



طراحی فرایند

(رشته مهندسی اجرایی)

دکتر آیدین سلیمی اصل

«عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور مرکز تبریز»

دکتر اصغر صفریان

«عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه»

امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.

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 عرصه‌ی 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 شکرانه‌ی 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 سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد و رهبر معظم انقلاب اسلامی نیز از این وضعیت بارها اظهار گله و ناخشنودی نموده‌اند.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی 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 مجموعه‌ی 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

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

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی 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 وظیفه‌ی مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی 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.....	سیزده
مقدمه.....	پانزده

فصل اول. تولید و برنامه‌ریزی فرایند.....	۱
هدف‌های کلی.....	۱
هدف‌های یادگیری.....	۱
مقدمه.....	۲
۱-۱ تولید به‌عنوان یک سیستم.....	۳
۲-۱ ورودی‌ها و خروجی‌های یک سیستم تولیدی.....	۴
۳-۱ ویژگی عمومی یک سیستم تولیدی.....	۵
۴-۱ توسعه یک سیستم تولیدی.....	۶
۱-۴-۱ تصمیم براساس ظرفیت.....	۷
۲-۴-۱ تصمیم براساس فرایند.....	۷
۳-۴-۱ تصمیم براساس امکانات.....	۷
۴-۴-۱ تصمیم براساس ساخت یا خرید.....	۸
۵-۴-۱ تصمیمات براساس زیرساخت.....	۸
۶-۴-۱ تصمیمات براساس منابع انسانی.....	۸
۵-۱ ساختارهای سازمانی تولید.....	۸
۶-۱ عملکردهای عمومی در سازمان تولیدی.....	۸
۱-۶-۱ فروش و بازاریابی.....	۹
۲-۶-۱ مهندسی.....	۹
۳-۶-۱ تولید.....	۹
۴-۶-۱ منابع انسانی.....	۱۰
۵-۶-۱ منابع مالی و حساب‌ها.....	۱۰
۶-۶-۱ خرید.....	۱۰

۷-۱	انواع ساختار سازمانی	۱۰
۷-۱-۱	ساختار براساس عملکرد	۱۱
۷-۱-۲	ساختار محصول محور	۱۲
۷-۱-۳	ساختار ماتریسی	۱۲
۸-۱	سطوح مدیریت سازمانی	۱۴
۸-۱-۱	سطح استراتژیکی	۱۴
۸-۱-۲	سطح تاکتیکی	۱۴
۸-۱-۳	سطح عملیاتی	۱۵
۹-۱	معرفی انواع سیستم های تولیدی	۱۵
۹-۱-۱	سیستم تولید پیوسته	۱۵
۹-۱-۲	سیستم تولید ناپیوسته	۱۵
۱۰-۱	استراتژی های فرایند تولید	۱۹
۱۰-۱-۱	استراتژی ساخت برای انبار	۱۹
۱۰-۱-۲	استراتژی مونتاژ برای سفارش (ATO)	۲۰
۱۰-۱-۳	استراتژی تولید برای سفارش (MTO)	۲۰
۱۰-۱-۴	استراتژی مهندسی برای سفارش یا (ETO)	۲۱
۱۱-۱	چیدمان کارخانه	۲۲
۱۱-۱-۱	چیدمان براساس محصول	۲۲
۱۱-۱-۲	چیدمان براساس فرایند	۲۴
۱۱-۱-۳	چیدمان براساس وضعیت ثابت	۲۶
۱۱-۱-۴	چیدمان ترکیبی	۲۶
۱۱-۱-۵	چیدمان براساس تکنولوژی گروهی	۲۷
۱۲-۱	طراحی و چرخه تولید	۲۸
۱۳-۱	طراحی فرایند	۳۱
۱۴-۱	طراحی فرایند - فصل مشترک طراحی و تولید	۳۲
۱۵-۱	فعالیت های طراحی فرایند	۳۵
۱۵-۱-۱	نقشه خوانی	۳۶
۱۵-۱-۲	ارزیابی مواد و انتخاب فرایند	۳۶
۱۵-۱-۳	انتخاب ماشین ها و ابزارآلات	۳۸
۱۵-۱-۴	انتخاب پارامترهای فرایند	۳۸
۱۵-۱-۵	وسایل نگهدارنده	۳۹
۱۵-۱-۶	انتخاب روش های تضمین کیفیت	۳۹
۱۵-۱-۷	هزینه	۴۰
۱۵-۱-۸	آماده کردن اسناد برنامه ریزی فرایند	۴۱
۱۵-۱-۸-۱	برگه های مسیر	۴۱
۱۵-۱-۸-۲	برگه لیست عملیات	۴۱
۱۵-۱-۸-۳	اسناد و برگه های متفرقه	۴۲
۱۶-۱	برنامه ریزی فرایند و مهندسی صنایع	۴۴
۱۷-۱	برنامه ریزی فرایند و تضمین کیفیت	۴۷

