دانشگاه صنعتی ارومیه
دانشکده مهندسی صنایع

عنوان:

گروه‌بندی قطعات و ماشین‌آلات در سیستم‌های تولید سلولی

با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه

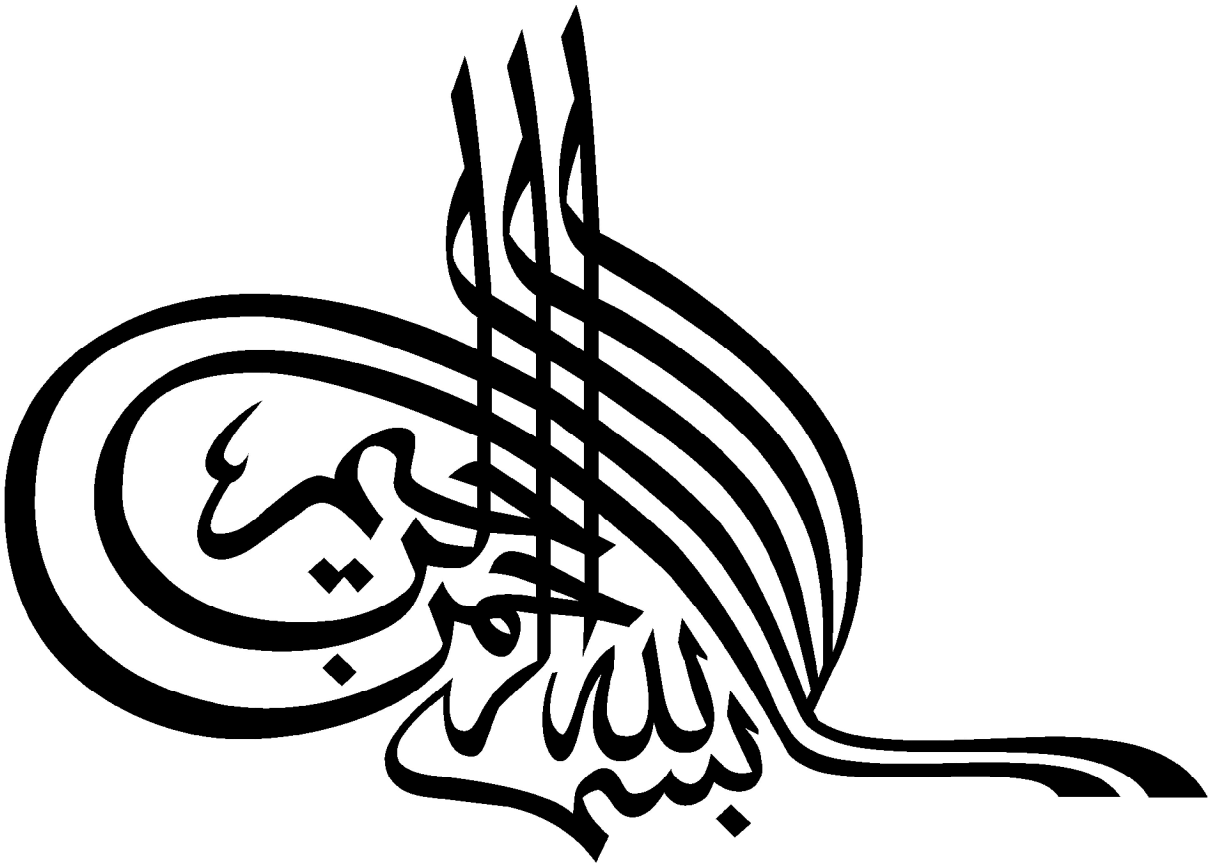
پژوهشگر:
یونس رحمانی

استاد راهنما:

دکتر مقصود سلیمان پور

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع-صنایع

زمستان ۱۳۹۰



برو طواف دلی کن که کعبه ی مخفی است

که آن خلیل بنا کرد و این خدا خود ساخت

(زیب النساء)

تقدیم به

وجود نازنین مادرم

و

روح جاودان پدرم

تقدیر و تشکر :

