بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی مهندسی
گروه تحصیلات تکمیلی مهندسی صنایع

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

عنوان پایان‌نامه:

طراحی سیستم تعمیم یافته تولید سلولی با در نظر گرفتن مسیرهای تولیدی جایگزین از طریق الگوریتم ژنتیک ترکیبی

نگارش:

پیام چینی فروشان

استاد راهنما:

دکتر عزیزاله جعفری

تیر ۱۳۸۹

تقدیم به:

پدر و مادر عزیز و گرانقدرم

به پاس محبت‌های بی دریغشان

چکیده

سیستم تولید سلولی، سیستمی مؤثر برای تولید اقتصادی قطعات در واحدهای صنعتی است. طراحی این سیستم به عنوان کاربردی از تکنولوژی گروهی است که شامل فرآیند ساخت مجموعه‌ای از قطعات مشابه است که توسط گروهی از ماشین‌آلات که به سلول اختصاص یافته‌اند، انجام می‌شود. تشکیل سلولی اولین و مهمترین مرحله در اجرای سیستم تولید سلولی است. گروه‌بندی ماشین آلات و قطعات و تشکیل سلول‌های تولیدی و خانواده قطعات در مرحله تشکیل سلولی انجام می‌شود.

تحقیقات انجام شده در این رساله را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد. در بخش اول از تحقیق بر اساس مطالعات ادبیات انجام گرفته و شناسایی مسئله، یک مدل ریاضی غیر خطی عدد صحیح برای حل مسئله تشکیل سلولی با در نظر گرفتن مسیرهای تولید جایگزین با تابع هدف کمینه‌سازی مجموع وزنی تعداد قطعات استثناء و ظرفیت‌های تهی ارائه شده است. با توجه به اینکه مسئله مورد نظر جزو مسائل NP-hard به شمار می‌آید، در این تحقیق الگوریتم جدیدی بر مبنای الگوریتم ژنتیک جهت حل مدل مورد نظر توسعه داده شده است. به منظور ارزیابی روش، نتایج محاسباتی حاصل از الگوریتم پیشنهادی در حل مسئله تشکیل سلولی در دو حالت وجود مسیرهای تولید جایگزین و بدون در نظر گرفتن آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان دهنده برتری و کارایی الگوریتم نسبت به روش‌های پیشین است.

در بخش دوم، به منظور بهره‌گیری کامل از انعطاف‌پذیری حاصل از مسیرهای جایگزین، مسئله تشکیل سلولی با وجود مسیرهای جایگزین در حالیکه امکان تولید روی بیش از یک مسیرتولیدی وجود دارد مورد بررسی گرفته است. بر اساس مدل پیشنهادی، سلول‌های تولیدی با در نظر گرفتن چندین فاکتور مهم تولیدی از جمله توالی عملیات، زمان پردازش، توازن بار کاری ماشین‌آلات و ظرفیت ماشین-آلات طراحی می‌شوند. با توجه به پیچیدگی محاسباتی مدل، الگوریتمی ترکیبی متشکل از الگوریتم ژنتیک و برنامه‌ریزی خطی برای حل مدل ارائه شده است. در هر تکرار تخصیص ماشین‌آلات به سلول‌های تولیدی توسط الگوریتم ژنتیک انجام شده، سپس بر اساس سلول‌های تشکیل شده، مقدار تولید هر قطعه روی هر مسیر توسط برنامه‌ریزی خطی محاسبه می‌شود. نتایج محاسباتی برتری رویکرد پیشنهادی و الگوریتم ترکیبی ارائه شده در این تحقیق را نسبت به رویکردهای قبلی نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: سیستم تولید سلولی، تشکیل سلولی، مسیرهای تولیدی جایگزین، الگوریتم ژنتیک، برنامه‌ریزی خطی

باحمد و سپاس فراوان به درگاه یکتای هستی بخش،

بدینوسیله از زحمات بی دریغ استاد ارجمند، جناب آقای دکتر عزیزاله جعفری 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 گرامی، جناب آقای دکتر مهدی سجادی فرکه از رهنمودها و دیدگاه‌های باارزش ایشان برخوردار بوده‌ام، بدین وسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را اعلام می‌دارم.

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

از خانواده عزیز و ارجمندم که همواره راهنما، مشوق و حامی من در تمام مراحل زندگی بوده‌اند، کمال سپاس و قدردانی را دارم.

