



دانشگاه سیم نور

برنامه ریزی تولید

دکتر غلامرضا اسماعیلیان

امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه ملی، که یک واجب دینی است.^۱

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پر بار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه مطالعه هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

۱. پیام مقام معظم رهبری به مناسبت آغاز هفته کتاب ۷۲/۱۰/۴

سوره‌ای که بر آن فرستاده عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «إِقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست مطالب

پیشگفتار	یازده
فصل اول. سیستم‌های تولیدی.....	۱
هدف کلی.....	۱
هدف‌های یادگیری.....	۱
مقدمه.....	۱
۱-۱ تقسیم‌بندی سیستم‌های تولیدی براساس نوع فرایند.....	۲
۲-۱ سیستم‌های تولیدی پیوسته.....	۲
۳-۱ سیستم‌های تولید گسسته.....	۳
۱-۳-۱ فرایند تولید انبوه.....	۴
۲-۳-۱ فرایند تولید سفارشی.....	۴
۳-۳-۱ فرایند تولید دسته‌ای.....	۶
۴-۱ طبقه‌بندی انواع سیستم‌های تولید گسسته براساس میزان و تنوع تولید.....	۱۶
۵-۱ سیستم‌های تولید کشتی در مقابل سیستم‌های تولید فشاری.....	۱۷
۶-۱ طبقه‌بندی سیستم‌های تولیدی براساس نقطه انفصال سفارش مشتری.....	۱۹
۱-۶-۱ ساخت ذخیره‌ای.....	۱۹
۲-۶-۱ مونتاژ سفارشی.....	۲۰
۳-۶-۱ ساخت سفارشی.....	۲۰
۴-۶-۱ مهندسی طبق سفارش.....	۲۰
خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول.....	۲۲
خودآزمایی تشریحی فصل اول.....	۲۳

فصل دوم. کلیات برنامه‌ریزی تولید.....	۲۵
هدف کلی.....	۲۵
هدف‌های یادگیری.....	۲۵
مقدمه.....	۲۵
۱-۲ سطوح مختلف برنامه‌ریزی.....	۲۷
۱-۱-۲ بلندمدت (استراتژیک).....	۲۷
۲-۱-۲ میان‌مدت (تاکتیکی).....	۲۷
۳-۱-۲ کوتاه‌مدت (عملیاتی).....	۲۸
۲-۲ طراحی سیستم برنامه‌ریزی و کنترل تولید برای انواع فرایندها و استقرارها.....	۲۸
۱-۲-۲ برنامه‌ریزی و کنترل در ساخت محصولات استاندارد.....	۳۰
۲-۲-۲ برنامه‌ریزی و کنترل در ساخت محصولات سفارشی.....	۳۰
۳-۲-۲ برنامه‌ریزی و کنترل در سیستم‌های ترکیبی.....	۳۱
۳-۲ بخش‌های اصلی برنامه‌ریزی تولید پیشرفته.....	۳۳
۱-۳-۲ برنامه‌ریزی تولید ادغامی.....	۳۴
۲-۳-۲ برنامه زمان‌بندی اصلی تولید.....	۳۵
۳-۳-۲ برنامه‌ریزی نیازمندی‌های مواد.....	۳۷
۴-۳-۲ توالی عملیات و زمان‌بندی.....	۳۹
خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل دوم.....	۴۰
خودآزمایی تشریحی فصل دوم.....	۴۱
فصل سوم. برنامه‌ریزی تولید ادغامی.....	۴۳
هدف کلی.....	۴۳
هدف‌های یادگیری.....	۴۳
مقدمه.....	۴۳
۱-۳ روش‌های غیررسمی برنامه‌ریزی تولید ادغامی.....	۴۷
۱-۱-۳ روش‌های وابسته به نیروی انسانی.....	۴۷
۱-۱-۳-۱ استراتژی سطح یا تثبیت سرعت تولید.....	۴۸
۲-۱-۳-۱ استراتژی تعقیب یا برآورده کردن تقاضا.....	۴۹
۳-۱-۳-۱ استراتژی مدیریت زمان نیروی کار.....	۵۴
۲-۱-۳-۲ روش‌های وابسته به تجربه.....	۵۴
۱-۲-۱-۳ ضرایب مدیریتی.....	۵۴
۲-۱-۳-۲ برنامه‌ریزی پارامتری.....	۵۵
۲-۳ روش‌های رسمی یا کمی.....	۵۵
۱-۲-۳ برنامه‌ریزی ریاضی.....	۵۶
۱-۱-۲-۳ برنامه‌ریزی خطی.....	۵۷
۲-۱-۲-۳ برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح.....	۵۹