ستایش برای خداست؛ آن نخستین بی آغاز و واپسین بی انجام

ستایش برای خداست که خود را به ما شناساند و شیوه سپاسگذاری از خود را به ما آموخت

و درهای علم به پروردگاریش را به روی ما گشود

و ما را به اخلاص ورزیدن به توحید خود رهنمون ساخت . (صحیفه سجادیه)

در آغاز بر خود لازم می دانم از زحمات بی‌دریغ، تلاش‌های بی‌وقفه و راهنمایی‌های ارزشمند استاد گرامی جناب آقای دکتر سلیمان پور در راستای انجام این پایان نامه تشکر و قدردانی نمایم.

از خانواده عزیزم به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان و از کلیه عزیزانی که در دوران تحصیل همواره مشوق و پشتیبان من بوده اند کمال تشکر را دارم و همواره از خداوند متعال، سلامتی و توفیق روز افزون را برایشان خواستارم.

چکیده :

سیستم تولید سلولی یکی از روش های مؤثر و با صرفه‌ی اقتصادی می باشد که در سال های اخیر صنعت تولید از مزایای آن بهره مند شده است. سیستم های تولید سلولی کاربردی از تکنولوژی گروهی در زمینه‌ی ساخت و تولید می باشند که هدف آنها دسته بندی قطعات برحسب تشابه ظاهری و یا عملیاتی آنها می باشد بطوریکه هزینه های تولید کاهش یابد.

طراحی یک سیستم تولید سلولی به طور کلی شامل دو تصمیم اصلی است: (۱) تشکیل سلول که در آن خانواده‌ی قطعات و گروه های ماشین آلات برای تولید قطعات مشخص می شوند و (۲) طراحی چیدمان که در آن چیدمان سلول ها و همچنین چیدمان درون سلولی ماشین‌آلات مدنظر می باشد. مسأله تشکیل سلول که در این پایان‌نامه مورد بررسی قرار گرفته است به دسته اول تعلق دارد.

در این پایان‌نامه، یک مدل برنامه ریزی ریاضی خطی چند هدفه با متغیرهای صحیح برای مسأله‌ی تشکیل سلول تولیدی با مسیرهای عملیاتی چندگانه ارائه می شود. مدل پیشنهادی چهار هدف را به طور همزمان حداقل می سازد: (۱) کل هزینه پردازش قطعات، (۲) تعداد کل جابجایی بین ماشین-آلات، (۳) کل عدم شباهت بین فرآیندهای انتخاب شده برای قطعات هم‌خانواده، و (٤) کل سرمایه-گذاری در ماشین‌آلات. با توجه به اینکه اهداف چندگانه ای در این تحقیق مد نظر است، جواب بهینه ی یگانه ای برای این مسأله وجود نخواهد داشت، بلکه این مسأله ممکن است مجموعه ای از جوابهای بهینه داشته باشد که به جوابهای بهینه پارتو معروف است. در این پایان نامه از تکنیک طراحی یکنواخت برای تعیین مسیرهای جستجو استفاده می گردد بطوریکه که فضای جواب را به جای جستجو در یک مسیر در مسیرهای چندگانه جستجو می کند. بعد از شناسایی جوابهای پارتو، تکنیک تصمیم گیری تاپسیس برای انتخاب مناسبترین جواب در بین جوابهای پارتو بکار گرفته می شود. رویکرد پیشنهادی برای حل برخی مسائل نمونه استفاده و نشان داده می شود که این رویکرد می تواند چوابهای خوبی برای مسأله تشکیل سلول ارائه نماید.

