به نام خداوند بخشنده مهربان

موسسه آموزش عالی آزاد ماهان
www.mahan.ac.ir

مدیریت تولید و عملیات پیشرفته

دکتری

مجموعه مدیریت صنعتی

مؤلف:مسعود معدنچی‌ها

ماهان
مشاوران صعود

معدنچی‌ها، مسعود

مدیریت تولید و عملیات پیشرفته – رشته مدیریت صنعتی
ماهان: ۱۴۰۱

مشاوران صعود
۲۸۹ ص: جدول، نمودار (آمادگی آزمون دکتری مدیریت صنعتی)

ISBN: 978-600-458-685-8

فهرستنویسی بر اساس اطلاعات فیپا.

فارسی ـ چاپ اول

۱- مدیریت تولید و عملیات پیشرفته ۲- آزمونها و تمرینها

۲- آزمون دوره‌های تحصیلات تکمیلی ۴-دانشگاه‌ها و مدارس عالی ـ ایران ـ آزمونها

مسعود معدنچی‌ها

ج ـ عنوان

انتشارات مشاوران صعود ماهان

موسسه آموزش عالی آزاد ماهان
www.mahan.ac.ir

❐ نام کتاب: ..... مدیریت تولید و عملیات پیشرفته

❐ مدیران مسئول: ..... هادی و مجید سیّاری

❐ مولف: ..... مسعود معدنچی‌ها

❐ برنامه‌ریزی محتوا: ..... سمیه بیگی

❐ ناشر: ..... مشاوران صعود ماهان

❐ نوبت و تاریخ چاپ: ..... اول /۱۴۰۱

❐ تیراژ: ..... ۱۰۰۰ نسخه

❐ قیمت: ..... ۲/۹۹۰/۰۰۰ ریال

❐ شابک: ISBN۹۷۸-۶۰۰-۴۵۸-۶۸۵-۸

انتشارات مشاوران صعود ماهان: تهران ـ خیابان ولیعصر، بالاتر از تقاطع ولیعصر مطهری، پلاک ۲۰۵۰

تلفن: ۸۸۱۰۰۱۱۳ و ۸۸۴۰۱۳۱۳

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به موسسه آموزش عالی آزاد ماهان می‌باشد. و هرگونه اقتباس و کپی‌برداری از این اثر بدون اخذ مجوز پیگرد قانونی دارد.

مقدمه ناشر

بنام خدا

ایمان دارم که هر تغییر و تحول بزرگی در مسیر زندگی بدون تحول معرفت و نگرش میسر نخواهد بود. پس بیایید با اندیشه توکل، تفکر، تلاش و تحمل در توسعه دنیای فکریمان برای نیل به آرامش و آسایش توأمان اولین گام را برداریم. چون همگی یقین داریم دانایی، توانایی می‌آورد.

شاد باشید و دلی را شاد کنید

برادران سیاری

فهرست مطالب

فصل اول – رویکردهای مدیریت تولید و سیستم‌های نوین تولید و عملیات ۵

فصل دوم – طراحی و توسعه محصول ۲۱

فصل سوم – مکان‌یابی و نحوه استقرار ماشین آلات و تجهیزات ۳۳

فصل چهارم – کارسنجی و زمان‌سنجی ۵۹

فصل پنجم – برنامه‌ریزی جامع تولید ۷۴

فصل ششم – برنامه‌ریزی مواد اولیه و قطعات (MRP) ۷۹

فصل هفتم – مدیریت و کنترل قیمت ۹۵

فصل هشتم – برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات ۱۱۴

فصل نهم – اتوماسیون ۱۲۸

فصل دهم – نحوه‌ی استقرار ماشین آلات و تجهیزات دفاتر ۱۳۸

فصل یازدهم – تولید بهنگام و ناب ۱۶۵

فصل دوازدهم – تولید چابک ۱۸۳

فصل سیزدهم – مدیریت زنجیره‌ی عرضه ۱۸۸

فصل چهاردهم – مدیریت کیفیت جامع ۱۹۴

فصل پانزدهم – تئوری صف ۲۰۷

فصل شانزدهم – تجزیه و تحلیل نقطه سر به سر ۲۱۹

فصل هفدهم – پیش‌بینی تقاضا ۲۲۶

فصل هجدهم – برنامه‌ریزی تولید و برآورد تعداد ماشین‌آلات و تجهیزات ۲۳۶

فصل نوزدهم – مدیریت و کنترل موجودی ۲۴۰

فصل بیستم – مدیریت و کنترل پروژه ۲۵۱

سوالات کنکور سراسری سال ۹۷ الی ۱۴۰۰ ..... ۲۷۰

فصل اول

رویکردهای مدیریت تولید و سیستم‌های نوین تولید و عملیات

در این فصل دو موضوع پارادایم‌های تولیدی و سیستم‌های نوین تولید و عملیات بررسی می‌شوند. در بخش یک تقسیم‌بندی پارادایم‌های مدیریت تولید و ویژگی هرکدام را شرح داده، اصول هر یک را بیان می‌کنیم. در این بین سعی می‌شود تا تفاوت‌های میان هر یک از رویکردهای تولیدی را در زمینه‌های مختلف موردبررسی قرار دهیم.

در بخش دو، سیستم‌های عملیاتی مدیریت تولید نوین شرح داده‌شده و موارد استفاده هر یک را بیان می‌کنیم. اجزای به‌کارگیری هر یک به‌صورت جداگانه بیان می‌شود و ارتباطات میان آن‌ها بررسی می‌گردد.

بخش یک: رویکردهای سیستم‌های تولیدی

سیر تاریخی رویکردهای تولیدی

در طول تاریخ علم مدیریت تولید، چهار دوره تولیدی شناسایی و تعریف شده است که شروع آن از ابتدای قرن بیستم میلادی بوده و تا قبل از آن عموم تولیدات بدون در نظر گرفتن اصول تولیدی و تنها از طریق استاد – شاگرد انجام و به دوره‌های بعدی انتقال داده می‌شد. همچنین در کمترین حد ممکن از تجهیزات تولیدی بهره‌برداری صورت می‌گرفت. در سال‌های ابتدایی قرن بیستم (۱۹۰۳ میلادی) اولین رویکرد تولیدی بانام تولید دستی ایجاد شد. در سیستم‌های تولید دستی که نمونه‌های آن را هنوز هم می‌توان در برخی از کارگاه‌های کوچک تولید مشاهده کرد از کارگران بسیار ماهر استفاده می‌شد؛ اما ابزارها و تجهیزات تولیدی در ساده‌ترین حد ممکن قرار داشته و حجم تولیدات بسیار پایین بود.

از طرفی به دلیل استاندارد نبودن فعالیت‌ها و طرح‌های محصول میان سازندگان قطعات مختلف، کمتر محصولی مشابه نمونه‌ی خود تولید می‌شد. به دلیل حجم کم تولیدات و هزینه‌ی بالا نیروی انسانی قیمت محصول ساخته‌شده بالا بود و به این خاطر محصولات تولیدشده در کارگاه‌ها ازنظر قیمتی هم‌تراز با محصولات لوکس محسوب می‌شدند؛ اما ازآنجایی‌که کارگران نقش اصلی را در طراحی و تولید محصولات ایفا می‌کردند، کارگاه‌ها قادر بودند تا طراحی محصول را به‌سرعت تغییر دهند.

در سال‌های بعد هنری فورد[1] صاحب کارخانه خودروسازی فورد با تکیه بر ایده آدام اسمیت[2] مبنی بر «تقسیم‌کار به همراه تولید قطعات استانداردشده» روش‌های نوینی را در مدیریت تولید و عملیات ارائه کرد. به‌عنوان‌مثال با ایجاد شرایط تعویض‌پذیری قطعات و ساده کردن عملیات مونتاژ حجم نیروی انسانی را کاهش داد. همچنین فورد برای اولین بار ایده ایجاد یک خط مستقیم مونتاژ و تولید محصول را مطرح کرد و استقرار ایستگاه‌ها بر طبق توالی عملیات را در آن جای داد تا از این طریق کارایی خط تولید به‌شدت افزایش یابد.

با توجه به اینکه یک استاندارد مشخص برای تمام محصولات، قطعات و فرآیند تولیدی در نظر گرفته می‌شد عملیات تولید یکنواخت شده و سرعت کار تولید بالا بود؛ اما به دلیل آنکه تمام قطعات در مونتاژ به یکدیگر وابسته بودند کوچک‌ترین تغییر در طراحی هر یک از قطعات منجر به تغییر در تمام قطعات شده و ازاین‌رو تغییر طراحی هزینه‌های گزافی را طلب می‌کرد و زمان زیادی را نیز جهت استقرار آن صرف می‌نمود. ازاین‌رو در ابتدا در کارخانه فورد حتی رنگ بدنه خودروها نیز تغییر نکرده همگی یکسان و همرنگ بودند (به رنگ مشکی). از سیستم‌های تولید انبوه که امروزه نیز جاری بوده و به تولید ادامه می‌دهند می‌توان به کارخانجات ذوب‌آهن، پتروشیمی و یا برخی از تولیدکنندگان سیمان اشاره کرد که شاید در برخی از جزئیات قابل‌اغماض با شرایط مطرح‌شده در سال‌های ابتدایی تولید متفاوت هستند.

یکی از ایرادات سیستم‌های تولیدکننده انبوه عدم توجه به نیازهای مشتری بود؛ زیرا اغلب تولیدکنندگان بدون توجه به تغییر شرایط در جامعه و سطح سلیقه مصرف‌کنندگان همان تولیدات را ادامه داده و روانه بازار می‌کردند؛ و از طرفی به دلیل نبود هیچ‌گونه رقابت در بازارهای فروش این عرضه‌کنندگان کالا بودند که شرایط انتخاب را بر مصرف‌کنندگان تحمیل می‌کردند.

بعد از جنگ جهانی دوم شرکت‌های تولیدی مختلف در زمینه‌های گوناگون وارد عرضه کالا شدند. این تولیدکنندگان برای آنکه بتوانند در بازار نسبتاً انحصاری و در دست تولیدکنندگان غول‌پیکر به رقابت بپردازند سعی در جمع‌آوری نیازهای مطرح‌شده مصرف‌کنندگان داشتند تا از این طریق سهمی هرچند کوچک در بازار دست‌وپا کنند. در میان این شرکت‌ها، کارخانه تویوتا[3] به کمک فردی به نام تایچی اوهنو[4] که یکی از مدیران ارشد تویوتا محسوب می‌شد با مطرح کردن رویکردی نوین به نام تولید بهنگام (JIT)[5] سعی داشت در زمینه‌های

۱. کاهش هزینه‌ها
۲. تولید بر اساس سلیقه مشتریان

به افزایش بهره‌وری در تولید برسد.

در تولید بهنگام سعی می‌شود تا تمام فعالیت‌های تولیدی و غیرتولیدی بازبینی شوند و چنانچه فعالیتی هیچ ارزش‌افزوده‌ای[6] ایجاد نکرد آن را حذف کنند. بدین شکل مهندسان و مدیران بسیاری از فعالیت‌های مرسومی را که در تولید انبوه و در کارخانه صورت می‌گرفت حذف کردند. یکی از این فعالیت‌ها انبارداری بود. تولید بهنگام عقیده دارد چنانچه قطعات موردنیاز برای تولید به‌روز وارد کارخانه شود نیازی به انبار و مدیریت موجودی قطعات نبوده و در هزینه‌ها صرفه‌جویی می‌شود. در راستای همین هدف و جهت شناسایی آن درسته از فعالیت‌های زائد که ارزش‌افزوده ندارد، ژاپنی‌ها فعالیت‌های زائد را به اصطلاح «مواد»[7] نامیدند و در ۷ دسته طبقه‌بندی کردند سپس عنوان نمودند هر فعالیت زائد که دریکی از هفت موارد شناسایی‌شده قرار گیرد باید از بین برود.

این هفت دسته به شرح زیر آمده است:

---

1. Henry Ford
2. Adam Smith
1. Toyota
2. Taiichi Ohno
3. Just In Time
4. Value Added
5. Muda

۱. **تولیدات خارج از سفارش‌های رسیده:** موجب می‌شود تا سرمایه در گردش سازمان پایین آمده، فرآیندهای زائد نگهداری از محصول تمام‌شده از سر گرفته شود. از طرفی تولید بیش‌ازحد باعث ایجاد استهلاک ماشین‌آلات شده که هیچ‌گونه سودی درازای آن متوجه سازمان نیست.

۲. **ذخیره‌سازی بیش‌ازحد قطعات و مواد اولیه:** موجب کاهش سرمایه سازمان شده، هزینه اجاره انبار و بیمه انبار را برای سازمان به بار می‌آورد و از طرفی احتمال خرابی قطعات مواد اولیه در طول زمان وجود دارد.