۱۸-۱	برنامه‌ریزی فرایند و برنامه‌ریزی تولید	۴۷
۱۹-۱	روش‌های طراحی فرایند	۴۹
۱-۱۹-۱	روش سنتی	۵۰
۲-۱۹-۱	روش دستور کار	۵۱
۳-۱۹-۱	راهنمایی‌های عمومی برای فرایند برنامه‌ریزی دستی	۵۱
۴-۱۹-۱	مزایا و معایب فرایند برنامه‌ریزی دستی	۵۲
۵-۱۹-۱	طراحی فرایند به کمک کامپیوتر	۵۳
۱-۵-۱۹-۱	روش نوعی (واریانت)	۵۳
۲-۵-۱۹-۱	روش مولد (جنراتیو)	۵۶
۶-۲۰-۱	طراحی فرایند به شکل جبر منطقی	۵۷
۱-۶-۲۰-۱	درختان تصمیم‌گیری	۵۷
۲-۶-۲۰-۱	جداول تصمیم‌گیری	۵۸
۳-۶-۲۰-۱	سیستم‌های هوش مصنوعی	۵۸
۴-۶-۲۰-۱	روش بدیهی	۵۸
۶۰	خلاصه فصل اول	
۶۱	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول	

فصل دوم. ملزومات تولید و برنامه‌ریزی فرایند	۶۵
هدف‌های کلی	۶۵
هدف‌های یادگیری	۶۵
مقدمه	۶۶
۱-۲ نقشه‌خوانی	۶۶
۱-۱-۲ ارتباط در طراحی	۶۶
۲-۱-۲ نقشه مهندسی	۶۷
۳-۱-۲ نقشه‌های مهندسی	۶۷
۱-۳-۱-۲ نقشه دستگاه	۶۷
۲-۳-۱-۲ نقشه تکی	۶۷
۳-۳-۱-۲ نقشه ساخت	۶۸
۴-۳-۱-۲ نقشه مونتاژ	۶۹
۵-۳-۱-۲ نقشه طراحی مونتاژ	۶۹
۶-۳-۱-۲ نقشه مونتاژ با جزئیات	۷۰
۷-۳-۱-۲ نقشه زیرمجموعه	۷۰
۸-۳-۱-۲ نقشه مونتاژ نصب	۷۰
۹-۳-۱-۲ نقشه مونتاژ برای کاتالوگ	۷۱
۱۰-۳-۱-۲ نقشه مونتاژ انفجاری	۷۱
۱۱-۳-۱-۲ نماهای ارتوگرافیک	۷۲
۱۲-۳-۱-۲ روش‌های ایجاد نماهای ارتوگرافیک	۷۲
۱۳-۳-۱-۲ نمایش نماها	۷۳
۱۴-۳-۱-۲ وضعیت و چگونگی قرارگیری نماها نسبت به هم	۷۴

۷۶	 ۱۵-۳-۱-۲ نمای برش
۷۸	 ۱۶-۳-۱-۲ نمای نیم برش
۷۸	 ۱۷-۳-۱-۲ نمای برش کمکی (پیکانی)
۷۹	 ۲-۲ مواد
۸۰	 ۱-۲-۲ طبقه بندی اساسی مواد برای تولید
۸۱	 ۲-۲-۲ ویژگی های مواد
۸۲	 ۱-۲-۲-۲ خصوصیات مکانیکی
۸۶	 ۲-۲-۲-۲ خصوصیات فیزیکی
۸۷	 ۳-۲-۲ فلزات
۸۸	 ۱-۳-۲-۲ فلزات آهنی
۹۱	 ۴-۲-۲ فلزات غیر آهنی
۹۱	 ۱-۴-۲-۲ آلیاژهای سبک
۹۲	 ۲-۴-۲-۲ آلیاژهای سنگین
۹۲	 ۳-۴-۲-۲ فلزات مقاوم به حرارت
۹۳	 ۴-۴-۲-۲ فلزات زینتی
۹۳	 ۵-۲-۲ سرامیک ها
۹۵	 ۶-۲-۲ پلیمرها
۹۷	 ۷-۲-۲ کامپوزیت ها و نیمه هادی ها
۹۸	 ۱-۷-۲-۲ کامپوزیت های ورقه ای
۹۸	 ۲-۷-۲-۲ کامپوزیت های با ذرات ریز
۹۸	 ۳-۷-۲-۲ کامپوزیت های الیافی
۹۹	 ۳-۲ فرایندهای تولید
۹۹	 ۱-۳-۲ طبقه بندی عمومی فرایندهای تولید
۹۹	 ۲-۳-۲ فرایندهای ریخته گری
۱۰۰	 ۱-۲-۳-۲ طبقه بندی کلی فرایندهای ریخته گری
۱۰۱	 ۲-۲-۳-۲ قابلیت ریخته گری
۱۰۲	 ۳-۳-۲ فرایندهای فرم و شکل دادن
۱۰۲	 ۱-۳-۳-۲ طبقه بندی عمومی فرایندهای شکل دهی
۱۰۴	 ۴-۳-۲ فرایندهای ماشین کاری
۱۰۵	 ۱-۴-۳-۲ طبقه بندی عمومی فرایندهای ماشین کاری
۱۰۷	 ۵-۳-۲ فرایندهای اتصال
۱۰۷	 ۱-۵-۳-۲ طبقه بندی عمومی فرایندهای اتصال
۱۰۸	 ۲-۵-۳-۲ جوشکاری
۱۰۹	 ۶-۳-۲ انتخاب فرایند
۱۰۹	 ۱-۶-۳-۲ فاکتورهای مؤثر در فرایند
۱۱۰	 ۲-۶-۳-۲ راهنمایی های عمومی برای انتخاب فرایند
۱۱۱	 ۳-۶-۳-۲ روش انتخاب فرایند
۱۱۴	 ۷-۳-۲ ترتیب عملیات و فرایندها
۱۱۴	 ۱-۷-۳-۲ فرایندها و عملیات