واژگان کلیدی: سیستم تولید سلولی، مسأله‌ی تشکیل سلول، خانواده‌ی قطعات، برنامه ریزی ریاضی چند هدفه، تکنیک طراحی یکنواخت، تاپسیس

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مفاهیم و کلیات

۱-۱ : مقدمه **۱**

۱-۲ : سیستم های تولید

۱-۲-۱ : تعریف سیستم های تولید **۲**

۱-۲-۲ : انواع سیستم های تولید **۳**

۱-۳ : سیستم های تولید سلولی

۱-۳-۱ : تعریف سیستم تولید سلولی **۵**

۱-۳-۲ : مزیت های تولید سلولی **٦**

۱-۳-۳ : قابلیت اجرای سیستم تولید سلولی **۱۱**

۱-۳-٤ : آرایش های سیستم تولید سلولی **۱۲**

۱-٤ : اصطلاحات اساسی در سیستم تولید سلولی

۱-٤-۱ : خانواده‌ی قطعات **۱٤**

۱-٤-۲ : چیدمان درون سلولی و بین سلولی **۱۵**

۱-٤-۳ : مسیرهای تولید چندگانه **۱۵**

۱-٤-٤ : ضریب شباهت و عدم شباهت **۱۵**

۱-٤-۵ : ماتریس تلاقی ماشین- قطعه **۱٦**

۱-۵ : مسأله تشکیل سلول **۱۸**

۱-٦ : تکنیک تاپسیس **۲۰**

۱-۷ : سازماندهی این پایان نامه **۲۱**

فصل دوم: مرور بر ادبیات

۲-۱ : مقدمه **۲۳**

۲-۲ : مروری بر تحقیقات قبلی **۲٤**

۲-۳ : مقایسه مدل ها و جهت پژوهش

۲-۳-۱ : مقایسه بر اساس ورودی **۳۱**

۲-۳-۲ : مقایسه بر اساس اهداف **۳۲**

۲-۳-۳ : مقایسه براساس رویکرد حل **۳۳**

۲-۳-٤ : مقایسه بر اساس خروجی **۳٤**

فصل سوم: مدل سازی مسأله و رویکرد پیشنهادی

۳-۱ : مقدمه ٤٧

۳-۲ : بهینه سازی چند هدفه ٤٨

۳-۳ : رویکردهای حل بهینه سازی چند هدفه ٥١

۳-٤ : فرضیات در مدل پیشنهادی ٥٣

۳-٥ : نشانه گذاری های مدل ریاضی

۳-٥-۱ : اندیس ها ٥٣

۳-٥-۲ : پارامترهای ورودی ٥٤

۳-٥-۳ : متغیرهای تصمیم ٥٥

۳-٦ : مدل ریاضی پیشنهادی ٥٦

۳-۷ : رویکرد پیشنهادی برای جستجو ٥٨

۳-۸ : تکنیک تاپسیس ٦٠

۳-۸-۱ : اصول و قواعد تکنیک تاپسیس ٦٣

۳-۸-۲ : رتبه بندی گزینه ها در تاپسیس ٦٤

فصل چهارم: اجرای مدل و نتایج محاسباتی

٤-۱ : مقدمه ٦٧

٤-۲ : نتایج عددی و حل مسأله

٤-۲-۱ : مسأله‌ی شماره‌ی یک ٦٧

٤-٢-٢ : مسأله‌ی شماره‌ی دو ۷۳

٤-٢-٣ : مسأله‌ی شماره‌ی سه ۷۵

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها برای تحقیقات آتی

۵-۱ : خلاصه‌ی تحقیق و نتیجه‌گیری ۷۹

۵-۲ : پیشنهادها برای تحقیقات آتی ۸۱

مراجع ۸۲

پیوست یک: برنامه‌ی Lingo ۸۸

پیوست دو: برنامه‌ی Matlab ۱۰۳

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ فرآیند تبدیل در سیستم های تولیدی **۳**

شکل ۱-۲ کاربرد سیستم های مختلف با در نظر گرفتن نسبت Q/P **۱۱**

شکل ۱-۳ انواع استقرار برای سیستم تولید سلولی **۱۳**

شکل ۱-٤ یک ماتریس از تلاقی قطعه – ماشین **۱٦**

شکل ۱-۵ بلوک مورب (قطری) بدست آمده از ماتریس قطعه- ماشین شکل ۱- ٤ ..... **۱۷**

شکل ۲-۱ طبقه بندی ورودی ها (منصوری و همکاران، ۲۰۰۰) **۳۲**

شکل ۲-۲ طبقه بندی اهداف (منصوری و همکاران، ۲۰۰۰) **۳۳**

شکل ۲-۳ طبقه بندی رویکرد راه حل ها (منصوری و همکاران، ۲۰۰۰) **۳٤**

شکل ۲-٤ طبقه بندی خروجی ها (منصوری و همکاران، ۲۰۰۰) **۳۵**

شکل ۳-۱ طبقه بندی کلاسیک رویکرد های حل مسایل بهینه سازی **۵۲**

شکل ۳-۲ جستجوی یک جهته و جستجو در جهات توزیع شده به صورت یکنواخت (سلیمان پور و همکاران، ۲۰۰٤) **۵۹**