۶۰	 برنامه‌ریزی خطی ترکیبی	۳-۱-۲-۳
۶۰	 برنامه‌ریزی غیرخطی	۳-۱-۲-۴
۶۱	 کاربرد برنامه‌ریزی خطی در برنامه‌ریزی تولید	۳-۳
۶۲	 مسئله تولید ترکیبی	۳-۳-۱
۶۵	 مسئله انتخاب روش تولید	۳-۳-۲
۶۸	 مسئله ترکیبی با منابع تولید گوناگون	۳-۳-۳
۷۰	 مسئله امتزاج	۳-۳-۴
۷۱	 مسئله برش	۳-۳-۵
۷۲	 مدل عمومی برنامه‌ریزی خطی برای برنامه‌ریزی ادغامی	۳-۳-۶
۷۴	 مسئله حمل‌ونقل	۳-۴
۸۳	 مسئله دینامیکی	۳-۵
۸۴	 بدون محدودیت در ظرفیت تولید و مجاز نبودن کسری	۳-۵-۱
۸۷	 بدون محدودیت در ظرفیت تولید و مجاز بودن کسری	۳-۵-۲
۹۰	 برنامه‌ریزی آرمانی	۳-۶
۹۱	 مدل‌های شبیه‌سازی	۳-۷
۹۳	 خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل سوم	۳-۷-۱
۹۹	 خودآزمایی تشریحی فصل سوم	۳-۷-۲
۱۰۵	 فصل چهارم. برنامه‌ریزی اصلی تولید	
۱۰۵	 هدف کلی	
۱۰۵	 هدف‌های یادگیری	
۱۰۵	 مقدمه	
۱۰۶	 تعیین برنامه زمان‌بندی اصلی (MPS)	۴-۱
۱۰۹	 روش‌های تغییر و بهبود MPS	۴-۲
۱۰۹	 حسابداری هزینه	۴-۲-۱
۱۱۰	 مدل ریاضی	۴-۲-۲
۱۱۱	 اولویت‌بندی براساس سفارش مشتری	۴-۲-۳
۱۱۲	 برنامه‌ریزی سرانگشتی ظرفیت (RCCP)	۴-۳
۱۱۴	 تکنیک‌های RCCP	۴-۳-۱
۱۱۴	 روش برنامه‌ریزی ظرفیت با استفاده از عوامل کلی (CPOF)	۴-۳-۲
۱۱۵	 روش لیست کارها (BOL)	۴-۳-۳
۱۱۶	 روش پروفیل منابع (RP)	۴-۳-۴
۱۱۶	 خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم	۴-۳-۵
۱۱۷	 خودآزمایی تشریحی فصل چهارم	۴-۳-۶
۱۱۹	 فصل پنجم. برنامه‌ریزی نیازمندی‌های مواد (MRP)	
۱۱۹	 هدف کلی	

۱۱۹	هدف‌های یادگیری
۱۱۹	مقدمه
۱۲۳	۱-۵ آشنایی با مفاهیم مورد نیاز در MRP
۱۲۹	۲-۵ توسعه MRP به MRP حلقه بسته و MRP II
۱۳۴	۳-۵ برنامه‌ریزی احتیاجات ظرفیت (CRP)
۱۳۶	۴-۵ تفاوت‌های RCCP و CRP
۱۳۷	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل پنجم
۱۳۸	خودآزمایی تشریحی فصل پنجم
۱۳۹	فصل ششم. توالی عملیات و زمان‌بندی
۱۳۹	هدف کلی
۱۳۹	هدف‌های یادگیری
۱۳۹	مقدمه
۱۴۰	۱-۶ اهمیت برنامه زمان‌بندی
۱۴۱	۲-۶ طبقه‌بندی مسائل زمان‌بندی
۱۴۲	۳-۶ تکنیک‌های زمان‌بندی
۱۴۲	۳-۶-۱ رویکرد تحقیق در عملیات در زمان‌بندی
۱۴۳	۳-۶-۲ الگوریتم‌های زمان‌بندی
۱۴۴	۳-۶-۲-۱ الگوریتم مور
۱۴۶	۳-۶-۲-۲ الگوریتم جانسون
۱۴۸	۳-۶-۳ رویکردهای ابتکاری برای زمان‌بندی
۱۴۸	۳-۶-۴ کوتاه‌ترین زمان پردازش (SPT)
۱۴۹	۳-۶-۵ زودترین موعد تحویل (EDD)
۱۵۰	۳-۶-۶ روش‌های ابتکاری بدون در نظر گرفتن زمان‌های فرایند و موعد تحویل
۱۵۰	۳-۶-۷ نمودار گانت
۱۵۱	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل ششم
۱۵۲	خودآزمایی تشریحی فصل ششم
۱۵۵	فصل هفتم. آشنایی با نظام‌های تولیدی
۱۵۵	هدف کلی
۱۵۵	هدف‌های یادگیری
۱۵۵	مقدمه
۱۵۵	۱-۷ نظام‌های مبتنی بر برنامه‌ریزی مواد مورد نیاز (MRP)
۱۵۶	۲-۷ نظام‌های مبتنی بر تولید به هنگام (JIT)
۱۵۸	۲-۷-۱ رویکردها و اصول سیستم تولیدی JIT
۱۵۹	۲-۷-۱-۱ رویکرد مدیریت تولیدی JIT