۱۱۴	۲-۳-۷ راهنمایی های عمومی برای انتخاب توالی فرایند
۱۱۶	۲-۳-۷ راهنمایی های عمومی برای انتخاب توالی عملیات
۱۱۸	خلاصه فصل دوم
۱۱۹	خودآزمایی چهارگزینه ای فصل دوم
۱۲۳	فصل سوم. اقتصاد برنامه ریزی فرایند
۱۲۳	هدف های کلی
۱۲۳	هدف های یادگیری
۱۲۳	مقدمه
۱۲۴	۳-۱ هدف از برآورد هزینه
۱۲۶	۳-۲ روند برآورد هزینه
۱۲۷	۳-۳ مراحل اساسی در برآورد هزینه
۱۲۹	۳-۴ هزینه های سربار
۱۳۰	۳-۴-۱ توزیع و تخصیص هزینه های سربار
۱۴۷	۳-۵ نقطه و تحلیل سربه سر
۱۴۸	۳-۵-۱ نقطه، نمودار و تحلیل سربه سری
۱۴۸	۳-۵-۱-۱ نقطه سربه سری
۱۴۹	۳-۵-۱-۲ نمودار سربه سری
۱۵۰	۳-۵-۱-۳ تحلیل سربه سری
۱۵۸	خلاصه فصل سوم
۱۵۹	خودآزمایی چهارگزینه ای فصل سوم
۱۶۱	فصل چهارم. برآورد هزینه فرایندهای تولید
۱۶۱	هدف های کلی
۱۶۱	هدف های یادگیری
۱۶۱	مقدمه
۱۶۲	۴-۱ برآورد هزینه در کارگاه ریخته گری
۱۶۲	۴-۱-۱ هزینه مواد
۱۶۳	۴-۱-۲ هزینه نیروی انسانی
۱۶۳	۴-۱-۳ هزینه های مستقیم دیگر
۱۶۸	۴-۲ برآورد هزینه در کارگاه جوشکاری
۱۶۸	۴-۲-۱ هزینه مواد
۱۶۸	۴-۲-۲ هزینه مستقیم نیروی انسانی
۱۶۸	۴-۲-۳ هزینه های مستقیم دیگر
۱۸۰	۴-۳ برآورد زمان ماشین کاری
۱۸۰	۴-۳-۱ زمان تنظیمات
۱۸۰	۴-۳-۲ زمان تعویض قطعه
۱۸۱	۴-۳-۳ زمان ماشین کاری

۱۸۱	 ۴-۳-۴ زمان عملیات
۱۸۱	 ۵-۳-۴ زمان اتمام تولید
۱۸۱	 ۶-۳-۴ زمان پرت
۱۸۱	 ۷-۳-۴ زمان مازاد
۱۸۵	 ۸-۳-۴ محاسبه زمان ماشین کاری در تراشکاری
۱۹۰	 ۹-۳-۴ محاسبه زمان در صفحه تراش، کله زنی و شیارزنی
۱۹۳	 ۱۰-۳-۴ برآورد زمان فرزکاری
۱۹۵	 ۱۱-۳-۴ برآورد زمان در سنگ زنی
۲۰۸	 خلاصه فصل چهارم
۲۰۹	 خودآزمایی چهارگزینه ای فصل چهارم
۲۱۳	 فصل پنجم. مثال عملی از طراحی تا تولید
۲۱۳	 هدف های کلی
۲۱۳	 هدف های یادگیری
۲۱۳	 مقدمه
۲۱۴	 ۱-۵ سازمان
۲۱۴	 ۲-۵ ساختار شرکت
۲۱۴	 ۱-۲-۵ مهندسی
۲۱۵	 ۲-۲-۵ فروش
۲۱۵	 ۳-۲-۵ حسابداری
۲۱۵	 ۴-۲-۵ تولید
۲۱۵	 ۵-۲-۵ کیفیت
۲۱۶	 ۳-۵ مواد و فرایندها
۲۱۶	 ۱-۳-۵ ریخته گری و آهنگری
۲۱۶	 ۲-۳-۵ کارگاه ماشین کاری
۲۱۸	 ۳-۳-۵ کارگاه ساخت
۲۱۹	 ۴-۳-۵ کارگاه تست و مونتاژ
۲۱۹	 ۵-۳-۵ مواد
۲۲۰	 ۴-۵ قطعه کار
۲۲۰	 ۱-۴-۵ مشخصات طراحی محصول (PDS)
۲۲۲	 ۲-۴-۵ تفسیر نقشه و بررسی مواد
۲۲۲	 ۱-۲-۴-۵ اطلاعات تکمیلی
۲۲۲	 ۲-۲-۴-۵ بررسی مواد
۲۲۳	 ۳-۲-۴-۵ تحلیل هندسی
۲۲۳	 ۳-۴-۵ الزامات ساخت
۲۲۴	 ۵-۵ انتخاب فرایند و ترتیب آن ها
۲۲۴	 ۱-۵-۵ فاکتورهای بحرانی
۲۲۵	 ۲-۵-۵ فرایندهای ریخته گری
۲۲۵	 ۳-۵-۵ فرایندهای ماشین کاری