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱ مزیت های تولید سلولی پس از دو ماه کارکرد اولیه (لواسر و همکاران، ۱۹۹۵) ۸

جدول ۱-۲ مزیت های گزارش شده از تولید واحدی در گزارش (ومرلوف و هایر، ۱۹۸۹) ۹

جدول ۱-۳ بهبود عملکرد گزارش شده در (ومرلوف و جانسون، ۱۹۹۷) ۱۰

جدول ۲-۱ مقایسه‌ی روش ها برحسب ورودی ها قبل از سال ۱۹۹۹ ..... ۳۶

جدول ۲-۲ مقایسه‌ی روش ها برحسب ورودی ها بعد از سال ۱۹۹۹ ..... ۳۸

جدول ۲-۳ مقایسه‌ی مدل ها بر اساس معیارهایشان قبل از سال ۱۹۹۹ ..... ٤۰

جدول ۲-٤ مقایسه‌ی مدل ها بر اساس ضابطه هایشان بعد از سال ۱۹۹۹ ..... ٤۲

جدول ۲-۵ مقایسه‌ی مدل‌ها بر اساس خروجی‌ها قبل از سال ۱۹۹۹ ..... ٤٤

جدول ۲-٦ مقایسه‌ی مدل‌ها بر اساس خروجی‌ها بعد از سال ۱۹۹۹ ..... ٤۵

جدول ۳-۱ مقدار δ برای تعداد مسیرهای جستجو و توابع هدف(*لیانگ و وانگ، ۲۰۰۰*) ٦۰

جدول ٤-۱ اطلاعات مربوط به ماشین آلات برای مسأله‌ی شماره‌ی ۱ ..... ٦۸

جدول ٤-۲ داده های اصلی برای مسأله‌ی شماره‌ی ۱ ..... ٦۹

جدول ٤-۳ نتایج به‌دست آمده از حل مسأله‌ی بیولیو و همکاران ۷۲

جدول ٤-٤ نتایج به‌دست آمده از حل مسأله‌ی بیولیو و همکاران براساس مدل پیشنهادی ۷۲

جدول ٤-٥ داده های مربوط به مسأله‌ی شماره‌ی ۲ ..... ٧٤

جدول ٤-٦ نتایج به‌دست آمده از حل مسأله‌ی ژن و چنگ ٧٤

جدول ٤-٧ نتایج به‌دست آمده از حل مسأله‌ی ژن و چنگ براساس مدل پیشنهادی ٧٤

جدول ٤-٨ اطلاعات مربوط به ماشین‌آلات برای مسأله‌ی شماره‌ی ۳ ..... ٧٦

جدول ٤-٩ داده‌های اصلی مسأله‌ی شماره‌ی ۳ ..... ٧٧

جدول ٤-١٠ نتایج به‌دست آمده از حل مسأله‌ی غربی و همکاران ٧٧

جدول ٤-١١ نتایج به‌دست آمده از حل مسأله‌ی غربی و همکاران براساس مدل پیشنهادی ٧٧

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

جهان صنعتی در تولیدات پیشرفته، پویا و در حال تکامل است.در دهه های اخیر پیشرفت تکنولوژی صنعتی بسیار چشمگیر بوده است و تولید صنعتی همواره اصلی ترین فعالیت سودآور در کشورهای صنعتی و حتی کشورهای در حال توسعه می باشد. امروزه صنایع تولیدی زیر فشار شدیدی از جانب بازارهای رقابتی جهانی قرار دارند. چرخه‌ی عمر کوتاه تر محصول، کوتاه تر شدن سیکل عرضه‌ی محصول به بازار و خواسته های متعدد و گوناگون مشتریان، تولید کنندگان را وادار کرده است تا کارایی و بهره وری فعالیت ها و فرآیند تولیدی خود را بهبود دهند. در واقع باید سیستم های تولید خود را به نحوی تغییر دهند که قادر باشند محصولات خود را با کمترین هزینه، بالاترین کیفیت و در سریع ترین زمان ممکن جهت تحویل به-موقع به مشتریان، تولید نمایند.