۳. **تولید محصول معیوب:** مصرف مواد اولیه و یا دوباره‌کاری را در پی دارد که موجب صرف انرژی کارکنان یا تجهیزات تولیدی شده و چنانچه به دست مشتری برسد نارضایتی مشتری را ایجاد می‌کند.

۴. **طراحی فرآیند نادرست:** طراحی فعالیت‌هایی که حذف آن‌ها هیچ صدمه‌ای به تولید نزده و زائد بوده باید به‌عنوان یک فعالیت زائد حذف شود.

۵. **ضایعات مربوط به جابه‌جایی‌ها:** ذخیره‌های احتیاطی باید در نزدیک‌ترین مکان ممکن به اپراتور تولید باشد تا از جابه‌جایی‌های بی‌مورد پرهیز شود. از طرفی واحدهای پررفت‌وآمد که ارتباطات بالایی باهم دارند باید در کنار هم قرار گیرند تا از نقل‌وانتقال‌های بی‌مورد کاسته شود.

۶. **انجام حرکات اضافی:** حذف حرکات زائد موجب ذخیره‌سازی انرژی و زمان برای کارکنان و ماشین‌آلات خواهد شد. برای این امر انجام مطالعات حرکت سنجی پیشنهاد می‌شود.

۷. **زمان‌های بدون کارکرد:** عدم برنامه‌ریزی مناسب موجب می‌شود در زمان‌هایی از ساعات کار، نیروی انسانی و یا تجهیزات بدون انجام هیچ فعالیتی بیکار بوده و وقت مفید کار بیهوده هدر رود؛ که باید با مطالعات زمان‌سنجی این ضایعات به حداقل ممکن خود برسد.

از نمونه‌های تصمیم‌هایی که برای جلوگیری از فعالیت زائد می‌توان نام برد تصمیمی بود که به «جی‌دوکا»[1] معروف شد.

«اوهنو» اختیاری بی‌سابقه به کارکنان خط تولید تویوتا داد تا در صورت مشاهده هر عیب یا مشکل، خط تولید را متوقف کنند و تا این عیب از بین نمی‌رفت تولید از سر گرفته نمی‌شد. در خط تولید با استفاده از چراغ‌های رنگی معروف به آندون[2] سعی در آگاه نمودن همه کارکنان در صورت بروز مشکل و خطا می‌شد. از طرف دیگر همانطوریکه گفته شد یکی دیگر از اهداف JIT تولید بر اساس نیاز مشتریان بود.

در تولید بهنگام تولیدات با دریافت سلیقه‌های مختلف مصرف‌کنندگان شکل می‌گیرد و تنها با دریافت سفارش از آن‌ها تولید انجام می‌شود.

در عصر حاضر با توجه به آنکه نیازها به‌سرعت برای مصرف‌کنندگان در حال تغییر است و به دلیل افزایش رقابت میان تولیدکنندگان، هر یک سعی در کسب درصد بیشتری از سهم بازار فروش را داشته، پس به دنبال جذب مخاطبان بیشتری خواند بود. ازاین‌رو، رویکرد جدیدی در علم مدیریت تولید و عملیات مطرح شد به نام تولید چابک[3].

رویکرد تولید چابک نتیجه مطالعات انجام‌شده دریکی از دانشگاه‌های آمریکا (لی‌های[4]) است که در آن به سازمان‌هایی که قصر رهبر شدن در بازار تولیدات خود را دارند توصیه می‌کند تا توان تولید هم‌زمان محصولات متفاوت با طول عمر کوتاه، طراحی مجدد محصولات، تغییر رویه‌های تولید محصولات و پاسخگویی کارا به تغییرات را داشته باشند.

در ادامه تشریح کامل دو رویکرد آخر در مدیریت تولید می‌پردازیم.

---

1. Jidoka
2. Andon
3. Agile Production
4. Lehigh university

تولید بهنگام (JIT)

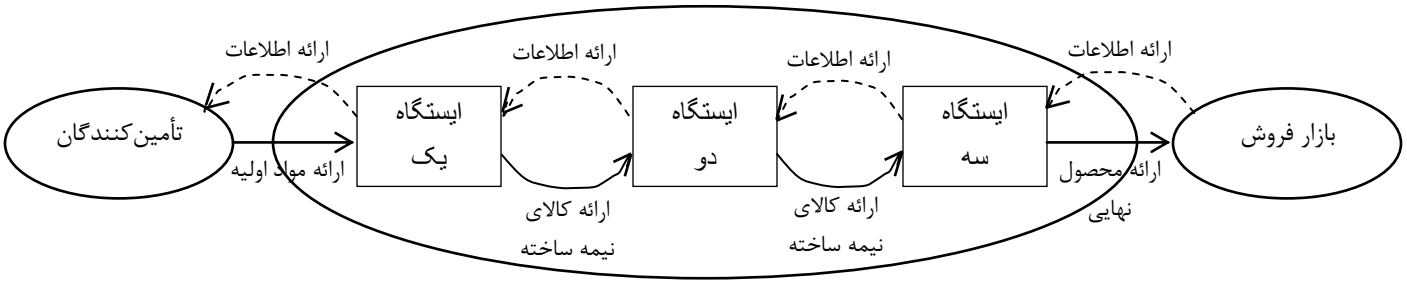
همانطوریکه قبلاً گفته شد هدف از (JIT) تولید به‌موقع برای مشتری و بر اساس آنچه وی خواسته است، می‌باشد؛ اما به صورتی که با حذف ضایعات کمترین هزینه را برای تولیدکننده ایجاد کند. این فلسفه با در نظر گرفتن مزایای تولید دستی (تولید بر اساس خواسته‌های مشتری) و نیز مزیت تولید انبوه (کاهش هزینه تولید) سعی دارد تا بهترین شیوه را در تولید و رقابت با رقبا برای سازمان خود به ارمغان بیاورد.

متخصصان علم تولید ۱۰ اصل اساسی را برای سازمان‌هایی که قصد استفاده از این رویکرد تولیدی را دارند برشمرده‌اند که در زیر به تشریح این اصول می‌پردازیم:

اصول تولید بهنگام

۱. سیستم تولید کششی[۱]

در سیستم کششی برخلاف سیستم فشاری[۲] (که در آن به هر میزان که یک ایستگاه تولید می‌کرد، محصول تولیدشده خود را به ایستگاه بعدی هل داده و ایستگاه بعد مجبور به تکمیل کار رسیده می‌شد.) آخرین ایستگاه برنامه تولید را بر اساس سفارش‌های رسیده مشخص کرده و بر اساس نیاز، قطعات و محصولات موردنیاز را از ایستگاه قبلی خود دریافت می‌کند. به همین ترتیب این روند تا ایستگاه یک ادامه می‌یابد. باید توجه داشت در سیستم فشاری برنامه تولید یک برنامه از قبل تعیین‌شده است و بدون توجه به نیازهای ایستگاه آخر کار از ابتدای خط تولید آغاز می‌شود. شکل ۱، تفاوت سیستم تولید کششی و فشاری را نشان می‌دهد.



شکل ۱: نمونه‌ای از تبادل اطلاعات و کالاها و مواد در سیستم کششی

در کارخانه تویوتا برای اجرا درست سیستم کششی از یک مکانیزم کنترل و برنامه‌ریزی تولید با عنوان «کانبان[۳]» استفاده شد.

۲. کنترل تولید و کاهش موجودی‌های در حال ساخت و مواد اولیه

در تولید بهنگام، کنترل تولید توسط کانبان‌ها انجام می‌شود. معنی کانبان در زبان ژاپنی کارت بوده و در خط تولید اطلاعات بسیاری مانند شماره قطعه، ظرفیت تولید (ظرفیت پالت)، شماره ایستگاه مبدأ و مقصد و... را درون خود جای می‌دهد.

در کارخانه‌های با رویکرد تولید بهنگام از کارت کانبان به‌عنوان ابزاری در جهت حفظ تعادل خط تولید، عدم تهیه موجودی بیش‌ازحد و انجام برنامه‌ریزی‌های تولید بر اساس سفارشات رسیده استفاده می‌شود.

در کارخانه تویوتا از سیستم کانبان دو کاتی استفاده می‌شود. کارت کانبان تولید و کارت کانبان برداشت.

کارت برداشت[۴]: این کارت‌ها تعداد قطعه‌ای را که فرآیند بعدی باید از مرکز کاری قبلی خود برداشت کند مشخص می‌سازد.

---

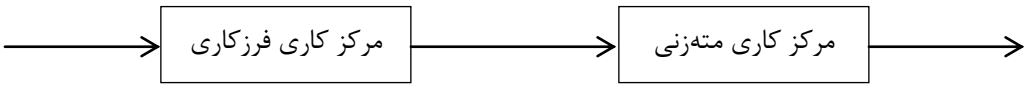
5. Pull System
6. Push System
1. Canban
2. Withdrawal Canban

کانبان تولید[1]: این کارت‌ها تعداد تولید قطعه‌ای را مشخص می‌کند که مرکز کاری باید به‌منظور جایگزین کردن مقادیر برداشت‌شده تولید کند.

هر کارت برداشت بین دو ایستگاه در جریان است: ایستگاهی که قطعات را دریافت می‌کند و ایستگاهی که قطعات موردنظر را تولید می‌کند.

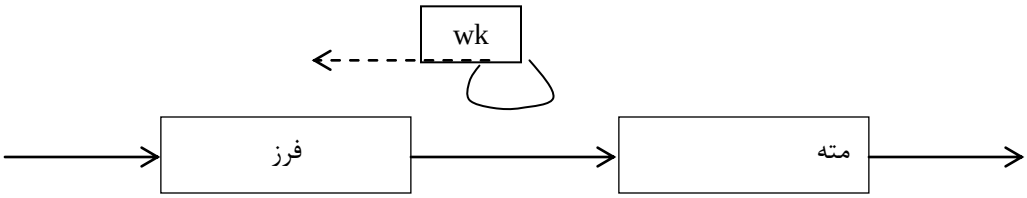
حال نحوه استفاده از کارت‌های کانبان را با توجه به شکل‌های زیر شرح می‌دهیم:

فرض کنید دو مرکز فرزکاری و مته‌کاری در قسمتی از جریان تولید یک خط مونتاژ محصول قرارگرفته‌اند به صورتی که ایستگاه مته‌کاری به مواردی نیاز دارد (به‌عنوان مواد اولیه فرآیند مته زنی خود) که همان محصول نهایی دستگاه فرزکاری است (شکل ۲)



شکل ۲

در ایستگاه مته زنی برای دریافت مواد موردنیاز یک ظرف خالی (پالت) و کانبان وجود دارد که کانبان آن از نوع کانبان برداشت است. این ایستگاه ظرف خالی را به همراه کانبان برداشت که بر روی آن تعداد موردنیاز از مواد اولیه و نوع هر یک درج‌شده به ایستگاه فرز ارسال می‌کند. (شکل ۳)

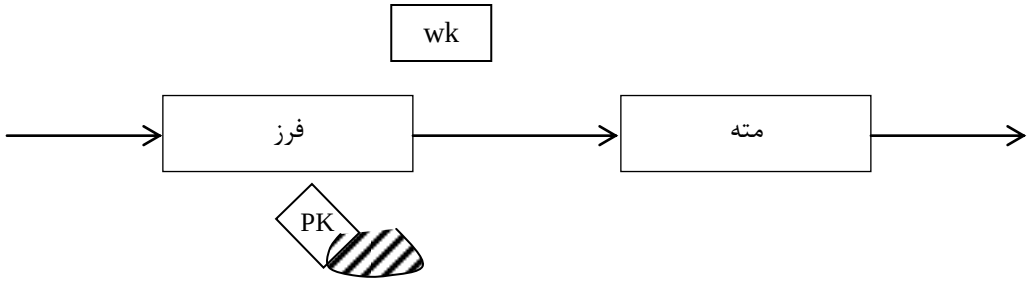


شکل ۳

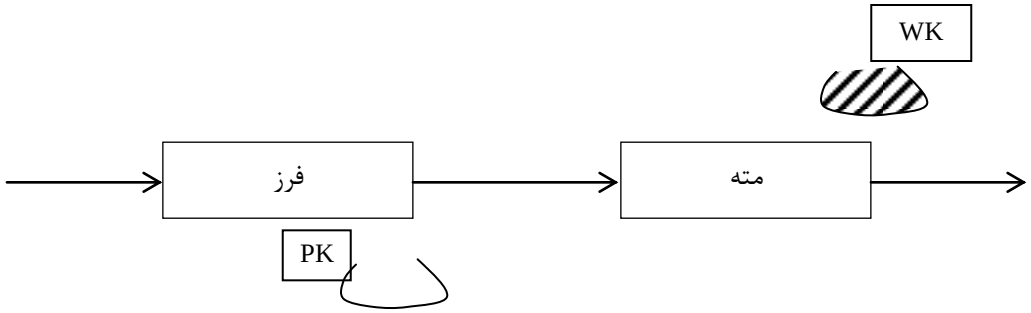
از طرفی ایستگاه فرزکاری مقداری از محصولات خود را قبلاً بر اساس پیش‌بینی انجام‌شده تهیه و تولید کرده است و در یک پالت به‌عنوان ذخیره احتیاطی و در نقطه‌ی ارسال خود در درون ایستگاه آماده نگه می‌دارد.