پیام چینی فروشان

تیر ۱۳۸۹

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل اول – کلیات تحقیق ۱

۱.۱. مقدمه ۲

۲.۱. سیستم تولید سلولی ۳

۳.۱. مزایای سیستم تولید سلولی ۷

۴.۱. مزایای سیستم تولید سلولی بصورت مطالعه موردی ۹

۵.۱. طراحی سیستم تولید سلولی ۱۲

۱.۵.۱. تشکیل سلولی ۱۳

۲.۵.۱. جانمایی گروهی ۱۵

۳.۵.۱. زمان بندی گروهی ۱۶

۶.۱. تعریف موضوع تحقیق ۱۷

۷.۱. سازماندهی تحقیق ۱۹

فصل دوم – مرور ادبیات ۲۰

۱.۲. مقدمه ۲۱

۲.۲. تقسیم بندی روش‌های طراحی سیستم‌های تولید سلولی ۲۱

۳.۲. روش‌های توصیفی ۲۲

۴.۲. روش‌های خوشه‌بندی ۲۴

۱.۴.۲. روش‌های خوشه‌بندی مبتنی بر آرایه ۲۴

عنوان **صفحه**

۲.۴.۲. روش‌های خوشه‌بندی سلسله مراتبی ۲۵

۳.۴.۲. روش‌های خوشه‌بندی غیر سلسله مراتبی ۲۶

۴.۴.۲. ضرایب تشابه ۲۸

۵.۲. روش‌های مبتنی بر تئوری گراف ۳۰

۱.۵.۲. الگوریتم‌های تقسیم‌بندی گراف ۳۰

۲.۵.۲. گراف‌های دو قسمتی..... ۳۰

۳.۵.۲. جریان شبکه..... ۳۱

۶.۲. روش‌های هوش مصنوعی..... ۳۱

۱.۶.۲. سیستم‌های خبره مبتنی بر دانش..... ۳۱

۲.۶.۲. منطق فازی ۳۲

۳.۶.۲. شبکه‌های عصبی..... ۳۳

۷.۲. روش‌های فرا ابتکاری ۳۳

۱.۷.۲. الگوریتم‌های تکاملی..... ۳۴

۱.۱.۷.۲. الگوریتم ژنتیک.....۳۵

۲.۱.۷.۲. الگوریتم بهینه‌سازی گروه ذرات ۳۷

۳.۱.۷.۲. الگوریتم جستجوی پراکنده ۳۸

۴.۱.۷.۲. برنامه‌ریزی ژنتیک.....۳۸

۲.۷.۲. الگوریتم شبیه سازی تبرید..... ۳۹

۳.۷.۲. الگوریتم جستجوی ممنوع..... ۴۰

۴.۷.۲. الگوریتم مورچگان ۴۱

عنوان | صفحه

۸.۲. برنامه‌ریزی ریاضی ۴۲

۹.۲. مشخصات تولیدی لحاظ شده در روش‌های طراحی تولید سلولی ۴۷

۱۰.۲. نتیجه گیری ۵۴

فصل سوم – مدل ریاضی پیشنهادی ۱ ..... ۵۵

۱.۳. مقدمه ۵۶

۲.۳. مروری بر ادبیات مسئله تشکیل سلولی با در نظر گرفتن مسیرهای تولید جایگزین ۵۹

۳.۳. مدل ریاضی پیشنهادی ۱ ..... ۶۱

۴.۳. خطی سازی مدل پیشنهادی ۱ ..... ۶۵

۱.۴.۳. مثال عددی ۶۶

۵.۳. نتیجه گیری ۶۸

فصل چهارم – الگوریتم ژنتیک پیشنهادی برای حل مدل ۱ ..... ۶۹

۱.۴. مقدمه ۷۰

۲.۴. مروری مختصر بر الگوریتم ژنتیک ۷۰

۱.۲.۴. مفاهیم پایه در الگوریتم ژنتیک ۷۱

۲.۲.۴. کاربردهای الگوریتم ژنتیک ۷۳

۳.۴. الگوریتم ژنتیک پیشنهادی برای حل مدل ۱ ..... ۷۴

۱.۳.۴. نمایش کروموزوم ۷۵

۲.۳.۴. تولید جمعیت اولیه ۷۶

۳.۳.۴. تخصیص قطعات به سلول‌های تولیدی ۷۶

عنوان **صفحه**

۴.۳.۴. محاسبه تابع برازندگی ۷۷

۵.۳.۴. استراتژی انتخاب ۷۸

۶.۳.۴. عملگرهای ژنتیک ۷۸

۱.۶.۳.۴. عملگر تقاطع ۷۹

۲.۶.۳.۴. عملگر جهش ۸۰

۷.۳.۴. استراتژی تصحیح کروموزوم‌ها ۸۱

۸.۳.۴. استراتژی جایگزینی ۸۱