۱۵۹.....	۲-۲-۷ رویکرد مدیریت موجودی‌های JIT
۱۶۰.....	۳-۱-۲-۷ رویکرد مدیریت کیفیت سیستم JIT
۱۶۱.....	۲-۲-۷ عامل زمان و سرعت در JIT
۱۶۲.....	۳-۲-۷ مدیریت کارخانه JIT
۱۶۲.....	۴-۲-۷ اندازه‌گیری کارایی در JIT
۱۶۳.....	۵-۲-۷ محدودیت‌های JIT
۱۶۴.....	۶-۲-۷ پیش‌نیازهای یک برنامه JIT
۱۶۴.....	۳-۷ برنامه‌ریزی سیستم تولید به‌موقع
۱۶۴.....	۴-۷ نظام‌های مبتنی بر تکنولوژی تولید بهینه (OPT)
۱۶۶.....	۵-۷ قواعد مطرح در OPT
۱۷۰.....	۶-۷ مقایسه نظام‌های تولیدی
۱۷۳.....	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هفتم
۱۷۵.....	خودآزمایی تشریحی فصل هفتم
۱۷۷.....	پاسخنامه
۱۷۹.....	منابع

پیشگفتار

یک سیستم تولیدی برای تهیه و تولید یک یا گروهی از محصولات متشکل از یک سری منابع است که ماشین‌آلات، نیروی انسانی و سیستم حمل‌ونقل مهم‌ترین آن‌ها را تشکیل می‌دهند. از آنجا که صحبت از یک سیستم است ایجاد هر تغییر در امور تولیدی، بر کلیه امور سازمان‌های صنعتی تأثیر می‌گذارد، زیرا براساس نظریه سیستم‌ها، تمام اجزا و بخش‌های سازمان با یکدیگر درگیری و همبستگی دارند؛ بنابراین لازم است مدیر تولید، امور مختلف تولیدی را در ارتباط با هم و با درک همبستگی بین اجزای آن و شناخت عوامل مؤثر داخلی و خارجی و با یک دید کلی، همه جانبه و سیستماتیک حل و فصل کند. مدیریت تولید موظف است همواره توجه خود را به هماهنگی بین کلیه اجزای سیستم و کنش و واکنش‌های آن‌ها معطوف دارد، تا بدین وسیله مسائل و مشکلات تولیدی را به نحو مؤثرتری حل کند و بهترین نتیجه برای سازمان حاصل شود. در یک سازمان صنعتی، مدیران باید بدانند که در سال آینده و سال‌های بعد، به هر یک از عوامل تولید در چه سطحی نیاز دارند. پس از تعیین میزان نیاز به عوامل تولیدی باید به واحدهای تدارکات، کارگزینی، آموزش و سایر واحدهای مرتبط در سازمان صنعتی اطلاع‌رسانی شود تا نسبت به تهیه و تأمین اقلام اقدام شود.

برنامه‌ریزی تولید یکی از مهم‌ترین واحدهای موجود در یک سیستم تولیدی است که با در نظر گرفتن ظرفیت عرضه و پیش‌بینی تقاضای موجود، به ایجاد محدوده و مرز جهت عملیات تولیدی آینده می‌پردازد. این شاخه از برنامه‌ریزی که در راستای

دستیابی به هدف های تولید در یک افق برنامه ریزی مشخص فعالیت می کند، از تلفیق تکنیک های گوناگون مهندسی صنایع با روش های ابتکاری، فرابتکاری و بهینه سازی ریاضی به وجود آمده است و دارای ظرفیت بالایی جهت پذیرش مدل های گوناگون مفهومی و ریاضی است. تعیین برنامه های تولید براساس هزینه ها و سیاست های مدیریت در خصوص مسائل مالی، خدمت به مشتری و پایایی نیروی کار و تعیین اینکه کجا به اضافه ظرفیت نیاز است، از جمله هدف های برنامه ریزی تولید است که در نهایت به مدیریت کمک می کند تا تأثیر سیاست های مختلف را روی هزینه ها و میزان موجودی و تولید مشاهده کند.

کتاب حاضر در سه بخش مقدمه ای بر سیستم های تولیدی و کلیات برنامه ریزی تولید، بخش های اصلی برنامه ریزی تولید در همه سطوح و آشنایی با نظام های برنامه ریزی تولید، سعی در آشنایی دانشجویان مهندسی صنایع و مدیران و کارشناسان برنامه ریزی به جهت آشنایی با مفاهیم علمی و کاربردی این حوزه از برنامه ریزی در سیستم های تولیدی دارد. در بیان مطالب سعی شده است، سادگی در بیان و کاربردی بودن آن ها همواره مدنظر قرار گیرد و یک دید کلی نسبت به مراحل برنامه ریزی تولید در سیستم های تولیدی فراهم آید. در پایان هر فصل پرسش های به صورت نمونه و در قالب سؤالات تستی و تشریحی به منظور خودآزمایی قرار داده شده است.