هر یک از پالت‌های تولیدی ایستگاه فرز دارای کارت کانبان مخصوص به خود بوده که بر روی آن مشخصات محصولات تولیدی پالت درج‌شده است. با مقایسه کانبان برداشت رسیده به ایستگاه فرز و کانبان‌های تولید موجود در پالت‌های آماده، پالت موردنظر دستگاه مته زنی را (که مشخصات دو کارت کانبان برداشت و تولید یکسان است) انتخاب کرده، کانبان برداشت را بر روی پالت قرار داده و برای ایستگاه مته زنی ارسال می‌کند؛ و پالت خالی را به همراه کارت کانبان تولید باقی‌مانده از قبل در نقطه شروع ایستگاه فرز نگهداری کرده تا میزان درج‌شده و با مشخصات از قبل تعیین‌شده تولیدات جدید صورت گیرد. (شکل ۴ و ۵)

3. Production Canban



شکل ۴



شکل ۵

کانبان‌ها همچنین می‌توانند خارج کارخانه و برای درخواست مواد از تأمین‌کنندگان مورداستفاده قرار گیرند.

سیستم کنترل کانبان اطمینان می‌دهد که قطعات ساخته و تولید نمی‌شوند مگر آنکه سفارشی از قبل ارائه‌شده باشد و بدین ترتیب موجودی در سطح معینی قرارگرفته و تولید با برنامه مشخصی صورت می‌گیرد. همچنین از سیستم کانبان برای ارسال اطلاعات تولید میان ایستگاه‌های کاری نیز استفاده می‌شود. ازاین‌رو می‌توان گفت که سیستم ارسال اطلاعات موازی سیستم جریان تولید بوده اما در خلاف جهت حرکت هم قرار دارند. لازم به ذکر است برای محاسبه تعداد کانبان‌های موردنیاز در هر ایستگاه کاری از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$N = \frac{d \times t \times (1 + x)}{C}$$

که در آن:

N: تعداد کانبان موردنیاز در ایستگاه کاری

D: تعداد قطعات در هر ایستگاه

t: زمان جایگزینی یک پالت خالی با یک پالت پر

x: نگرش مدیریت نسبت به کارآمد بودن سیستم (کاهش آن نشان‌دهنده کارآمد شدن سیستم است)

C: ظرفیت هر پالت

۳. تولید در دسته‌های کوچک

با رعایت تولید در حجم‌های کوچک تولیدی چندین دستاورد مهم کسب می‌شود:

آ) چنانچه تولیدات در حجم‌های کم صورت گیرد موجودی‌ها و مواد اولیه لازم در حجم پایینی قرار می‌گیرند. درنتیجه هزینه-های نگهداری کاهش می‌یابند.

ب) با مشاهده یک عیب در تولیدات به علت کم بودن حجم تولید، بازرسی و هزینه‌های مربوط به آن در حداقل قرار می‌گیرد.

پ) اجازه تغییر در محصول به خط تولید داده می‌شود و خط تولید می‌تواند تنوع بیشتری را در تولیدات خود لحاظ کند. و سطوح بیشتری از سلیقه‌های مشتری پوشش داده می‌شود.

۴. راه‌اندازی[1] سریع ماشین‌آلات و خط تولید

با توجه به اصل شماره ۳، برای آنکه تولیدکننده قادر باشد تا در دسته‌های کوچک تولیدات را آماده کند احتمال دارد شرایط تولید به‌جای برنامه‌ای به شکل زیر:

ترتیب تولید	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
نوع محصول	×	×	×	□	□	□	□	□	□	Δ	Δ	○	○	○

که تنها چهار با راه‌اندازی در خط تولید تغییر می‌کند (با شروع تولید و تغییر در شکل محصول راه‌اندازی مجزا لازم است) مجبور باشیم تولیدات را به‌صورت زیر و با ترتیب زیر مهیا کنیم.

ترتیب تولید	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
نوع محصول	×	×	□	Δ	Δ	□	□	□	×	○	○	□	○	□

که نیاز به نه بار راه‌اندازی ماشین‌آلات برای تولیدات سفارش شده است. پس باید در JIT زمان‌های راه‌اندازی مجدد را در ماشین‌آلات تولیدی بسیار پایین بیاوریم. تا تغییر در برنامه تولید مقرون‌به‌صرفه باشد پس در این شرایط باید دست به اقدامات زیر زد[2]:

آ) راه‌اندازی‌های داخلی را از راه‌اندازی‌های خارجی جدا کنیم.

➢ **نکته:** راه‌اندازی داخلی بخشی از راه‌اندازی است که باید در حین توقف خط تولید و در لحظه خواب دستگاه انجام شود. و راه-اندازی خارجی بخشی از راه‌اندازی است که در حین انجام کار نیز می‌تواند صورت گیرد.

ب) سعی شود راه‌اندازی‌های داخلی تا حد ممکن تبدیل به راه‌اندازی خارجی شود.

پ) سعی کنیم برای عملیات راه‌اندازی از افرادی استفاده کنیم که مستقیم به فعالیت‌های تولید اختصاص داده نشده‌اند تا از این طریق برای راه‌اندازی‌های مجدد زمان مصرف‌شده کاهش یابد.

---

1. Set up

۲. موارد یادشده نکات مطرح‌شده از تکنیک SMED (تکنیک راه‌اندازی قالب در کمتر از ده دقیقه) است.

ت) سعی شود عملیات‌های راه‌اندازی مجدد، ساده و روان و قطعات و تجهیزات موردنیاز در دسترس باشد تا علاوه بر انجام درست عملیات و عدم بروز خطا در تولید محصول، در زمان نیز صرفه‌جویی شود.

❖ **توجه:** زمانی یک تولیدکننده می‌تواند تولیدات خود را در دسته‌های کوچک (حتی تک‌واحدی) قرار دهد که بتواند زمان راه‌اندازی مجدد را تا حد صفر کاهش دهد. در این شرایط استفاده از موجودی‌های بالا نیز معنایی نخواهد داشت.

۵. برنامه تولید یکنواخت

این اصل در دو بخش مجزا معنا می‌شود.

آ) عملیات‌های مختلف تولیدی دارای جریان یکنواخت بوده تا تأخیرت در تولید به حداقل برسد و کلیه فعالیت‌ها با هماهنگی و ریتم مشخص انجام شوند. در این صورت برنامه تولید، ثابت و یکنواخت خواهد بود و از طرفی برخلاف سیستم تولید انبوه کالای نیمه ساخته در کمترین حد ممکن در میان واحدها باقی می‌ماند.

ب) برنامه تولید یکنواخت با استفاده از اجرای کانبان می‌تواند نوسانات پیش‌آمده در تقاضا را در حدود ۱۰ درصد مدیریت کرده و بدون مشکل در تأخیر انجام سفارشات، محصولات ساخته‌شده را به دست مصرف‌کنندگان برساند. اما باید توجه داشته نوسانات بالا در تقاضای پیش‌بینی‌نشده می‌تواند صدمات جبران‌ناپذیری را برای شرکت به ارمغان بیاورد. پس می‌توان نتیجه گرفت یک شرکت با فلسفه تولیدی JIT نیازمند یک سیستم پیش‌بینی تقاضای کامل و بدون خطا خواهد بود.

۶. سطح کیفی بالا در تولیدات و فرآیندهای تولیدی و بهبود مستمر در تولید

عدم دقت در کیفیت محصولات تولید موجب تولید محصول معیوب شد ک یکی از ۷ موارد شناسایی‌شده مودا است و به همین خاطر «جی‌دو کا» در خط تولید تویوتا پیاده‌سازی شد. علاوه بر آن شرایط دیگری نیز برای افزایش کیفیت کالاهای تولیدی برقرار شد مانند «پوکه - یوکه[1]» که به‌نوعی کنترل دیداری کیفیت در خط تولید معنی شده است. همچنین برای کنترل دقیق تولیدات از کنترل کیفیت جامع[2] (TQC) استفاده می‌شود.

اما جدا از ابزارهای بالا در افزایش سطح کیفی محصولات، در تویوتا تمام فعالیت‌ها و عملیات تولیدی و غیرتولیدی بر اساس مفهوم «کایزن[3]» به سمت بهبود مستمر در حرکت بوده است.

معنی و مفهوم کایزن بهبود دائمی بوده و برای رسیدن به چنین هدفی چندین ابزار را که عموماً از شیوه‌های خاص ژاپنی نیز وام گرفته شده است استفاده می‌کند. ازجمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

آ) مشتری‌گرایی

ب) استفاده از تکنولوژی ربات‌ها در تولید

پ) حلقه‌های کیفیت (QCC)[4] و یا سیستم (نظام) پیشنهادات در این روش‌ها کارکنان به‌صورت دسته‌جمعی (QCC) و یا انفرادی (نظام پیشنهادات) روش‌ها و توصیه‌هایی که موجب افزایش سود، کاهش هزینه یا بهبود شرایط کاری می‌شود را به مدیران رده‌بالا پیشنهاد داده و درازای سود یا کاهش هزینه‌ای که عاید سازمان شده به کارکنان پاداشی تعلق می‌گیرد.

ت) نظم و مقررات محیط کار: ژاپنی‌ها برای دستیابی به یک محیط کار زیبا و پرهیز از هرگونه درهم‌ریختگی، از سیستم «5S» استفاده می‌کنند. این سیستم از ۵ مرحله تشکیل‌شده که عبارت‌اند از:

- **پاک‌سازی[5]:** جداسازی اقلام غیرضروری از اقلام ضروری و دور انداختن غیر ضروری‌ها.
- **نظم و ترتیب[1]:** اقلام ضروری موردنیاز در جایگاهی مخصوص به خود قرار گیرند تا به‌راحتی قابل‌دسترس باشد.

---

1. Poka-Yoke
2. Total Quality Control
3. Kaizen
4. Quality Control Cycle
1. Sort (Sriri اصطلاح ژاپنی)

- **پاکیزگی و تمیز کردن**[۲]: هر چیز و همه‌جا پاکیزه و عاری از گردوغبار شود. در این مرحله شرایط ایجادشده در هر سه مرحله مورد ممیزی قرار می‌گیرد.
- **استانداردسازی و حفظ شرایط**[۳]: ایجاد یک استاندارد و دستورالعمل مشخص برای برقرار همیشگی سه S قبل.
- **انضباط و آموزش محیط کار**[۴]: آموزش کارکنان جهت نظم بخشیدن به اجرای مستمر 5S.

ث) همکاری متقابل مدیریت و کارکنان

ج) تولید بی‌نقص

ح) سیستم جامع نگهداری و تعمیرات (در ادامه توضیح داده خواهد شد.)

خ) مدیریت کیفیت جامع (در فصل مدیریت و کنترل کیفیت شرح داده خواهد شد.)

۷. نگهداری بهره‌ور جامع[۵] (TPM)

مفاهیم TPM وام گرفته شود از مفاهیم TQM بوده که در آن مدیریت باید نگرشی جامع و استراتژیک به مباحث نگهداری ماشین‌آلات داشته باشد ازاین‌روی باید:

- ماشین‌آلاتی خریداری شود که بهره‌وری تولید را حداکثر نماید.
- کارکنان را آموزش داده تا نحوه درست کار با ماشین‌آلات را فراگیرند.
- شرایط نگهداری پیشگیرانه برای افزایش طول عمر ماشین‌ها ایجاد شود.
- محصولات به نحوی طراحی شوند تا تولید آن‌ها به‌وسیله ماشین‌آلات خط تولید فشاری بر آن‌ها وارد نکند.

۸. منابع انعطاف‌پذیر انسانی و ماشینی

از دیگر اصول JIT استفاده از ماشین‌آلات چندمنظوره بوده تا از این طریق تولیدکنندگان بتوانند توانایی و پتانسیل تولیدات گوناگون را بر اساس سفارش مشتریان آماده کنند. از طرفی استفاده از ماشین‌آلات چندمنظوره خود حاصل تصمیم‌گیری در ارتباط با پرورش کارکنان چند مهارته بوده است.