سیستم‌های تولید سنتی، همچون تولید کارگاهی و تولید محصولی، قادر به تأمین و برآورد این نیازها و الزامات نیستند؛ چرا که سیستم‌های تولید باید قابلیت تغییر و طرح‌ریزی مجدد برای پاسخ به تغییرات در طرح و تقاضای محصول را داشته باشند. در نتیجه تولید سلولی که پیشرفته ترین کاربرد تکنولوژی گروهی در عرصه‌ی تولید می باشد، به عنوان یک سیستم تولیدی امیدوار کننده و چاره‌ساز پدید آمده است.

سیستم تولید سلولی از طریق شناسایی و بهره برداری از شباهت قطعات و فرآیندهای عملیاتی در طراحی و ساخت منجر به افزایش کارایی تولید می گردد؛ از این رو یکی از اثربخش ترین سیستم های تولید است که توجه شرکت های تولیدی را در سرتاسر جهان به خود جلب کرده است.

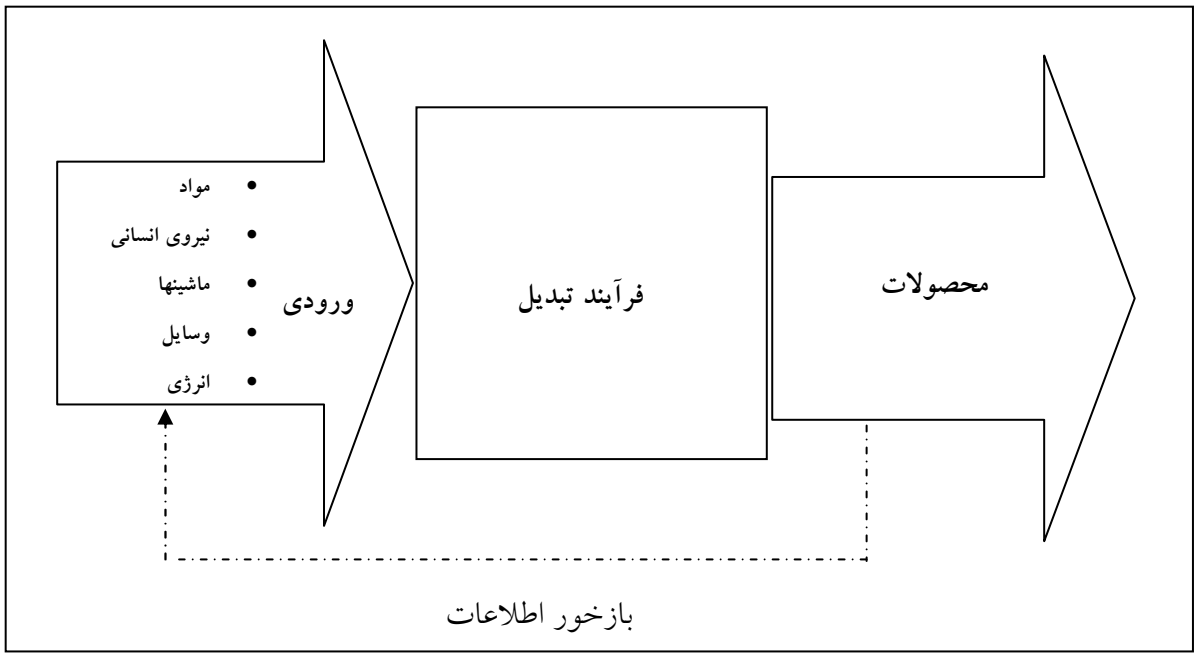
۱- ۲ سیستم های تولید

سیستم های تولیدی (عملیاتی) مطابق ماهیت خروجی (محصولات) به دو گروه سیستم ساخت و خدماتی تقسیم می شوند. هرگاه خروجی سیستم محصول باشد آن را سیستم تولیدی و در صورتی که خدمت باشد، آن را سیستم خدماتی می نامند. محصول یک شی فیزیکی ملموس می باشد که دارای عمر مفید معینی است در حالیکه خدمت لمس پذیر نبوده و به محض دریافت مصرف می شود (بوفا و سارین[1] ۱۹۹٤).

۱-۲-۱ تعریف سیستم های تولید

در یک سیستم تولیدی منابع ورودی از طریق یک فرآیند تبدیل به محصولات خروجی مفید و مورد نیاز مشتری تبدیل می شوند (بوفا و سارین ۱۹۹٤). شکل ۱-۱ یک نمایش نموداری از سیستم های تولید را نشان می دهد که در آن ورودی هایی چون مواد خام و ... طی عملیات فرآیندی خاصی به محصولات نهایی تبدیل می شود. عملیات، عمدتاً توسط ماشین یا نیروی انسانی انجام می گیرد. بنابراین، ورودی های یک سیستم ساخت عبارتند از: مواد خام، انرژی، نیروی انسانی، ماشین آلات، وسایل و اطلاعات می باشد. برای دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده، باز خور کنترلی از محصولات نهایی به ورودیهای سیستم طبق شکل ۱-۱ ضروری است.

[1]- Buffa and Sarin



شکل ۱- ۱ فرآیند تبدیل در سیستم های تولیدی