۹.۳.۴. شرایط توقف ۸۲

۴.۴. نتیجه گیری ۸۲

فصل پنجم – محاسبات و تحلیل نتایج الگوریتم حل مدل ۱ ..... ۸۳

۱.۵. مقدمه ۸۴

۲.۵. شاخص ارزیابی ۸۴

۳.۵. محاسبات و نتایج محاسباتی ۸۶

۴.۵. نتیجه گیری ۹۶

فصل ششم – مدل ریاضی پیشنهادی ۲ ..... ۹۸

۱.۶. مقدمه ۹۹

۲.۶. تعریف مسئله ۹۹

۳.۶. مدل ریاضی پیشنهادی ۲ ..... ۱۰۵

۴.۶. نتیجه گیری ۱۰۸

عنوان | صفحه

فصل هفتم – الگوریتم ترکیبی پیشنهادی برای حل مدل ۲ ..... ۱۰۹

۱.۷. مقدمه ۱۱۰

۲.۷. الگوریتم حل پیشنهادی ۱۱۰

۱.۲.۷. نمایش کروموزوم ۱۱۵

۲.۲.۷. ایجاد جمعیت اولیه ۱۱۵

۳.۲.۷. اجرای زیر مسئله برنامه‌ریزی خطی ۱۱۶

۴.۲.۷. محاسبه تابع برازندگی ۱۱۶

۵.۲.۷. استراتژی انتخاب ۱۱۷

۶.۲.۷. عملگرهای تقاطع و جهش ۱۱۷

۷.۲.۷. استراتژی تصحیح کروموزوم‌ها ۱۱۸

۸.۲.۷. شرط توقف ۱۱۸

۳.۷. مثال عددی ۱۱۹

۴.۷. نتایج محاسباتی ۱۲۲

۵.۷. نتیجه گیری ۱۲۴

فصل هشتم – نتیجه گیری و تحقیقات آتی ۱۲۵

۱.۸. مقدمه ۱۲۶

۲.۸. جمع بندی تحقیق ۱۲۶

۳.۸. زمینه‌های تحقیقات آتی ۱۳۰

فهرست منابع ۱۳۲

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- مزایای سیستم تولید سلولی در مقایسه با تولید کارگاهی ۹

جدول ۱-۲- گزارش مزایای حاصل از تولید سلولی (ومرلو و هایر (۱۹۸۹)) ۱۰

جدول ۱-۳- گزارش بهبود عملکرد (ومرلو و جانسون (۱۹۹۷)) ۱۱

جدول ۱-۴- ماتریس ماشین- قطعه ۱۴

جدول ۲-۱- ضرایب تشابه استفاده شده در ادبیات موضوع مسئله تشکیل سلولی ۲۹

جدول ۲-۲- تقسیم‌بندی روش‌های حل مسئله تشکیل سلولی ۴۵

جدول ۲-۳- فهرست مشخصات تولیدی بکار گرفته شده در طراحی سیستم تولید سلولی ۴۸

جدول ۲-۴- بررسی مشخصات تولیدی بکار گرفته شده در طراحی سیستم تولید سلولی ۴۹

جدول ۵-۱- مقادیر پارامترهای استفاده شده در آزمایشات ۸۷

جدول ۵-۲- مقایسه نتایج محاسباتی بر حسب تعداد قطعات استثناء ۸۸

جدول ۵-۳- نتایج محاسبات به ازای دو مقدار مختلف q ۹۱

جدول ۵-۴- فهرست مسائل نمونه انتخاب شده از ادبیات مسئله برای انجام مقایسات ۹۲

جدول ۵-۵- مقایسه نتایج حاصل از الگوریتم ژنتیک پیشنهادی با ۱۰ روش موجود در ادبیات ۹۴

جدول ۷-۱- مقادیر پارامترهای استفاده شده در آزمایشات ۱۱۹

جدول ۷-۲- نتایج حاصل از مقایسه رویکرد پیشنهادی با رویکرد موجود در ادبیات ۱۲۰

جدول ۷-۳- نتایج حاصل از الگوریتم به ازای مقادیر مختلف پارامتر q ۱۲۰

جدول ۷-۴- نتایج حاصل از الگوریتم به ازای $q= 0.9$ ۱۲۲

جدول ۷-۵- مقایسه میانگین جواب‌های حاصل از الگوریتم پیشنهادی روی ۱۰ مسئله نمونه ۱۲۳

فهرست نمودارها و شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- سیستم تولید کارگاهی ۴