۶-۵	انتخاب ماشین و ترتیب عملیات	۲۲۷
۱-۶-۵	انتخاب اولیه	۲۲۷
۱-۱-۶-۵	ریخته گری	۲۲۷
۲-۱-۶-۵	تراشکاری	۲۲۷
۳-۱-۶-۵	سوراخ کاری	۲۲۸
۴-۱-۶-۵	سنگ زنی	۲۲۸
۲-۶-۵	تحلیل توان و نیرو	۲۲۸
۱-۲-۶-۵	تراشکاری	۲۲۸
۲-۲-۶-۵	سوراخ کاری	۲۲۹
۳-۶-۵	تحلیل توانایی	۲۲۹
۴-۶-۵	تحلیل عملیاتی	۲۳۰
۵-۶-۵	انتخاب نهایی	۲۳۰
۷-۶-۵	توالی عملیات	۲۳۰
۱-۷-۶-۵	ریخته گری تحت فشار	۲۳۰
۲-۷-۶-۵	تراشکاری	۲۳۱
۳-۷-۶-۵	سوراخ کاری	۲۳۱
۴-۷-۶-۵	سنگ زنی	۲۳۱
۷-۵	انتخاب ابزار	۲۳۲
۱-۷-۵	بررسی فرایند و انتخاب ماشین	۲۳۲
۲-۷-۵	تحلیل عملیات ماشین کاری	۲۳۲
۳-۷-۵	تحلیل مشخصات قطعه کار	۲۳۳
۴-۷-۵	تحلیل ابزار	۲۳۳
۸-۵	تنظیم پارامترهای فرایند	۲۳۴
۱-۸-۵	اطلاعات کل	۲۳۴
۲-۸-۵	ماشین تراش NC دوم	۲۳۴
۳-۸-۵	سوراخ کاری	۲۳۶
۴-۸-۵	سنگ زنی داخلی	۲۴۰
۵-۸-۵	خلاصه	۲۴۲
۹-۵	تعیین وسایل نگهداری قطعات	۲۴۳
۱-۹-۵	وسایل نگهدارنده عمومی	۲۴۳
۱-۱-۹-۵	تراشکاری	۲۴۳
۲-۱-۹-۵	سنگ زنی	۲۴۴
۲-۹-۵	قیدوندهای مورد نیاز	۲۴۴
۱-۲-۹-۵	تفسیر نقشه	۲۴۴
۲-۲-۹-۵	تحلیل و بررسی تولید	۲۴۴
۳-۲-۹-۵	پیدا کردن راه حلی برای نگهداری قطعه کار	۲۴۵
۴-۲-۹-۵	طراحی و ساخت	۲۴۵
۱۰-۵	انتخاب روش های تضمین کیفیت	۲۴۷
۱-۱۰-۵	نوع بازرسی	۲۴۷

۲۴۷	۲-۱۰-۵ موقعیت‌های بازرسی
۲۴۸	۳-۱۰-۵ روش‌های بازرسی
۲۴۸	۴-۱۰-۵ روش‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری
۲۴۸	۱۱-۵ مستندسازی فرایند
۲۴۸	۱-۱۱-۵ برگه دستورات
۲۴۹	۲-۱۱-۵ برگه لیست عملیات
۲۵۱	۳-۱۱-۵ لیست ابزار
۲۵۲	۱۲-۵ هزینه طرح
۲۵۲	۱-۱۲-۵ داده‌های هزینه
۲۵۳	۲-۱۲-۵ هزینه اولیه
۲۵۴	۳-۱۲-۵ هزینه‌های سربار تولید
۲۵۴	۴-۱۲-۵ هزینه کل و تولید
۲۵۴	۵-۱۲-۵ هزینه و سود قطعه‌کار
۲۵۵	خلاصه فصل پنجم
۲۵۶	ضمائم
۲۵۷	پاسخنامه خودآزمایی‌های چهارگزینه‌ای فصل‌ها
۲۵۸	منابع

