



جزوه درسی
حمیدرضا کیا

برنامه ریزی تولید

استاد: حمیدرضا کیا



مدیریت تولید

طبق تعریف مدیریت، فرآیند تصمیم‌گیری است که با بهره‌گیری از منابع محدود، هدف مشخصی را دنبال می‌کند. بنابراین مدیریت تولید می‌تواند به عنوان فرآیند تصمیم‌گیری در زمینه مباحث تولیدی در نظر گرفته شود که اجزای آن عبارت از: برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، کنترل و هدایت با انگیزش نیروی انسانی می‌باشد.

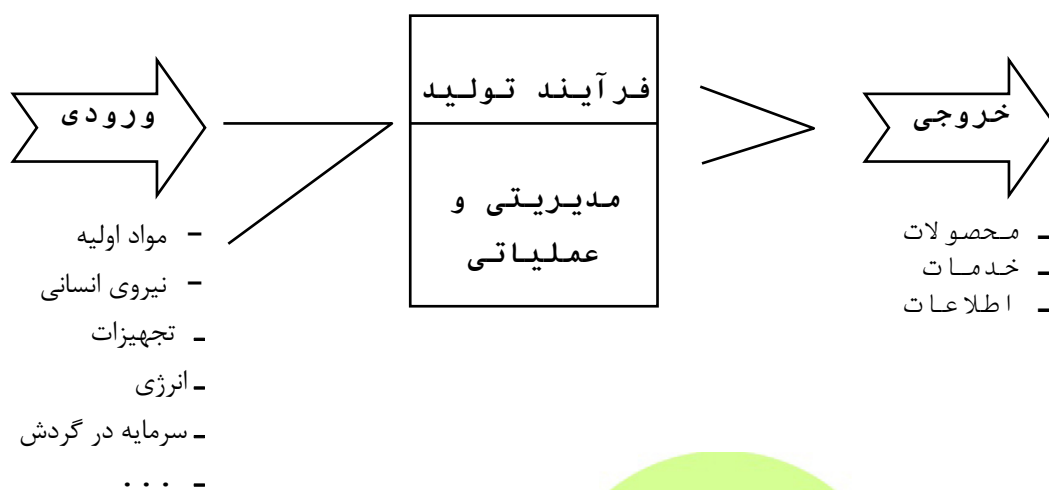
فرآیند

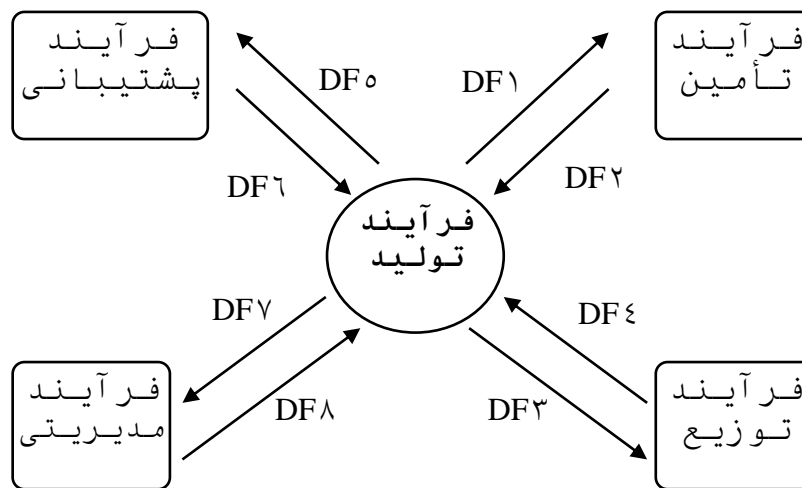
هر فعالیتی که منابعی را در اختیار بگیرد و آن را در جهت تبدیل ورودی به خروجی مدیریت کند، فرآیند نام دارد (استاندارد ISO ۹۰۰۰، ویرایش ۲۰۰۰).



برخی از فرآیندهای یک واحد تولیدی شامل موارد زیر است:

«فرآیند تأمین - فرآیند تولید - فرآیند توزیع - فرآیند پشتیبانی - فرآیند مدیریتی»





- DF1: مواد اولیه مورد نیاز
- DF2: اطلاعات موجودی + تأمین مواد اولیه
- DF3: گزارش میزان تولید + اطلاعات در زمینه ظرفیت تولیدی + برنامه تولید
- DF4: تقاضای بازار در قالب سفارش تولیدی + پیش‌بینی تقاضا + پیشنهاد در مورد برنامه تولید
- DF5: برنامه تولید + نیازهای تعمیراتی + نیازهای نیروی انسانی + نیازهای خدمات پشتیبانی
- DF6: برنامه نگهداری و تعمیرات + گرایش پرودیک + گزارش‌های عدم انطباق قطعات و محصول + حقوق و دستمزد
- DF7: گزارش‌های ماهیانه + داده‌ها و اطلاعات
- DF8: دستورات مدیریتی + تصمیمات + سیاست‌های تولیدی + اصلاحیه‌های برنامه تولیدی

ویژگی‌های محیط جدید تولید

- افزایش تنوع محصولات
- کاهش شدید دوره عمر محصولات
- افزایش درک و آگاهی عموم نسبت به تأثیر زیست‌محیطی سیستم‌های تولیدی و محصولات آنها
- تغییر الگوهای هزینه
- دشواری در برآورد هزینه‌ها و منافع فن‌آوری یکپارچه
- تغییر انتظارات اجتماعی

دسته بندی سازمان ها و شرکت ها

دسته بندی اول ⇐ بر اساس نوع فعالیت

در این دسته بندی بر اساس نوع فعالیت، سازمان ها به سه گروه زیر تقسیم می شوند:

- ۱) سازمان های استخراج از منابع طبیعی (مثل معادن): به طبیعت به عنوان تنها منبع با ارزش متکی است.
- ۲) احداث و ساخت: شامل پالایش، تبدیل، ساختن و تولید کردن، مونتاژ و نصب است. در اواخر قرن ۱۸ و اوایل قرن ۱۹ ساخت یک عامل در به وجود آوردن ارزش معرفی شد.
- ۳) خدمات ⇐ یعنی ایجاد مطلوبیت برای مشتری: مطلوبیت در اواخر قرن ۱۹ توسط اقتصاددانان، ”رضایت مورد درخواست بشر تعریف شده است.“ کالای فیزیکی تحویل نمی دهند. (صنعت سوم)

دسته بندی دوم ⇐ بر اساس ماهیت محصول

بر این اساس، سازمان ها و یا شرکت ها به سه گروه تقسیم می شوند:

۱. صنایع تولیدی: که به طور مستقیم در تولید کالا نقش دارند. این گروه خود به دو بخش تقسیم می شوند:
 - ۱-۱) صنایع تولید پیوسته (Continuous-process production industries) ⇐ ترکیب، جداسازی، شکل دادن و یا انجام واکنش های شیمیایی به منظور ایجاد ارزش افزوده در ورودی ها (دسته ای یا پیوسته).
- APICS = American Production and Inventory Control Society
- ۲-۱) صنایع تولید قطعات گسسته (Discrete-item manufacturing industries) ⇐ به صورت تولید گسسته، قابل شمارش و منفک توصیف می شود. در هر بار یک قطعه یا محصول ساخته می شود. ساخت قطعات محصول اغلب در کارگاه های مختلف و در نهایت مونتاژ آنها از ویژگی های این صنایع است.
۲. صنایع پروژه ای: در این صنایع، مواد و ابزار و پرسنل به محلی که محصول ساخته می شود و یا شکل می گیرد منتقل می شوند، و معمولاً تک محصولی می باشند؛ مثل: ساخت پالایشگاه.
- تعریف پروژه از دیدگاه مهندسی صنایع: یک فعالیت بزرگ در یک زمان مشخص مانند طراحی یک محصول

جدید، کشتی سازی و ...

۳. صنایع خدماتی: صنایعی هستند که کالا تولید نمی کنند، بلکه خدمات مشخصی را ارائه می دهند.

* نکته: خدمات، برخلاف محصولات قابل لمس نیستند، اما تأثیر آن را می توان مشاهده نمود.

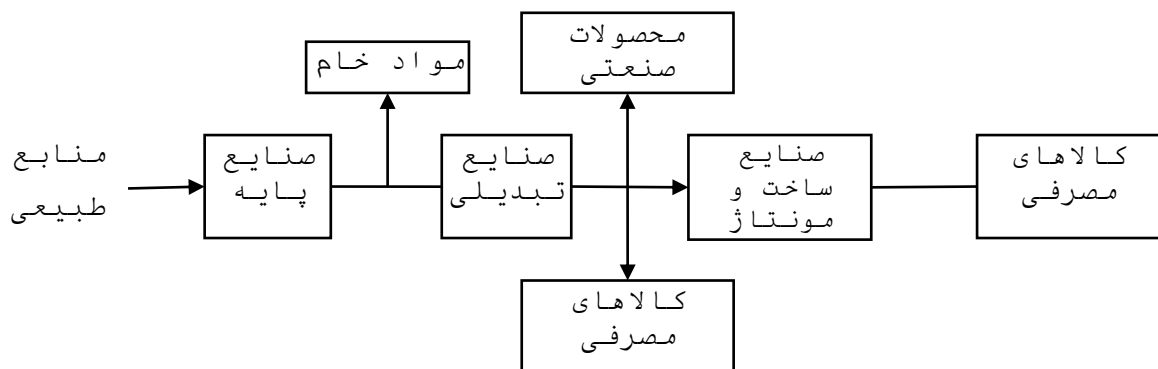
* دسته بندی صنایع تولیدی بر اساس نوع فعالیت

۱. صنایع پایه (استخراج و تصفیه مواد خام) ⇐ سنگ آهن خام به شمش فولاد تبدیل می شود.

۲. صنایع تبدیلی (پردازش کننده مواد) ⇐ شمش فولاد به پروفیل ها، لوله ها، ظروف فلزی تبدیل می شود.

⇐ صنایع پتروشیمی، تولیدات نفتی را به مواد پلیمری تبدیل می کنند.

۳. صنایع ساخت و مونتاژ ⇐ مواد پلیمری را به اشکال مختلف قالب گیری می کنند.



دسته بندی سوم ⇐ بر اساس مقدار تولید

این دسته بندی به هر دو گروه تولید پیوسته و تولید قطعات گسسته مربوط می شود. در این دسته بندی، صنایع

تولید به چهار گروه تقسیم می شوند:

۱. گروه اول: تولید کارگاهی (Job Shop Production)

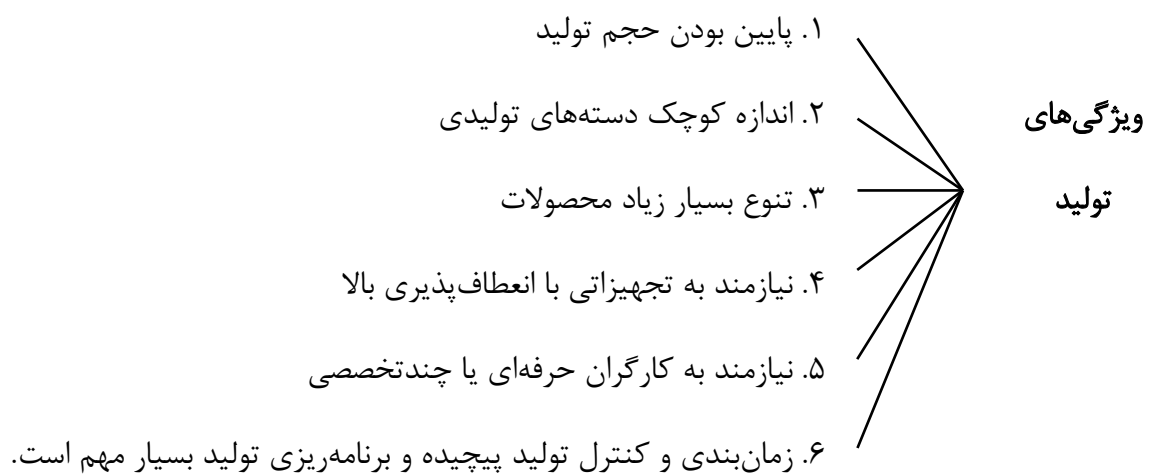
تولید در این سیستم با حجم کم و در طیف وسیعی از محصولات انجام می پذیرد. تعداد قطعات استاندارد در این محصولات بسیار کم است و تنها برخی از قطعات عمومی و بسیار متداول به کار گرفته می شود. واحد تولیدی برای ساخت محصولات مختلف نیاز به قابلیت بالا در تولید انعطاف پذیر دارد. برای تحقق این امر به تجهیزات انعطاف پذیر

جهت انجام فعالیت های مختلف و نیروی کار ماهر نیاز است. تولید کارگاهی معمولاً بر طبق سیاست موجودی

سیستم‌های ETO یا MTO عمل می‌نماید. یک مثال موردی از تولید کارگاهی، کارگاه ماشین‌کاری است که به صورت پیمانکاری یا قراردادی فعالیت می‌کند.

در این فرآیند تولیدی، عملیات مشابهی در کارگاه‌های اختصاصی بر روی محصول انجام می‌گیرد؛ مثل: فرزکاری، تراشکاری، فورجینگ، مونتاژ و

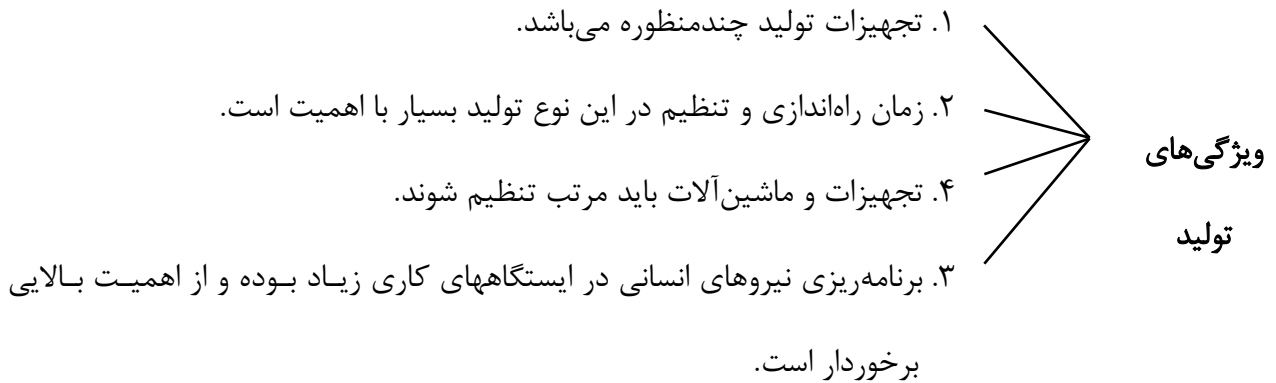
در واقع با عبور محصول از هر کارگاه یا ایستگاه کاری عملیات خاصی روی آن صورت می‌گیرد تا به محصول نهایی تبدیل شود. از ویژگی‌های کارگاه تولیدی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.



۲. گروه دوم: تولید دسته‌ای (Batch or Intermittent Production)

ویژگی اصلی تولید دسته‌ای، حجم متوسط تولید در طیف متوسطی از محصولات است. تولید دسته‌ای عبارت است از تولید محصولات در دسته‌ها یا انباشته‌های کوچک از طریق مجموعه‌ای از عملیات متفاوت به گونه‌ای که غالباً باید پیش از آغاز عملیات بعدی، عملیات قبلی بر تمام قطعات آن دسته یا انباشته انجام گرفته باشد. این سیستم باید به میزان قابل توجهی انعطاف‌پذیر بوده و تجهیزاتی عمومی یا به اصطلاح همه‌منظوره برای ارضای نیازهای متغیر مشتری و تغییرات تقاضا در اختیار داشته باشد. تولید دسته‌ای در وضعیتی مابین تولید کاملاً کارگاهی و تولید انبوه به کار گرفته می‌شود. در این موارد کمیت تولید در حدی نیست که بتواند هزینه‌های تولید انبوه را توجیه کند. اندازه انباشته‌ها در تولید دسته‌ای به گونه‌ای انتخاب می‌شود که در حد امکان هزینه آماده‌سازی دستگاه سرشکن شود. این روش به واسطه تنوع توأم با حجم بالا از پیچیدگی بیشتری نسبت به تولید کارگاهی برخوردار است. برای ذکر نمونه‌ای از تولید دسته‌ای می‌توان به ساخت و مونتاژ ماشین‌های ابزار اشاره کرد.

تولید دسته‌ای به عنوان فرمی از تولید که در آن قطعات به صورت دسته‌ای از کارگاه‌های تخصصی عبور می‌کنند و هر دسته ممکن است یک مسیر متفاوتی داشته باشد. این دسته‌ها شامل تولید دسته‌های با اندازه متوسط از کالا یا محصولات یکسانی باشند (در حالی که می‌تواند اندازه‌های مختلفی داشته باشند).



