیین می کند.

از ماشین آلات چند منظوره در سیستم تولید کارگاهی استفاده می شود به دلیل اینکه اینگونه ماشین آلات توانایی پردازش عملیات های متفاوتی را دارند. ماشین آلات بر حسب کاربردشان در محیط تولیدی گروه بندی می شوند و برای مثال ماشین آلات تراشکاری در یک بخش، ماشین آلات مته کاری در یک بخش دیگر، و به همین صورت برای انواع ماشین آلات گروه بندی انجام می شود. شکل ۱-۱ یک سیستم تولید کارگاهی را نمایش می دهد. همچنین چیدمان تولید کارگاهی، چیدمان عملیاتی[۱] نیز نامیده می شود.




شکل ۱-۱- سیستم تولید کارگاهی

در این سیستم ماشین آلات مشابه در بخش های جداگانه قرار داده می شوند و گردش کار محصولات مختلف بر اساس فرآیند تولیدشان می باشد. برای مثال قطعه دایره شکل ابتدا به بخش T (تراشکاری) رفته سپس جابجا شده و به بخش M (فرز کاری) رفته سپس به بخش D (مته کاری) رفته و در آخر به بخش G (سمباده زنی) رفته و محصول نهایی از این بخش خارج می گردد. اما برای مثال عملیات قطعه ستاره شکل در بخش B ( جای مته زنی) شروع می شود و عملیات پایانی آن در بخش M (فرز کاری) انجام می شود.

در سیستم تولید کارگاهی، قطعات ۹۵٪ زمان تولید شان را در فعالیت های غیر بهره ور[۲] می گذرانند. اکثر این زمان ها در صف های تولیدی اتلاف می شوند و ۵٪ باقیمانده برای آماده سازی دسته های قطعات و پردازش آنها صرف می شود ([۲]). با وجود انعطاف پذیری بالا در این

[۱] functional layout

[۲] nonproductive