شکل ۱-۲- سیستم خط تولید ۵

شکل ۱-۳- سیستم تولید سلولی ۶

شکل ۱-۴- حجم تولید در مقایسه با میزان تنوع قطعات ۷

شکل ۱-۵- جابجایی درون سلولی و بین سلولی ۱۴

شکل ۱-۶- نمایش قطعات استثناء و ظرفیت‌های تهی در ماتریس ماشین- قطعه ۱۵

شکل ۱-۷- چیدمان گروهی ۱۶

شکل ۲-۱- تقسیم‌بندی روش‌های طراحی سیستم تولید سلولی ۲۲

شکل ۲-۲- نمونه‌ای از سیستم کدگذاری و طبقه‌بندی ۲۳

شکل ۲-۳- دندوگرام مورد استفاده در خوشه‌بندی سلسله مراتبی ۲۶

شکل ۲-۴- نمودار مشخصات تولیدی بکار گرفته شده در طراحی سیستم تولید سلولی ۵۳

شکل ۳-۱- ماتریس ماشین- قطعه بدون مسیرهای تولید جایگزین ۵۷

شکل ۳-۲- ماتریس ماشین- قطعه با مسیرهای تولید جایگزین ۵۸

شکل ۳-۳- ماتریس ماشین- قطعه استفاده شده جهت تشریح مدل پیشنهادی ۶۶

شکل ۳-۴- ماتریس حاصل از حل مدل پیشنهادی به ازای $q=0.5$ ۶۷

شکل ۴-۱- چرخه الگوریتم ژنتیک ۷۳

شکل ۴-۲- ساختار کلی الگوریتم ژنتیک ارائه شده ۷۴

شکل ۴-۳- نحوه نمایش کروموزوم ۷۶

شکل ۴-۴- نمایش چگونگی انجام عملگر تقاطع ساده ۷۹
شکل ۴-۵- نمایش چگونگی انجام عمگر جهش ۱ ..... ۸۰
شکل ۴-۶- نمایش چگونگی انجام عمگر جهش ۲ ..... ۸۰
شکل ۵-۱- نمودار همگرایی نمونه مسئله ۱۲..... ۹۰
شکل ۵-۲- نمودار همگرایی نمونه مسئله ۲۲.....۹۶
شکل ۶-۱- تأثیر توالی عملیات در محاسبه جابجایی بین سلولی ۱۰۴
شکل ۶-۲- نحوه استقرار فرضی سلول‌ها و ماشین‌آلات ۱۰۵
شکل ۷-۱- چارچوب رویکرد ترکیبی ارائه شده توسط کوتا و همکاران (۲۰۰۳) ۱۱۲
شکل ۷-۲- ساختار کلی الگوریتم ترکیبی ارائه شده برای حل مدل پیشنهادی ۲.....۱۱۴
شکل ۷-۳- نحوه نمایش کروموزوم ۱۱۵
شکل ۷-۴- نمایش چگونگی انجام عملگر تقاطع ساده ۱۱۷
شکل ۷-۵- نمایش چگونگی انجام عملگر جهش معاوضه ۱۱۸
شکل ۷-۶- تغییر مقدار تابع هدف به ازای مقادیر مختلف پارامتر q.....۱۲۱
شکل ۷-۷- منحنی زمان محاسباتی الگوریتم ترکیبی پیشنهادی ۱۲۴

فصل اول

کلیات تحقیق

۱.۱. مقدمه

افزایش رقابت بین تولیدکنندگان، کوتاه شدن عمر مفید محصولات، افزایش تنوع در تقاضای مشتریان، سفارشی شدن محصولات و در نتیجه تغییر پذیری در بسیاری از پارامترها همانند تقاضای محصولات و سطح دسترسی به منابع تولیدی، تولیدکنندگان را بر آن داشته تا درجهت کاهش هرچه بیشتر هزینه‌ها، افزایش توان رقابتی و انعطاف پذیری در برابر تغییرات مداوم تقاضا از سیستم‌هایی با کارایی و انعطاف‌پذیری بالا استفاده کنند.

سیستم‌های تولیدی باید قادر به تولید محصولات با هزینه‌های تولید پایین، کیفیت بالا و در کمترین زمان ممکن باشند تا بتوانند محصولات را به موقع و با کیفیت مطلوب به مشتریان تحویل دهند. همچنین این سیستم‌ها می‌بایست بدون سرمایه گذاری زیاد قادر به تنظیم و پاسخگویی سریع به تغییرات در تقاضا و طراحی محصول باشند.