۳. گروه سوم: تولید انبوه (Mass Production)

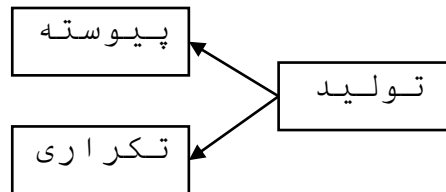
حجم بالای تولید و تنوع پایین محصول مشخصه اصلی تولید انبوه است. محصولات تولیدی در این روش غالباً استاندارد می‌باشد و معمولاً تقاضا برای محصول ثابت بوده و تغییر طرح محصول در یک دوره کوتاه مدت یا میان مدت به ندرت انجام می‌پذیرد.

تسهیلات تولیدی در این روش، ماشین‌آلات ویژه و تخصصی را می‌طلبد. هرچند قیمت این ماشین‌آلات بسیار گران است، با این حال این هزینه در تولید بالا سرشکن می‌شود. در ارتباط با تولید انبوه به نوعی اتوماسیون با عنوان **اتوماسیون سخت یا اتوماسیون نوع دیترویت** برمی‌خوریم. واژه سخت در اینجا نشان‌دهنده حالت اختصاصی و غیرمنعطف ماشین‌آلات مزبور می‌باشد. از تولید و مونتاژ خودرو معمولاً به عنوان مثال کلاسیک تولید انبوه یاد شده است.

در این سیستم، تنوع محصولات فوق‌العاده پایین بوده و در عوض حجم تولید بسیار بالاست. در این سیستم‌های تولیدی نیاز به کارگران با تخصص پایین است ولی دستگاه‌ها و تجهیزات باید تخصصی و در صورت نیاز، خودکار باشند، تجهیزات مورد استفاده در سیستم‌های تولید انبوه گاهی وقت‌ها به اتوماسیون سخت (اتوماسیون نوع دیترویت) مرسوم است.

در واقع به دلیل اهمیت بیشتر دستگاه‌ها نسبت به نیروی کار و همچنین به دلیل پیچیدگی دستگاه‌ها در این نوع سیستم‌های تولیدی به چنین تجهیزاتی، اتوماسیون سخت می‌گویند و به دلیل اینکه معمولاً در گذشته خودرو به روش

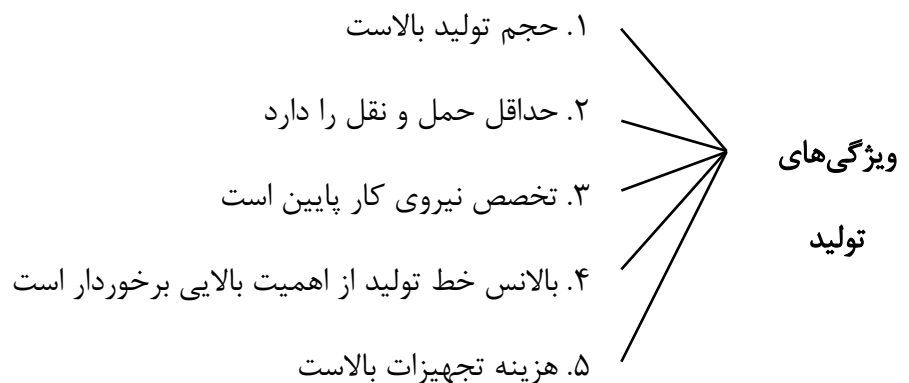
تولید انبوه تولید می گردید و اینکه اغلب شرکت های خودروسازی در آمریکا در شهر دیترویت قرار داشتند به چنین نظام هایی، اتوماسیون نوع دیترویت می گویند.



- تولید محصولات پیوسته با استفاده از فرآیند جریان مواد تولید پیوسته نامیده می شود.
- تولید محصولات گسسته با استفاده از فرآیند جریان مواد تولید تکراری نامیده می شود.
- جریان مواد ← در این طرح، محصول قدم های پی در پی را طی می کند.

* مثال تولید انبوهی:

ماشین T مدل Ford: ۲۷-۱۹۰۸: ۱۵ میلیون دستگاه.



۴. گروه چهارم: تولید سلولی (Cellular Production)

این نوع سیستم تولیدی بر اساس تکنولوژی گروهی بنا شده است که در پی رسیدن به افزایش کارایی با بهره گیری از تشابهات ذاتی قطعات تولیدی است. این سیستم، ترکیبی از تولید کارگاهی و تکراری است. به عبارت دیگر هر سلول یک کارخانه است.

تعریف خانواده قطعات ← گروهی از قطعات که دارای نیازهای تولید مشابهی هستند و در یک خانواده قرار می گیرند.

تعریف سلول ← مهارت های انسانی و تمامی تجهیزات مورد نیاز برای تولید محصولات هر خانواده در یک سلول قرار می گیرند.

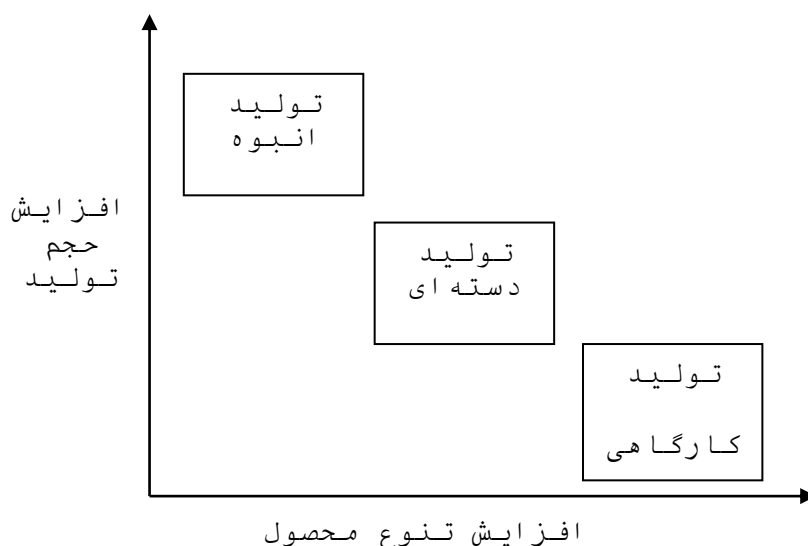
تجهیزات هر سلول معمولاً یک بار تنظیم می‌شوند. خروجی یک سلول، محصول نهایی دارد. به عبارتی دیگر هر سلول به تنهایی یک کارخانه می‌باشد.

اصطلاح کارخانه کوچک (Mini Plant) در Mini Plant علاوه بر عمل تولید، فعالیت‌های مهندسی صنایع، مدیریت کیفیت، حسابداری و تقریباً تمام فعالیت‌های پشتیبانی انجام می‌شود. تحقیق و توسعه و خدمات نیروی انسانی وجود ندارد.

«مقایسه انواع سیستم‌های تولیدی گسترده»

تولید انبوه	تولید دسته‌ای	تولید کارگاهی
حجم تولید	متوسط	پایین
مهارت نیروی کار	متوسط	پایین
تجهیزات تخصصی	متوسط	پایین
پیچیدگی برنامه‌ریزی تولید	تقریباً بالا	پایین
تقاضا برای محصولات	متوسط	پایین

سازمان فرآیند تولید برای تولید گسترده



روند گرایش به انواع سیستم‌های تولیدی با گذشت زمان ↗ با توجه به اینکه در گذشته تعداد واحدهای تولیدی کم و تقاضا برای محصولات تولیدی واحدها بالا بود، بنابراین همواره امکان فروش محصولات وجود داشت در نتیجه از

سیستم‌های تولید انبوه استفاده می‌شد اما با گذشت زمان رقابت افزایش پیدا کرد. تعداد واحدهای تولیدی زیاد شد در نتیجه گرایش به سیستم‌های تولید دسته‌ای افزایش یافت که این روند در مورد صنایع خودروسازی به راحتی قابل مشاهده است. امروزه صنایع خودروسازی در اغلب نقاط دنیا (نظام‌های رقابتی) به صورت دسته‌ای تولید می‌شود.

دسته‌بندی چهار ← سیستم‌های تولیدی بر اساس سیستم‌های موجودی (موعد تحویل)

دسته‌بندی سیستم‌های تولید قطعات گسسته به سیستم‌های انبار - مبنا و سفارش - مبنا روشی دیگر در تقسیم این سیستم‌هاست. این دسته‌بندی‌ها که پیشتر نیز اشاره‌ای به آن شد شامل چهار سیستم زیر است:

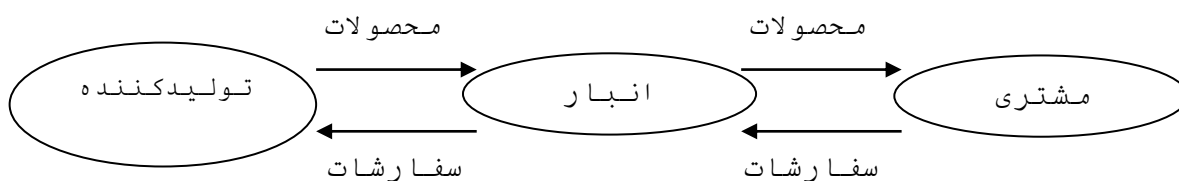
ساخت ذخیره‌ای (ساخت برای انبار)	Make-to-Stock (MTS)
مونتاژ طبق سفارش	Assemble-to-Order (ATO)
ساخت طبق سفارش	Make-to-Order (MTO)
مهندسی طبق سفارش	Engineering-to-Order (ETO)

تولید ذخیره‌ای (انبار مبنا) (MTS)

در سیستم تولید MTS میزان تقاضا برای محصولات مشخص به خوبی شناخته شده و قابل پیش‌بینی است. حجم تولید هر یک از اقلام در این شرایط افزایش یافته و معمولاً تعامل مستقیم سازنده و مشتری به سطح پایینی می‌رسد. در واقع تحویل کالا به مشتری وابسته به وجود آن در انباشته محصول نهایی یا انبار می‌باشد. انبار محصول نهایی به عنوان یک محافظ در برابر تقاضای غیرقطعی عمل می‌کند. واضح است که در این روش امکان دارد هزینه نگهداری موجودی بالا باشد. در ضمن تولیدکننده نیز باید ریسک منسوخ شدن محصول را نیز متحمل شود. با این حال معمولاً زمان پیشبرد سفارش مشتری بسیار کوتاه است، یعنی فاصله کمتری از سفارش دهی تا هنگام تحویل طی می‌شود.

معمولاً محصولات تولیدشده در انبار ذخیره می‌شود، تقاضا برای محصولات تولیدشده همواره وجود دارد و میزان موجودی به نحوی تنظیم می‌شود که اولاً از نظر هزینه به صرفه باشد و ثانیاً امکان فاسد شدن یا منسوخ شدن برای محصولات وجود نداشته باشد. در این سیستم موعد تحویل بسیار کوتاه بوده و به محض دریافت سفارش مشتری به

دلیل وجود کالا، تقاضای مشتری تأمین می‌شود. علم کنترل موجودی، بیشتر در این زمینه گسترش یافته است.



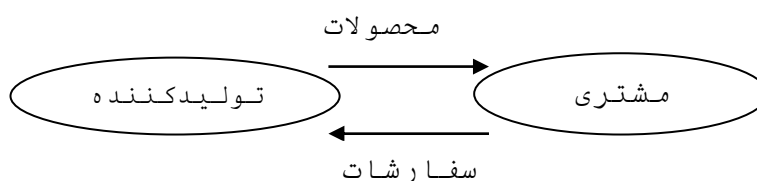
مونتاژ طبق سفارش (ATO)

در سیستم تولید ATO با ترکیبی از قطعات ساده و مرکب به عنوان هسته اصلی و بر اساس سفارش مشتری به مونتاژ محصولات پرداخته می‌شود. مینی کامپیوترها نمونه‌ای از یک محصول ATO هستند که ترکیب دقیق آنها شامل میزان حافظه، تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها، لوازم جانبی، ملحقات و موارد دیگر توسط مشتری مشخص می‌شود، ولی در مقام عمل برای مونتاژ آنها از ترکیب یک سری مدل‌ها و زیر مونتاژهای از قبل آماده شده به عنوان هسته اصلی استفاده می‌شود. مشتری در این سیستم از طریق سازمان فروش با تولیدکننده تماس گرفته و سازمان مزبور سفارش مشتری را در قالب یک سری سفارشات مناسب برای کارخانه تهیه و تنظیم می‌کند.

زمان پیشبرد یک سفارش (از آغاز سفارش محصول نهایی هنگام دریافت سفارش مشتری انجام می‌شود، دیگر هیچ انباشته‌ای از محصول نهایی نخواهیم داشت.

در این سیستم قطعات و محصولات نیمه‌ساخته از قبل تهیه می‌شود و به سفارش مشتری مطابق با سیستم مشتری مونتاژ نهایی صورت می‌گیرد تا کالای نهایی به مشتری تحویل داده شود. در این سیستم نیز معمولاً موعد تحویل کوتاه است.

در مونتاژ سفارشی، محصولات را آماده نگه نمی‌دارند. معمولاً قطعات و محصولات نیمه‌ساخته را از قبل تهیه می‌کنند و به محض دریافت سفارش مشتری، مونتاژ نموده و محصول نهایی را آماده و تحویل مشتری می‌دهند. در اینجا نیز موعد تحویل تقریباً کوتاه است؛ مانند تولید انواع کامپیوترها.



ساخت طبق سفارش (MTO)

انتخاب محصولات در سیستم تولیدی MTO توسط مشتری و بر اساس طرح‌های موجود انجام می‌شود. به عنوان مثال در ساخت مبلمان و دکراسیون اداره یا آشپزخانه می‌توان بر اساس سفارش مشتری عمل کرد. نکته مهم در این روش آن است که فرایند مواد باید پس از دریافت سفارش مشتری انجام شود.

از یک نظر MTS و MTO را می‌توان دو طبقه کاملاً مشخص و قابل قبول در یک دسته‌بندی دانست، در حالی که ATO حالتی میان آن دو را دارا می‌باشد.

در این سیستم طرح‌ها مربوط به ساخت محصول نهایی موجود می‌باشد. پس از انتخاب طرح موردنظر توسط مشتری، فرآیند ساخت مواد شروع می‌شود. بنابراین ما بر اساس طرح انتخابی مشتری تولید می‌کنیم. حتی در بعضی از موارد مواد اولیه نیز پس از سفارش مشتری برای تولید محصول موردنظر خریداری می‌گردد. موعد تحویل در این حالت نسبتاً زیاد می‌باشد.

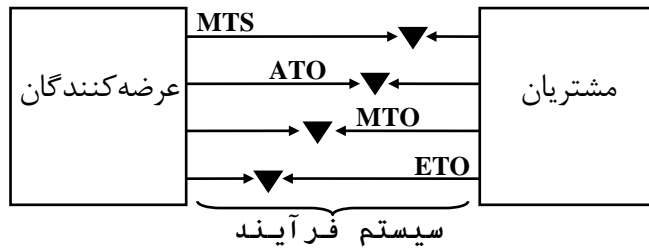
مهندسی طبق سفارش (ETO)

سفارش مشتری در سیستم ETO به یک طرح مهندسی جدید و توسعه یافته نیاز دارد. به طور کلی محصول در این سیستم بر اساس مشخصات موردنظر مشتری طراحی می‌شود. در واقع تعداد اندکی از شرکت‌های تولیدی دقیقاً بر اساس MTO، ATO، MTS یا ETO عمل می‌کنند. عملاً هر شرکتی بخشی از عناصر این سیستم‌ها را دارد. به عنوان مثال میان MTO، ATO یا MTS و ETO گاه تنها یک درجه تفاوت است. اگر نگاهی دوباره به مبحث روند تولید و روند سفارش‌گرای آن در ابتدای فصل داشته باشیم، در می‌یابیم که تکامل سیستم‌های تولیدی در جهت فاصله گرفتن از MTS به سوی سیستم‌های ATO و MTO و در نهایت وصول ETO می‌باشد. در حقیقت هر یک از ATO و MTO و ETO با درجه‌ای اختلاف در سیستم‌های مشتری‌گرا یا منطبق بر سفارش مشتری می‌گنجد.

در این سیستم تولیدی، طرح محصول پس از دریافت مشتری تهیه می‌شود و پس از تأیید توسط مشتری، فرآیند خرید مواد اولیه و فرآیند ساخت صورت می‌گیرد. موعد تحویل در این سیستم معمولاً بالا بوده و تعداد محصول تولید شده بسیار کم و در برخی از موارد تک‌محصولی می‌باشد. کالای نهایی برای مشتری هزینه‌های زیادی دارد. بنابراین این سیستم معمولاً برای کالاهای لوکس می‌باشد.