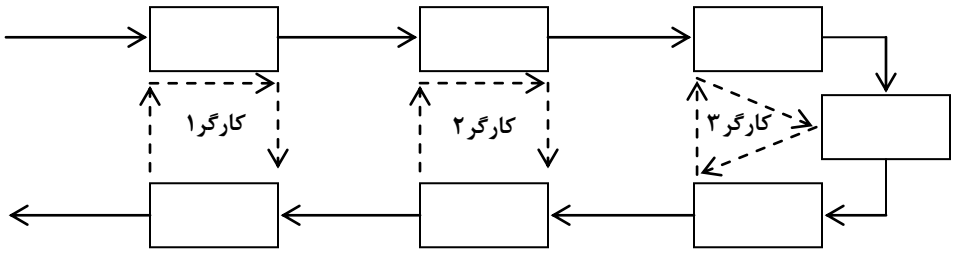
اوهنو جهت افزایش بهره‌وری نیروی انسانی سعی در پرورش کارکنان چندمنظوره کرد تا از این طریق وابستگی به افراد در خط تولید کمتر شود و از طرفی نیروی کار با توجه به داشتن چندین مهارت به‌جای انجام یک کار از قبل تعیین‌شده چندین فعالیت را در برنامه‌های خود داشته باشند که این امر موجب افزایش رضایت شغلی و دوری از انجام کارهای یکنواخت می‌شد.

در JIT هر فرد مسئول تعمیر ماشین‌آلات مورداستفاده خود است. (کارکنان قادر هستند تا سطوحی از خرابی خط تولید را با آموزش‌های لازم انجام دهند) از طرفی موظف به کنترل کیفیت کار خود بوده و باید اقلامی که به دستشان می‌رسد مورد بازبینی قرار دهند

---

2. Stabilize (Seiton اصطلاح ژاپنی)
3. Shine (Sriso اصطلاح ژاپنی)
4. Standardize (Seiketsu اصطلاح ژاپنی)
5. Sustain (Shitsuke اصطلاح ژاپنی)
6. Total Production Maintenace

در کارخانه تویوتا برای آنکه از مهارت‌های گوناگون افراد استفاده شود خط تولید را به‌صورت U شکل درآورده تا هر فرد به چند ماشین دسترسی داشته و فعالیت‌های گوناگونی را انجام دهد.



شکل ۶: چیدمان U شکل در JIT

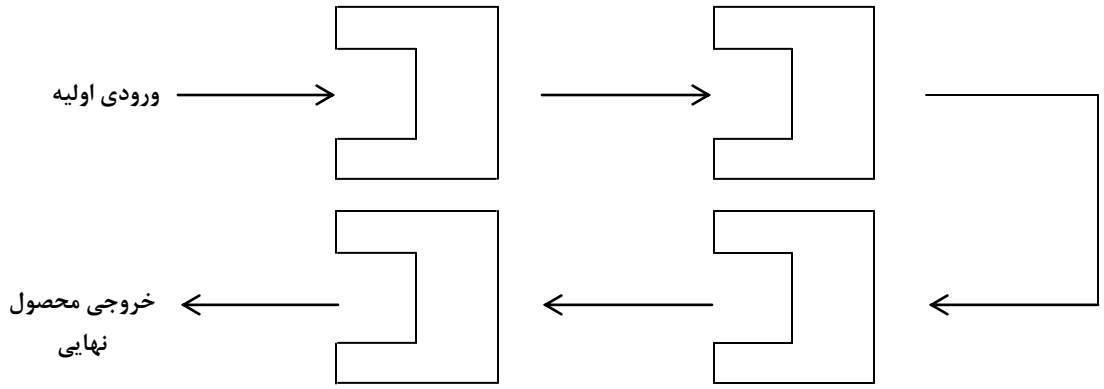
همانطوری که در شکل ۶ مشاهده می‌شود هر کارگر در این نوع چیدمان دو یا سه ماشین را تحت کنترل دارد. از دیگر مزایای استفاده از خط تولید U شکل می‌توان به کاهش نیروی کار که منجر به کاهش هزینه‌های نیروی انسانی می‌شود اشاره کرد همچنین از فضا کارخانه نیز به‌صورت بهینه‌تری استفاده می‌شود.

۹. طبقه‌بندی قطعات بر اساس تکنولوژی گروهی[1] (GT) و چیدمان سلولی

در تولید بهنگام استقرار ماشین‌آلات و تجهیزات تولید بر اساس چیدمان سلولی طراحی می‌شود. در این چیدمان قطعات و تجهیزات لازم برای عملیات در سلول‌ها جای گرفته و سپس خط تولید U شکل (همانند شکل ۶) از میان سلول‌ها گذشته و فرآیند تولید را به حرکت درمی‌آورد. اساس طبقه‌بندی قطعات مواد اولیه در این سلول‌ها رویکرد تکنولوژی گروهی (GT) است. در GT کالاها و قطعات ازنظر شباهت فیزیکی و یا شباهت فرآیند تولید طبقه‌بندی می‌شوند؛ و در هر طبقه قطعات هم‌خانواده قرارگرفته و تجهیزات لازم برای ساخت هر یک را در اختیار می‌گیرند. با استفاده از این تکنیک (GT) که تنها در چیدمان سلولی استفاده می‌شود زمان-های پیشبرد کوتاه‌تر شده، موجودی کالاهای نیمه ساخته و ساخته‌شده در خط تولید کمتر به چشم می‌خورد، برنامه‌ریزی و کنترل تولید ساده‌تر می‌شود و رضایت شغلی کارکنان افزایش می‌یابد. با استفاده از تکنولوژی گروهی می‌توان این قابلیت تنوع تولید را برای JIT حفظ کرد و روش تولید را استاندارد نمود.

باید توجه داشت چیدمان سلولی به علت حجم تولید قابل اداره و انعطاف در جریان تولید شرایط را برای یک سیستم کششی فراهم می‌کند. یک نمونه از چیدمان سلولی در شکل ۷ آمده است.

1. Group Technology



شکل ۷: چیدمان سلولی

۱۰. شبکه تأمین‌کنندگان

یکی از مهم‌ترین ارکان موفقیت در پیاده‌سازی فلسفه تولید بهنگام داشتن تأمین‌کنندگان قابل‌اعتماد برای تولیدکننده است. ازآنجایی‌که نحوه‌ی تولید کالا (و یا خدمت) در JIT نسبت به شرایط تولید انبوه تفاوتی شگرف پیدا کرده است لذا این تحول نیز باید در تأمین‌کنندگان قطعات اولیه ایجادشده تا یکپارچگی میان تأمین‌کننده، تولیدکننده و توزیع‌کننده ایجاد شود تا تولید بهنگام همانند آنچه طراحی شد، پیاده‌سازی شود.

ازآنجایی‌که تأمین‌کنندگان مواد اولیه ملزم به ارائه قطعات به‌صورت روزانه و برحسب سفارش تولیدکننده خواهند بود، گاهی تولیدکنندگان از ابزار کانبان جهت برقراری ارتباطات میان خطوط تولید خود و تأمین‌کننده استفاده می‌کنند. از طرفی جهت از بین بردن زمان‌های تأخیر در دریافت سفارش پیشنهاد می‌شود تأمین‌کنندگان حتی‌المقدور در نزدیکی تولیدکننده قرار گیرند.

از دیگر موارد مهم در بحث تأمین‌کنندگان JIT توصیه به عقد قراردادهای بلندمدت با تأمین‌کنندگان است. گفته می‌شود انتخاب تعداد محدودی تأمین‌کننده و عقد قراردادهای طولانی از یک‌سو موجب اطمینان خاطر تأمین‌کننده از فروش قطعات تولید خود شده و از طرف دیگر با سهیم کردن تأمین‌کنندگان در سود شرکت می‌توان از تولید مواد اولیه باکیفیت، اطمینان حاصل کرد. به‌طورکلی منافع انجام خرید بر اساس JIT عبارت است از کاهش موجودی، کاهش دوباره‌کاری مواد خریداری‌شده، کاهش بازرسی-ها، کاهش زمان تأخیر تا دریافت سفارش. حال در کنار هم بودن تمام این مزایا موجب افزایش سازگاری با نوسانات تقاضا و درنتیجه دستیابی به تولید به‌موقع می‌شود.

مفاهیم تأمین به‌موقع قطعات موردنیاز محصول از سوی تأمین‌کنندگان و توزیع مناسب کالای ساخته‌شده جهت تأمین سفارش مشتریان از سوی توزیع‌کنندگان JIT[1] آن‌قدر اهمیت داشت که موجب شد مفهوم جدیدی در عرصه مدیریت تولید و عملیات به نام «مدیریت زنجیره تأمین»[2] ایجاد شود.

---

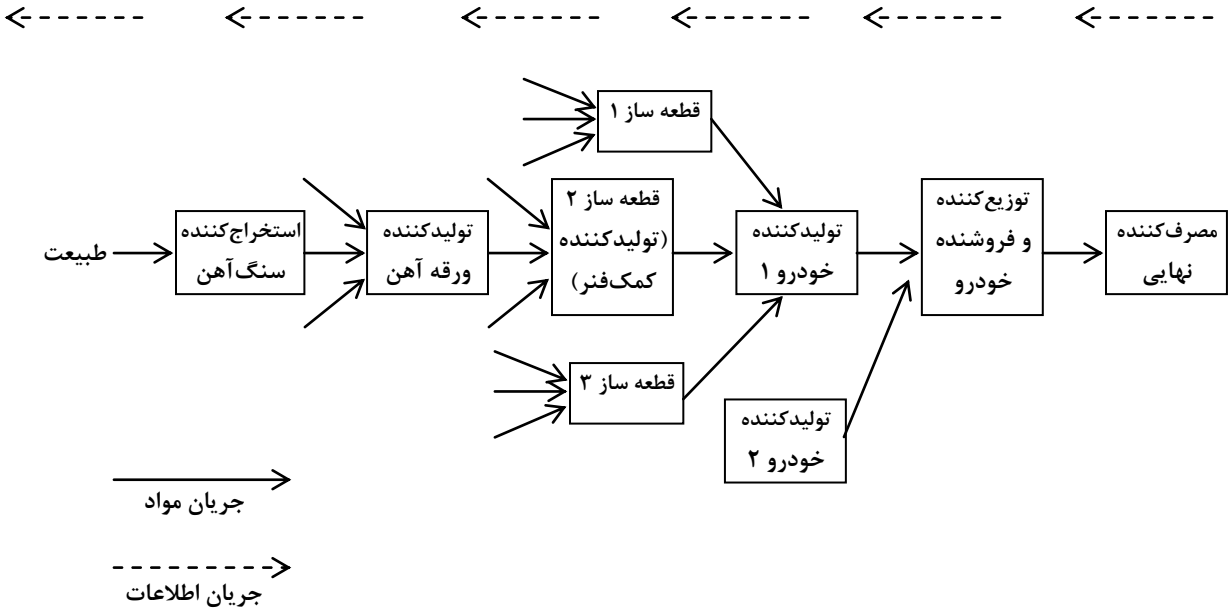
۱. یکی از اهداف تولید بهنگام رساندن به‌موقع کالای سفارشی به مشتریان و سفارش‌دهندگان می‌باشد، ازاین‌رو یک تولیدکننده باید تمهیداتی بیندیشد تا توزیع‌کنندگان کالاها، محصولات ساخته‌شده را به‌سرعت برای خرده‌فروشان توزیع کرده و در دسترس مصرف‌کننده نهایی قرار گیرد.

2. Supply Chain Managment

مدیریت زنجیره تأمین (SCM)

مدیریت زنجیره تأمین شبکه‌ای از سازمان‌ها هستند که با ارتباطی بالادستی به پایین‌دستی، در فرآیندها و فعالیت‌های خاصی درگیرند و از طریق محصولات و خدمات ارائه‌شده به مشتری نهایی، تولید ارزش می‌کنند. به دیگر سخن یک SCM شامل دو یا چند سازمان بوده که با تبادل اطلاعات، مواد اولیه، محصول و پول باهم در ارتباط بوده و با هماهنگی سعی در رساندن محصول ساخته‌شده از تولیدکنندگان اولیه به دست مصرف‌کننده نهایی دارند. لازم به ذکر است مصرف‌کننده نهایی نیز خود یک حلقه از زنجیره تأمین است.