پیشگفتار

تولید، مهم‌ترین بخش اقتصاد یک کشور را شامل می‌شود. در کشوری که تولید هست رفاه، بهداشت عمومی، سلامتی روان و در یک کلام پویایی اقتصاد وجود دارد. به جرات می‌توان گفت که اقتصاد بدون تولید هیچ مفهومی در دنیای امروز ندارد. تولید، اساس حرکت، انگیزه، عدالت اقتصادی هر جامعه می‌باشد و جامعه‌ای که در آن تولید وجود ندارد یک اجتماع مرده است که گروه اندکی ثروتمند وجود دارد و اغلب مردم آن جامعه در فقر و بدبختی به سر می‌برند. با توجه به اینکه هر سیستم تولیدی نیازمند یکسری ورودی‌ها از جمله نیروی کار، انرژی و سرمایه دارد لذا تولید به تنهایی و بدون توجه به هزینه‌های آن در دنیای رقابتی امروز نمی‌تواند کاری از پیش ببرد و به سرعت دچار ورشکستگی می‌شود لذا برای ایجاد ارزش افزوده نیاز به یک فرایند و در کنار آن نیاز به سیستم کنترلی مستقیم بر آن فرایند هم وجود دارد. اگر کالای تولیدشده در یک سیستم تولیدی هزینه‌ای بیشتر از قیمت فروش آن در بردارد در این صورت تولید تبدیل به یک دور تسلسل باطل می‌گردد که هیچ خروجی به جز از دست رفتن منابع و زمان نخواهد داشت. نظارت بر هر سیستم تولیدی از نظر منابع انسانی، انرژی و زمان از اهم وظایف مدیران تولید می‌باشد که بقای یک سیستم تولیدی و پویایی آن را تضمین می‌کند لذا آشنایی با سیستم‌های کنترل و طراحی سیستم‌های تولیدی، امروزه و در دنیای رقابتی امروز به اندازه خود تولید مهم‌تر می‌باشد. کتاب حاضر با توجه به نیاز رشته‌های مختلف فنی از جمله مهندسی مکانیک، مهندسی اجرایی، مهندسی خودرو و نیاز امروز صنعتگران کشور و براساس آخرین استانداردهای طراحی فرایند در

کشورهای پیشرفته تدوین گردیده است و هدف کلی از آن طراحی یک روش بهینه فرایند تولید با در نظر گرفتن انرژی، منابع انسانی و سرمایه می باشد و برای دانشجویان رشته های فنی و مهندسی مزایای فراوانی را در بردارد. امید است مطالب این کتاب بتواند برای دانشجویان عزیز مفید و قابل استفاده باشد.

مقدمه

تولید، اساس زندگی بشر بر روی زمین را تشکیل می‌دهد. می‌توان آفرینش را تولید معنی کرد و گفت که آفرینش با تولید شروع شده و خدای بزرگ بزرگ‌ترین هنرمند و مولد می‌باشد. بشر هم بعد از آفرینش همواره به دنبال ایده‌های جدید برای تسهیل زندگی و خوشبختی خود بوده است. می‌توان گفت خوشبختی نوع بشر با توانایی او برای استفاده و کارکردن با مواد و ابزارهای موجود در طول تاریخ در ارتباط است. به‌علاوه، شواهد باستان‌شناسی از تاریخ ۲ تا ۳ میلیون سال پیش درباره توانایی بشر برای ساخت ابزارها وجود دارد. با این حال، عمر تولیدی که می‌شود تخمین زد به حدود ۵۰۰۰-۴۰۰۰ سال پیش از میلاد برمی‌گردد که از ساخت صنایع دستی شروع شد و به‌صورت مواد دیگر مثل تخته، سنگ، فلز و سرامیک ادامه یافت. سازمان‌های تولیدی مدرن، براساس سیستم کارخانه و تقسیم کار، با انقلاب صنعتی در قرن هیجدهم پدید آمد. ریشه فرایندهای تولید مدرن، همچنین از اواخر قرن هیجدهم و با توسعه ماشین پنبه‌پاک‌کنی توسط الی ویتنی^۱ در ایالات متحده آمریکا و اولین ماشین تراش توسط هنری مائودسلی^۲ در انگلستان در سال ۱۷۹۴ پیگیری شد. توسعه فرایندهای تولیدی در اوایل قرن ۱۹ با معرفی ماشین نساجی اتوماتیک قابل کنترل با پانچ کارت‌ها در فرانسه در سال ۱۸۰۴، توسعه ماشین فرز توسط ویتنی و استفاده از روش‌های تولید انبوه توسط مارک ایسامبارد برونل^۳ در سال ۱۸۰۳ در انگلستان، ادامه یافت [۱-۳].