قطعاً برخلاف تمام تلاش های صورت گرفته، کاستی هایی در این مجموعه وجود خواهد داشت که نیازمند اصلاح و تجدیدنظر است. پیشاپیش از عزیزانی که این موارد را متذکر و ما را در تکمیل و بهبود این اثر یاری می دهند تشکر می کنم. لطفاً نظرات سازنده خود را به آدرس gre@pnu.ac.ir ارسال فرمایید. در پایان از تمام عزیزانی که ما را در این مجموعه یاری کردند تقدیر و تشکر می شود.

دکتر غلامرضا اسماعیلیان

فصل اول

سیستم‌های تولیدی

هدف کلی

در این فصل سیستم‌های تولیدی از زوایای مختلف دسته‌بندی شده و ویژگی‌های هر یک ارائه می‌شوند تا مقدمه‌ای برای ارائه برنامه تولیدی باشد.

هدف‌های یادگیری

انتظار می‌رود که دانشجو پس از مطالعه این فصل بتواند:

۱. سیستم‌های تولیدی را براساس نوع فرایند تقسیم‌بندی کند و ویژگی‌های هر یک را بشناسد و بتواند جایگاه یک سیستم را در این طبقه‌بندی تشخیص دهد.
۲. سیستم‌های تولید گسسته را براساس میزان و تنوع تولید تقسیم‌بندی کرده و بشناسد و نوع سیستم تولیدی یک شرکت تولیدی را تشخیص دهد.
۳. سیستم‌های تولیدی را براساس نقطه انفصال سفارش مشتری تفکیک کند و ویژگی‌های هر یک را بشناسد و وضعیت موجود و مناسب را برای یک سیستم تولیدی از این منظر تشخیص دهد.

مقدمه

شناخت مسئله، اولین و مهم‌ترین گام در حل آن است. پیش از ارائه یک برنامه تولید برای یک سیستم تولیدی، شناخت سیستم ضروری به‌نظر می‌رسد. در این فصل سعی می‌شود از زوایای گوناگون به سیستم‌های تولیدی پرداخته شود و دسته‌بندی‌های مفیدی ارائه شود.

کلیه شرکت‌ها صرف‌نظر از محصولی که تولید می‌کنند، براساس فعالیتشان در یکی از سه گروه زیر قرار می‌گیرند:

استخراج. شامل شرکت‌هایی هستند که تنها به طبیعت متکی هستند و به استخراج مواد از منابع طبیعی می‌پردازند.

احداث / ساخت. شرکت‌هایی را در برمی‌گیرند که از طریق پالایش، تبدیل، ساخت، تولید، مونتاژ و نصب به ایجاد ارزش افزوده می‌پردازند.

خدمات. مربوط به شرکت‌هایی است که کالای فیزیکی تحویل نمی‌دهند ولی برای مشتری ایجاد مطلوبیت می‌کنند. به عبارتی رضایت مورد درخواست وی را تأمین می‌کنند.

شرکت‌های تولیدی براساس ماهیت فرایند، چیدمان ماشین‌آلات و نحوه پاسخگویی به تقاضای مشتری و ... به طرق مختلف دسته‌بندی می‌گردند که در ادامه به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود.

۱-۱ تقسیم‌بندی سیستم‌های تولیدی براساس نوع فرایند

براساس نوع فرایندی که در یک سیستم تولیدی برای ارائه محصول دنبال می‌شود، با دو سیستم پیوسته^۱ و گسسته^۲ سروکار خواهیم داشت.

۱-۲ سیستم‌های تولیدی پیوسته

این سیستم‌ها مانند پالایشگاه‌های نفت و صنایع کاغذسازی، اغلب تنوع چندانی ندارند و در حجم بالا به تولید محصول می‌پردازند. در این سیستم‌های تولیدی، امکانات و تجهیزات تولیدی به ترتیب از عملیات اولیه تا آخرین عملیات تولید محصول نهایی پشت سر هم چیده می‌شوند. قطعات و موادی که ساخته می‌شوند به کمک ابزارها و تجهیزات حمل مواد مانند نقاله‌ها و ماشین‌های حمل‌ونقل و ... در مسیر واحدهای عملیاتی جریان می‌یابند. در تولید پیوسته تجهیزات و کارخانه دارای انعطاف‌پذیری در حد صفر هستند. جابه‌جایی مواد کاملاً خودکار است. فرایند کار از ترتیب از پیش تعیین شده و ثابتی از عملیات پیروی می‌کند. برنامه‌ریزی و زمان‌بندی امری عادی است.