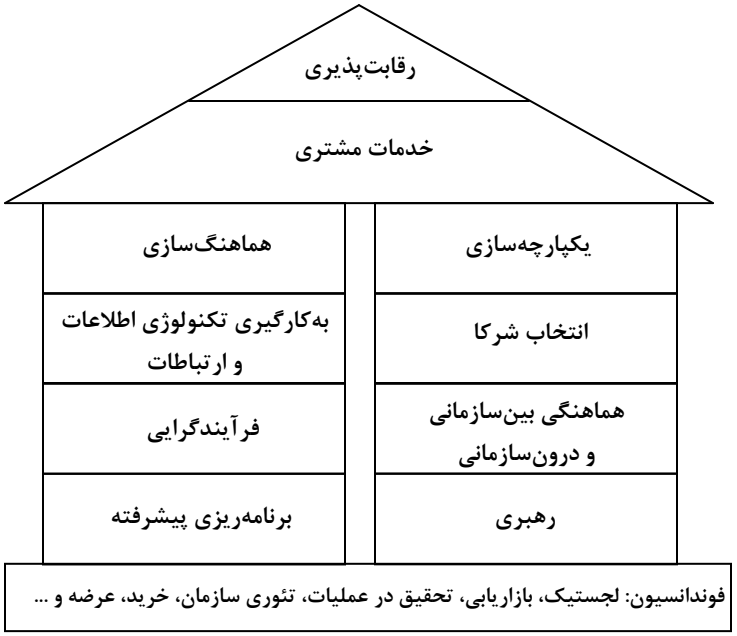
در زنجیره تأمین، هر حلقه تأمین‌کننده‌ی مواد و قطعات لازم جهت تولید برای حلقه‌های بعد از خود است. همانطوری که در شکل ۸ ملاحظه می‌کنید زنجیره‌ها از تولیدکنندگانی که محصولات خود را از دل طبیعت استخراج می‌کنند تا مصرف‌کننده نهایی به هم متصل بوده و هرکدام بسته به جایگاه خود یک‌بار در نقش خریدار (توزیع‌کننده)، یک‌بار در نقش تولیدکننده و یک‌بار نیز در نقش تأمین‌کننده ظاهر می‌شوند.



شکل ۸: زنجیره تأمین (SCM)

به‌عنوان‌مثال قطعه ساز شماره ۲ به‌عنوان خریدار از تولیدکننده ورقه‌های آهن، در نقش توزیع‌کننده، خود به‌تنهایی به‌عنوان تولیدکننده کمک‌فنر نقش تولیدکننده ایفا کرده و برای خودروساز در نقش تأمین‌کننده ظاهر می‌شود.

هدف از SCM ایجاد یک جریان قابل‌اطمینان در انتقال مواد و خدمات از ابتدا تا انتهای زنجیره تأمین است. در شکل ۹ خانه SCM، هدف نهایی زنجیره تأمین رقابت‌پذیری و به معنای دیگر خدمت به مشتری است؛ و بر همین اساس دو جزء اصلی آن یکپارچه‌سازی زنجیره تأمین و هماهنگ‌سازی جریان‌هایی از مواد، اطلاعات و امور مالی است.



شکل ۹: خانه زنجیره تأمین (SCM)

در بیشتر موارد حرکت در طول یک زنجیره تأمین را حرکتی عمودی و حلقه‌های به هم متصل شده را در راستای یکدیگر و عمودی در نظر می‌گیرند. ازاین‌رو چنانچه یک تولیدکننده اقدام به خرید توزیع‌کننده خود کند فرآیند ادغام عمودی رو به پایین (روبه‌جلو) و اگر یک تأمین‌کننده خود را خریداری کند ادغام عمودی رو به بالا (رو به عقب) رخ داده است.
فرآیندهایی که اغلب در مدیریت زنجیره عرضه صورت می‌گیرند عبارت‌اند از:

۱- پیش‌بینی تقاضای عرضه‌کنندگان
۲- سفارشات خرید به تأمین‌کنندگان
۳- کنترل موجودی انبار و زمان‌بندی اصلی تولید
۴- انتخاب تأمین‌کنندگان
۵- مدیریت اطلاعات و انتقال داده‌ها
۶- حمل‌ونقل کالاهای خریداری‌شده و یا فروش رفته
۷- مدیریت مالی خریدوفروش اجناس
۸- سرویس‌دهی به مشتریان

تولید چابک (AP)

فلسفه تولید چابک بیان می‌کند، امروزه توانایی تولید بالا و یا لزوماً ارائه کیفیت برتر در محصولات و یا کاهش هزینه‌ها دیگر به‌تنهایی عامل موفقیت نیستند. بلکه سازمان‌ها برای ماندگاری در بازار رقابت باید سعی کنند تا با شناسایی نیاز و به دنبال آن

تغییرات نیازهای مشتریانشان محصولاتی را روان بازار کنند تا یک مشتری قبل از بیان یک نیاز ابزار رفع آن را در اختیار داشته باشد. پس برای چابک بودن باید منعطف بود و به‌سرعت محصولات جدید را روانه بازار کرد تا تغییرات بازار را مدیریت نمود. سیستم تولید چابک دارای چهار اصل زیر است:

۱- سازمان‌دهی مناسب برای مقابله با تغییرات سریع

در یک نگاه سیستماتیک تغییرت سریع محیطی از عوامل اثرگذار بیرونی و خارجی مطرح می‌شوند. سازمان باید قادر باشد تا با طراحی یک سیستم پیش‌بینی فوق‌العاده و ارتباط تنگاتنگ با پیرامون خود تغییرت را شناسایی و فرصت‌ها را مدیریت کرده تا بتواند به‌عنوان رهبر بازار وارد رقابت با رقبا شود.

۲- همکاری در جهت افزایش رقابت

این اصل به‌عنوان ورودی سیستم تولید چابک مطرح می‌شود. سازمان‌ها برای ارائه سریع محصولات باید با یکدیگر همکاری داشته تا به بقا امیدوار باشند.

۳- استفاده از اطلاعات و منابع انسانی منعطف و چند مهارته

سازمان چابک از اطلاعات و ایجاد یک پایگاه دانش و نیز وجود افراد چند مهارته به‌عنوان پردازشگر استفاده می‌نماید. کسب اطلاعات مفید، سازمان را توانمند در اخذ تصمیمات مهم کرده وجود افراد چند مهارته سازمان را در تولیدات گوناگون منعطف می‌سازد.

۴- اغنای مشتریان

رضایت مشتری نیز به‌عنوان خروجی سیستم چابک مطرح است؛ و به‌عنوان یکی از اهداف اصلی سازمان‌ها در ایجاد وفاداری میان آن‌ها و سازمان مطرح می‌شود.

بخش دو: سیستم‌های نوین تولید

سیستم تولید انعطاف‌پذیر[1] (FMS)

FMS یک سیستم یکپارچه تحت کنترل کامپیوتر بوده که اجزای سازنده آن را ابزارهای خودکار جابجایی مواد، ماشین‌های NC[2]، CNC[3]، DNC[4] ها تشکیل می‌دهند تا از این طریق بتوانند عملیات زیر را انجام دهد.

- کنترل سیستم جابجایی مواد به هر یک از NC ها و CNC ها
- تعویض خودکار مواد
- بارگذاری[5] و باربرداری[6] خودکار ماشین

سیستم FMS توانایی ساخت محصولات مختلف را در حجم کم تا متوسط به‌صورت اقتصادی فراهم می‌کند. ازاین‌رو این سیستم انعطاف‌پذیری فرآیند تولید کارگاهی[7] را دارا بوده و در خط تولید از بهره‌وری بالایی برخوردار است. از طرفی به دلیل کاهش زمان تنظیم در CNC ها سیستم FMS باعث می‌شود تا زمان تحویل کاهش یابد و تولیدکنندگان می‌توانند به‌سرعت در مقابل

1. Flexible Manufacturing system
2. Numerical Control
3. Computer Numerical Control
4. Distributer Numerical Control
5. Loading
6. Unloading

۱. در فصل‌های آینده با تعاریف تولید کارگاهی بیشتر آشنا می‌شویم.

محصولات جدید و تغییرات تقاضا واکنش نشان دهند و همین امر موجب ایجاد کارایی در FMS ها در کنار انعطاف‌پذیری‌شان می‌شود.

سیستم تولید انعطاف‌پذیر در چیدمان خود از تکنولوژی گروهی استفاده می‌کنند چراکه باید شرایط تولید در حجم متوسط و بالا در کنار تنوع در تولیدات را از طریق این روش استقرار به دست آورند.

طراحی به کمک کامپیوتر[۱] (CAD)

CAD به مهندسان طراح کمک می‌کند تا طراحی، تحلیل، آزمایش، ساخت محصولات را قبل از آنکه تولید ابتدایی انجام شد و وجود فیزیکی پیدا کنند انجام داده و اطمینان حاصل نمایند زمانی که یک محصول به خط تولید منتقل می‌شود قابلیت تولید را دارد. در CAD از جدیدترین نرم‌افزارهای کامپیوتری بهره گرفته می‌شود تا مهندسین بتوانند شرایطی را در طراحی محصول در اختیار بگیرند که از طریق آن بانک اطلاعات از طراح‌های گوناگون برای تولیدکننده ایجاد کنند و از طریق آن مشخصات ابعاد محصول، مشخصات فنی و... را ثبت و به واحد تولید انتقال دهند.

ساخت به کمک کامپیوتر[۲] (CAM)

این سیستم شامل کنترل کامپیوتری فرآیند ساخت نظیر تعیین حرکت ابزار و سرعت برش موردنیاز می‌باشد. از مزایای استفاده از CAM می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- توانایی تولید چندین قطعه با تقاضاهای متغیر
- اعمال تغییرات متوالی در طرح ابتدایی محصول
- انجام فرآیندهای پیچیده
- انجام کنترل‌های دقیق در تولید

چنانچه تولیدکننده از CAM در ساخت محصولات خود استفاده کند می‌تواند با به‌کارگیری یک سیستم تولید یکپارچه کامپیوتری طرح محصول را مستقیماً از CAD گرفته و مطابق طرح، محصول را تولید نماید.

لازم به ذکر است FMS نتیجه گسترش تولید به کمک کامپیوتری (CAM) می‌باشد.

تولید یکپارچه کامپیوتری[۳] (CIM)

تولید یکپارچه کامپیوتری به معنی ایجاد یکپارچگی اجرایی مجموعه عملیات ذیل می‌باشد؛ که از طریق به‌کارگیری کامپیوترهای بزرگ سعی در ایجاد ارتباط میان اجزای خود دارد. این فرآیند به‌وسیله ارتباطات کامپیوتری و تسهیلات ذخیره‌سازی داده‌ها انجام می‌شود.

۱- سیستم‌های اداری و مالی: سیستم‌های اداری و مالی فعالیت‌هایی همچون تهیه لیست سفارشات، برنامه‌ریزی بلندمدت و بودجه‌بندی سازمان را بر عهده‌دارند، این سیستم‌ها با جنبه‌های مختلف تولید و مواد و نیز با کنترل عملیاتی و مالی کارخانه سروکار دارند.

۲- سیستم‌های پشتیبانی مهندسی: سیستم‌های پشتیبانی و مهندسی به طراحی محصولات و توسعه فرآیندها مرتبط می‌شود. این سیستم‌ها شامل طراحی به کمک کامپیوتر (CAD)، مهندسی به کمک کامپیوتر[۱] (CAE) و طراحی فرآیند به کمک کامپیوتر (CAPP) می‌باشند.

---

2. Computer Aided Design
3. Computer Aided Manufacturing
1. Computer Integrated Manufacturing

۳- مدیریت تولید: مدیریت تولید به هماهنگی میان فعالیت‌های مرتبط با تولید می‌پردازد. این هماهنگی به‌منظور دستیابی به توازنی مناسب میان اهدافی چون افزایش سطح خدمت به مشتری، کارایی فرآیند و کاهش هزینه‌های موجود صورت می‌پذیرد.

۴- سیستم‌های سطح اجرایی: سیستم‌های سطح اجرایی یک دسته از فعالیت‌های مبتنی بر کامپیوتر هستند که مستقیماً بر انجام عمل تولید اثر می‌گذارند. به‌عنوان نمونه می‌توان به تست به کمک کامپیوتر (CAT) و سیستم‌های خودکار جابجایی مواد[۲] (AMHS) اشاره کرد.

در کل می‌توان گفت انسجام تکنولوژی‌ها و اجزایی مانند CAM، CAD، CNC، DNC، FMS که به‌صورت هماهنگ و یکپارچه به هم مرتبط بوده و وظیفه‌ی تولیدی سازمان را بر عهده می‌گیرند، تولید یکپارچه کامپیوتری را ایجاد می‌کنند. CIM می‌تواند تا حدودی نتیجه‌ی خودکارسازی فرآیند تولید باشد و زمینه احداث کارخانه‌هایی بدون مداخله نیروی انسانی را فراهم نماید. این کار با توانمندسازی ماشین‌ها و ربات‌ها به کمک هوش مصنوعی[۳] (AI) و استفاده از شبیه‌سازی[۴] که به‌عنوان یکی از منعطف‌ترین روش-های مدیریتی شناخته می‌شود قابل‌اجرا خواهد بود. چراکه با ایجاد هوش مصنوعی قدرت تصمیم‌گیری به ربات‌ها و کامپیوترهای مورداستفاده داده می‌شود.