تکنولوژی گروهی (GT)[1] یک فلسفه مدیریتی است که برای پاسخ به این نیاز صنعت ایجاد شده است. این فلسفه سعی می‌کند محصولات را بر اساس طراحی یکسان یا مشخصات ساخت یکسان و یا هر دو، گروه‌بندی کند. مهمترین کاربرد فلسفه GT در بخش تولید، سیستم تولید سلولی است. اساس این سیستم تفکیک مجموعه تسهیلات تولیدی به چندین گروه از ماشین آلات (سلول) می‌باشد، که هر کدام از آنها یک خانواده قطعه را تولید می‌کند.

در این فصل به معرفی سیستم تولید سلولی(CMS)[2] و مزایای حاصل از پیاده سازی این سیستم که در تحقیقات به آنها اشاره شده پرداخته خواهد شد. همچنین در این فصل از تحقیق، کلیات و مفاهیم مورد استفاده در ادبیات این مسئله معرفی می‌شوند. در انتها مطالبی جهت تعریف موضوع تحقیق و شکل گیری ایده تحقیق ارائه گردیده است.

[1] Group Technology
[2] Cellular Manufacturing System

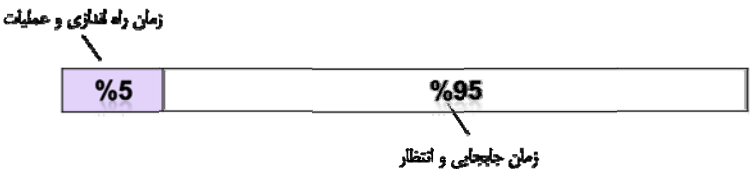
۲.۱. سیستم تولید سلولی

تولید سلولی یک رویکرد تولیدی با هدف افزایش کارایی تولید و انعطاف پذیری سیستم جهت پاسخگویی به نیاز صنعت از طریق بکارگیری تشابه قطعات است. طراحی سیستم تولید سلولی شامل تشکیل خانواده قطعات بر اساس تشابه در فرآیند تولید آنها و گروه‌بندی ماشین آلات در سلول‌های تولیدی به منظور تولید خانواده قطعات می‌باشد.

سیستم‌های تولیدی سنتی از قبیل تولید کارگاهی[۱] و خط تولید[۲] نمی‌توانند کارایی و انعطاف‌پذیری را بطور همزمان فراهم کنند. از این رو، سیستم تولید سلولی که انعطاف پذیری تولید کارگاهی و کارایی خط تولید را داراست، به عنوان یک جایگزین مناسب برای سیستم‌های تولیدی سنتی مورد توجه تولیدکنندگان قرار گرفته است.

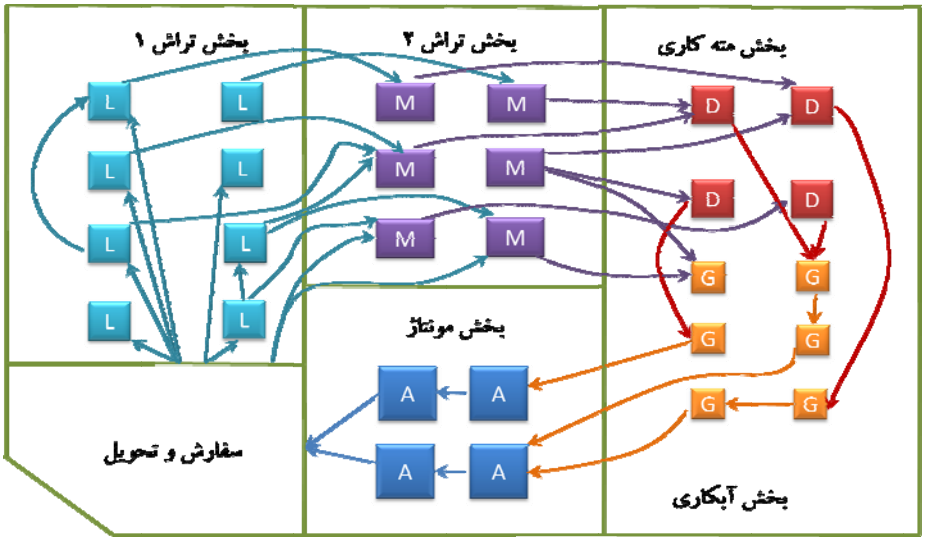
سیستم تولید کارگاهی به منظور دستیابی به بیشینه انعطاف‌پذیری برای تولید محصولات در تنوع بالا ولی در حجم کم طراحی شده است. محصولات تولیدی در این سیستم معمولاً به عملیات‌های مختلف و در توالی‌های متفاوتی نیاز دارند، همچنین زمان عملیات برای هر مرحله از تولید بسیار متغیر می‌باشد. در این سیستم محصولات بصورت دسته‌ای جابجا می‌شوند. ماهیت تولید کارگاهی (تنوع بالای محصولات و در حجم کم) نوع ماشین آلات مورد نیاز در این سیستم و نحوه استقرار آنها را مشخص می‌کند. در این سیستم از ماشین‌های چند منظوره استفاده می‌شود، به این دلیل که این ماشین‌آلات قابلیت انجام عملیات‌های مختلفی را دارا هستند. در این سیستم تولیدی، ماشین‌آلات بصورت عملکردی و مطابق با نوع فرآیند تولیدی که انجام می‌دهند، گروه‌بندی می‌شوند (شکل۱-۱).