۱-۲-۲ انواع سیستم های تولید

سیستم های تولید را می توان از دیدگاه های مختلفی چون میزان تولید، تنوع محصول، سطح اتوماسیون، نوع محصول و غیره دسته بندی نمود. میزان تولید و تنوع محصول در میان مهمترین فاکتورهای استفاده شده در دسته بندی سیستم های تولید می باشد. سیستم های تولید به تولید پروژه‌ای، تولید فرآیندی یا کارگاهی، تولید دسته ای، تولید انبوه، و تولید پیوسته دسته بندی می شوند که در آنها به ترتیب با افزایش میزان تولید، تنوع محصول کاهش می یابد. در تولید پروژه ای، میزان تولید تقریباً یک است و تنوع محصول خیلی بالا می باشد. در صورتی که میزان تولید در تولید پیوسته خیلی بالا بوده و تنوع محصول خیلی کم است.

تولید پروژه ای نوعی از تولید است که درآن محصول یک بار تولید شده و به ندرت تکرار می شود. عموماً، فعالیت ها حول پروژه می باشد. ساختمان سازی، تولید کشتی و غیره مثال هایی از تولید پروژه ای

می باشد. ویژگی های تولید کارگاهی که آن را از انواع دیگر سیستم های تولید متمایز می کند، تنوع بالا در طراحی محصول، حجم پایین تولید، نیاز به نیروی انسانی مجرب و ... می باشد.

تولید دسته ای برای تولید محصول با تنوع پایین و حجم تولید متوسط مناسب می باشد. در این سیستم، محصول به طور دوره ای تغییر می یابد. پژوهشی نشان داده است که بیش از ۷۰٪ قطعاتی که در سراسر جهان تولیده شده اند در دسته های ۵۰ تایی یا کمتر می باشند (گروور[1]، ۱۹۸۷). تولید دسته ای نیازمند ماشین ها و ابزار چند منظوره، قالب های خاص و ابزار مخصوص و... می باشد.

تولید انبوه برای تولید محصولات مشابه، با تنوع کم و حجم تولید بالا مناسب است. در این سیستم، مهارت کارگران و انعطاف سیستم تولید نسبتاً پایین است. برخلاف تولید کارگاهی، در تولید محصولی محصولات خاصی به طور مستمر تولید می شوند. سرعت تولید در این سیستم بالا و هموار می باشد، مدیریت تولید نسبتاً آسان است و عملیات به طور متوالی صورت می گیرند. مهمترین عیب تولید انبوه عدم انعطاف پذیری برای غلبه بر تغییرات در بازار می باشد.