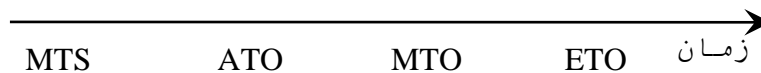
(Customer Order Decoupling Point) (CODP)

نقطه‌ای در جریان تولید است که بعد از آن نقطه، مواد به سفارش مشتری اختصاص می‌یابند. این نقطه در مسیر حرکت از محیط MTS به محیط ETO جایگاه متفاوتی را به خود اختصاص می‌دهد.



→: تولید بر اساس پیش‌بینی
←: تولید بر اساس سفارشات
▼: نقطه انفصال مشتری

گستره تغییرات در تولید



سیستم‌های تولید و مونتاژ انعطاف‌پذیر (FMS)

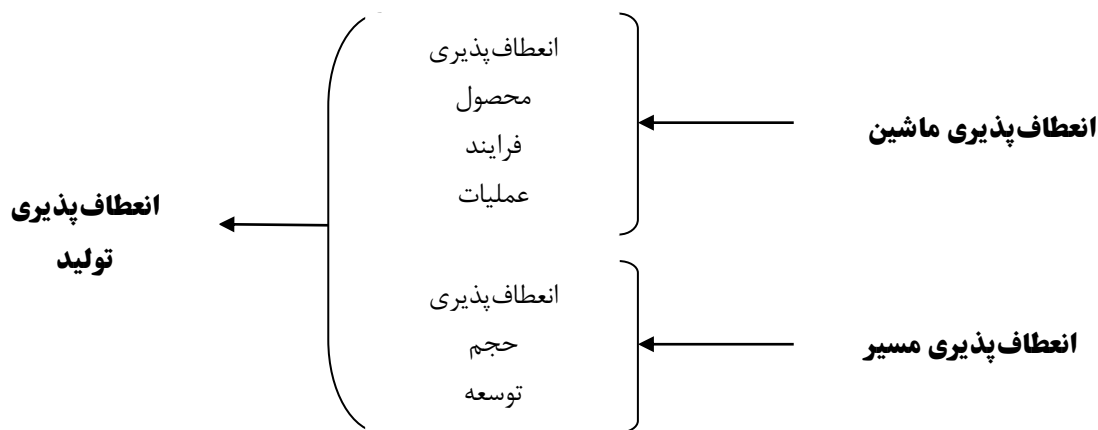
یک سیستم تولید انعطاف‌پذیر، سیستمی یکپارچه و تحت کنترل کامپیوتر بوده و از وسایل خودکار جابجایی مواد و ماشین ابزارهای CNC تشکیل می‌شود. در این سیستم انباشته‌هایی از قطعات مختلف با حجم متوسط می‌توانند به طور همزمان تحت عملیات قرار گیرند. بنابراین FMS بسیاری از مفاهیم اتوماسیون را در قالب یک سیستم با هم ترکیب نموده است. این مفاهیم عبارتند از:

- کنترل عددی (NC) و کنترل عددی کامپیوتری (CNC)
- تجهیزات فرایند رباتیک
- کنترل سیستم جابجایی مواد و هر یک از ماشین‌های CNC از طریق DNC
- جابجایی خودکار مواد
- تعویض خودکار مواد
- بارگذاری و باربرداری خودکار ماشین

هشت نوع انعطاف پذیری در حوزه FMS

۱. انعطاف پذیری ماشین ⇐ که اشاره به سهولت ایجاد تغییرات مورد نیاز برای تولید مجموعه‌ای از خانواده قطعات دارد.
۲. انعطاف پذیری فرایند ⇐ که مربوط به قابلیت انجام ترکیبی از کارها می‌شود.
۳. انعطاف پذیری محصول ⇐ که نشانگر قابلیت تغییر برای تولید سریع و اقتصادی محصولات جدید است.
۴. انعطاف پذیری مسیر ⇐ که به توانایی کنترل، حذف توقفات و تداوم در تولید مجموعه‌ای از خانواده قطعات اشاره دارد.
۵. انعطاف پذیری در حجم تولید ⇐ که به معنای قابلیت به کارگیری سودمندانه FMS برای تولید محصول در حجم‌های مختلف تولیدی است.
۶. انعطاف پذیری توسعه ⇐ که مربوط به قابلیت گسترش آسان و مدولار یک FMS برحسب نیاز می‌شود.
۷. انعطاف پذیری عملیات ⇐ که به معنای قابلیت تبادل یا جابجایی ترتیب انواع مختلف عملیات در هر خانواده قطعه است.
۸. انعطاف پذیری تولید ⇐ که نشانگر همه قطعاتی است که FMS قادر به تولید آنها است.

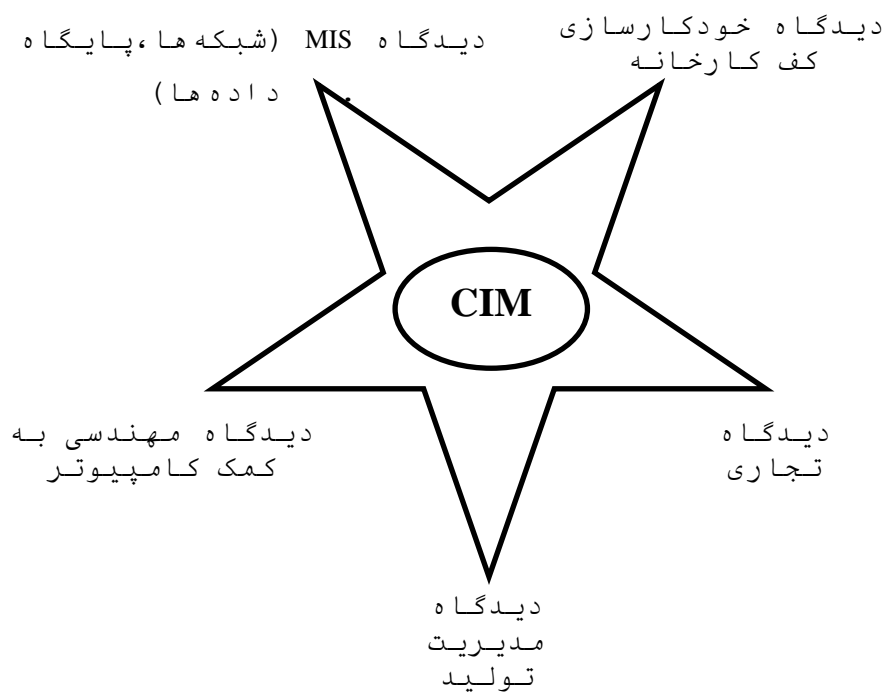
روابط میان انواع متفاوت انعطاف پذیری و پیشنیازی‌ها



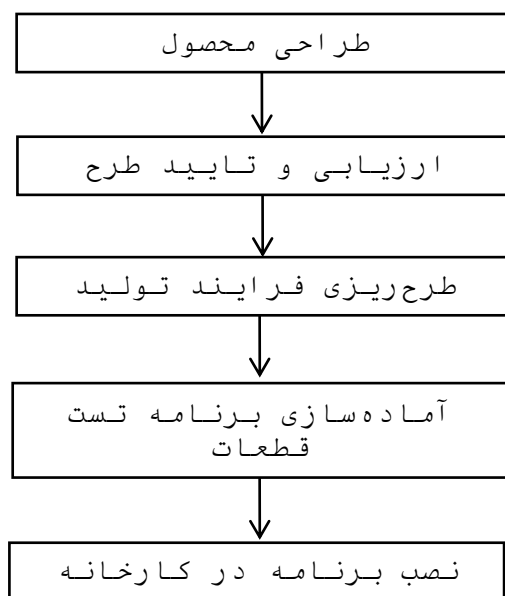
CIM چیست؟

CIM نشانگر کاربرد یکپارچه کامپیوتر در تولید به منظور دستیابی به اهداف کارخانه است.

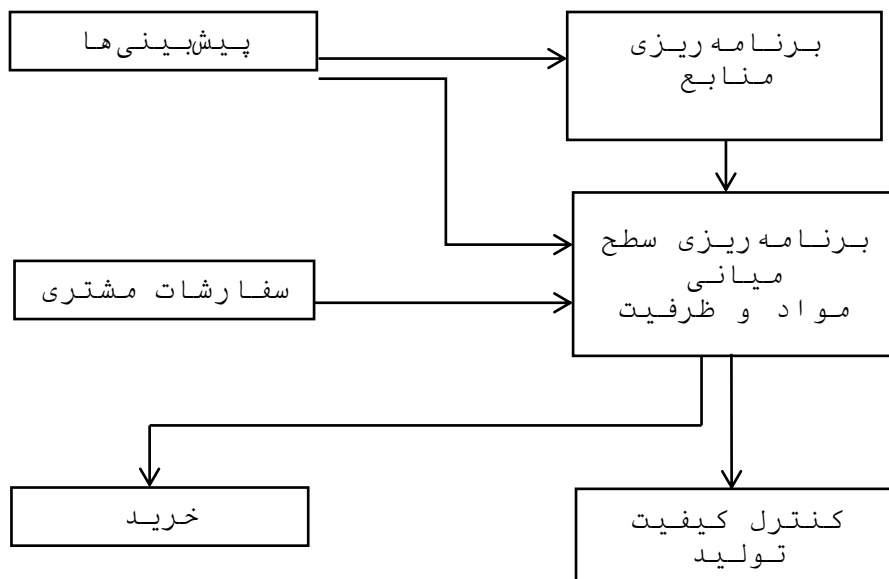
دیدگاه‌های مختلف در مورد CIM

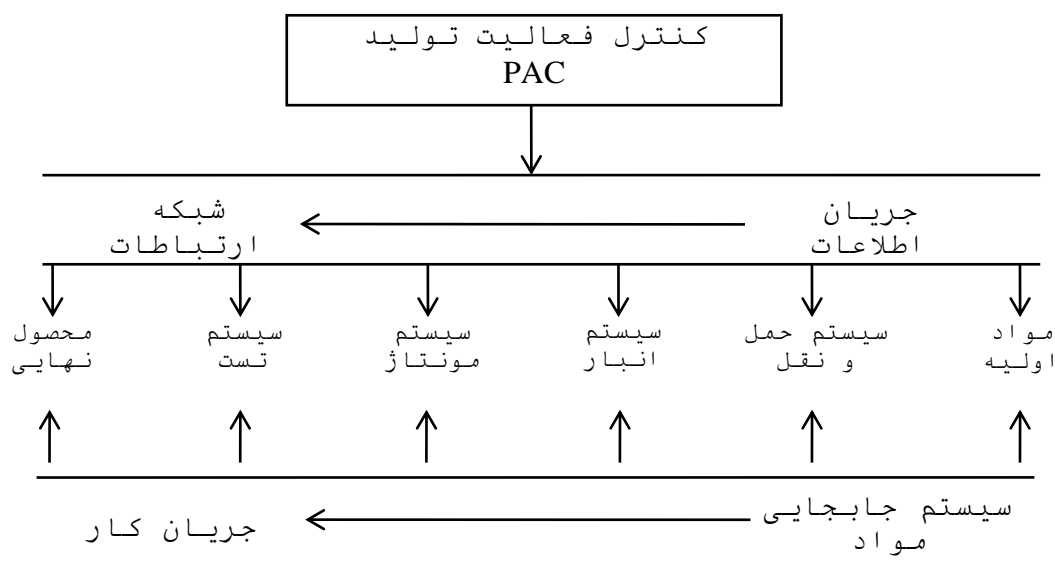


نگرش مهندسی به کمک کامپیوتر (CAE)^۱ به CIM



نگرش سیستم مدیریت تولید (PMS)^۲ به CIM

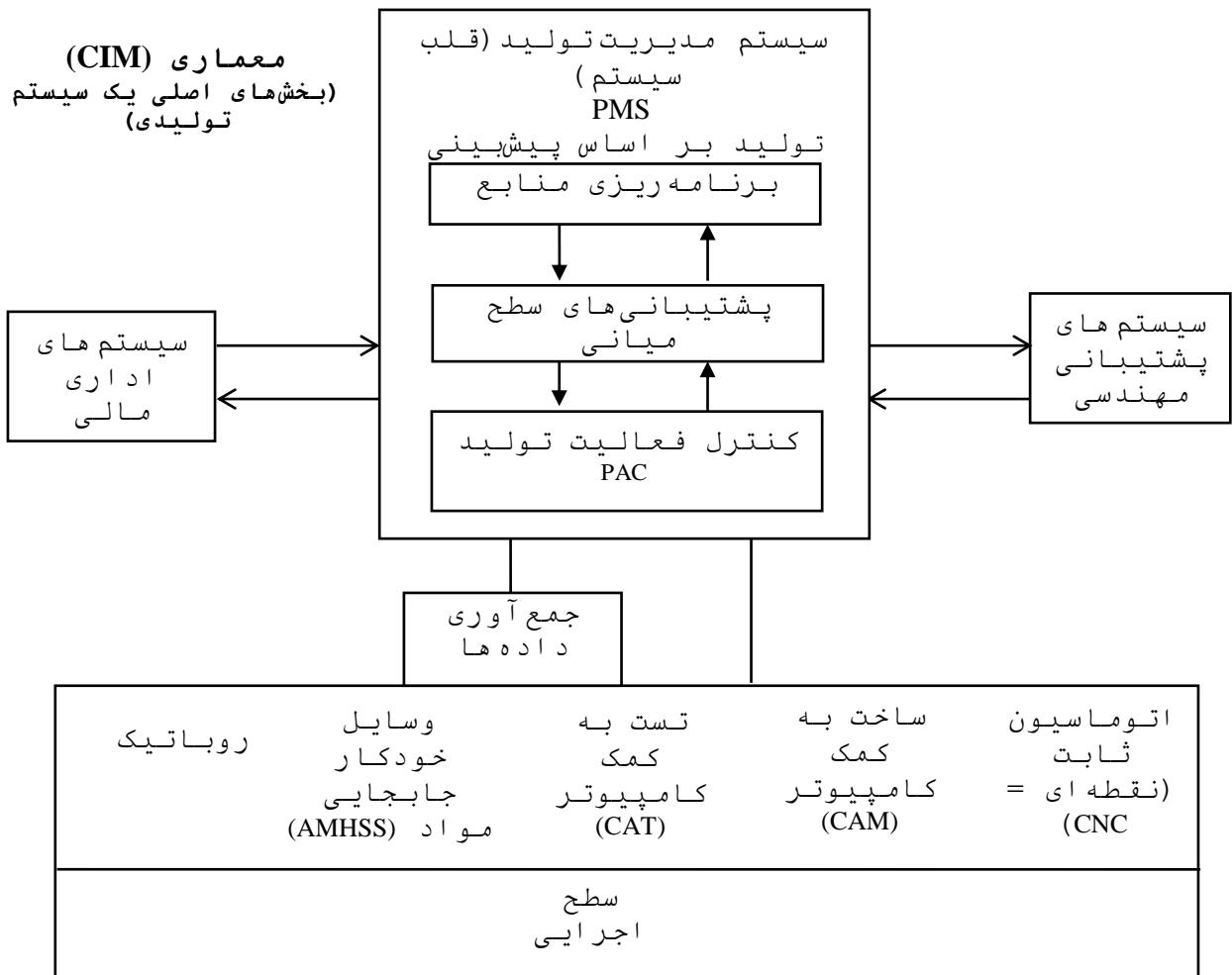




سیستم‌های سطح اجرایی

سیستم‌های سطح اجرایی، دسته‌ای از فعالیت‌های مبتنی بر کامپیوتر هستند که مستقیماً بر انجام عمل تولید اثر می‌گذارند، به عنوان نمونه می‌توان به تست به کمک کامپیوتر (CAT) و سیستم‌های خودکار جابجایی مواد (AMHS) اشاره کرد.





افق‌های برنامه‌ریزی

معمولاً برنامه‌ریزی تولید به صورت **افق‌های بلندمدت، میان‌مدت و کوتاه‌مدت** تهیه می‌گردد.