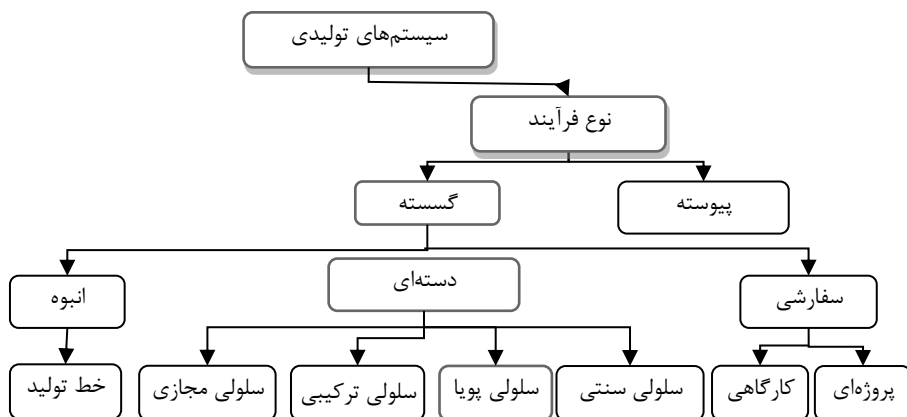
1. Continues

2. Discrete

ازجمله مزایای یک سیستم تولید پیوسته می‌توان به استاندارد بودن محصولات و فرایند تولید، نرخ بالاتر تولید به کمک کاهش سیکل زمانی تولید، بهره‌وری بالاتر و استفاده بیشتر از ظرفیت به دلیل متوازن بودن خطوط، عدم نیاز به دخالت نیروی انسانی برای حمل‌ونقل مواد، امکان استفاده از نیروهای انسانی با مهارت محدود در خط تولید و هزینه پایین تولید به دلیل حجم بالای خروجی اشاره کرد. در کنار مزایای ذکر شده مواردی هم وجود دارند که استفاده از این سیستم را محدود می‌کند. عدم انعطاف‌پذیری سیستم برای تغییر و یا اصلاح فرایند برای تولید محصولات دیگر، لزوم سرمایه‌گذاری بسیار بالا برای نصب و راه‌اندازی خطوط تولید و دشواری اصلاح و تغییر در محصولات از جمله محدودیت‌های اصلی این سیستم به‌شمار می‌رود.

۳-۱ سیستم‌های تولید گسسته

این سیستم‌ها براساس ویژگی‌هایی که در ادامه به آن‌ها پرداخته می‌شود به سه دسته انبوه، دسته‌ای و سفارشی تقسیم می‌گردند. شکل ۱-۱ به دسته‌بندی سیستم‌های تولید براساس ویژگی‌های آن‌ها می‌پردازد.



شکل ۱-۱. دسته‌بندی سیستم‌های تولیدی براساس نوع فرایند

در ادامه به مشخصات کلیدی هر دسته از فرایندها و انواع استقرارهایی که بر پایه آن نوع فرایند وجود دارد پرداخته می‌شود.

۱-۳-۱ فرایند تولید انبوه

در این سیستم تنوع محصولات فوق‌العاده پایین و حجم تولید بسیار بالا است. دستگاه‌ها و تجهیزات به‌کار گرفته شده تخصصی و در صورت نیاز خودکار هستند ولی کارگران به تخصص زیادی نیاز ندارند. با توجه به حجم بالای تولید، چیدمان خط براساس محصول خواهد بود. در ادامه به ویژگی‌های این نوع چیدمان پرداخته می‌شود.

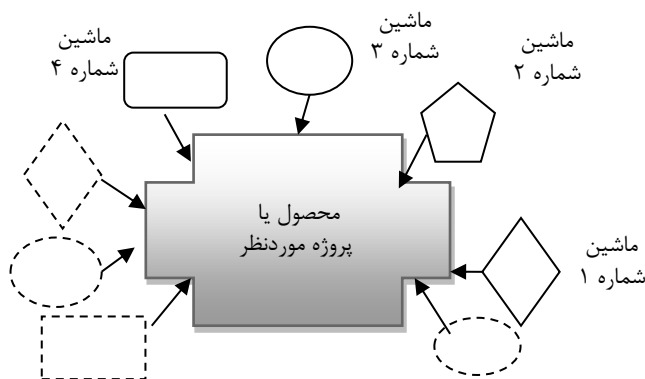
• **استقرار براساس محصول (خط تولید).** در استقرار براساس محصول معمولاً با خطوط مونتاژ سروکار داریم و یک نوع محصول (یا محصولات مشابه) به‌طور مکرر و به‌صورت انبوه ساخته می‌شود. در این شرایط ترتیب استقرار ماشین‌آلات و کارگاه‌ها به‌صورت زنجیروار و براساس توالی به هم پیوستن قطعات متفاوت و انجام عملیات و مراحل مختلف ساخت محصول است. مراحل تولیدی دقیقاً از قبل برنامه‌ریزی و تعیین شده‌اند و تولید به‌صورت مستمر و انبوه است. در استقرار براساس محصول یا خط تولید، کارگر یا ماشین فقط یک عملیات مخصوص را روی محصول انجام می‌دهد و از ماشین‌های اختصاصی استفاده می‌شود. فرایند تولید، مشخصات مواد اولیه (وارد به سیستم تولید) و محصول (صادره از سیستم تولید) استاندارد، و مراحل عملیات و توالی آن‌ها تقریباً ثابت و طبق ضوابط معین است.