1. Copmputer Aided Engineering
2. Auomated Material Handling System
3. Artifical Intelligence
4. Simulation

فصل دوم

طراحی و توسعه محصول

طراحی و توسعه محصول

یکی دیگر از پیش‌نیازهای برنامه‌ریزی جامع تولید، در فرآیند مدیریت تولید و عملیّات طراحی و توسعه محصول و خدمت است. برنامه‌ریزی جامع مناسب‌ترین ترکیب عوامل تولید برای تولید به میزان معیّن را مشخّص می‌کند. پیش از انجام این برنامه‌ریزی، باید یکایک اجزای محصول یا خدمت مورد نظر به‌طور دقیق طراحی شده باشد تا بتوان مطابق آن نیروی کار، مواد اوّلیه و دیگر امکانات تولید را تنظیم نموده و برنامه جامع تولید را تدوین کرد.

ممکن است در ابتدا به نظر برسد که برای هر محصول یا خدمت فقط یک بار لازم است طراحی انجام گیرد. امّا تغییر در بازار، نیازهای مشتریان، قوانین حاکم بر جامعه و روابط بین‌الملل، رقبا و پاسخگویی به مشکلات درون سازمانی، موجب می‌گردد که طراحی و توسعه محصول پویا باشد و دائماً مورد توجّه قرار گیرد. هدف از طراحی محصول، چینش اجزاء محصول با توجّه به امکانات توانایی‌ها و اهداف سازمان، به نحوی که مشتری آن را انتخاب نماید که باعث افزایش مزایای رقابتی سازمان شود. بخش بازاریابی، وظیفه گردآوری اطلاعات درباره سلیقه مشتریان را برعهده دارد.

در سیستم‌های سنتی وظیفه طراحی محصول، به عهده واحد تحقیقات و توسعه[1] (R & D) بود. بطوری که واحد تحقیقات و توسعه (R & D) رابطه نزدیکی با واحد بازاریابی داشت، واحد بازاریابی وظیفه جمع‌آوری اطلاعات درباره سلیقه مشتریان و پیش‌بینی تقاضا را برعهده داشت و واحد تحقیقات و توسعه براساس اطلاعات فوق محصول را طراحی یا انتخاب می‌نمود. پس از انتخاب محصول، مراحل نمونه‌سازی و تولید مقدماتی و تأئید نمونه‌ها و تولید انبوه با همکاری واحد تولید، مهندسین آزمایشگاه‌ها، بازاریابی و.... انجام می‌گرفت. در این سیستم عدم شناخت کافی متخصّصان تحقیقات و توسعه از امکانات فنی تولید، موجب می‌گردید که در طول فرآیند تولید مشکلاتی از نظر طراحی محصول منعکس گردد که واحد تحقیقات و توسعه مجدداً مشکل فوق را برطرف می‌نمود. امروزه با تشکیل تیم‌های کاری متشکل از واحدهای تحقیقات و توسعه، تدارکات، بازاریابی، تولید و مهندسی که از ابتدای طراحی تا مرحله‌ی تولید محصول، با یکدیگر همکاری می‌نمایند در نتیجه مشکلات گذشته برطرف گردیده است.

---

[1] Research & Development

۱- فرآیند طراحی و تولید محصول جدید در روش سنتی

در سیستم‌های تولید سنتی طراحی و تولید محصول به شرح زیر است:

شکل (۱-۴) فرآیند طراحی و تولید محصول در سیستم‌های تولید سنتی

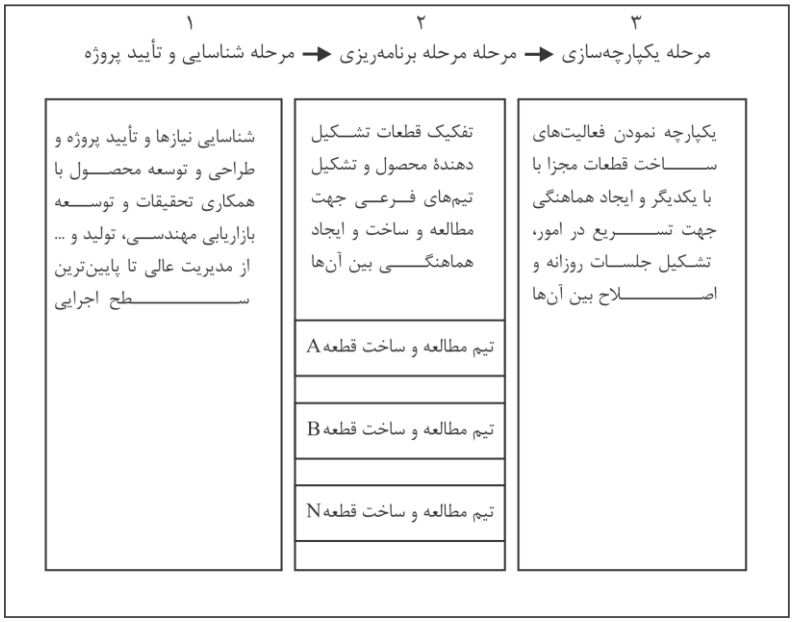
معایب روش فوق:

۱- در صورت بروز مشکل در هر مرحله باید تمامی مراحل قبل تکرار شوند و این امر هزینه‌های پروژه تولید محصول جدید را افزایش خواهد داد.

۲- طولانی بودن زمان فرآیند تولید محصول جدید (که ممکن است حتّی ۲ تا ۳ سال به طول بیانجامد). موجب کاهش انعطاف‌پذیری تولید شده و در صورت تغییر نیازهای مصرف‌کنندگان، تطابق محصول با نیازهای فوق با تأخیر انجام می‌پذیرد. بنابراین، فرصت مناسبی برای رقبا حاصل می‌شود تا سهم بازار خود را توسعه دهند.

۲- فرآیند توسعه محصول به شیوه نوین

با توجّه به معایب روش سنتی طراحی و توسعه محصول، ضرورت تشکیل تیم‌های کاری برای طراحی و توسعه محصول فراهم گردید. مراحل انجام کار در این شیوه عبارتند از:



شکل (۲-۴) فرآیند توسعه‌ی محصول به شیوه نوین

در شیوه نوین، فاصله بین مدّت زمان شناخت نیاز مشتری و تبدیل این نیاز به محصول مورد نظر تا حد امکان کم است. زیرا اگر این مدّت طولانی شود، احتمال اینکه خواسته‌های مشتری توسط سایر رقبا برآورده گردد و یا احتمال اینکه نیازهای مشتری تغییر کند و محصول جدید جوابگوی نیاز جدید نباشد، زیاد است.

- در مرحله شناخت نیازها و تشکیل پروژه، پس از گزینش پیشنهادات ارائه شده مسائل مربوط به مشخّصات محصول، بهای تمام شده محصول مورد بررسی قرار می‌گیرد.
- در مرحله برنامه‌ریزی با ایجاد تیم‌های کوچک که هر کدام بین ۳ تا ۸ نفر است و متشکل از مدیر تیم، طراح و مهندسی ساخت و.... است، مطالعه و ساخت قطعات انجام می‌شود. مدیر پروژه وظیفه هماهنگی و هدایت هر تیم را برعهده دارد. در هر تیم طراحان، وظیفه تبدیل مشخّصات وظیفه‌ای محصول را به مشخّصات محصول و مهندسین، وظیفه کنترل تطابق بین نیازهای مشتری و محصول ساخته شده را برعهده دارند.
- در مرحله یکپارچه‌سازی به‌طور روزانه یا هفتگی فعالیّت تیم‌های مستقل، یکپارچه شده و با مشخّصات کلی محصول خواسته شده، مطابقت داده می‌شوند در صورتی که مشکلی وجود داشته باشد هر تیم کار خود را به‌طور مجدد پیگیری نموده و این سیکل تا تکمیل نهایی محصول ادامه می‌یابد.

❖ مزایای شیوه نوین طراحی

۱- کاهش زمان طراحی تا تولید محصول

۲- شکستن پروژه به تیم‌های کوچک جهت همزمان نمودن فعالیّت‌های طراحی و ساخت

۳- فراهم آوردن زمینه نوآوری و خلاقیّت در درون تیم‌ها و کار گروهی

۴- افزایش کیفیّت محصول به دلیل جلوگیری از بروز مشکل در فرآیند محصول در آینده

چرخه حیات محصول

عمر هر محصولی از یک چرخه تقاضا به نام «چرخه حیات محصول» پیروی می‌نماید. این چرخه حیات، دارای دوران طفولیّت، رشد بلوغ و رکود است و به‌طور کلی میزان تقاضا برای محصول از یک منحنی و الگوی قابل پیش‌بینی تبعیّت می‌کند که بستگی به نوع محصول و نوع صنعت دارد.

این چرخه دارای ۴ مرحله به شرح زیر است:

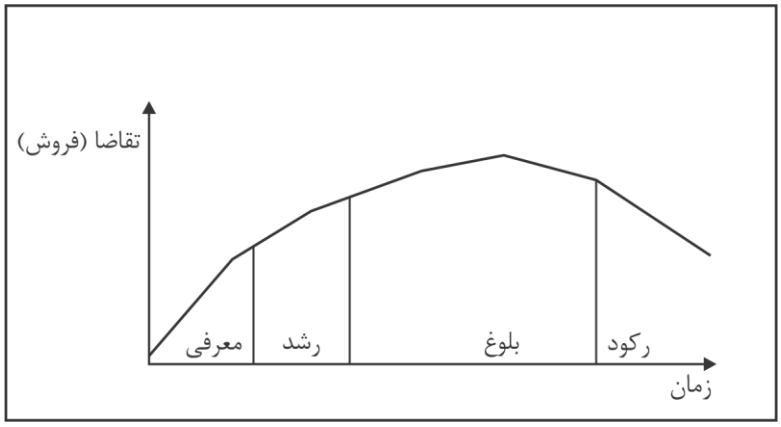
۱- مرحله معرفی: این مرحله همان ظهور یک محصول جدید است که به تعداد کم برای معرفی به بازار عرضه می‌شود. ویژگی‌ها و خصوصیّات منحصر به فرد محصول و کیفیّت آن در این مرحله مورد توجّه است. تنوع محصول در این مرحله زیاد امّا حجم تولید و عرضه آن کم است. با توجّه به بالا بودن هزینه‌های تولید در این مرحله، نه تنها سازمان سودآوری چندانی ندارد بلکه گاهی با زیان نیز روبه‌رو می‌شود. در این دوره هدف شناساندن محصول به مشتری و خصوصیّات آن و افزایش کیفیّت آن است. تبلیغات و فعالیّت‌های فروش نقش بسزایی در معرفی محصول دارد و رمز موفقیّت عبور از این مرحله، تحقیق و مهارت طراحان و مهندسین در تولید محصول و آزمایش نمودن بازار و شناساندن محصول به مشتریان است.

۲- مرحله رشد: چنانچه محصول، مرحله معرفی را با موفقیّت پشت سر گذارد، فروش افزایش می‌یابد و محصول وارد مرحله رشد می‌گردد. در این مرحله میزان تولید و عرضه کالا افزایش می‌یابد. بنابراین، هزینه‌های ثابت تولید سرشکن شده و هزینه‌های ثابت یک واحد کاهش یافته و در نتیجه حاشیه سود افزایش می‌یابد. البته قیمت محصول باید تا حدودی افزایش یابد تا بتواند زیان‌های گذشته را جبران کند. توزیع صحیح کالا، جلب اعتماد توزیع‌کنندگان، عمده فروشان، خرده فروشان و مصرف‌کنندگان در این مرحله نقش بسزایی دارد. تعیین نام مناسب برای محصول در این مرحله انجام می‌پذیرد.

۳- مرحله بلوغ: بعد از عبور موفقیّت‌آمیز از مرحله رشد، محصول وارد مرحله بلوغ می‌شود. در این مرحله فروش افزایش می‌یابد، امّا رقابت نیز محسوس می‌گردد و رقبا کالای خود را به بازار عرضه می‌نمایند و رقابت برای کاهش قیمت‌ها و کاهش هزینه‌های

تولید شدّت می‌یابد. در این مرحله سازمان با تغییر و توسعه محصول، کیفیّت و تنوع محصول را افزایش می‌دهد. افزایش رقابت موجب می‌گردد که فروش محصول به حد اشباع رسد. از این مرحله به بعد، عرضه نسبت به تقاضا افزایش یافته و فروش سازمان به تدریج کم می‌شود و رقابت در قیمت، کیفیّت و بازاریابی افزایش می‌یابد.

۴- مرحله نزول: در این مرحله فروش با سرعت بیشتری کاهش یافته و حاشیه سود کم می‌شود، بیشترین توجّه مدیران، به کاهش هزنیه‌ها است. در این مرحله صلاح نیست که تغییرات کوچک با هزینه زیاد در محصول به وجود آید. تیم طراحی در برخی اوقات با تغییر اساسی در محصول رسیدن به این مرحله را کند می‌نماید. از طرفی گاهی اوقات، عدم تلاش برای کاهش هزینه‌ها و پاسخگویی رقبا، موجب مرگ محصول می‌شود.