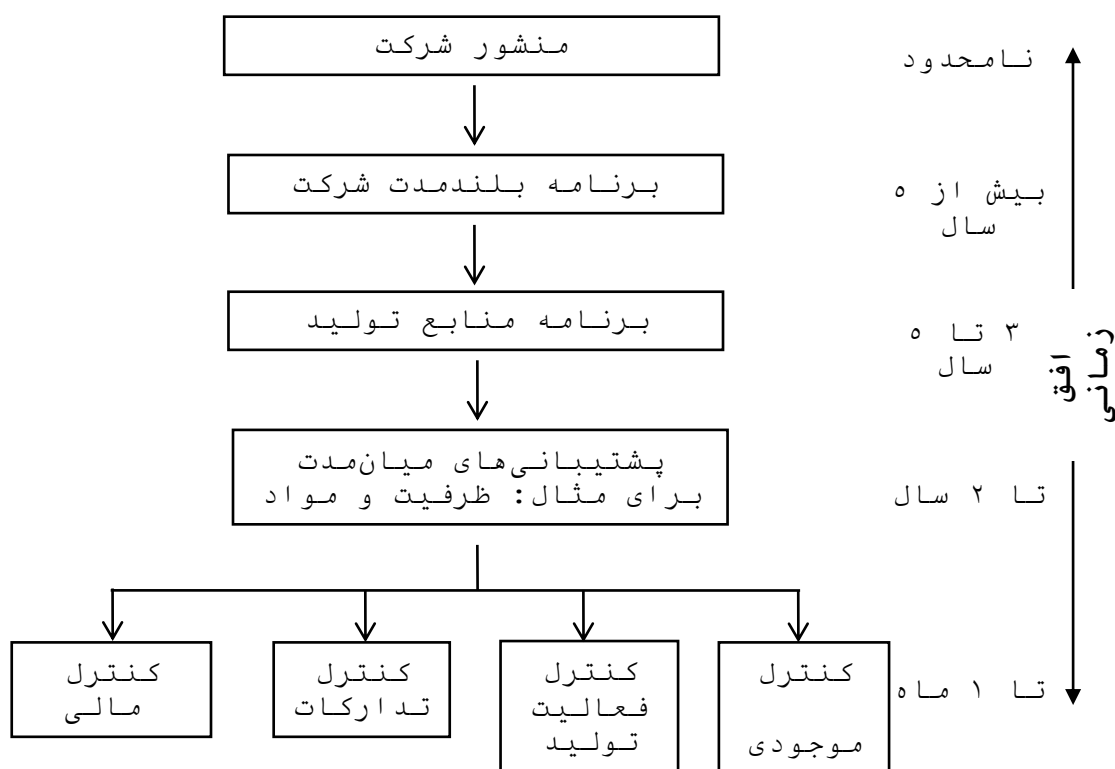
برنامه‌ریزی بلندمدت ➡ افق‌های بلندمدت می‌تواند از دو سال شروع شده و تا ۱۰ سال متغیر باشد. مدت زمان برنامه بلندمدت باید از زمان دستیابی به تجهیزات جدید بیشتر باشد. بنابراین ممکن است برای یک معدن، برنامه بلندمدت ۱۰ سال در نظر گرفته شود و برای یک صنعت کوچک که جمع‌آوری و به دست آوردن تجهیزات و ماشین-آلات آن زمان کمتری ببرد، مدت زمان این برنامه کمتر باشد.

▪ **برنامه میان‌مدت** ➡ از یک ماه شروع شده و تا دو سال متغیر است و معمولاً از مدت زمان مورد نیاز برای توسعه سرعت تولید مانند افزایش نیروی انسانی، تغییر شیفت کاری، تنظیم برنامه اضافه کاری، بستن قراردادهای جنبی و ... بیشتر می‌باشد.

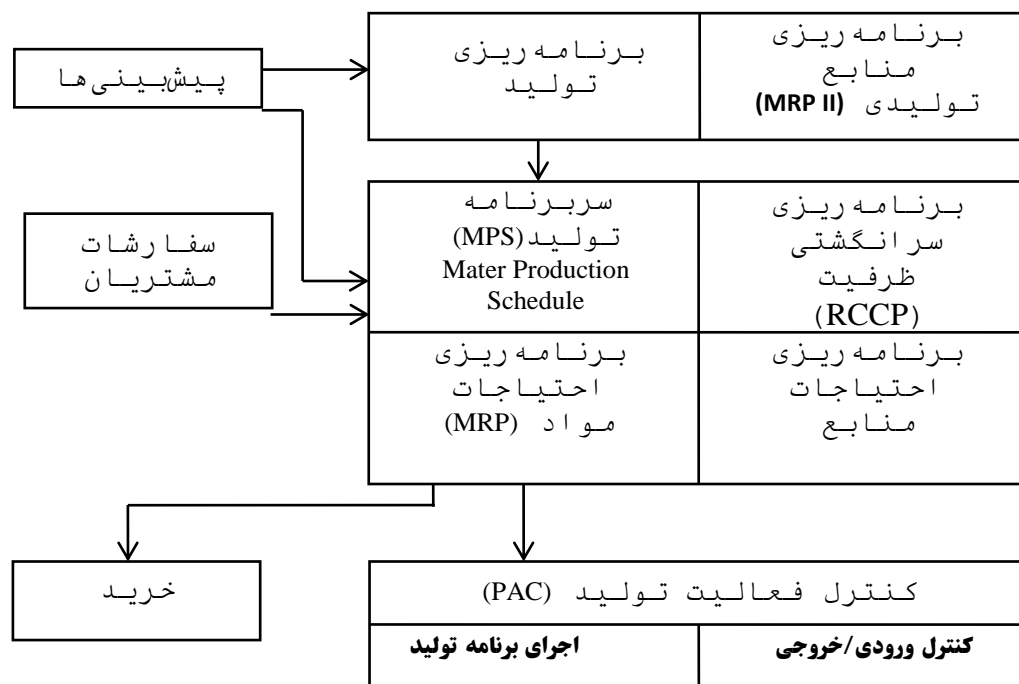
- برنامه کوتاه مدت معمولاً از یک ماه کمتر است و از زمان مورد نیاز برای کنترل و زمان بندی کف کارگاه بیشتر است.

* تذکر: در برنامه بلندمدت، برنامه ها برای سر و سامان دادن به مسائل عمده کارخانه مثل خرید تجهیزات و ماشین آلات تهیه می شود. در برنامه میان مدت معمولاً مباحثی مانند مدیریت منابع انسانی و مواد مورد مطالعه قرار می گیرد و در برنامه کوتاه مدت مباحث کف کارگاه مورد مطالعه قرار می گیرند.

سلسله مراتب برنامه ریزی تولید



سلسله مراتب PMS



سازمان فرایند تولید PMS

سازمان فرایند تولید پیشتر در فصل اول مورد بحث واقع شد. در آنجا تولید انبوه، دسته‌ای و کارگاهی را به عنوان سازمان‌های عمده در فرایند تولید شرح دادیم. در این قسمت، بحث مزبور را توسعه داده و چگونگی تأثیر سازمان فرایند تولید بر طبیعت مدیریت تولید را شرح می‌دهیم.

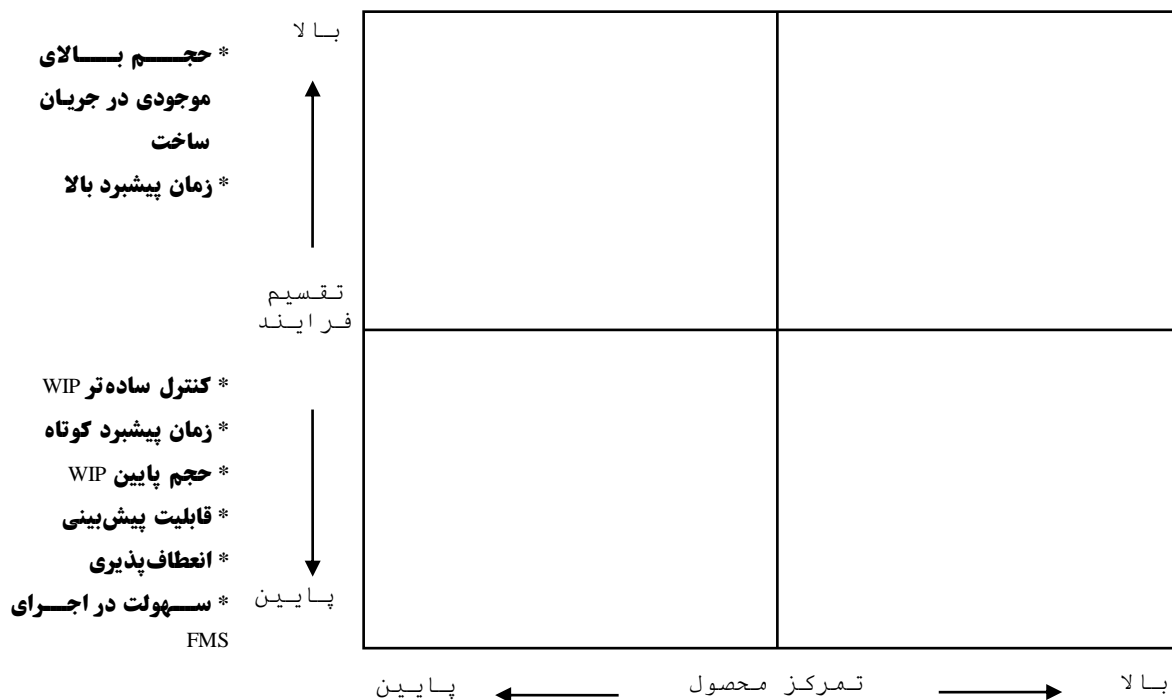
یک سازمان فرایند تولید ممکن است از دو بعد مورد توجه قرار گیرد:

۱. **درجه تقسیم فرایند** ➡ به این معنا که فرایند تولیدی برای یک محصول تا چه میزان به فعالیت‌های مجزا تقسیم شده و از طریق ذخیره‌سازی موجودی به هم پیوند می‌خورند، به بیان دیگر فرایند تولید در چند نقطه به هم متصل می‌شوند تا مواد خام به محصول تبدیل گردد.

۲. **درجه تمرکز محصول** ➡ به این معنا که تخصیص تسهیلات تولیدی به محصولات خاص تا چه میزان است.



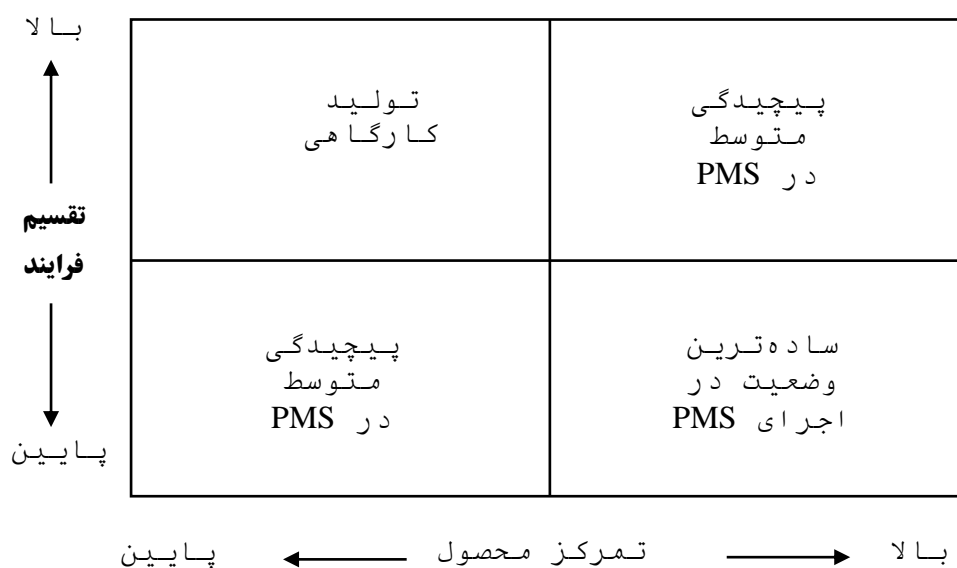
مزایای انواع مختلف سازمان فرایند



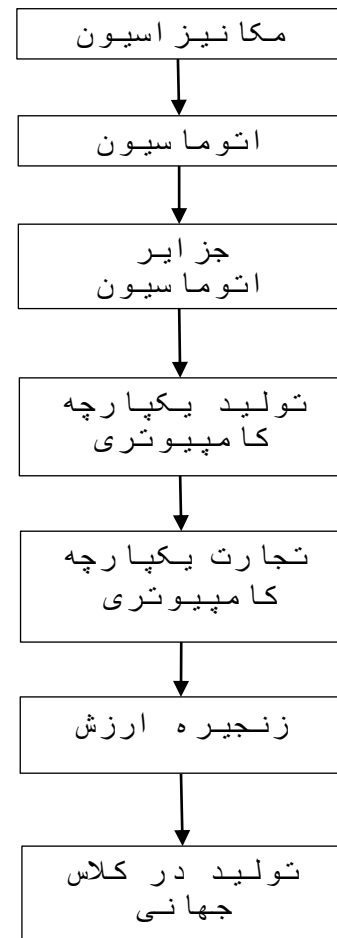
بالا تر: انعطاف پذیری (در ترکیب محصول)
آسان تر: معرفی محصول
بالا تر: مهارت مورد نیاز نیروی کار
دشوار تر: سهولت در PMS

پایین تر
دشوار تر
پایین تر
آسان تر

اثر سازمان فرایند تولید بر PMS



تاریخچه برنامه ریزی تولید



* مکانیزاسیون^۱ ➔ به معنای تعویض نیروی کار انسانی با ماشین است؛ مانند: دستگاه تراش^۲، نقاله‌ها^۳.

* اتوماسیون^۴ نقطه‌ای ➔ به معنای جایگزینی کنترل انسانی ماشین با کنترل خودکار ماشین؛ مانند: برنامه ریزی احتیاجات مواد (MRP^۵)، ماشین کنترل عددی کامپیوتری (NC/CNC^۶)

* جزایر اتوماسیون ➔ هدایت بخشی از فرآیند تولید با یکپارچه‌سازی اتوماسیون‌های نقطه‌ای به طور موضعی مانند: سیستم تولید انعطاف پذیر (FMS^۷)، برنامه‌ریزی منابع تولیدی (MRPII^۸)، طراحی و ساخت به کمک کامپیوتر (CAD/CAM^۹)

* تولید یکپارچه کامپیوتری (CIM^{۱۰}) ➔ به کارگیری یکپارچه اتوماسیون‌های مبتنی بر کامپیوتر و سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری برای مدیریت کلیه عملیات سیستم تولیدی مانند کارخانه خودکار شده و کارخانه خودکار.

یک سیستم تولیدی انعطاف‌پذیر نوعی خاصی از mini-CIM است

- ۱ Mechanization
- ۲ Milling machine
- ۳ Conveyors
- ۴ Automation
- ۵ Material Requirement Planning
- ۶ Computer Numerical Control
- ۷ Flexible Manufacturing System
- ۸ Manufacturing Resource Planning
- ۹ Computer-aided design/ Computer-aided manufacturing
- ۱۰ Computer Integrated Manufacturing

<p>انبارداری به کمک کامپیوتر کنترل عددی مستقیم (DNC^۱) سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر (FMS) سیستم‌های انباشت و برداشت خودکار (AS/RS)</p>	<p>مدل‌های برنامه‌ریزی کلان سیستم‌های حسابداری سیستم‌های مدیریت تولید طراحی به کمک کامپیوتر (CAD)</p>
<p>تست به کمک کامپیوتر (CAT^۲) کنترل عددی کامپیوتری (CNC) ماشین‌های خودکار مونتاژ بر اساس کامپیوتر روبات‌ها</p>	<p>طرح‌ریزی فرایند به کمک کامپیوتر (CAPP^۳) اندازه‌گیری به کمک کامپیوتر برنامه‌نویسی NC به کمک کامپیوتر</p>

نقش کامپیوتر در تولید

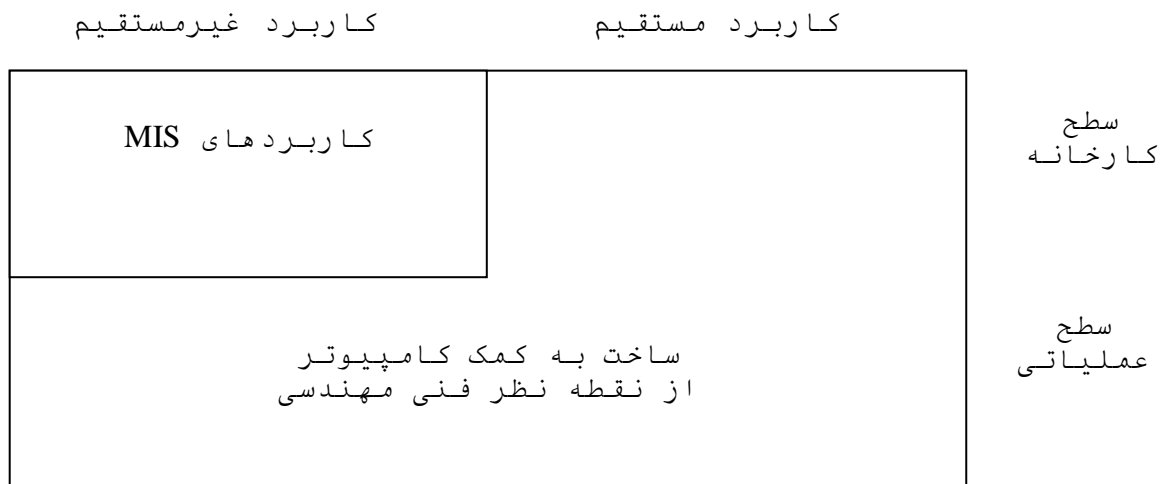
کاربرد غیرمستقیم

کاربرد مستقیم

سطح
کارخانه

سطح
عملیاتی

^۱ Direct numerical control
^۲ Computer-aided Test
^۳ Computer-aided process planning