۱-۳-۲ فرایند تولید سفارشی

در تولید سفارشی فرایند براساس نیاز مشتری و محصولی که سفارش داده است، شکل می‌گیرد. شرکت‌هایی که فرایند تولید سفارشی دارند اغلب از تجهیزاتی با انعطاف‌پذیری بالا برخوردارند و قادرند تنوع وسیعی از محصولات را در حجم پایین تولید کنند. در این فرایندها، نظر مشتری بسیار تأثیرگذار است. فرایندهای تولید سفارشی براساس استقرار موردنیاز برای تولید محصول به دو دسته پروژه‌ای و کارگاهی تقسیم می‌شوند:

• **استقرار پروژه‌ای.** این استقرار که به مکان ثابت نیز معروف است برای محصولات بزرگی مانند هواپیما، کشتی و حتی ساختمان‌ها به‌کار می‌رود که اندازه محصول، انتقال آن را بین عملیات مختلف تولیدی دشوار ساخته و به‌جای حرکت دادن قطعه

یا پروژه موردنظر بین تجهیزات لازم، تجهیزات را به مکان ساخت پروژه آورده و پروژه براساس نیاز مشتری طراحی و ساخته می‌شود. پروژه‌ها در مکان‌های مختلف و تحت شرایط متنوعی اجرا می‌شوند و شرکت سازنده متناسب با نیاز پروژه ساختار نیروی انسانی و سازمانی خاصی را تشکیل داده و پس از پایان پروژه، اعضا در پروژه‌های دیگر به کار گمارده می‌شوند. شکل ۱-۲ نمونه‌ای از یک استقرار پروژه‌ای را در فرایند تولید سفارشی نشان می‌دهد.

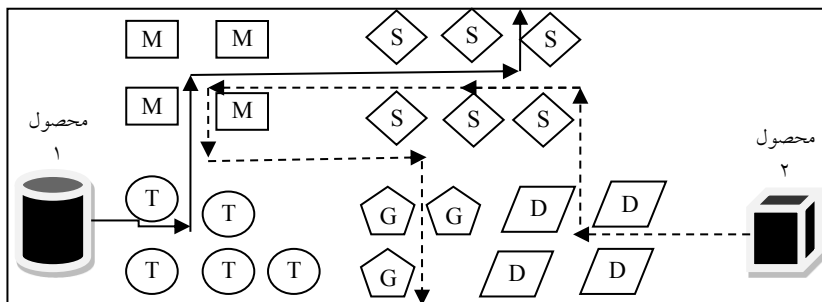


شکل ۱-۲. استقرار پروژه‌ای (مکان ثابت)

- **استقرار کارگاهی.** درجه سفارشی بودن محصولی که در استقرار کارگاهی تولید می‌شود، به اندازه استقرار مکان ثابت نیست و برخلاف استقرار مکان ثابت، تجهیزات مشابه در کنار هم قرار می‌گیرند و دپارتمان‌های تخصصی را تشکیل می‌دهند؛ به عبارت دیگر ترتیب استقرار و آرایش ماشین‌آلات و کارگاه‌ها براساس نوع عملیات و گروه‌بندی فنی است. مثلاً تمام ماشین‌های تراش در یک کارگاه و تمام ماشین‌های پرس در کارگاه دیگر مجتمع و متمرکز می‌شوند. در این سیستم یک خط تولید استاندارد وجود ندارد و ترتیب گردش عملیات تولیدی برای ساخت یک محصول ممکن است براساس دستور ساخت مربوطه با محصول دیگر تفاوت داشته باشد. با عبور قطعات بین دپارتمان‌های مختلف فرایندهای مورد نیاز روی قطعات انجام می‌شود و ممکن است محصول دو یا چند مرتبه به یک کارگاه یا دپارتمان برای انجام عملیات مختلف بازگشت داده شود. چون هر قطعه یک مسیر

منحصربه‌فرد دارد و ماشین‌آلات مورد نیاز باید برای قطعه موردنظر راه‌اندازی شوند، در این چیدمان قطعات بین کارگاهی به‌وفور به چشم می‌خورد و زمان عملیات هم بالا خواهد بود.