در تولید کارگاهی ۹۵٪ از زمان صرف فعالیت‌های غیرتولیدی از قبیل انتظار در صف جهت تولید و جابجایی بین واحدهای تولیدی می‌شود و ۵٪ زمان باقیمانده بین زمان راه‌اندازی ماشین‌آلات و فرآیند تولید تقسیم می‌شود (Askin and Standrige, 1993).



[1] Job shop
[2] Flow line

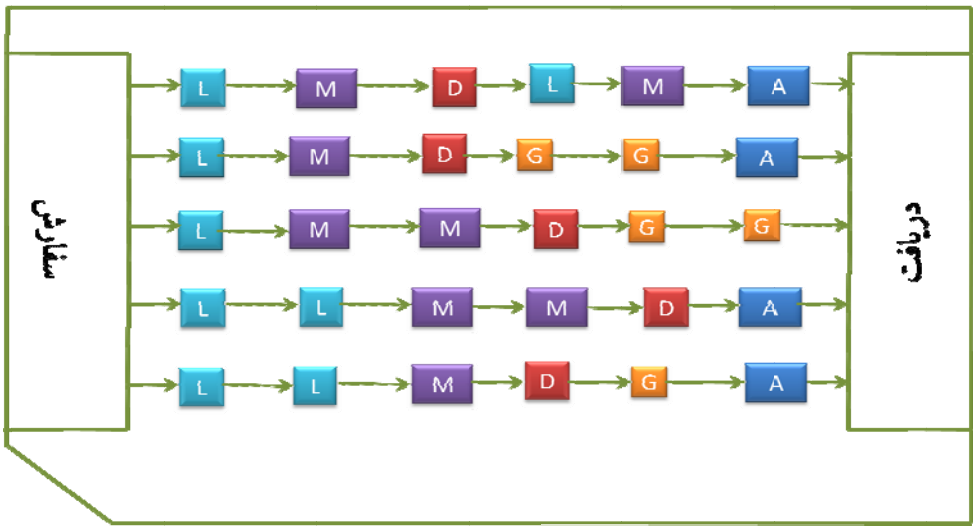
زمانیکه عملیات تولید یک قطعه در یک مرحله به پایان می‌رسد، این قطعه معمولاً می‌بایست مسافت طولانی را برای رسیدن به مرحله بعدی طی کند. حتی ممکن است مجبور باشد تمام کارگاه را دور بزند تا تمامی فرآیندهای مورد نیاز خود را طی کند. بنابراین، به منظور انجام اقتصادی فرآیند، قطعات به صورت دسته‌ای جابجا می‌شوند. هر قطعه پس از تکمیل در یک مرحله در داخل دسته قرار می‌گیرد و بایست منتظر تکمیل دسته باقی بماند تا به مرحله بعد منتقل شود. این امر منجر به افزایش زمان تولید، افزایش موجودی در جریان ساخت، افزایش هزینه‌های تولید و کاهش نرخ تولید می‌شود.



L: lath, A: assembly, M: milling, D: drilling G: grindig

شکل (۱-۱): سیستم تولید کارگاهی

بر خلاف تولید کارگاهی، سیستم خط تولید به منظور تولید در حجم بالایی از محصولات با نرخ تولید بالا ولی در تنوع کم و هزینه‌های پائین طراحی شده است. استقرار ماشین‌آلات در خط تولید مطابق با توالی انجام عملیات بر روی محصول است. در این سیستم از ماشین‌آلات خاص و تک‌منظوره جهت دستیابی به نرخ تولید بالا استفاده می‌شود. هزینه سرمایه گذاری روی ماشین‌آلات در این سیستم نسبتاً بالاست و برای جبران این هزینه‌ها می‌بایست محصولات در حجم بالا تولید شوند. مهمترین محدودیت سیستم خط تولید کمبود انعطاف‌پذیری در تولید محصولات متنوع است که این به دلیل استفاده از ماشین‌های خاص و تک‌منظوره می‌باشد. شکل ۱-۲ نمونه‌ای از یک خط تولید را نشان می‌دهد.