سیستم‌های انباشت و برداشت خودکار (AS/RS)

این سیستم با استفاده از جرثقیل‌های تحت کنترل کامپیوتر به انبارسازی مواد پرداخته و در موقع لزوم آنها را فرا می‌خواند. گاه این سیستم به انبار اتوماتیک یاد می‌شود. مزایای این سیستم عبارتند از:

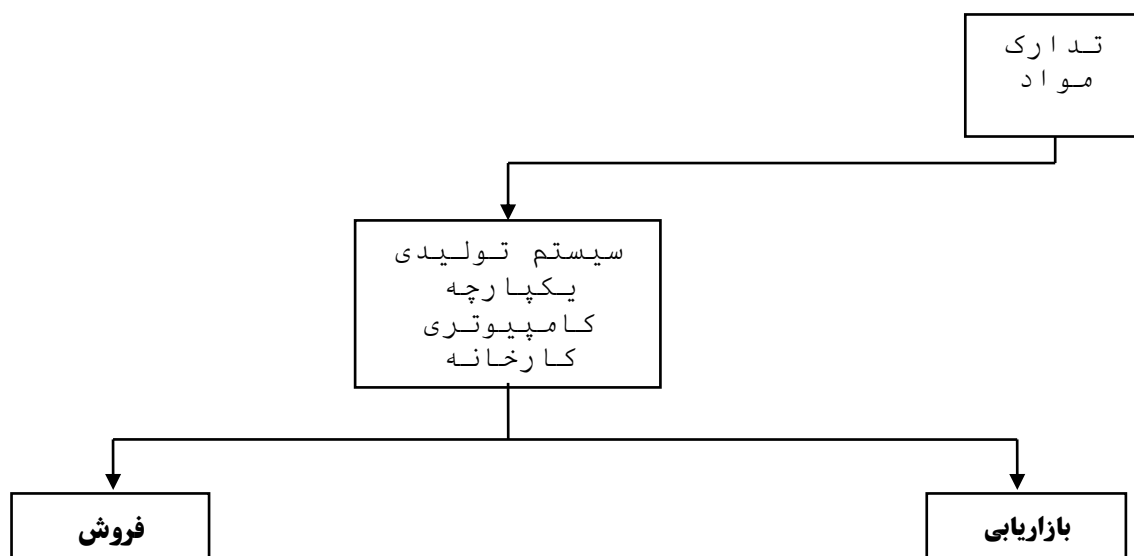
- بهره‌برداری بیشتر از فضا
- کاهش هزینه مستقیم نیروی کار
- دقت در ارزیابی وضعیت موجودی تقریباً در حد صددرصد
- کاهش سرقت
- مصرف کمتر انرژی
- کاهش آسیب‌دیدگی محصول
- بهبود سرویس‌دهی به مشتریان

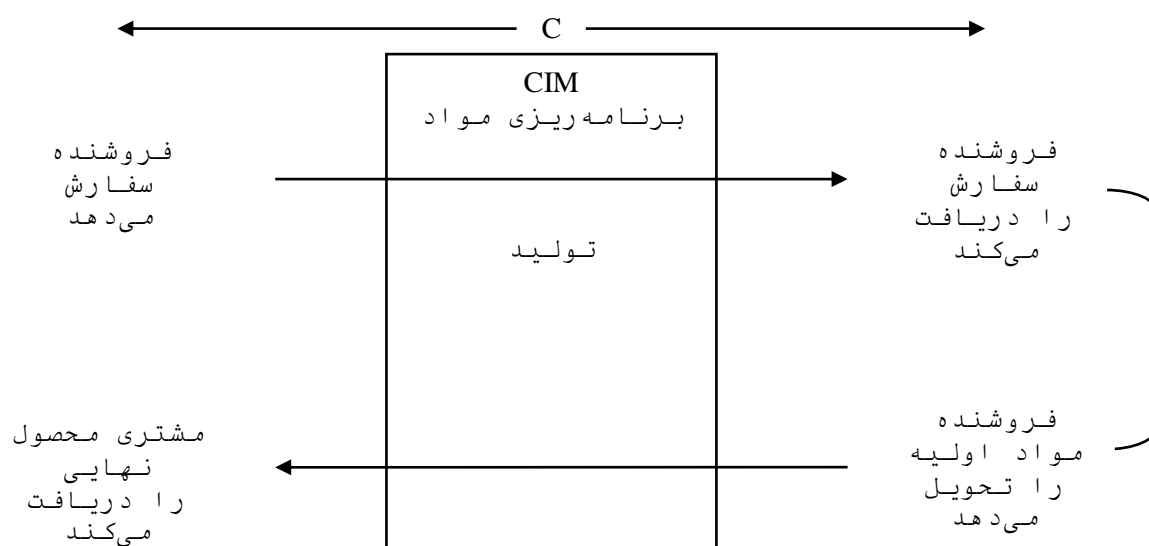
روبات یک عامل یا دست مکانیکی چندمنظوره و قابل برنامه‌ریزی است که برای جابجایی مواد، قطعات، ابزارآلات و تجهیزات مشخص استفاده می‌شود. این عامل در چارچوب حرکت‌های برنامه‌ریزی شده و قابل تغییر، برای عمل در محدوده‌ای از فعالیت‌ها طراحی می‌شود. قابلیت برنامه‌ریزی مجدد موجب شده که روبات قادر به انجام دامنه وسیعی از وظایف باشد.

* مزایا:

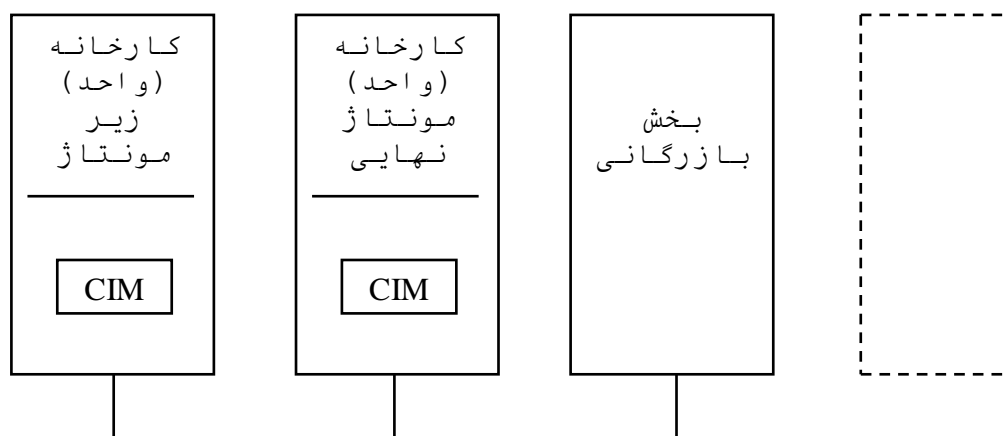
- کاهش هزینه نیروی کار
- حذف کار نیروی انسانی در قسمت‌های خطرناک و پر مخاطره
- ایجاد یک سیستم تولیدی با قابلیت انعطاف بیشتر
- دستیابی به یک سیستم کنترل کیفیت پایدار
- افزایش خروجی
- جبران کمبود نیروی کار ماهر

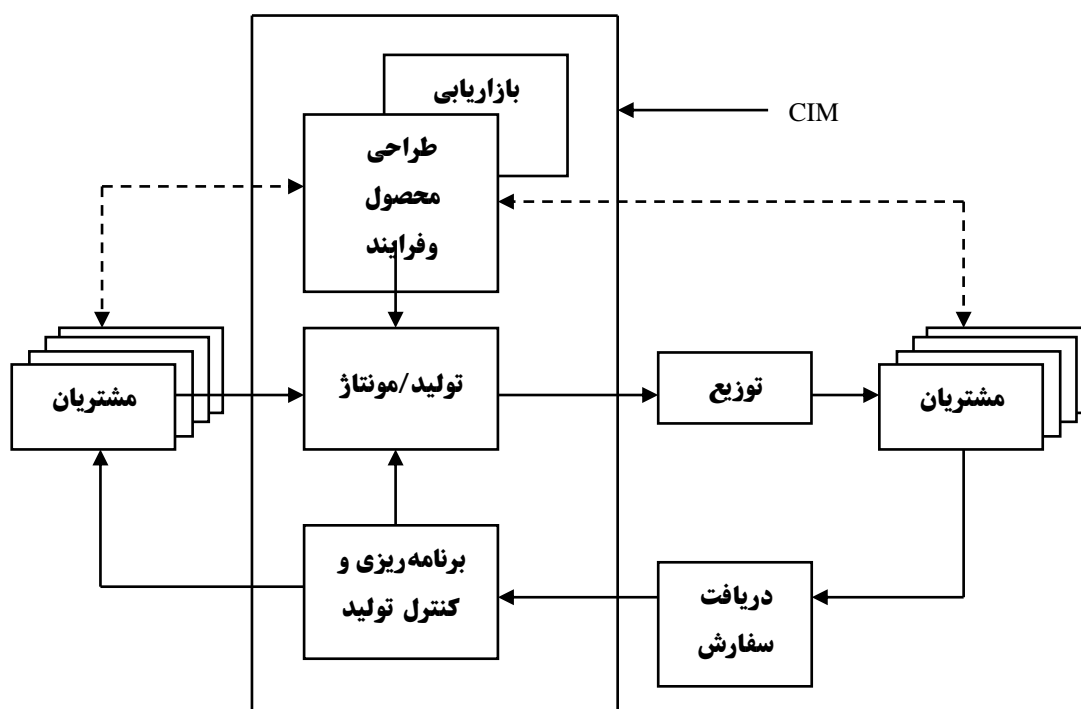
تجارت یکپارچه کامپیوتری (CIB)



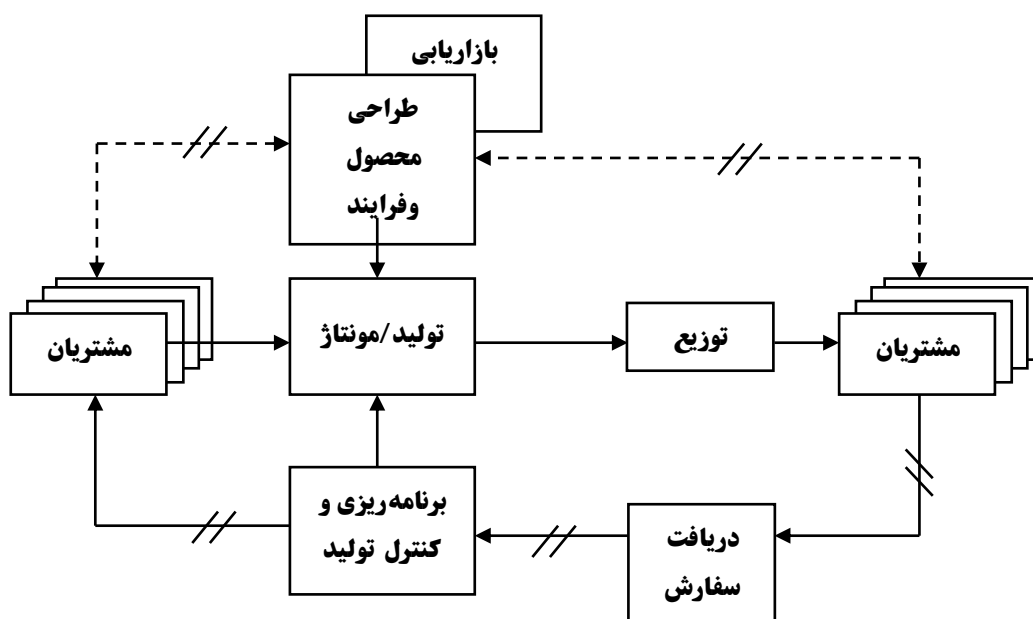


CIB در سطح سازمان





بنگاه توسعه یافته



ویژگی‌های کلیدی یک کارخانه تولیدی در کلاس جهانی

به صورت زیر تعریف شده است:

۱. برترین شدن، حد اقل در یکی از جنبه‌های تولیدی از تقریباً کلیه شرکت‌های موجود در همان شاخه صنعتی، بهتر بودن.
۲. رشد سریع‌تر و سودآوری بیشتر نسبت به رقبا، شرکت‌هایی که در کلاس جهانی قرار دارند، می‌توانند برتری عملکرد خود را از طریق مشاهده میزان پذیرش محصولاتشان در بازار بسنجند.
۳. به‌کارگیری و بازآموزی بهترین افراد. داشتن کارکنان و مدیران ماهر و کارآمدی که سایر شرکت‌ها همواره در صدد جذب آنها می‌باشند.
۴. توسعه کارکنان مهندسی، خبره شدن در تولید و طراحی تجهیزات تولیدی، آنچنان که تأمین‌کنندگان تجهیزات، همواره خواهان اصلاحات ممکن در تجهیزاتشان، ارائه تجهیزات جدید و انتخاب شدن برای محل آزمایش مدل‌های نمونه باشند.
۵. توانایی واکنش سریع و قاطع نسبت به تغییر شرایط بازار. در واکنش به تغییرات بازار یا قیمت‌ها، نسبت به رقبا سریع‌تر و انعطاف‌پذیرتر بودن و فرستادن محصولات جدید به بازار پیش از رقبا.
۶. به‌کارگیری رویکرد مهندسی در محصول و فرایند، به منظور بیشینه ساختن عملکرد آنها. تلفیق و به هم پیچیدن طرح محصول با طرح فرایند مورد نیاز به طوری که رقبا نتوانند در طی مهندسی معکوس محصول، بدون صرف مخارج کلان و ابزارسازی مجدد محصول قابل رقابتی با آن بسازند.
۷. بهبود مستمر، تسهیلات؛ سیستم‌های پشتیبانی و مهارت‌هایی که در زمان خود به عنوان سیستم‌های نزدیک به بهینه و یا آخرین پدیده‌های موجود شناخته می‌شدند، به طور مداوم بهبود یابند تا به تدریج بتوانند قابلیت‌های جدید و فزاینده‌ای را کسب کنند.

انواع نظام‌های تولیدی

به هر نوع نگرش در اداره امور سیستم‌های تولیدی (واحد‌های تولیدی) به منظور رسیدن به هدف یک نظام تولیدی گفته می‌شود که عبارتند از:

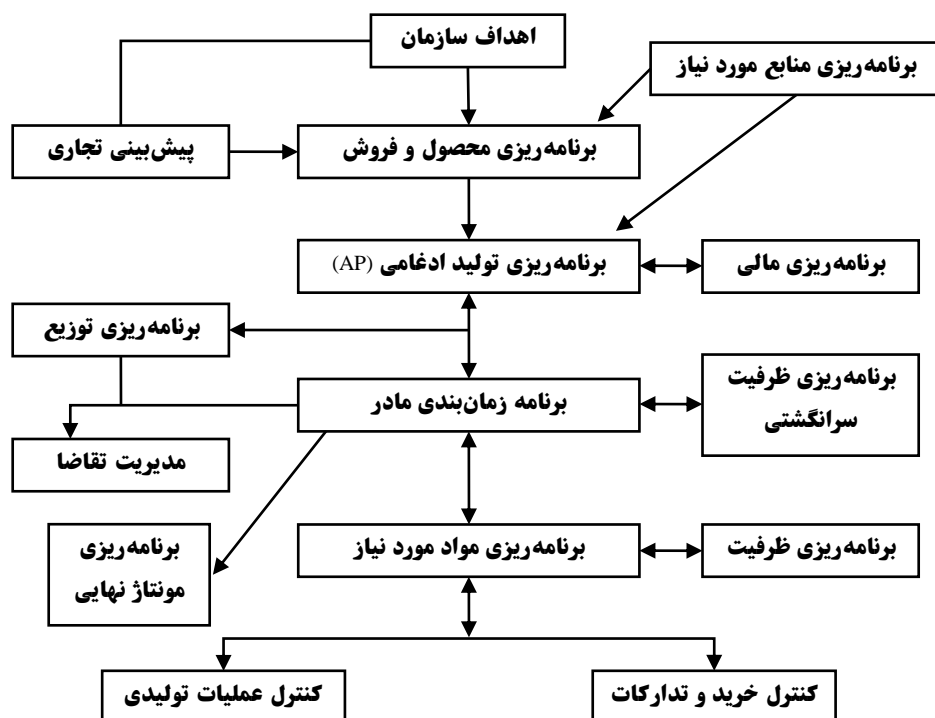
۱. نظام برنامه‌ریزی منابع ساخت (MRP II) (Manufacturing Resource Planning)

۲. نظام تولید به موقع (JIT) (Just-In-Time)

۳. نظام تکنولوژی تولید بهینه (OPT) (Optimized Production Technology)