1. Eli Whitney

2. Henry Maudsley

3. Marc Isambard Brunel

توسعه صنایع تولیدی تا به امروز، هنوز متکی به تحقیق در فرایندهای تولیدی و مواد و توسعه محصولات جدید می‌باشد. کشورهایی که صف مقدم توسعه تولید بوده‌اند به کشورهای توسعه‌یافته و کشورهای دارای سهم اندک در تولید به کشورهای توسعه‌نیافته معروف شده‌اند. توانایی تولید محصولات مختلف تأثیر بزرگی بر رفاه و خوشبختی مردم کشورهای تولیدکننده دارد. به اصطلاح می‌توان گفت که توانایی زیاد تولیدی یک کشور یعنی رفاه بیشتر در آن کشور. اولین مثال از این نوع کشورها، انگلستان و آمریکا می‌باشند. برای مثال در آمریکا، هنوز هم تولید سهم بسیار بزرگی در رفاه مردم، علی‌رغم رکود تولید در سال ۱۹۸۰، داشته است. یک گزارش دولتی اخیر تخمین زد که حدود ۴/۳ میلیون انسان مستقیماً با تولید سروکار دارد و حدود ۲۰ درصد از سود ناخالص داخلی را در برمی‌گیرد. به‌طور مشابه، ارقام تخمینی برای آمریکا نشان می‌دهد که حدود ۱۷/۸ میلیون انسان در بخش‌های تولیدی مشغولند و باز حدود ۲۰ درصد سود ناخالص داخلی را شامل می‌شود. با این حال، برای مثال انگلستان و آمریکا، برای اینکه در بازارهای جهانی به‌عنوان رقیب باقی بمانند باید منابع مورد نیاز برای تولید را به مقرون‌به‌صرفه‌ترین روش استفاده کنند. این مسئله به این معنی است که تولید محصولات باید طوری برنامه‌ریزی شود که بهترین استفاده را از منابع بکنند که اساس برنامه‌ریزی فرایند نیز همین است. بنابراین هدف از تدوین کتاب طراحی فرایند آشنایی دانشجویان با طراحی و برنامه‌ریزی تولید می‌باشد تا بتوانند برای هر قطعه و مجموعه تولیدی روش‌های گام‌به‌گام تولید را با در نظر گرفتن سه عنصر منابع انسانی، انرژی و زمان انجام دهند و منجر به تولید محصول شوند. برای رسیدن به هدف‌های مورد نظر، کتاب حاضر در پنج فصل و به ترتیب زیر تدوین گردیده است.

- تولید و برنامه‌ریزی فرایند
- ملزومات تولید و برنامه‌ریزی فرایند
- اقتصاد برنامه‌ریزی فرایند
- برآورد هزینه فرایندهای تولید
- مثال عملی از طراحی تا تولید

این فصل‌ها شامل آشنایی با سیستم‌های تولید، برنامه‌ریزی یا طراحی فرایند، محاسبات و روش‌های تولید و اقتصاد طراحی فرایند می‌باشد که پس از مطالعه این فصل‌ها در پایان فصل یک مثال عملی به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب گردیده و برای آشنایی بیشتر دانشجویان با تولید واقعی ارائه گردیده است.

فصل اول

تولید و برنامه‌ریزی فرایند

هدف‌های کلی

هدف این فصل، تعریف تولید، معرفی انواع اصلی سیستم‌های تولیدی و ویژگی‌های عملکردی آن‌ها، تعریف برنامه‌ریزی فرایند و عملیات قابل انجام تحت چهارچوب برنامه‌ریزی فرایند می‌باشد.

هدف‌های یادگیری

- در پایان این فصل دانشجو قادر خواهد بود تا:
۱. یک فعالیت تولیدی را تعریف کند،
 ۲. هدف‌های یک سازمان تولیدی را بیان کند،
 ۳. اصول ارزش‌افزوده را تعریف کند،
 ۴. سیستم تولیدی را تعریف کند،
 ۵. سیستم‌های تولیدی را شناخته، شرح دهد و ویژگی‌های عملکردی آن‌ها را توضیح دهد،
 ۶. استراتژی‌های اصلی تولید را مشخص کرده و رابطه آن‌ها را با سیستم‌های تولیدی بیان کند،
 ۷. نقش اصلی و مسئولیت‌های یک مهندس تولید را مشخص کرده و شرح دهد،
 ۸. عوامل درگیر در طراحی و تولید محصول را شناسایی کند،
 ۹. فعالیت برنامه‌ریزی فرایند را تعریف کند،
 ۱۰. وظایف اصلی در طول برنامه‌ریزی فرایند را شناسایی کرده و توضیح دهد،
 ۱۱. داده‌های مختلف استفاده‌شده در برنامه‌ریزی فرایند را شناسایی و توضیح دهد،
 ۱۲. مستندسازی برنامه‌ریزی فرایند را توضیح دهد،

۱۳. رابطه بین برنامه‌ریزی فرایند و سایر عوامل تولید را بیان نماید.