تولید سلولی یکی از روشهای تولید برای تولید دسته ای است، بطوریکه منافع اقتصادی تولید انبوه و انعطاف پذیری تولید کارگاهی را تامین می کند. (راجامانی و همکاران[2] ۱۹۹۶، لیانگ و ذوالفقاری[3] ۱۹۹۹).

[1]- Groover

[2]- Rajamani et al

[3]- Liang and Zolfaghari

۱-۳ سیستم های تولید سلولی[1]

۱ -۳-۱ تعریف سیستم تولید سلولی

سول[2] (۱۹۸۸) تولید سلولی را به عنوان سیستمی معرفی کرده است که در آن قطعات مشابه و ماشین آلات مرتبط و مورد نیاز برای تولید آن گروه، گروه بندی شده است. بلک[3] (۱۹۹۱) تعریف دیگری از تولید سلولی ارایه می کند مبنی بر اینکه سلول، گروهی از فرآیندها ست که برای ایجاد خانواده ای از قطعات در یک شیوه دارای انعطاف، طراحی شده است. کارگران در سلول ها چند فرآیندی می باشند و می توانند بیش از یک فرآیند را انجام داده و انواع متفاوتی از فرآیندها را اداره کنند. مهمترین کار در تولید سلولی دسته بندی قطعات مشابه و ماشین های مرتبط آنها در سلول های تولیدی اختصاصی است.

درتولید دسته ای سنتی، یک قطعه خاص در همه بخش های مرتبط یک به یک مورد بررسی قرار می گیرد و به تدریج تکمیل می شود. این مسأله باعث می شود تا یک سیستم تولید ناکارامد بوده و دارای بازدهی پایینی باشد (گالاقر و نایت[4] ، ۱۹۸٦). برای غلبه بر این عیب، سیستم تولید سلولی بر آن است تا قطعات مشابه حتی المقدور در یک سلول اختصاصی به طور کامل ساخته شوند که این شیوه منجر به صرفه جویی های قابل توجهی در ابعاد مختلف خواهد شد.

---

[1]- Cellular Manufacturing Systems(CMS)
[2]- Sule
[3]- Black
[4]- Gallagher and knight

۱-۳-۲ مزیت های تولید سلولی

تحقیقات بسیاری در زمینه مزیت ها و نتایج کاربردی استفاده از تولید سلولی وجود دارد (ومرلاو و هایر[۱] ۱۹۸۹، چی[۲] ۱۹۹۶، اولونیو و ادو[۳] ۱۹۹۶، ومرلاو و جانسون[٤] ۱۹۹۷، مارش[٥] و همکاران ۱۹۹۷، هایر و براون[٦] ۱۹۹۹، ومرلاو و جانسون ۲۰۰۰). تولید سلولی تأثیرات مثبتی بر زمان تولید، کالای در جریان ساخت، طراحی محصولات جدید، برنامه ریزی فرآیند، زمان بندی، مدیریت موجودی و... داشته است.

با استفاده از دسته بندی قطعات و سیستم رمزگذاری در سیستم تولید سلولی می توان محصولات جدید را به سرعت کنترل نموده و اصلاح کرد. که این کار منجر به صرفه جویی در زمان مورد نیاز برای بررسی یکایک قطعات می شود. در محیط تولید سلولی برخی اصلاحات در طرح های مشابه را به منظور توسعه محصولات جدید می توان انجام داد. در برنامه ریزی فرآیند برای تولید سلولی، زمانی که یک قطعه طراحی می شود، مشخصات فرآیندهای مرتبط مانند قالب ها و وسایل، ترتیب عملیات، پارامترهای ماشین سازی و غیره در پایگاه داده ذخیره می شوند. برای قطعات جدید، کدهای فرآیندی مشابه از پایگاه داده ها بازیافت شده و یک کد مناسب برای قطعه انتخاب شده و در صورت لزوم اصلاح می شود (سینگ و راجامانی[۷] ۱۹۹٦). برخی دیگر از مزایای تولید سلولی که در مقالات گزارش شده است به صورت زیر می باشد (ومرلاو و هایر ۱۹۸۹):