L: lath, A: assembly, M: milling, D: drilling G: grindig

شکل (۱-۲): سیستم خط تولید

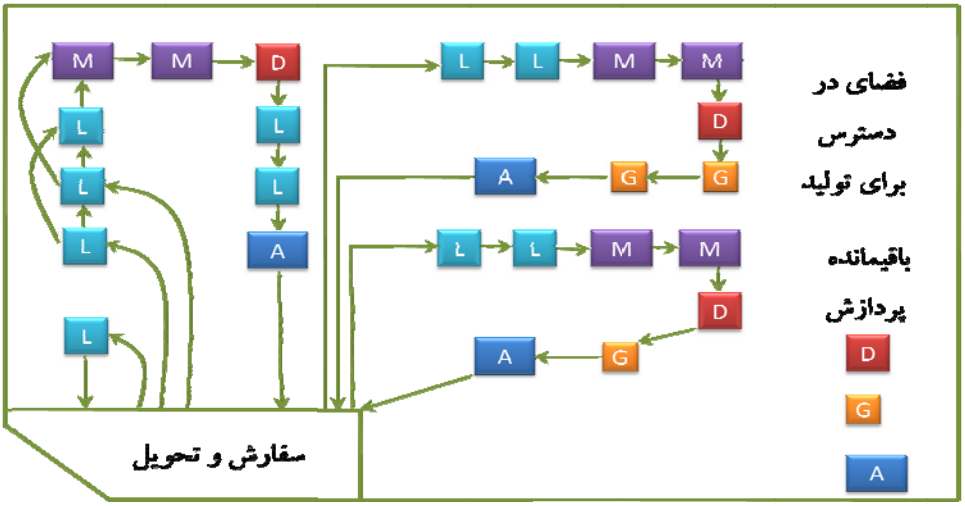
همانطور که قبلاً نیز به آن اشاره شد، خط تولید و تولید کارگاهی نمی‌توانند نیازهای تولیدی امروزه را جهت پاسخگویی به تغییرات تقاضا و طراحی محصول برآورده سازند. بنابراین سیستم تولید سلولی به عنوان کاربردی از تکنولوژی گروهی در تولید، به عنوان جایگزینی مناسب برای این سیستم‌ها مطرح شده است (Mungwattana, 2000).

تولید سلولی شامل تشکیل خانواده قطعات بر اساس تشابه در طراحی یا فرآیند ساخت و گروه بندی ماشین آلات در سلول‌های تولیدی بر اساس خانواده قطعاتی که توسط آنها تولید می‌شود، می‌باشد. یک خانواده قطعه مجموعه ای از قطعات است که دارای شکل هندسی و اندازه یکسان یا فرآیند ساخت یکسان باشند. یک سلول تولیدی شامل چندین ماشین با عملکردهای مختلف است که به منظور تولید یک خانواده قطعه در کنار هم قرار در یک سلول گرفته اند. ایده اصلی سیستم تولید سلولی، تفکیک سیستم بزرگ تولیدی به چندین سلول کوچکتر است که باعث کاهش پیچیدگی جریان مواد در سیستم تولیدی و مدیریت کارآتر سلول‌های مجزا می‌شود. بنابر این، هر قطعه در حالت ایده‌آل توسط یک سلول بطور مستقل تولید می‌شود. این امر سبب تسهیل در جریان مواد و زمانبندی کارها می‌شود.

مطابق با گزارش ارائه شده توسط ومرلو و جانسون (۱۹۹۷) برنامه‌ریزی و کنترل تولید با استفاده از تولید سلولی تسهیل می‌شود (Wemmerlov and Johnson, 1997). تولید کارگاهی نشان داده شده در شکل ۱-۱، به سیستم تولید سلولی در شکل ۱-۳ تبدیل شده است. مزایای بدست آمده از این تبدیل

عبارتند از: کاهش جابجایی قطعات، کاهش فضای مورد نیاز و نیاز به ماشین‌آلات کمتر. از آنجاکه قطعات مشابه در یک سلول گروه‌بندی می‌شوند، باعث کاهش زمان راه‌اندازی شده که سبب پاسخگویی سریعتر به تغییرات می‌شود.