نظام تولید	هدف	قلب	راهکار
MRP II	تحول به موقع محصول تولیدی به مشتری	MRP I	پیگیری اجرای مراحل MRP II
JIT	آماده نمودن کالا در زمان مورد نیاز، به اندازه مورد نیاز و با کیفیت مورد نیاز	KANBAN	حذف اتلاف هفت‌گانه
OPT	کسب درآمد بیشتر	بسته نرم‌افزاری OPT	پیگیری قواعد ده گانه OPT و تحلیل گلوگاه

نظام برنامه‌ریزی منابع ساخت (MRP II)





- اهداف سازمانی ➔ تحویل به موقع کالا به مشتری
- پیش‌بینی تجاری ➔ عوامل تأثیرگذار بر تقاضای محصول (عوامل کلان اقتصادی، سیاسی، فرهنگی، اجتماعی و ...)
- بررسی می‌شود. در این مرحله خط کاری (مثلاً صنعت برق، کامپیوتر، شیمیایی و ...) آینده آن و امکان پیشرفت آن با توجه به شرایط اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی و سیاسی بررسی می‌شود؛ مثلاً صنعت کامپیوتر.
- برنامه‌ریزی محصول و فروش ➔ در این قسمت در مورد انتخاب نوع محصول تولیدی تصمیم‌گیری می‌شود و بازار محصول انتخابی مورد مطالعه قرار می‌گیرد؛ مثل: کامپیوترهای شخصی - بازار آسیای میانه.
- برنامه‌ریزی منابع مورد نیاز ➔ منابع مورد نیاز برای تحقق یک برنامه بلندمدت تولید به صورت تقریبی مورد مطالعه قرار می‌گیرد.
- برنامه‌ریزی مونتاژ نهایی ➔ در اینجا بیشترین موضوعات مورد مطالعه شامل: بالانس خط مونتاژ و زمان‌بندی آن می‌باشد. برنامه زمانی مونتاژ هر یک از محصولات تهیه می‌شود.
- برنامه‌ریزی مواد مورد نیاز MRP ➔ در MRP عباراتی نظیر زمان و مقدار سفارش برای قطعات و مواد مورد نیاز به طوری که برنامه زمان‌بندی مادر تحقق یابد مورد مطالعه قرار می‌گیرد.
- کنترل خرید و تدارکات ➔ مهمترین موضوع مورد مطالعه در این قسمت، مباحث نگهداری موجودی‌ها و مدیریت تأمین‌کنندگان است.
- کنترل عملیات تولیدی ➔ در این قسمت عملیات در کف کارگاه مورد مطالعه قرار می‌گیرد. معمولاً مهمترین مطلب مورد مطالعه زمان‌بندی و توالی انجام کارها، کنترل ورودی‌ها و خروجی‌ها و همچنین گزارشات عملکرد و تعیین عملیات تصحیحی می‌باشد.
- برنامه‌ریزی مالی ➔ به مطالعه توانایی مالی سازمان برای تحقق برنامه بلندمدت می‌پردازد.
- برنامه‌ریزی تولید ادغامی ➔ در این قسمت برنامه‌ای برای کلیه محصولات تولیدی شرکت بر اساس یک واحد مشترک تهیه می‌گردد.
- برنامه‌ریزی ظرفیت سرانگشتی ➔ به بررسی تقریبی ظرفیت تولیدی برای تحقق برنامه زمان‌بندی مادر می‌پردازد.
- برنامه‌ریزی توزیع ➔ برنامه‌ریزی برای فروش محصولات و تقاضا بر حسب دوره‌های زمانی مشخص پیش‌بینی و

تفکیک می‌شود.

- **مدیریت تقاضا** مهم‌ترین موضوع مورد مطالعه در مدیریت تقاضا مقابله با تقاضا بر حسب استراتژی‌های مختلف مدیریت است.

تاریخچه برنامه‌ریزی احتیاجات

MRP در اوایل دهه ۱۹۶۰ به عنوان یک رویکرد کامپیوتری به برنامه‌ریزی تدارک و تولید مواد در آمریکا شکل گرفته و کتاب راهنمای کامل آن در سال ۱۹۷۵ توسط ارلیکی منتشر شد. بدون شک تکنیک MRP پیش از جنگ جهانی دوم نیز به صورت دستی و به شکل تلفیقی در بخش‌های مختلف اروپا به کار گرفته می‌شد. با این حال، آنچه که ارلیکی دریافت، این بود که کامپیوتر امکان به‌کارگیری کلیه جزئیات تکنیک MRP را فراهم ساخته و این امر تکنیک مزبور را در مدیریت موجودی‌های در جریان تولید بسیار اثربخش می‌سازد.

تعریف MRP

بر مبنای پردازشگر لیست مواد ایجاد می‌شود، این پردازشگر، برنامه تولیدی اقلام والد را به برنامه تولید یا خرید اقلام جزء تبدیل می‌کند، این کار با بسط دادن یا به اصطلاح انفجار نیازمندی‌های محصول بالاترین سطح در طول لیست مواد به منظور تعیین تقاضای قطعات صورت می‌گیرد، این تقاضاها که تقاضاهای ناخالص پیش‌بینی شده می‌باشند با موجودی در طول افق زمانی برنامه‌ریزی سطح به سطح بررسی شده تا احتیاجات خالص محاسبه شود، سپس با توجه به زمان تدارک احتیاجات خالص تبدیل به سفارشات صادر شده می‌شود.

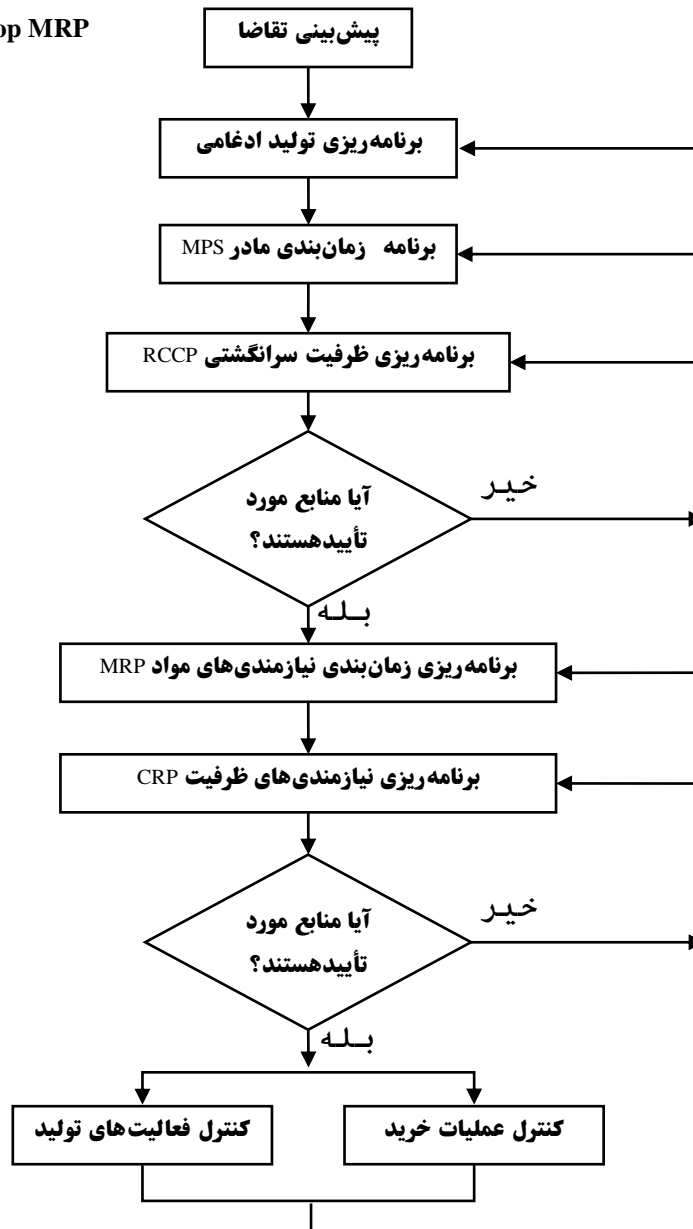
MRP حلقه بسته (Closed Loop MRP)

از ترکیب قسمت‌های برنامه‌ریزی مانند MPS و همچنین قسمت‌های اجرایی مانند PAC و نیز ایجاد شرایطی که سیکل برنامه‌ریزی بتواند از سیکل اجرایی بازخوردهای لازم را دریافت کند، منجر به MRP کامل‌تری به نام MRP حلقه بسته می‌شود.

ترکیب مدول‌های برنامه‌ریزی (یعنی MPS، MRP، CRP) و مدول‌های اجرایی (یعنی PAC و خرید) و نیز ایجاد

شرایطی که سیکل برنامه‌ریزی بتواند از سیکل اجرایی بازخوردهای لازم را دریافت نماید، منجر به نوع کامل‌تری از MRP گردید که به آن MRP حلقه بسته گویند.

Closed Loop MRP



با اضافه کردن مدول‌های مالی خاصی به MRP حلقه بسته و همچنین توسعه برنامه تولید به منظور پذیرش وظایف کامل‌تری به عنوان یک برنامه اصلی یا مرجع و بالاخره امکان پشتیبانی برنامه‌ریزی بازرگانی از لحاظ جنبه‌های مالی آن، سیستم کاملی حاصل می‌شود که در واقع رویکردی یکپارچه را برای مدیریت منابع تولیدی ارائه می‌دهد. این MRP توسعه یافته، برنامه‌ریزی منابع تولیدی یا MRPII نامیده می‌شد. از سال ۱۹۸۰ همچنان که پیاده‌سازی MRP روی کامپیوترهای کوچک‌تر و ریز کامپیوترها امکان‌پذیر می‌گردید، نصب سیستم‌های MRP نیز به روند صعودی خود ادامه می‌داد.

فلسفه تکنولوژی تولید بهینه (OPT) (Optimized Production Technology)

مقدمه

در واکنش به موفقیت‌های مداوم سیستم‌های تولید ژاپنی، رویکردی جدید به مدیریت تولید در غرب طی بیست سال گذشته توسعه یافته است که آن را تکنولوژی تولید بهینه (OPT) نامیده‌اند.

زمینه‌ای برای تبیین OPT

از دیدگاه OPT یک و فقط یک هدف برای شرکت تولیدی وجود دارد و آن همانا کسب پول است. تمامی فعالیت‌های شرکت، وسیله‌ای برای رسیدن به این هدف می‌باشد.

این هدف می‌تواند توسط سه شاخص مالی همچنان که در ذیل آمده، نشان داده شود:

(۱) سود خالص

(۲) بازگشت سرمایه

(۳) جریان نقدی

OPT سه معیار مهم ارائه می‌کند که برای ارزیابی پیشرفت تولید به سمت هدف به کارگرفته می‌شوند. این معیارها عبارتند از خروجی، موجودی، و هزینه عملیاتی، که به صورت ذیل تعریف می‌گردند:

* **خروجی** ← نرخ است که با آن شرکت تولیدی از فروش اجناس تکمیل شده پول کسب می‌کند، این نرخ یک

معیار محاسبه تولید نیست. منظور از خروجی در OPT نرخى است که با آن محصولات نهایی فروخته می شود.

*** موجودی** ⇨ موجودی طبق تعریف OPT شامل مواد خام، قطعات و محصولات نهایی می باشد که شرکت برای آنها پول پرداخت کرده است، ولی هنوز فروخته نشده اند.

*** هزینه های عملیاتی** ⇨ هزینه های عملیاتی به عنوان بهای تبدیل موجودی به خروجی شناخته می شوند؛ هزینه های عملیاتی در بردارنده هزینه نیروی کار مستقیم و غیرمستقیم، گرمایش، نور و غیره می باشد.

حال اثراتی که تغییر در خروجی، موجودی و یا هزینه های عملیاتی روی معیارهای محاسباتی مالی نظیر سود خالص، برگشت سرمایه و جریان نقدی دارند را بررسی می نماییم.

- تنها با افزایش خروجی، مقادیر سود خالص، برگشت سرمایه و جریان نقدی به طور همزمان افزایش خواهند یافت.

- نتیجه مشابهی به دست خواهد آمد اگر کاهش در هزینه های عملیاتی رخ دهد. در این حالت هزینه تولید محصول نهایی کاسته شده.

- هر کاهش در موجودی مستقیماً بر روی بازگشت سرمایه و جریان نقدی مؤثر است. لذا مقدار سود تغییری نخواهد داشت.

بنابراین هدف تولید از دید OPT افزایش خروجی همراه با کاهش همزمان موجودی و هزینه های عملیاتی است.

فلسفه OPT

فلسفه OPT مبتنی بر این قضیه می باشد که هدف تولید، کسب پول است هدف OPT فعالیت های مجزایی در کف کارگاه را مدنظر قرار داده و بر آنها متمرکز می شود. فلسفه OPT از قواعدی تشکیل شده است که وقتی به کار روند، به سازمان در حرکت به سمت هدف یعنی کسب پول کمک می نمایند. در میان قواعد مذکور، هشت قاعده مربوط به توسعه زمان بندی های صحیح بوده و دو قاعده دیگر در جلوگیری از تداخل رویه های سنتی اندازه گیری کارایی در اجرای زمان بندی های مزبور ضروری می باشند.

گلوگاه ها

یک گلوگاه می تواند ماشینی باشد که به طور مشابه اپراتورهایی با مهارت بالا یا تخصص ویژه و با ابزارهایی کمیاب ممکن است به عنوان گلوگاه شناخته شوند.

OPT چهار رابطه اساسی را که می تواند بین گلوگاه و غیرگلوگاه وجود داشته باشد به ترتیب تشریح می گردند:

* ارتباط نوع I ⇐ در این ارتباط، تمام محصولات از منبع گلوگاهی به غیرگلوگاهی جریان می یابند.

* ارتباط نوع II ⇐ در اینجا تمام محصولات از غیرگلوگاه به گلوگاه جریان می یابند.

* ارتباط نوع III ⇐ نوع سوم ارتباط هنگامی رخ می دهد که یک مرکز کاری گلوگاهی و یک مرکز غیرگلوگاهی یک مرکز کاری مشترک مونتاژ را تغذیه می کنند.

* ارتباط نوع IV ⇐ آخرین ارتباط وقتی به وجود می آید که دو مرکز کاری تقاضای مستقلی از بازار را تغذیه می کنند.

در تمام چهار نوع ارتباط فوق، نتایج یکسانی به دست می آید، یعنی مرکز غیرگلوگاهی بایستی در یک سطح کاهش یافته ای از راندمان که برای پشتیبانی گلوگاه کافی است، کار کرده و از انباشته شدن موجودی در جریان ساخت (WIP) در ایستگاه گلوگاه جلوگیری نماید، و این در حالی است که گلوگاه بایستی با ۱۰۰٪ راندمان کار کند.

قواعد OPT

▲ قاعده «۱» ⇐ سطح راندمان غیرگلوگاه نه به واسطه توان بالقوه آن بلکه توسط برخی محدودیت های سیستم تعیین می گردد.

▲ قاعده «۲» ⇐ راندمان (یعنی نرخ به کارگیری یا حجم کار انجام شده) و اثربخشی (یعنی نرخ کارساز بودن یا ثمره کار انجام شده) برای یک منبع، مترادف یکدیگر نیستند.

راندمان	بالقوه:	«۱۶ ساعت سطح مطالعه دانش آموز کنکوری»	$\frac{8}{16} = 50\%$
اثربخشی	بالفعل:	«۸ ساعت تصمیم می گیرد که مطالعه کند»	$\frac{4}{16} = 25\%$
	مفید:	«۴ ساعت آن مفید می شود»	

زمان های آماده سازی

زمان در دسترس در هر منبع به دو بخش یعنی زمان عملیات و زمان آماده سازی تقسیم می شود، اما بین زمان های آماده سازی در گلوگاه و غیرگلوگاه اختلاف وجود دارد.

اگر بتوان یک ساعت از زمان آماده سازی را در یک منبع گلوگاهی کم کنیم، در حقیقت توانسته ایم یک ساعت برای

در منبع غیر گلوگاهی، ما سه عنصر زمانی داریم که عبارتند از زمان فرآیند، زمان آماده سازی و زمان بیکاری. روشن است که اگر بتوانیم یک ساعت از زمان آماده سازی را در این منبع حفظ کنیم، در حقیقت یک ساعت به زمان بیکاری اضافه کرده ایم.

بنابراین از دیدگاه یک زمان بندی خاص، کاهش یک ساعت از زمان آماده سازی در غیر گلوگاه فاقد ارزش است، در حالی که از دیدگاه تمام زمان بندی های ممکن، حفظ یک ساعت در منبعی که در برخی زمان بندی های غیر گلوگاه و در برخی دیگر گلوگاه است، معادل با کسب یک ساعت زمان تولید برای کل سیستم است.

▲ **قاعده «۳»** ⇐ یک ساعت ازدست رفته در گلوگاه معادل یک ساعت ازدست رفته در کل سیستم است.