شکل (۳-۴) منحنی عمر محصول

همان‌طور که ذکر شد، سرعت عبور از هر یک از مراحل فوق به صنعت محصول و بکارگیری سیاست‌های به موقع در چرخه حیات عمر محصول، بستگی دارد. محصولاتی که دارای تکنولوژی بالایی است سریع‌تر از این مرحله عبور می‌نماید.

برای مثال، با توجّه به رشد تکنولوژی در هر روز، چرخه حیات محصول کامپیوتر سریع‌تر از دیگر محصولات مانند محصولات غذایی یا مصرفی به پایان می‌رسد.

مراحل تبدیل ایده به طرح محصول و توسعه آن

اصولاً طراحی هر محصول از بروز ایده‌ها و نظرات شروع شده و به یک طرح نهایی تبدیل می‌گردد. البته، طرح نهایی نیز ایستا نبوده و متناسب با تغییرات بازار و مشتریان و تحوّلات درون سازمانی تغییر می‌نماید. مراحل فوق به شرح زیر است:

۱- جمع‌آوری ایده‌ها و نظرات: اکتساب ایده‌ها از منابع مختلفی مانند پیشنهاد کارکنان سازمان، پیشنهاد مشتریان، تشخیص نیازهای مشتری توسط بخش فروش و خدمات پس از فروش، مطالعه وضعیّت رقبا، و نتایج تحقیقات بخش‌های تحقیقاتی داخل و خارج از سازمان انجام می‌شود.

۲- غربال کردن ایده‌ها: در این مرحله از جنبه‌های مختلف ارزیابی ایده‌ها انجام می‌شود.

۱-۲ مطالعه بازاریابی: که باید برای انجام غربال باید به سؤالات زیر پاسخ داده شود.

- اندازه بازار چه میزان است؟
- عملکرد محصول در بازار چگونه خواهد بود؟
- تقاضای بازار برای محصول چه میزان خواهد بود؟
- پراکندگی جغرافیایی بازار چگونه است؟
- آیا محصولات مشابه در بازار وجود دارد؟

۲-۲ مطالعه امکان‌پذیری تولید: آیا با امکانات و منابع موجود، می‌توان محصول فوق را تولید نمود و یا امکان فراهم نمودن امکانات تولید و منابع آن وجود دارد؟

- آیا مواد اوّلیه آن قابل دسترسی است؟
- آیا تجهیزان و ماشین‌آلات مورد نیاز تولید قابل دسترس است؟
- آیا مهارت فنی و دانش تولید آن وجود دارد؟
- آیا مهارت نیروی کار و مدیریتی برای تولید آن در اختیار است؟

۲-۳ مطالعه امکان‌پذیری مالی: هدف در این مرحله پیش‌بینی قیمت تمام شده و امکان‌پذیری برگشت سرمایه و.... است که سؤالات مطرح شده عبارتند از:

- میزان سرمایه‌گذاری مورد نیاز چقدر است؟
- حاشیه سود چه میزان است؟
- نرخ برگشت سرمایه چقدر است؟
- دوره بازگشت سرمایه چقدر است؟

۳- تهیّه طرح مقدماتی: هدف از این مرحله، مشخّص کردن قطعات تشکیل دهنده و تعریف فرآیند تولیدی مورد نیاز است که بر روی امکان‌پذیری تولید آن توافق شده باشد.

۴- مرحله ارزیابی و بهبود: هدف از این مرحله ارزیابی محصول و بهبود آن قبل از تست محصول در بازار است. تکنیک‌های مورد استفاده در این مرحله عبارتند از:

۴-۱ رویکردی مشتری‌مدار به طرح‌ریزی و بهبود کیفیّت محصول QFD [1]

۴-۲ مهندسی ارزش [2]

۴-۳ روش تاگوچی [3]

۴-۴ روش بررسی حالات خرابی (شکست) و آثار آن FMEA [4]

۴-۱ رویکردی مشتری‌مدار به طرح‌ریزی و بهبود کیفیّت محصول (QFD):

به فرآیندی گروهی و منظم اطلاق می‌شود که برای برنامه‌ریزی و طراحی محصولات جدید یا بهبود محصولات موجود با توجّه به موارد زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۱- نیازمندی‌های مشتریان ۲- اطلاعات محیط رقابتی و نیازهای بازار ۳- بکارگیری کار تیمی ۴- تهیّه طرح‌های انعطاف‌پذیر ۵- تبدیل نیازمندی‌های کیفی به اهداف قابل سنجش

در فرآیند (QFD)، ابتدا نیازهای مشتری به نیازمندی‌های طراحی یا مهندسی تبدیل می‌شود. سپس با توجّه به نیازمندی‌های طراحی یا مهندسی ویژگی‌های قطعه یا محصول تدوین می‌گردد. آنگاه با توجّه به این ویژگی‌ها، عملیّات ساخت محصول به‌طور گام به گام تعیین می‌شود و سپس عملیّات مربوط به کنترل فرآیند ساخت طراحی و تنظیم می‌شود. با نگاهی دقیق می‌توان دریافت که، با اجرای فرآیند (QFD) در واقع، فرآیند تولید مطابق با درخواست مشتریان طراحی شده و با اجرای پویای (QFD) می‌توان آن را مرتباً به روز درآورد. در واقع فرآیند (QFD) جزئی از مدیریّت کیفیّت جامع (TQM) است که به مهندسی کیفیّت در سازمان کمک می‌کند و به‌طور خلاصه می‌توان بیان نمود که هدف از (QFD) اطمینان از اینست که، آیا طرح نهایی می‌تواند نیازهای واقعی مشتری را تأمین کند یا خیر؟

---

[1] Quality Function Deployment
[2] Value Engineering
[3] Taguchi Method
[4] Failure Mode & Effect Analysis

ماتریس خانه کیفیّت[1] (HOQ)، یکی از روش‌های اصلی (QFD) است که در سال ۱۶۸۸ توسط کلازینک[2] مطرح گردید. این ماتریس ابزاری است که می‌توان از طریق آن، داده‌ها و مشخّصات محصول را جمع‌آوری نمود تا شانس موفقیّت محصول افزایش یابد. همچنین تعیین می‌کند که برای نیل به این مقصود چه ویژگی‌هایی از محصول باید تغییر یابد. اجزای تشکیل دهنده ماتریس فوق عبارتند از:

شکل (۴-۴) ماتریس خانه کیفیّت

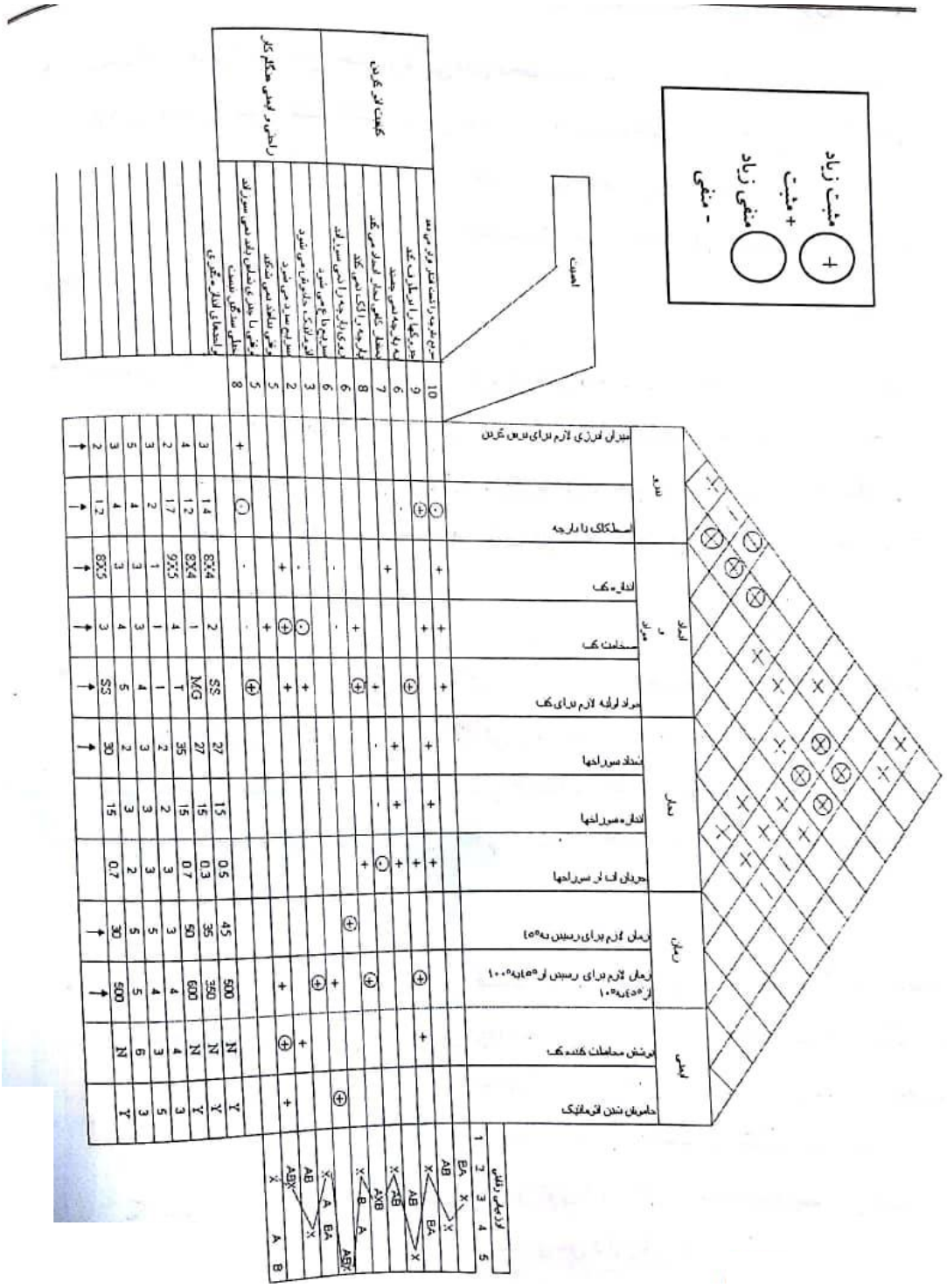
- نیازهای مشتری: در بخش اوّل خانه کیفیّت موارد مختلفی که مشتری در رابطه با محصول در نظر می‌گیرد لیست می‌شوند و در مقابل هر مورد، ضریب اهمیّت آن قرار داده می‌شود. ضریب اهمیّت موارد باید توسط کارشناسان و متخصّصان تعیین گردد.
- برای مثال در مورد محصول اتو، نیازهای مشتری می‌تواند عدم‌چسبندگی اتو با پارچه، عدم ایجاد لک بر روی آن و دارا بودن درجه اندازه‌گیری می‌باشد.
- ارزیابی رقابتی: در هر ردیف از نیازهای مشتری ارزیابی رقابتی محصولات مورد مقایسه انجام می‌گیرد. برای مثال سه طرح مختلف از یک محصول تهیّه شده است که در رابطه با ویژگی مربوطه سنجیده می‌شوند و هر طرح که بیشتر مورد توجّه مشتریان قرار گرفته است جلوتر از دیگران قرار داده می‌شود.
- مشخّصات محصول: در این بخش ویژگی‌های محصول لیست می‌شود. ویژگی‌های محصول به نیازهای مشتری بسیار شبیه است با این تفاوت که عبارت‌های بکار رفته در ویژگی‌های محصول، با زبان و عبارات مهندسی مربوطه همراه است و حالتی تخصّصی تر دارد.

به‌طور مثال، برای محصول اتو ویژگی‌های فوق عبارتند از: میزان انرژی لازم برای فشردن پارچه، اصطکاک با پارچه و غیره.

- ماتریس تعادل: در ماتریس تعادل تمام ویژگی‌های محصول دو بدو با یکدیگر سنجیده می‌شوند و تعیین می‌شود که دو ویژگی مورد مقایسه با یکدیگر، رابطه مستقیم یا معکوس دارند و یا هیچ ارتباطی ندارند. برای مثال، میزان انرژی لازم برای پرس کردن با اصطکاک با پارچه رابطه مستقیم و عادی دارد و با اندازه کف اتو رابطه معکوس و عادی و برای سایر موارد نیز به همین ترتیب است.
- ماتریس روابط: ماتریس روابط نیازهای مشتری را یک به یک با ویژگی‌های محصول می‌سنجد و تعیین می‌کند که بین هر ویژگی و هر نیاز مورد مقایسه رابطه مستقیم یا معکوس وجود دارد و یا هیچ رابطه‌ای وجود ندارد. برای مثال، رابطه بین سرعت فشردن پارچه و انرژی لازم برای پرس کردن آن معکوس و عادی است و رابطه بین سرعت فشردن و اصطکاک با پارچه معکوس و شدید است.
- ارزیابی فنی و اهداف طراحی: در این قسمت ارزیابی نهایی جدول انجام می‌گیرد و مطابق اطلاعات موجود در ماتریس تعیین می‌گردد که محصول مورد مقایسه با محصولات دیگر، (یا طرح در مقایسه با طرح‌های دیگر)، در چه ویژگی‌هایی

[1] House Of Quality
[2] Clausing

باید تغییر کند. برای مثال، در مقایسه سه اتوی D, C, B ویژگی سرعت تحت فشار قرار دادن پارچه، در مقایسه چند طرح اتو با یکدیگر اتوی B امتیاز ۱/۸، اتوی C ۲/۲، و اتوی D ۳/۳ را به خود تخصیص می‌دهند. و به همین ترتیب دیگر خصوصیّات مورد نظر مشتری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.