تولید سلولی یک سیستم تولیدی ترکیبی است که مزایای تولید کارگاهی (انعطاف‌پذیری در تولید محصولات با تنوع بالا) و خط تولید (کارایی و نرخ تولید بالا) را بصورت همزمان دارا است. در تولید سلولی، ماشین‌آلات با عملکردهای متفاوت در نزدیکی یکدیگر به منظور تولید یک یا چند خانواده قطعه قرار می‌گیرند که باعث ایجاد کارایی در جریان و نرخ تولید بالا مشابه سیستم خط تولید می‌شود. استفاده از تجهیزات و ماشین‌آلات عمومی و چندمنظوره به تولید سلولی این امکان را می‌دهد تا قابلیت پاسخگویی به تغییرات در طراحی و تقاضای محصول را در مدت زمانی کوتاه داشته باشد، که این امر سبب ایجاد انعاف‌پذیری بالایی در این سیستم می‌شود.

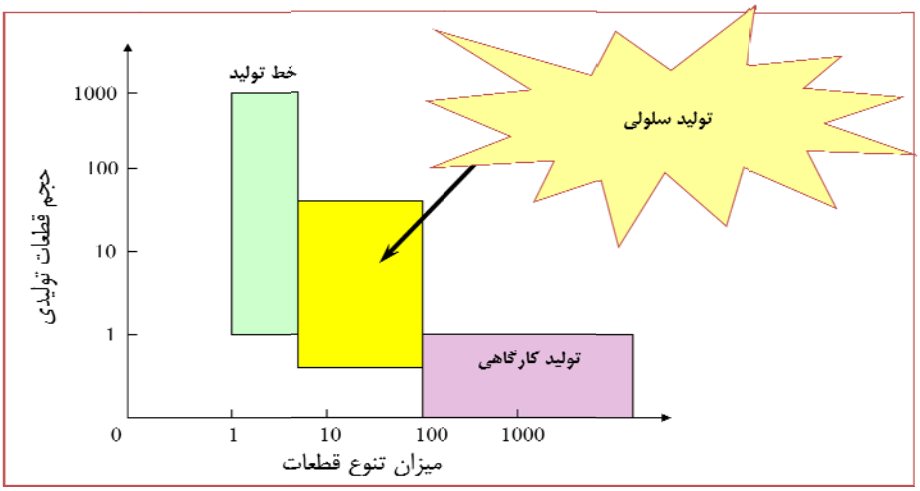


L: lath, A: assembly, M: milling, D: drilling G: grindig

شکل (۱-۳): سیستم تولید سلولی

در نتیجه، همانطور که در شکل ۱-۴ نشان داده شده است، تولید سلولی یک سیستم تولیدی مناسب و اقتصادی در حجم متوسطی از تقاضا و دامنه متوسطی از تنوع محصولات نسبت به سایر سیستم‌های تولیدی می‌باشد (Askin and Standridge, 1993).

سیستم تولید سلولی به عنوان یکی از بهترین سیستم‌ها جهت پیاده‌سازی فلسفه تولید به موقع (JIT)[1] می‌باشد. امروزه بسیاری از شرکتهای تولیدی با استفاده از اصول و راه‌کارهای تولید به موقع در زمره شرکتهای تولیدی موفق و تراز اول دنیا قرار گرفته‌اند. شرکت‌هایی چون تویوتا و نیسان از جمله این شرکت‌های موفق هستند که سسیستم تولید به موقع را بکار گرفته و خود را در زمره کارآمدترین تولید کنندگان وسایل نقلیه در جهان با کیفیت بالا قرار داده‌اند. به همین جهت در اغلب شرکتهایی که فلسفه تولید به موقع را به‌کار گرفته‌اند، پیاده‌سازی سیستم‌های تولید سلولی نقش مهمی را دارد.



شکل (۱-۴): حجم تولید در مقایسه با میزان تنوع قطعات (Askin and Standridge, 1993)

۳.۱. مزایای سیستم تولید سلولی

مزایای حاصل از سیستم تولید سلولی در مقایسه باسیستم‌های تولیدی سنتی بر حسب عملکرد سیستم در مقالات زیادی از جمله (Wemmerlov and Johnson, 1997; Wemmerlov and Hyer, 1989; Singh, 1993) آورده شده است که می‌توان آنها را به صورت زیر خلاصه کرد:

۱. **کاهش زمان آماده‌سازی:** یک سلول تولیدی برای تولید خانواده‌ای از قطعات با فرآیندهای تولید مشابه مانند عملیات مورد نیاز، تلرانس، ظرفیت ابزار ماشین، اشکال و اندازه‌های مشابه طراحی شده-است. بنابر این، برای بسیاری از قطعات می‌توان از ابزار و وسایل یکسان و مشابهی استفاده کرد که

[1] Just-in-time (JIT)