▲ **قاعده «۴»** ⇐ صرفه جویی زمان در یک منبع غیر گلوگاهی کاری واقعی است.

OPT همچنین معتقد است که اندازه انباشته ها برای منابع گلوگاهی باید تا حد امکان بزرگ باشد. اما برای منابع غیر گلوگاهی داشتن دسته های بزرگ هیچ نوع مزیتی ندارد. در حقیقت همانطور که پیشنهاد شد، هرچه انباشته ها کوچک تر باشند، بهتر است.

▲ **قاعده «۵»** ⇐ گلوگاه ها در سیستم، هدایت کننده سطح خروجی و موجودی می باشند.

اندازه انباشته ها

متغیر دیگری که در کف کارگاه کنترل می شود اندازه انباشته است که متغیر بحرانی بوده و ارتباط نزدیکی با موجودی و خروجی سازمان دارد. قبلاً در شیوه سنتی اندازه انباشته به گونه ای تعیین می شد که برای فرآیند تولید بهینه باشد.

بنابراین از دیدگاه OPT حداقل دو نوع اندازه انباشته وجود دارد که باید در تولید مورد بررسی قرار گیرند:

(۱) دسته انتقالی - اندازه دسته از نقطه نظر قطعات

(۲) دسته فرآیندی - اندازه دسته از نقطه نظر منبع

قاعده بعدی OPT از این بحث نتیجه می شود.

▲ قاعده «۶» ⇐ دسته انتقالی ممکن است و البته در اغلب اوقات بهتر است با دسته فرآیندی برابر نباشد.

▲ قاعده «۷» ⇐ دسته فرآیندی باید متغیر باشد و نه ثابت.

این قاعده دلالت بر آن دارد که اندازه دسته فرآیندی در مراکز کاری مختلف نباید یکسان باشد. اندازه انباشته در OPT برای هر عملیات به صورت پویا تعیین گشته به گونه‌ای که هزینه موجودی، هزینه‌های آماده‌سازی، نیاز به قطعات در جریان تولید، و نیاز به انعطاف و کنترل مدیریت را بالانس می‌کند.

زمان‌های پیشبرد و اولویت‌ها

رویکرد MRP بر این فرض استوار است که زمان‌های پیشبرد برنامه‌ای را می‌توان از قبل تعیین نمود از این‌رو MRP از یک زمان پیشبرد تخمینی برای تعیین ترتیب کارها استفاده می‌کند. اولویت‌ها به کارها نسبت داده می‌شود و آنهایی که اولویت بالاتری دارند زودتر انجام می‌شوند.

▲ قاعده «۸» ⇐ ظرفیت و اولویت بایستی به طور همزمان در نظر گرفته شوند نه به صورت متوالی.

تاکنون هشت قاعده شرح داده شده و تفکر نهفته در آنها نیز تبیین گردید. این قواعد اساساً روی سطح عملیاتی و به طور خاص بر زمان‌بندی کار در کف کارگاه متمرکزند دو قاعده دیگر OPT به مقیاسات عملکرد در رابطه با اثربخشی کف کارگاه مرتبط می‌گردند.

حسابداری هزینه و ارزیابی عملکرد

فلسفه OPT تعداد مشابهی از موانعی را که در راه پیاده‌سازی این زمان‌بندی‌های صحیح پیش می‌آیند، شناسایی کرده است. در اینجا برخی از موانع را به طور خلاصه شرح می‌دهیم، بر طبق تئوری OPT این موانع عبارتند از:

■ شیوه‌های سنجش کارایی

■ انتظار از تعادل یا بالانس بار کاری

■ پدیده به اصطلاح چوب گلف

حال به ترتیب به تشریح هر یک از موارد ذیل می‌پردازیم.

سنجش کارایی

بر اساس تفکر OPT، یکی از بزرگترین تهدیدها برای اعمال یک زمان‌بندی خوب، استفاده نادرست از رویه حسابداری هزینه در ارزیابی عملکرد است. اصول حسابداری هزینه وقتی که برای محاسبه کارایی به کار می‌رود، با قواعد ۳ و ۴ سیستم OPT که بیان می‌دارند از دست دادن یک ساعت در گلوگاه مساوی از دست دادن یک ساعت در کل سیستم است و حفظ یک ساعت در غیرگلوگاه کاری واهی است، در تضاد می‌باشد. عملیات حسابداری هزینه در روش سنتی، بین کار در گلوگاه و غیرگلوگاه هیچ تمایزی قایل نیست. برای نشان دادن نتایج چنین عدم تمایزی بین گلوگاه و غیرگلوگاه، حالتی را در یک کارخانه در نظر بگیرید که یک منبع غیرگلوگاهی از یک منبع گلوگاهی تغذیه می‌کند.

در حقیقت OPT معتقد است که اصول حسابداری هزینه تلاش دارد تا کارایی منابع را محاسبه کند، نه اثربخشی آنها را. OPT استدلال می‌کند که مهم این است که درک کنیم که از نقطه نظر کل سازمان تولیدی، آنچه که دارای اهمیت می‌باشد، اثربخشی هر منبع است.

انتظار از بالانس کاری

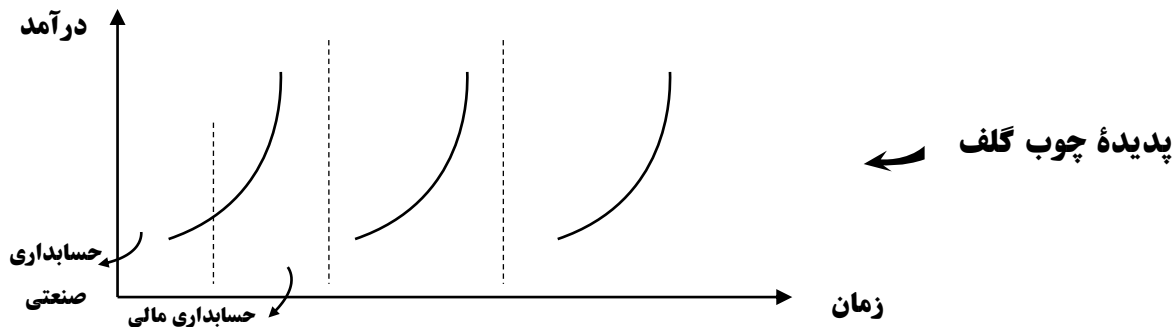
اگر ملاحظه شود سطح به‌کارگیری یک منبع خاص خیلی پایین است یا خیلی بالا، زمان‌بندی‌ها برای رفع این مشکل و متعادل کردن بار در کل کارخانه تغییر می‌یابند. این مسأله گاهی منجر به به‌کارگیری منابع با کل ظرفیت به صورت مجازی می‌شود بدون اینکه ارتباطات بین منابع و اثر این سطح از به‌کارگیری منبع بر روی عملیات سازمان تولیدی در کل در نظر گرفته شود.

▲ **قاعده «۹»** ← جریان را بالانس کنید، نه! ظرفیت.

درک این مطلب مهم است که رویکرد OPT و رویکرد JIT از بی‌اعتنایی به مسأله ظرفیت حمایت نمی‌کنند، بلکه پیشنهاد می‌کنند که تولید با توجه همزمان به جریان محصول؛ ملاحظات ظرفیتی کنترل شود نه اینکه مانند MRP این دو عامل را به طور متوالی در نظر گیرد.

پدیده چوب گلف

توسعه‌دهندگان OPT پدیده‌ای را شناسایی کرده‌اند که اصطلاحاً به آن پدیده چوب گلف می‌گویند و استدلال می‌کنند که وقوع آن به خاطر مغایرت بین دو سیستم سنجش یعنی حسابداری هزینه و عملکرد مالی است و در بیشتر کارخانجات در انتهای هر دوره گزارش‌گیری مالی مشاهده می‌شود.



OPT به جای آنکه فقط کارایی اپراتورها، ماشین‌ها یا سایر عناصر زیر سیستم را به تنهایی محاسبه کند، در پی محاسبه عملکرد کارخانه به صورت کلی و بر پایه مواد ورودی و محصول نهایی خروجی است. آخرین قاعده OPT انعکاسی از این تفکر است.

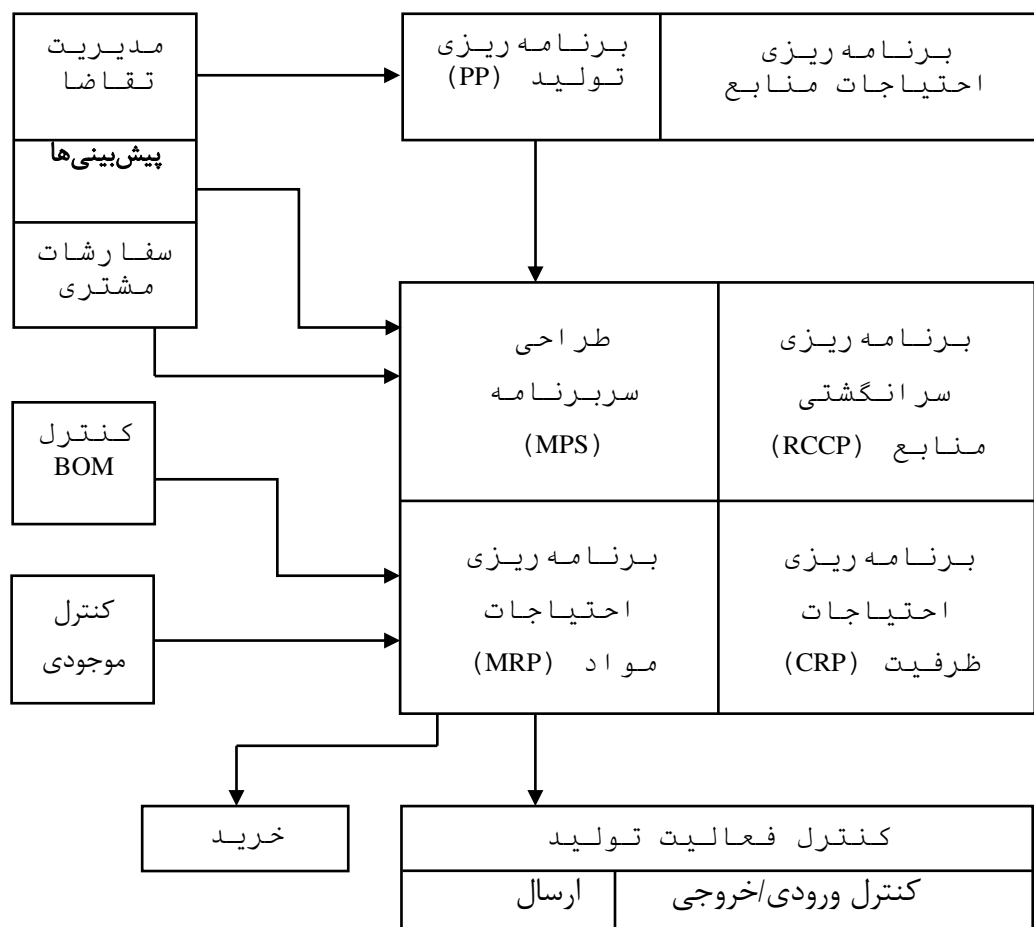
▲ قاعده «۱۰» ⇐ مجموع بهینه‌های محلی، برابر بهینه کل نیست.

نتیجه‌گیری

قسمت‌های قبلی، تفکری را که در بطن OPT نهفته بود آشکار نموده و ده قاعده‌ای که به صورتی مؤثر این تفکر را بیان می‌کنند، تشریح نمودند. عملیات مؤثر کارخانه تولیدی وابسته به تولید با زمان‌بندی‌های صحیح و واقع‌بینانه است. در عین حال به کارگیری نرم‌افزار OPT این امکان را فراهم می‌آورد که زمان‌بندی‌های درست ایجاد شده و دنبال گردند.

فرضیات:

۱. تقاضا معلوم است، اما از دوره‌ای به دوره بعد تغییر می‌کند و همیشه در ابتدای یک دوره رخ می‌دهد.
۲. افق برنامه‌ریزی محدود است و از چندین دوره زمانی برابر تشکیل شده است.
۳. هیچ سفارشی در ابتدای دوره‌ای که تقاضای آن برابر صفر است، دریافت نمی‌شود.
۴. کمبود موجودی مجاز نیست.
۵. سفارشات به صورت یکباره دریافت می‌شود.
۶. سفارشات دریافت‌شده می‌تواند تقاضای یک یا چند دوره را پوشش دهد.
۷. هزینه نگهداری برای کالاهایی است که تا انتهای دوره باقی می‌مانند و به دوره بعد منتقل می‌شوند.
۸. میزان موجودی اولیه می‌بایست صفر باشد. اگر این موجودی صفر نباشد، آن را از تقاضای دوره اول کسر می‌کنیم تا صفر شود و به تقاضای به دست آمده، تقاضای تعدیل‌شده می‌گویند.



روش های تعیین اندازه انباشته

Lot for Lot (LFL)	۱. انباشته به انباشته (بهر به بهر)
Fixed Order Quantity (FOQ)	۲. مقدار سفارش ثابت
Fixed Order period (FOP)	۳. دوره سفارش ثابت
Economic Order Quantity (EOQ)	۴. مقدار سفارش اقتصادی
Economic Order Interval (EOI)	۵. دوره سفارش اقتصادی
Periodic Order Quantity (POQ)	۶. تعداد سفارش دوره ای
Least Unit Cost (LUC)	۷. حداقل هزینه واحد
Least Total Cost (LTC)	۸. حداقل هزینه کل
Port-Period Balancing (PPB)	۹. تعادل قطعه - دوره
Silver-Meal Method (SM)	۱۰. روش سیلور - میل
Wagner-Whitin Method (WW)	۱۱. روش واگنر - ویتن

روش های سفارش دهی [روش های تعیین اندازه انباشته (Lot Sizing)]

۱) روش انباشته به انباشته (بهر به بهر) (Lot for Lot) (LFL): در این روش به میزان انباشته ای که مورد نیاز می باشد در هر دوره برنامه ریزی، سفارش صادر می شود.

* مثال:

$H = 2$	هزینه انبار
$A = 200$	هزینه هر بار سفارش دهی
$I. = 0$	موجودی
$Lt = 0$	زمان تحویل سفارش

دوره (هفته)	۱	۲	۳	۴	۵	۶
تقاضا	۱۰۰	۲۰۰	۵۰	۲۹۰	۲۰۰	۶۰
LFL	۱۰۰	۲۰۰	۵۰	۲۹۰	۲۰۰	۶۰

$6 \times 200 A$

(۲) روش مقدار سفارش ثابت (FOQ) (Fixed Order Quantity): در این روش مقدار سفارش ضربی از یک عدد ثابت می‌باشد به نحوی که مقدار سفارش داده شده از احتیاجات خالص کمتر نباشد.

دوره (هفته)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	
FOQ = ۵۰	۲×۵۰	۴×۵۰	۱×۵۰	۶×۵۰	۴×۵۰	۱×۵۰	۶×۲۰۰ A
I	۰	۰	۰	+۱۰	+۱۰	۰	+ ۲× (۱۰+۱۰) H
FOQ = ۱۰۰	۱×۲۰۰	۱×۲۰۰	--	۲×۲۰۰	۱×۲۰۰	--	۴×۲۰۰ A
I	۰	۰	+۵۰	+۶۰	+۶۰	۰	+ ۲× (۵۰+۶۰+۶۰) H
FOQ = ۲۰۰	۱×۲۰۰	۱×۲۰۰	--	۲×۲۰۰	۱×۲۰۰	--	۴×۲۰۰ A
I	+۱۰۰	+۱۰۰	+۵۰	+۱۶۰	+۱۶۰	+۱۰۰	+ (۱۰۰+۱۰۰+۵۰+۱۶۰+۱۶۰+۱۰۰) × ۲H

تقسیم‌بندی دوره‌های بالا از روی $FOQ = ۲۰۰$ انجام شد که مثلاً دوره ۱ سفارش جدا با دوره ۲ داشت اما دوره ۳ سفارش نداریم؛

(۳) روش حداقل هزینه واحد (LUC) (Least Unit Cost): در این روش مقدار سفارش می‌تواند از مجموع تقاضای یک یا چند دوره به دست آید به نحوی که هزینه هر واحد سفارش داده شده حداقل گردد. طریقه به دست آوردن حداقل هزینه به این صورت است که ابتدا برای تعداد دوره‌های مشخصی مجموع هزینه‌های این تعداد دوره را محاسبه می‌کند (هزینه‌های سفارش‌دهی و نگهداری) و این هزینه را بر مجموع تقاضاهای همان تعداد دوره تقسیم می‌کنیم (متوسط هزینه هر واحد). سپس با اضافه کردن یک دوره جدید، مجدداً متوسط هزینه هر واحد را به دست می‌آوریم. تا زمانی این کار را تکرار می‌کنیم که برای اولین بار متوسط هزینه هر واحد با اضافه نمودن یک دوره جدید نسبت به حالت قبل بزرگ‌تر شود، در این حالت متوقف می‌شویم و سفارشی به اندازه مجموع تقاضاهای دوره‌های قبل صادر می‌کنیم و برای دوره‌های باقی‌مانده این روش را تکرار می‌کنیم.