شکل (۵-۴) نمونه‌ای از ماتریس خانه کیفیّت

۴-۲ مهندسی ارزش: مجموعه تکنیک‌هایی که هدف آن حذف هزینه‌های غیرضروری است که در افزایش ارزش و عملکرد محصول نقشی ایفا نمی‌کنند. از آنجایی که در طراحی و تولید یک محصول یا خدمت، قدم اوّل آگاهی از ویژگی‌هایی است که مشتریان از محصول یا خدمت انتظار دارند و با توجّه به محدودیّت منابع و پاسخگویی به مشتریان، سازمان‌ها را بر آن می‌دارد تا ویژگی‌هایی را که نزد مشتری اهمیّت بیشتری دارند، شناسایی کرده و بهترین راه حل را از نظر هزینه و کیفیّت برای دستیابی به آنها تعیین کند که تکنیک‌های مهندسی ارزش، ابزارهای مناسبی برای تحقیق این اهداف هستند.

۴-۳ روش تاگوچی: هدف از بکارگیری روش فوق افزایش استحکام طرح محصول و فرآیند تولید است. به گونه‌ای که محصول به نحوی تولید شود که در شرایط اضطراری هم دارای عملکرد صحیح باشد. برای مثال تلویزیون تولید شده به حدی باشد که در دمای محیط، بالاتر از ۶۰ درجه سانتیگراد هم دارای عملکرد مناسب باشد.

این روش دارای مراحل زیر است:

۴-۳-۱- تعیین مشخّصات محصول

۴-۳-۲- هماهنگ بودن فرآیند تولید با مشخّصات مورد نظر

۴-۳-۳- بدست آوردن محصولی که دارای مشخّصات فوق باشد

۴-۳-۴- تهیّه طرح نهایی و نمونه‌سازی که هدف این مرحله تبدیل طرح بهبود یافته در مرحله قبل به نمونه قابل ارائه به بازار است. در طرح نهایی مشخّصات قطعات تشکیل دهنده محصول از نظر مواد، اندازه، شکل، رنگ و خصوصیّات دیگر به شرح زیر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

- آیا عملکرد آن همان چیزی است که باید باشد و نیازها را برطرف می‌نماید.
- آیا قطعات با یکدیگر سازگار عمل می‌نمایند؟
- آیا امکانات حفظ و نگهداری را دارا است؟
- آیا اصول ایمنی در آن رعایت شده است و به انسان و محیط وی ضرر و زیان وارد نمی‌نماید؟
- ایا محصول قابل تولید است؟

۴-۳-۵- طراحی فرآیند تولید: در این مرحله برنامه‌ریزی نحوه ساخت ماشین‌آلات مورد نیاز، چیدمان ماشین‌آلات مطابق با فرآیند برنامه‌ریزی، حمل و نقل، تولید و توزیع مواد در بخش‌های مختلف کارخانه انجام می‌گیرد.

۴-۳-۶- طراحی خدمات پس از فروش و نحوه استفاده از محصول: برنامه‌ریزی جهت آموزش مصرف کننده، در مورد طرز صحیح مصرف آن و فراهم نمودن گارانتی و سرویس‌های تعمیر و نگهداری، نحوه توزیع قطعات یدکی و نحوه دریافت اطلاعات از مشتریان برای توسعه محصول پیش‌بینی می‌گردد.

لازم به ذکر است که در طول چرخه حیات محصول دائماً مورد ارزیابی، اصلاح و طراحی مجدد قرار می‌گیرد.

۴-۴ روش بررسی حالات خرابی (شکست) و آثار آن (FMEA)

روش بررسی حالات خرابی (شکست) و آثار آن یا FMEA روشی سیستماتیک برای شناسایی و پیشگیری از وقوع مشکل در محصول و فرآیند آن است. این روش بر جلوگیری از بروز عیب و نقص، افزایش ایمنی و افزایش رضایت مشتری تمرکز دارد.

اهداف FMEA:

۱- بهبود کیفیّت، قابلیّت اطمینان و ایمنی محصول

۲- کاهش زمان ورود به بازار

۳- کاهش هزینه

۴- شناسایی حالات شکست بالقوه و درجه شدّت آنها

۵- مستندسازی و پیگیری اقدامات انجام شده به منظور کاهش ریسک

۶- کمک در تهیّه یک طرح کنترل پایدار و با ثبات
۷- شناسایی مشخّصات بحرانی و ویژه
۸- شناسایی اقداماتی که می‌تواند احتمال وقوع خرابی‌های محتمل را کاهش داده یا از میان بردارد

- **گام‌های فرآیند FMEA**:

فرآیند FMEA شامل ده گام به شرح زیر است:

- گام اوّل: دوره مرور فرآیند
- گام دوم: ایجاد طوفان ذهنی برای تعیین الگوی شکست بالقوه
- گام سوم: فهرست کردن آثار شکست بالقوه
- گام چهارم: اختصاص یک درجه شدّت برای هر اثر
- گام پنجم: اختصاص یک درجه وقوع برای هر الگو شکست
- گام ششم: اختصاص یک درجه بازیابی (نشان دهنده احتمال وقوع یک شکست و تأثیر آن) برای هر الگوی شکست بالقوه و یا اثر آن
- گام هفتم: اختصاص نمره اولویّت خطرپذیری RPN
- گام هشتم: تشخیص اولویّت‌های الگوهای شکست برای هر اقدام لازم
- گام نهم: اقدام لازم برای حذف یا کاهش الگوهای شکست بالقوه دارای خطرپذیری بالا
- گام دهم: محاسبه RPN پس از کاهش و یا از بین بردن آثار الگوهای شکست بالقوه

عواملی که در طراحی محصول باید رعایت شود

الف) تعیین نیازمندی‌های مواد با توجّه به مشتری، عرضه کننده آن و امکانات تولید: ماهیّت مواد مورد استفاده و میزان دسترسی به آنها به تکنولوژی و فرصت‌های در اختیار سازمان بستگی دارد. گاهی اوقات مواد مورد استفاده در یک محصول ممکن است دارای تنوع با عرضه‌کنندگان محدود باشد، (مانند انتخاب نوع جنس کابینت برای تلویزیون که می‌تواند چوبی، پلاستیکی و.... باشد) و یا دارای عرضه‌کنندگان محدود باشد (مانند یک نوع چسب خاصّی که برای جایگذاری قطعات الکترونیکی بر روی برد مدار چاپی استفاده می‌شود).

در حال حاضر شرکت‌های بزرگ تولید کننده در طراحی محصول خود موادی را انتخاب می‌کنند که دارای عرضه‌کنندگان بسیاری باشند تا با ایجاد رقابت مواد را با کیفیّت بالاتر و قیمت پایین‌تر خریداری نمایند.

بنابراین، موادی که برای محصول انتخاب می‌شود باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

۱- نوع موادی که در محصول نهایی ارائه می‌گردد باید مورد پسند مشتری باشد. بنابراین باید دوام، مقاومت، ترکیب، وزن و شکل ظاهری، رنگ، ظرافت و بسته‌بندی آن با سلیقه مشتریان مورد نظر تطابق داشته باشد.
۲- عرضه‌کنندگان مواد، متعدد باشند تا بتوانند با قیمت و کیفیّت مناسب و در زمان مورد نظر، مواد مورد نیاز را فراهم نمایند.
۳- مواد به نحوی انتخاب گردد که مشکلاتی را در زمینه ارائه خدمات پس از فروش و تحویل به موقع فراهم نیاورد.
۴- انتخاب مواد با توجّه به هزینه‌های مربوط به آماده‌سازی آن و امکانات تولید انجام پذیرد که لازمه آن آزمایش مواد انتخاب شده از نقطه‌نظر فرآیند تولید است که دارا بودن دانش فنی در مورد خواص آن (سختی، انعطاف‌پذیری و وزن....) و آگاهی از قابلیّت سیستم‌های تولیدی موجود، شرطی لازم و ضروری است. تا بتوان آن را با ابزارهای مناسب تبدیل به محصول نهایی نمود.
۵- انتخاب مواد باید با دقّت، مطابق با مشخّصات و تولرانس‌ها (تغییرات مجاز در اندازه‌ها) انجام گیرد.

ب) رعایت سلولی (مدولار) بودن محصول: امروزه طراحی سلولی، به‌طور وسیعی در صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطالعه در صنعت لوازم خانگی مانند تلویزیون، کامپیوتر، خودروسازی و.... نشان می‌دهند که بدنه اصلی محصول کلیه محصولات آن تولید کننده با هم مشابه می‌باشند و با تغییر قطعات کوچکی بر روی آن تنوع بسیاری در مدل‌های محصول فراهم می‌آورند. برای مثال، شاسی کلیه‌ی تلویزیون‌ها با هم مشابه است که متناسب با سلیقه مشتریان و نیاز آنها از کابینت‌ها و لامپ تصویر با اندازه‌های متعددی (۱۴، ۱۵، ۲۱، ۳۴ اینچ) مونتاژ شده و به بازار عرضه می‌شود. علاوه بر ایجاد تنوع در محصول، تعمیرات و خدمات پس از فروش آن به مراتب ساده‌تر است. به‌طوری که تعمیرکار با تعویض یک قطعه، بدون صرف زمان و هزنیه بیشتر محصول را تعمیر می‌نماید در این صورت رضایت مشتری نیز افزایش می‌یابد. حسن دیگر طراحی سلولی، یکنواخت بودن مسیر تولید، در خطوط تولید است. به‌طوری که کلیه محصولات از مسیر مشخّص و یکنواختی عبور نموده و فرآیند تولید برای همه محصولات مشابه یکسان است. فقط در بخش مونتاژ نهایی مطابق با سلیقه مشتریان قطعات اضافی جایگذرای می‌گردد. در این صورت برنامه‌ریزی تولید و مواد و کنترل آن نیز ساده‌تر است.

ج) سهولت استفاده و نگهداری: محصول باید به نحوی طراحی گردد که از نظر استفاده، حفظ و نگهداری مشتریان ساده‌تر باشد. بنابراین، متناسب با جنسیّت مصرف‌کنندگان (زن یا مرد) یا سن و.... باشد و از طرفی ایمنی را برای انسان و محیط‌زیست او فراهم نماید.

استفاده از کامپیوتر در طراحی محصول CAD[۲]/CAM[۱]

امروزه استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری، برای ترسیم طرح محصول بسیار متداول است. امکان ویرایش مجدد و چرخاندن طرح به‌طور سریع، دو بعدی نمودن آن، امکان چاپ سریع، انعطاف‌پذیر بودن طرح و طبقه‌بندی و بازاریابی سریع داده‌ها از محاسن استفاده از نرم‌افزارهای طراحی است.

علاوه بر آن استفاده از کامپیوتر در طراحی (CAD) می‌تواند یک بانک اطلاعاتی را برای تولید کننده به وجود آورد که اطلاعات مورد نیاز مانند: مختصات ابعاد محصول، تولرانس‌ها، مشخّصات فنی آن و.... بر روی آن ثبت می‌شود.

در این صورت ماشین‌آلات تولید کننده باید این امکان را دارا باشند که، طرح را مستقیماً از کامپیوتر دریافت کنند و مطابق طرح تولید نمایند. استفاده از کامپیوتر برای تولید (CAM)، انجام این امر را امکان‌پذیر می‌نماید.

قابلیّت اطمینان[۳]

قابلیّت اطمینان یک سیستم، احتمال از کار نیافتادن یک سیستم در یک دوره‌ی معیّنی از زمان است و از آنجایی که یک سیستم از اجزایی تشکیل شده است، قابلیّت اطمینان یک سیستم با توجّه به قابلیّت اطمینان اجزاء آن محاسبه می‌شود. اجزاء یک سیستم معمولاً به یکی از سه وضعیّت سری، موازی یا ترکیبی از سری و موازی به یکدیگر اتصال دارند.

۱) تعیین قابلیّت اطمینان یک سیستم در وضعیّت سری: اگر اجزاء یک سیستم به شکل سری به هم متصل باشند، قابلیّت اطمینان کل سیستم از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$R = \prod_{i=1}^{n} R_i$$ رابطه (۱-۴)

[1] Computer Aided Manufacturing
[2] Computer Aided Design
[3] Reliability