با توجه به تنوع تولید، ماشین‌آلات، تجهیزات، ابزار و وسایل کار باید به‌اندازه کافی انعطاف‌پذیر باشند و سیستم از کارگران حرفه‌ای و چند تخصصی برخوردار باشد تا انواع محصولات را طبق سلیقه مصرف‌کنندگان و خواست بازار تولید کند. مواد اولیه (وارد به سیستم تولید) ثابت نیست و با توجه به محصول تولیدی (صادره از سیستم تولید) تغییر پیدا می‌کند. همچنین عملیات تولیدی نیز ثابت نیست و با توجه به نوع محصول و احتیاجات ساخت متفاوت است؛ بنابراین برنامه‌ریزی و کنترل تولید در سیستم‌های سفارشی و کارگاهی بسیار مشکل‌تر از سیستم‌های تولید انبوه و خط تولید است و برنامه‌ریزی در چنین سیستم‌هایی دارای اهمیت ویژه است. طبیعی است محصولی که در استقرار کارگاهی تولید می‌شود هزینه تولید بالایی خواهد داشت. حجم پایین تولید، اندازه کوچک دسته‌های تولید از دیگر ویژگی‌های محصولاتی است که به روش کارگاهی تولید می‌شوند. در شکل ۳-۱ نمای شماتیک استقرار کارگاهی به نمایش گذاشته شده است.



شکل ۳-۱. استقرار کارگاهی

۳-۳-۱ فرایند تولید دسته‌ای

در شرایط کلی، یک شرکت تولیدی که تقاضای بالایی از تعداد محدودی از محصولات دارد، برای دستیابی به راندمان بالا نیازمند تولید محصولی و استفاده از خط تولید است و در مقابل یک واحد صنعتی که با تقاضای محدودی از محصولات متنوع برخوردار

است نیازمند تولید سفارشی و معمولاً کارگاهی است که علی‌رغم داشتن انعطاف بالا در تولید محصولات جدید به دلیل داشتن زمان بالای راه‌اندازی ماشین‌آلات و مسافت طولانی بین ماشین‌آلات، هزینه بالایی را به سیستم تحمیل می‌کند. به دلیل رقابت شدیدی که در محیط صنعتی امروزه وجود دارد، شرکت‌های تولیدی علاقه‌مند به سیستم‌هایی هستند که در عین داشتن انعطاف‌پذیری بالا، از بازدهی مطلوبی نیز برخوردار باشد.

در سیستم‌هایی که از فرایند تولید دسته‌ای تبعیت می‌کنند، گروهی از قطعات که دارای نیازهای تولیدی مشابه هستند در یک خانواده قرار می‌گیرند. نیروی انسانی و تجهیزات مورد نیاز هر گروه نیز در یک سلول واقع می‌شوند. تکنولوژی تولید گروهی^۱ (GT) که محصولات مشابه را از نظر فیزیکی گروه‌بندی می‌کند، با صرفه‌جویی در زمان راه‌اندازی ماشین‌آلات در کنار ساینز مزایایی که دارد، به نیاز شرکت‌ها پاسخ می‌دهد. در این فرم از تولید، قطعات به‌صورت دسته‌ای از کارگاه‌های تخصصی عبور می‌کنند و هر دسته ممکن است یک مسیر متفاوت داشته باشد. زمان راه‌اندازی و تنظیم در این نوع تولید بسیار با اهمیت است. در چنین سیستمی تجهیزات تولیدی چندمنظوره هستند و با توجه به نیاز سیستم، نیروی انسانی هم معمولاً چند مهارته است که این امر برنامه‌ریزی نیروی انسانی را هم دشوار ساخته و از اهمیت بالایی برخوردار است. در ادامه به سیستم‌های تولیدی سلولی که از فرایند تولید دسته‌ای الگو می‌پذیرند، اشاره می‌شود.

- **سیستم تولید سلولی (CMS^۲).** سیستم تولید سلولی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین کاربردهای تکنولوژی گروهی به دلیل کاهش زمان تحویل محصول به مشتری، کاهش مسیر تولید و سادگی در فرایند زمان‌بندی، یکی از سیستم‌های محبوب بین مدیران شرکت‌های تولیدی است. این شاخه از تولید که زیر گروه تولید دسته‌ای است، بر پایه تکنولوژی گروهی بنا شده است و در پی رسیدن به افزایش کارایی با بهره‌گیری از تشابه ذاتی قطعات تولیدی است. به دلیل پردازش فرایندهای کل قطعات مربوط به یک خانواده در یک سلول با منابع مشخص، زمان‌بندی سلول هم بسیار ساده است. موفقیت سیستم‌های تولید سلولی تا حد زیادی به طراحی آن‌ها

1. Group Technology

2. Cellular Manufacturing System

وابسته است. تشکیل سلول‌ها که شامل گروه‌بندی ماشین‌آلات، قطعات و کارگرها است، مهم‌ترین گام در طراحی این نوع سیستم‌ها است که باید منجر به طی کمترین مسافت توسط قطعات شود و بیشترین کارایی حاصل شود به نحوی که تداخل بین سلولی نیز کمینه شود.