- کاهش در زمان راه اندازی
- کاهش در زمان توان بازدهی

1- Wemmerlöv and Hyer
2 - Choi
3- Olorunniwo and Udo
4- Wemmerlöv and Johnson
5- Marsh
6- Hyer and Brown
7- Singh and Rajamani

- کاهش در موجودی کالای در جریان ساخت
- کاهش در هزینه بررسی مواد
- کیفیت بهتر و کنترل محصول و غیره

کوسیاک[1] (۱۹۹۰) مزایای تولید سلولی را بدین صورت بیان می کند: کاهش زمان انتظار تولید (۸۸٪–۲۰)، کاهش کالای در جریان ساخت (محصول نیمه تمام) (بالای ۸۸٪)، کاهش کارهای انجام یافته (۲۵٪–۱۵)، کاهش در بکار گیری ابزار آلات (۳۰٪–۲۰)، کاهش دوباره کاری و مواد دور ریختنی (۷۵٪–۱۵)، کاهش زمان راه اندازی (٦۰٪–۲۰)، کاهش زمان تحویل سفارش (۱۳٦٪–۱۳)، بهبود روابط انسانی و کاهش کاغذ بازی.

کلت و اسپایسر[2] (۱۹۹۵) در بررسی شرکت تولیدی کوچکی دریافتند که سیستم های تولیدی سلولی در مقایسه با تولید کارگاهی باعث بهبودهایی در زمان تولید، فضای کاری و هزینهٔ انجام عملیات شده است.

در یک مورد مطالعاتی دیگر در گروه تجهیزات غذایی PMI، هاوارد و نیومن[3] (۱۹۹۳) برخی مزایای بکار گیری سیستم تولید سلولی را در مقایسه با تولید کارگاهی گزارش داده اند. کاهش هزینه تولید به دلیل کاهش هزینهٔ انجام عملیات، بهبود سرویس مشتری، کیفیت کار مفید کارکنان بطورقابل ملاحظه ای بهبود یافته است.

لواسر و همکاران[4] (۱۹۹۵)، با بررسی بکار گیری سیستم تولید سلولی در شرکت استوارد در یافتند که بهبود فوق العاده ای در کاهش کالاهای نیمه ساخته، زمان انجام کار، سفارش های دیر کردی، ضایعات،

1_ Kusiak
2_ Collet and Spicer
3_ Howard and Newman
4_ Levasseur et al

هزینه و فضای تولیدی صورت پذیرفته است. جدول ۱-۱ مزیتهای بدست آمده در این شرکت پس از بکارگیری تولید سلولی را نشان می دهد.

ومرلوف و هایر (۱۹۸۹)، کاهش هزینه های بدست آمده ناشی از بکارگیری تولید سلولی را در ۳۲ کارخانه بررسی و نتایج آن را گزارش دادند. این ۳۲ کارخانه انواع مختلفی از خطوط محصولات مانند ماشین ابزار، تجهیزات کشاورزی و تولیدی، تجهیزات دارویی و بیمارستانی و محصولات دفاعی را تولید می کردند. جدول ۱- ۲ نشان دهندۀ مزیت های بدست آمده از تولید سلولی است که در این گزارش آمده است.

جدول ۱- ۱ مزیت های تولید سلولی پس از دو ماه کارکرد اولیه (لواسر و همکاران، ۱۹۹۵)

شاخص	تولید کارگاهی	تولید سلولی	نتایج بهبود
کالای نیمه ساخته	590000$	116336 $	473664$ (80%)
کالای آماده فروش	880000$	353167$	536833$(60%)
منابع مقاوم	8333$/month	0	8333$(100%)
زمان انجام کار	14 days	2days	12days(86%)
سفارش های اخیر	100	4	96%
ضایعات	22%	14%	8%
کارگر مستقیم	198	145	56 employees(27%)
فضای ساخت	45000	20000	2500 (56%)