مقدمه

تولید یا ساخت، نام صنعت بسیار مهمی است که از ماقبل تاریخ ایجاد شد. شاید بتوان تولید را اولین صنعت بشر دانست. نیاز به تولید، منجر به پیشرفت تمام رشته‌های مهندسی شد. تولید یا فرآوری، از اصطلاحات علم اقتصاد، به معنی تهیه کالا و خدمات مورد نیاز با استفاده از منابع و امکانات موجود است. فعالیت تولیدی، سلسله اقداماتی است که برای تبدیل منابع به کالاهای مورد نیاز صورت می‌گیرد. در اقتصاد، خلق مطلوبیت از طریق فعالیت انسانی است. تولید از نظر علم اقتصاد، دربردارنده خلق اشیا توسط انسان نیز هست؛ ولی شامل دیگر فعالیت‌های خدماتی چون حفاظت و نگهداری، پاکیزه‌سازی و ... هم می‌شود. اگرچه اساس تولید به سال‌های دور ۵۰۰۰-۴۰۰۰ سال قبل از میلاد بر می‌گردد، کلمه تولید تا قبل از سال ۱۵۶۷ به صورتی که در ۱۰۰ سال بعد از آن در سال ۱۶۸۳ مفهوم یافت، وجود نداشت. این کلمه از دو لغت لاتین Manus (به معنی دست) و Facere (به معنی ساختن) مشتق شده‌است. در لاتین اخیر، آن‌ها با همدیگر ترکیب شدند و کلمه Manufactus (به معنی ساخته‌شده با دست یا دست‌ساز) را تشکیل دادند. به علاوه، لغت Factory (یعنی کارخانه) از لغت منسوخ‌شده Manufactory مشتق شده‌است. در عمومی‌ترین و گسترده‌ترین مفهوم، تولید به صورت زیر تعریف می‌شود [۱-۳]:

تولید یعنی تبدیل مواد اولیه به شیء. با این حال، به طور خلاصه در لغت‌نامه انگلیسی کولینز^۱ به صورت زیر تعریف شده‌است:

تولید یک محصول از ماده خام، مخصوصاً در یک مقیاس بزرگ با استفاده از عمل ماشین‌کاری است. در متون مدرن، این تعریف به صورت زیر درمی‌آید: ساختن محصولات از مواد خام با استفاده از فرایندهای مختلف، تجهیزات، عملیات و نیروی کار بر طبق نقشه جزئیات آن.

در طول فرایند، مواد خام تحت تغییر قرار گرفته و تبدیل به قطعه کار یک محصول و یا خود محصول می‌شوند. بعد از انجام فرایند، محصول باید در بازار ارزش

و قیمتی داشته باشد. بنابراین، تولید باعث افزودن ارزش مواد می‌شود. ارزش افزوده‌شده به مواد از طریق فرایند باید بیشتر از هزینه خود فرایند باشد تا اینکه سازمان تولیدی بتواند از فروش آن سود به دست آورد. بنابراین ارزش افزوده می‌تواند به صورت زیر تعریف شود:

افزایش در ارزش فروش، از ایجاد تغییر در شکل، موقعیت یا در دسترس بودن محصول بدون در نظر گرفتن هزینه مواد و خدمات نتیجه می‌شود.

در نهایت، درآمد یک سازمان تولیدی، که با اختصاص کل هزینه از درآمد فروش محاسبه می‌شود، همچنین به صورت ارزش افزوده تلقی می‌شود. در واقع، در گذشته سازمان‌ها برای پاداش کارمندان خود از این تعریف ارزش افزوده استفاده می‌کردند. بنابراین، با استفاده از این تعریف، یک سازمان تولیدی فقط وقتی موفق خواهد شد که نه تنها محصول تولید کند بلکه آن‌ها را به فروش هم برساند که این دریافت باعث تعریف دیگری از تولید به صورت زیر می‌شود.

ساختن محصولات از مواد خام با استفاده از فرایندهای مختلف، تجهیزات، عملیات و نیروی کار براساس نقشه و طرح آماده‌شده که مقرون به صرفه باشد و از طریق فروش درآمد ایجاد کند. این تعریف بعد مقرون به صرفه بودن را نیز به تولید اضافه می‌کند.