سیستم‌های تولید سلولی به مشکلات اصلی در تولید مانند راه‌اندازی‌های مکرر، موجودی‌های در جریان ساخت اضافی، زمان‌های تولید طولانی، پیچیدگی وظایف کنترل و برنامه‌ریزی غلبه می‌کند و زمینه‌ای را برای اجرا و پیاده‌سازی تکنیک‌های تولیدی مانند تولید به‌موقع و سیستم‌های تولید منعطف فراهم می‌سازد. مزایای متعددی برای CMSها در مقایسه با سیستم‌های تولیدی دیگر ارائه شده است که مهم‌ترین آن‌ها به شرح ذیل است:

- کاهش میزان و هزینه حمل‌ونقل. در این سیستم فرایند مورد نیاز هر قطعه تا جایی که امکان داشته باشد، به‌طور کامل داخل سلول مربوطه انجام می‌شود؛ بنابراین زمان و مسافت بین سلولی قطعه به حداقل ممکن می‌رسد.
- کاهش زمان راه‌اندازی. یک سلول تولیدی شامل قطعاتی با شکل مشابه و تا حدودی هم‌اندازه است؛ بنابراین برای نگه‌داشتن اکثر قطعات می‌توان از ابزارهای یکسان یا مشابه استفاده کرد. استفاده از ابزارهای عمومی زمان مورد نیاز تعویض آن‌ها را کاهش می‌دهد.
- کاهش موجودی در جریان ساخت. با کاهش زمان انتظار و مسیرهای تولید قطعات، میزان موجودی در جریان ساخت در سطح پایین نگه داشته می‌شود.
- کاهش زمان تولید: کاهش زمان حمل‌ونقل و زمان راه‌اندازی، این زمان را نیز کاهش می‌دهد.
- کاهش نیاز به تجهیزات. از آنجا که تولید قطعات در فضای کوچک سلول مربوطه انجام می‌شود، هرگونه اشکال، خطا یا کمبود مواد به‌سرعت رفع می‌شود.
- استفاده بهینه از فضاها. با کاهش میزان موجودی در جریان ساخت و موجودی کالاهای ساخته شده فضای مورد نیاز کاهش می‌یابد.
- کنترل بهتر فرایند عملیات. تولید هر خانواده از قطعات در یک سلول، کنترل و زمان‌بندی عملیات را آسان می‌کند.
- کنترل آسان موجودی. به دلیل استاندارد شدن قطعات، تعداد قطعات درون انبار کاهش می‌یابد.

- تمرکز تخصص. به دلیل وجود سلول‌های تخصصی که به قطعات مشابه اختصاص دارد، تخصص‌ها متمرکز می‌شود.
 - کاهش زمان پیشبرد. توانایی سلول‌ها برای تولید قطعه با حجم معین، زمان پیشبرد را کاهش می‌دهد.
- عمده‌ترین معایب CMS به شرح زیر است:
- هزینه‌های بالا. در مسائل کاربردی، فرایند استقرار مجدد سلول به دلیل نیاز به تعیین دوباره سلول‌های تولیدی و خانواده قطعات، عملیاتی هزینه‌بر است.
 - نیروی کار تخصصی. نیروی کار در این نوع سیستم، باید آماده کار در شرایط متغیر با انواع ماشین‌ها و ابزارهای داخل سلول باشد؛ بنابراین هزینه آموزش نیروی کاری نیز بالا است.
 - حمل‌ونقل بین سلولی. در کاربردهای عملی این سیستم محدود ساختن تمامی عملیات یک قطعه، درون یک سلول مقدور نیست و جابه‌جایی قطعات بین سلول‌ها با مشکلاتی همراه است.
 - مشکلات خرابی. از کار افتادن و خرابی یک ماشین خاص در سلول موجب از کار افتادن کل سلول می‌شود.
 - تأخیر زمان آماده‌سازی قطعات مختلف برای مونتاژ در مراحل بعدی. قطعات مونتاژی نیازمند قطعات پیش مونتاژی هستند که در مراحل قبل ساخته می‌شوند. هم‌زمان کردن تولید این نوع قطعات و آماده بودن تمامی آن‌ها در زمان مونتاژ سخت است.
 - عدم تعادل در بار کاری ماشین‌ها. با تغییر دسته محصولات، تغییر استقرار سیستم تولیدی یا ترکیب سلول‌های تولیدی به‌طور متناوب امکان‌پذیر نیست؛ بنابراین ممکن است بارکاری بعضی از ماشین‌ها بیش‌ازحد مجاز و برخی کمتر از ظرفیت آن‌ها باشد.
 - سیستم تولید سلولی سنتی^۱. در شکل سنتی سیستم‌های تولید سلولی، منابع مورد نیاز برای تولید هر خانواده از قطعات به‌صورت فیزیکی در محلی که اصطلاحاً سلول نامیده می‌شود کنار هم قرار می‌گیرند. این سیستم‌ها نسبت به تولید کارگاهی