۱-۱ تولید به عنوان یک سیستم

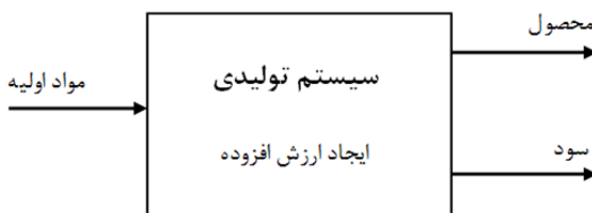
سیستم تلفیقی هدفمند از کارکنان و مدیران، تسهیلات، اطلاعات و روش‌ها برای انجام عملیات در محیط است. نظام تولید، ورودی‌ها شامل مواد اولیه، نیروی انسانی، ماشین‌آلات، ساختمان، فناوری، پول و دیگر منابع را دریافت می‌کند و آن‌ها را به خروجی‌ها یعنی کالا یا خدمات (محصولات) تبدیل می‌کند. تبدیل مواد اولیه، سرمایه، اطلاعات، نیروی کار و دیگر منابع به کالا با ارزش افزوده بیشتر، اساس یک سیستم تولیدی را تشکیل می‌دهد (شکل ۱-۱).

مفاهیم نظام تولید به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- **سیستم تولید.** سیستمی که کارکرد آن تبدیل مجموعه‌ای از ورودی‌ها به مجموعه‌ای از خروجی‌های مورد نظر است.

- **زیرسیستم تبدیل.** زیرسیستمی است که در آن ورودی‌ها به خروجی‌ها تبدیل می‌شوند.
- **زیرسیستم کنترل.** زیرسیستمی است که در آن بخشی از خروجی‌ها برای ارائه بازخورد جهت انجام اقدام‌های اصلاحی مورد نیاز بررسی می‌شوند.

سیستم تولید، ورودی‌ها را به صورت مواد اولیه، نیروی انسانی، سرمایه، سوخت و اطلاعات دریافت می‌کند. این ورودی‌ها در زیرسیستم تبدیل به کالاها می‌شوند که خروجی‌ها نامیده می‌شوند. بخشی از این خروجی در زیرسیستم کنترل از نظر قابل قبول بودن کمیت، هزینه و کیفیت بررسی می‌شود. اگر خروجی قابل قبول بود تغییر در سیستم نیاز نیست در غیراین صورت اقدام‌های اصلاحی از سوی مدیریت لازم است. اساس و هسته سیستم تولید، زیرسیستم تبدیل است که در آن نیروی کار، مواد اولیه و ماشین‌آلات برای تبدیل ورودی‌ها به کالاها و خدمات مورد استفاده قرار می‌گیرند. زیرسیستم کنترل، صحت عملکرد سیستم را با ارائه بازخور برای انجام اقدام‌های اصلاحی مدیران تضمین می‌کند. تمامی این کالاها و خدمات، کالاها و خدمات نهایی نیستند و می‌توانند خود ورودی سیستم‌های تولیدی باشند.



شکل ۱-۱. ارزش افزوده در سیستم تولیدی

۲-۱ ورودی‌ها و خروجی‌های یک سیستم تولیدی

به طور کلی، تحلیل ورودی و خروجی یک سیستم تولیدی در شکل شماره ۲-۱ نشان داده شده است این عکس نشان می‌دهد که سیستم هیچ تأثیر یا کنترلی بر روی همه ورودی‌ها ندارد، مثل محدودیت‌های اجتماعی. یعنی اینکه سیستم باید به اندازه کافی انعطاف‌پذیر باشد تا از عهده تنوع ورودی‌ها برآید. همچنین باید بتواند با تغییرات سریع

در تکنولوژی و بازار سازگار باشد؛ به‌ویژه هنگامی که سیکل عمر محصول به‌طور فزاینده کوتاه‌تر می‌شود.

محصول عمده سیستم تولید به‌طور واضح، فراورده یا کالاهای ساخته شده‌است. این‌ها می‌توانند به‌عنوان محصولات مصرف‌کننده و یا محصولات تولیدکننده طبقه‌بندی شوند. محصولات مصرف‌کننده آن‌هایی هستند که به‌طور کلی به‌عموم فروخته می‌شوند اما محصولات تولیدکننده آن‌هایی هستند که برای سازمان‌های دیگر ساخته می‌شوند تا در ساخت محصولاتشان از آن‌ها استفاده کنند که طبیعتاً می‌توانند جزء یکی از طبقه‌بندی‌های بالایی باشند بنابراین در بعضی از موارد، خروجی یک سیستم تولید در واقع ورودی یک سیستم دیگر است. بنابراین، رابطه قابل توجهی ممکن است بین سیستم‌ها وجود داشته باشد.

نهایتاً لازم به ذکر است که همه محصولات، محسوس یا قابل اندازه‌گیری نیستند. برای مثال، اعتبار چگونه می‌تواند اندازه‌گیری شود، در حالی که می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر روی سیستم تولیدی داشته باشد [۳]؟



شکل ۱-۲. ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم تولیدی

۳-۱ ویژگی عمومی یک سیستم تولیدی

با وجود ماهیت سازمان تولیدی یا محصول تولیدشده، همه سیستم‌های تولید دارای تعدادی از ویژگی‌های عمومی هستند که شامل موارد زیر است:

۱. همه سیستم‌ها دارای هدف‌های تجارتي مخصوصی هستند که به‌موجب آن می‌توانند در مقرون به‌صرفه‌ترین حالت با همدیگر کار کنند.