LUC

دوره	مقدار سفارش	هزینه های سفارش دهی	هزینه های نگهداری	مجموع هزینه ها	متوسط هزینه هر واحد
۱-۱	۱۰۰	۲۰۰	۰	۲۰۰	$\frac{200}{100} = 2$
۱-۲	۳۰۰	۲۰۰	$0 + (200) \times \frac{H}{2}$	$200 + 400 = 600$	$\frac{600}{300} = 2^*$
۱-۳	۳۵۰	۲۰۰	$400 + (50) \times 2 \times \frac{H}{2}$ (پروژه ۱ و ۲ قرار است نگهداری شود ۶۰۰)	$200 + 600 = 800$	$\frac{800}{350} = 2/...$

شرط توقف

۳-۳	۵۰	۲۰۰	۰	۲۰۰	$\frac{200}{50} = 4$
۳-۴	۳۴۰	۲۰۰	$0 + (290 \times 2) = 580$	۷۸۰	$\frac{780}{340} = 2/29^*$
۳-۵	۵۴۰	۲۰۰	$580 + 200 \times 2 \times \frac{H}{2} = 1380$	۱۵۸۰	$\frac{1580}{540} = 2/92^*$
۵-۵	۵۰	۲۰۰	۰	۲۰۰	$\frac{200}{50} = 1^*$
۵-۶	۳۴۰	۲۰۰	$60 \times 2 = 120$	۷۸۰	$\frac{780}{340} = 1/..^*$
۶	۵۴۰	۲۰۰	۰	۱۵۸۰	$\frac{200}{60}$

ولی برای محاسبه هزینه یادمان باشد \Rightarrow چون بعد از آن وجود ندارد \Rightarrow دوره ۶ نیاز نیست

«جدول بهینه»

دوره	۱-۲	۳-۴	۵	۶
سفارش	۳۰۰	۳۴۰	۲۰۰	۶۰
هزینه ها	۶۰۰	+۷۸۰	+۲۰۰	+۲۰۰

* نکته \Leftarrow اگر هزینه ۵-۶ کمتر از ۱ می شد، دوره ۵-۶ خودش مناسب ترین دوره بود.

۴) حداقل هزینه کل (LTC) (Least Total Cost)

این روش مقدار سفارش را به گونه ای انتخاب می کند که هزینه هر واحد حداقل گردد، بدین ترتیب که با اضافه نمودن یک دوره جدید به دوره های قبلی، متوسط هزینه هر واحد را محاسبه می کنیم. تا زمانی که برای اولین بار متوسط هزینه هر واحد نسبت به حالت قبل افزایش یابد. در این لحظه متوقف شده و سفارشی به اندازه مجموع

برنامه ریزی تولید | حمید رضا کیا

تفاضل‌های حالت قبل صادر می‌کنیم. سپس برای دوره‌های باقی‌مانده روش فوق را آنقدر تکرار می‌کنیم تا تمام دوره‌ها برنامه‌ریزی شود.

دوره	۱	۲	۳	۴	۵	۶
سفارش	۳۰۰		۵۰	۴۹۰	۶۰	
هزینه‌ها	۶۰۰		۲۰۰	۶۰۰	۲۰۰	

$(۴۰۰+۲۰۰) + (۲۰۰+۰) + (۲۰۰+۴۰۰) + (۲۰۰+۰)$

دوره LTC	مقدار سفارش	هزینه‌های سفارش‌دهی	هزینه‌های نگهداری	اختلاف هزینه‌ها
۱	۱۰۰	۲۰۰	۰	$ ۲۰۰ - ۰ = ۲۰۰$
۱-۲	۳۰۰	۲۰۰	۲×۲۰۰	$ ۴۰۰ - ۲۰۰ = ۲۰۰^*$
۱-۳	۳۵۰	۲۰۰	۶۰۰	$ ۲۰۰ - ۶۰۰ = ۴۰۰$
۳	۵۰	۲۰۰	۰	$ ۲۰۰ - ۰ = ۲۰۰^*$
۳-۴	۳۴۰	۲۰۰	۵۸۰	$ ۲۰۰ - ۵۸۰ = ۳۸۰$
۴	۲۹۰	۲۰۰	۰	$ ۲۰۰ - ۰ = ۲۰۰$
۴-۵	۴۹۰	۲۰۰	$۲۰۰ \times ۲ = ۴۰۰$	$ ۴۰۰ - ۲۰۰ = ۲۰۰^*$
۴-۶	۵۵۰	۲۰۰	$۴۰۰ + ۶۰ \times ۲ \times ۲ = ۶۴۰$	$ ۲۰۰ - ۶۴۰ = ۴۴۰$

عوض
می‌کنیم

۵) سیلور میل (SM) (Silver-meal) ⇔ حداقل هزینه دوره

در این روش مقدار سفارش به نحوی تعیین می‌گردد که متوسط هزینه هر دوره حداقل شود، بدین صورت که با اضافه کردن یک دوره جدید به دوره‌های قبلی هر دوره نسبت به حالت قبل بزرگتر شود. در این لحظه سفارشی به میزان مجموع تقاضاهای حالت قبل صادر می‌کنیم، سپس برای دوره‌های باقی‌مانده روش فوق را آنقدر تکرار می‌کنیم تا تمام دوره‌ها برنامه‌ریزی شوند.

اختلاف هزینه‌ها	مجموع هزینه‌ها	هزینه‌های نگهداری	هزینه‌های سفارش‌دهی	تعداد دوره پوشش داده شده	دوره
$\frac{200}{1} = 200^*$	200	0	200	1	1
$\frac{600}{2} = 300$	600	400	200	2	1-2
$\frac{200}{1} = 200$	200	0	200	1	2
$\frac{300}{2} = 150^*$	300	$50 \times 1 \times 2 = 100$	200	2	2-3
$\frac{1460}{3} = 486\frac{2}{3}$	1460	$100 + 290 \times 2 \times 2 = 1260$	200	3	2-4
$\frac{200}{1} = 200^*$	200	0	200	1	4
$\frac{600}{2} = 300$	600	400	200	2	4-5
$\frac{200}{1} = 200$	200	0	200	1	5
$\frac{320}{2} = 160^*$ چون کمتر شده و در دوره دیگری نداریم.	320	$60 \times 1 \times 2 = 120$	200	2	5-6

دوره	①	② ③	④	⑤ ⑥
سفارش	100	250	290	260
هزینه‌ها	200	300	200	320

۶) واگنر - ویتین (Wagner - Whitin) (W-W)

این روش تنها روشی است که جواب بهینه را به دست می‌آورد، به دلیل اینکه این روش در واقع یک روش برنامه‌ریزی پویای پیشرو می‌باشد، به شرطی که تعداد دوره‌های برنامه‌ریزی محدود باشد.

تعریف پارامترها

A_t : هزینه هر واحد سفارش‌دهی در دوره t

H_t : هزینه نگهداری هر واحد در دوره t برای انتقال به دوره $(t+1)$

D_t : مقدار تقاضای دوره برنامه‌ریزی t

$Q_{ce} = \sum_{t=c}^e D_t$: مجموع تقاضای دوره c تا دوره e اُم

C_t : هزینه خرید هر واحد کالا در دوره t اُم

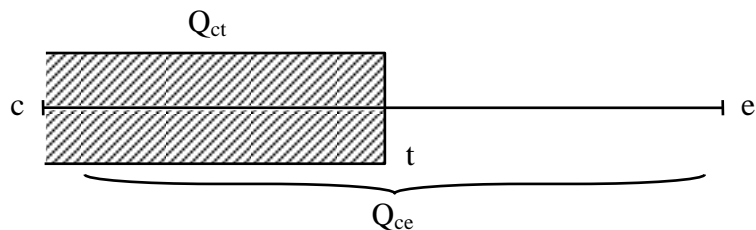
Z_{ce} : هزینه پوشش دادن تقاضای دوره c تا e (مقدار Q_{ce})

F_e : حداقل هزینه‌های سیستم برای e دوره.

$$Z_{ce} = A_c + Q_{ce} \cdot C_c + \sum_{t=c+1}^e H_t (Q_{ce} - Q_{ct})$$

$$f_e = \min_{\forall c=1, \dots, e} \{Z_{ce} + f_{c-1}\}$$

$$f_o = 0$$



$$f_3 = \begin{bmatrix} 1-2 & 3 & Z_{33} + f_2 \\ 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2-3 \\ 1-2-3 \end{bmatrix}$$

* مثال ۱:

با توجه به اطلاعات جدول زیر مقدار سفارشات را در هر دوره به نحوی تعیین نمایید که هزینه آنها حداقل شود.

t	۱	۲	۳	۴
D_t	۲۰	۱۰	۴۰	۳۰
H_t	۳	۲	۱	۱
C_t	۶	۶	۴	۵
A_t	۲۰۰	۱۵۰	۲۵۰	۲۸۰

$$Z_{11} = 200 + (20)(6) + 0 = 320$$

$$\text{روش ۱: } Z_{12} = A_1 + C_1 Q_{12} + H_1 (Q_{12} - Q_{11}) + H_2 (Q_{12} - Q_{12})$$

$$Z_{12} = 200 + (6)(20+10) + 3(30-20) + 2(30-30)$$

$$\text{روش ۱: } Z_{12} = 320 + 10(6+3) = 410$$

$$Z_{13} = 410 + 40(6+3+2) = 850$$

$$Z_{14} = 850 + 30(6+3+2+1) = 1210$$

e \ c	۱	۲	۳	۴
۱	<u>۳۲۰</u> +۰	<u>۴۱۰</u> +۰	۸۵۰ +۰	۱۲۱۰ +۰
۲		۲۱۰ +۳۲۰	۵۳۰ +۳۲۰	۸۰۰ +۳۲۰
۳			۴۱۰ +۴۱۰	۵۶۰ +۴۱۰
۴				۴۳۰ +۸۲۰
f_e	۳۲۰	۴۱۰	۸۲۰	<u>۹۷۰</u>

$$Z_{۲۲} = ۱۵۰ + ۱۰ (۶) = ۲۱۰$$

$$Z_{۲۳} = ۲۱۰ + ۴۰ (۶+۲) = ۵۳۰$$

$$Z_{۲۴} = ۵۳۰ + ۳۰ (۶+۲+۱) = ۸۰۰$$

$$Z_{۳۳} = ۲۵۰ + ۴۰ (۴) = ۴۱۰$$

$$Z_{۳۴} = ۴۱۰ + (۳۰) (۴+۱) = ۵۶۰$$

$$Z_{۴۴} = ۲۸۰ + ۳۰ (۵) = ۴۳۰$$

$$f_e = \cdot$$

①

$$f_1 = \min \{Z_{۱۱} + f_e\} = \min \{۳۲۰ + ۰\} = \underline{۳۲۰}$$

①-۲ ① ②

$$f_2 = \min \{Z_{۱۲} + f_e, Z_{۲۲} + f_1\} = \{\underline{۴۱۰} + ۰, ۲۱۰ + ۳۲۰\} = ۴۱۰$$

①-۳ ① ②-۳ ①-۲ ③

$$f_3 = \min \{Z_{۱۳} + f_e, Z_{۲۳} + f_1, Z_{۳۳} + f_2\} = \{۸۵۰, ۸۵۰ + \underline{۸۲۰}\} = ۸۲۰$$

①-۴ ①-۲ ③ ④ ①-۲ ③ ④ ①-۲ ③-۴

$$f_4 = \min \{Z_{۱۴} + f_e, Z_{۲۴} + f_1, Z_{۳۴} + f_2, Z_{۴۴} + f_3\} = \{۱۲۱۰, ۱۲۲۰, \underline{۹۷۰}, ۱۲۵۰\} = ۹۷۰$$

* مثال ۲:

ماه t	۱	۲	۳	۴	۵	۶
D_t	۶۰	۱۰۰	۱۴۰	۲۰۰	۱۲۰	۸۰
A_t	۱۵۰	۱۴۰	۱۶۰	۱۶۰	۱۷۰	۱۹۰
C_t	۷	۷	۸	۷	۶	۱۰
H_t	۱	۱	۲	۲	۲	۲

e \ C	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱	۵۷۰ ⁺⁺	۱۳۷۰ ⁺⁺	۲۳۰ ⁺⁺	۴۸۳۰ ⁺⁺	۶۳۹۰ ⁺⁺	۷۵۹۰ ⁺⁺
۲		۸۴۰ ^{+.۵۷۰}	۱۹۶۰ ^{+.۵۷۰}	۳۹۶۰ ^{+.۵۷۰}	۵۴۰۰ ^{+.۵۷۰}	۶۵۲۰ ^{+.۵۷۰}
۳			۱۲۸۰ ^{+.۱۳۷۰}	۳۲۸۰ ^{+.۱۳۷۰}	۴۷۲۰ ^{+.۱۳۷۰}	۵۸۴۰ ^{+.۱۳۷۰}
۴				۱۵۶۰ ^{+.۲۵۳۰}	۲۶۴۰ ^{+.۲۵۳۰}	۳۵۲۰ ^{+.۲۵۳۰}
۵					۸۹۰ ^{+.۴۰۹۰}	۱۵۳۰ ^{+.۴۰۹۰}
۶						۹۹۰ ^{+.۴۹۸۰}
f _e	۵۷۰	۱۳۷۰	۲۵۳۰	۴۰۹۰	۴۹۸۰	۵۶۲۰

$$Z_{11} = ۱۵۰ + (۶۰)(۷) = ۵۷۰$$

$$Z_{12} = ۵۷۰ + ۱۰۰ \times (۷+۱) = ۱۳۷۰$$

$$Z_{13} = ۱۳۷۰ + ۱۴۰ \times (۷+۱+۱) = ۲۶۳۰$$

$$Z_{14} = ۲۶۳۰ + ۲۰۰ \times (۷+۱+۱+۲) = ۴۸۳۰$$

$$Z_{15} = ۲۸۳۰ + ۱۲۰ \times (۷+۱+۱+۲+۲) = ۴۳۹۰$$

$$Z_{16} = ۴۹۳۰ + ۸۰ \times (۷+۱+۱+۲+۲+۲) = ۵۵۹۰$$

$$Z_{22} = ۱۴۰ + ۱۰۰ \times (۷) = ۸۴۰$$

$$Z_{23} = ۸۴۰ + ۱۴۰ \times (۷+۱) = ۱۹۶۰$$

C_r H_r H_r

$$Z_{24} = ۱۹۶۰ + ۲۰۰ \times (۷+۱+۲) = ۳۹۶۰$$

$$Z_{25} = ۳۹۶۰ + ۱۲۰ \times (۷+۱+۲+۲) = ۵۴۰۰$$

$$Z_{26} = ۵۴۰۰ + ۸۰ \times (۷+۱+۲+۲+۲) = ۶۵۲۰$$

$$Z_{33} = ۱۶۰ + (۱۴۰)(۸) = ۱۲۸۰$$

$$Z_{34} = ۱۲۸۰ + ۲۰۰ \times (۸+۲) = ۳۲۸۰$$

$$Z_{35} = ۳۲۸۰ + ۱۲۰ \times (۸+۲+۲) = ۴۷۲۰$$

$$Z_{36} = ۴۷۲۰ + ۸۰ \times (۸+۲+۲+۲) = ۵۸۴۰$$

$$Z_{44} = ۱۶۰ + ۲۰۰ \times (۷) = ۱۵۶۰$$

$$f_i = \cdot$$

$$f_1 = \min\{Z_{11} + f_i\}$$

$$\Rightarrow f_1 = \min\{۵۷۰ + \cdot\} = ۵۷۰$$

$$f_2 = \min\{Z_{12} + \cdot \text{ و } Z_{22} + f_1\} = \{۱۳۷۰ + \cdot \text{ و } ۸۴۰ + ۵۷۰\} = ۱۳۷۰$$

$$f_3 = \min\{Z_{13} + \cdot \text{ و } Z_{23} + f_1 \text{ و } Z_{33} + f_2\} = \{۲۶۳۰ + \cdot \text{ و } ۱۹۶۰ + ۵۷۰ \text{ و } ۱۲۸۰ + ۱۳۷۰\} = ۲۵۳۰$$



$$f_f = \min \{Z_{1f} + . \text{ و } Z_{2f} + f_1 \text{ و } Z_{3f} + f_2 \text{ و } Z_{4f} + f_3\} = 4090$$

$$Z_{45} = 1560 + (120)(7+2) = 2640$$

$$Z_{55} = 170 + (6)(120) = 890$$

$$Z_{56} = 890 + 80(6+2) = 1530$$

$$Z_{66} = 190 + 80(10) = 990$$

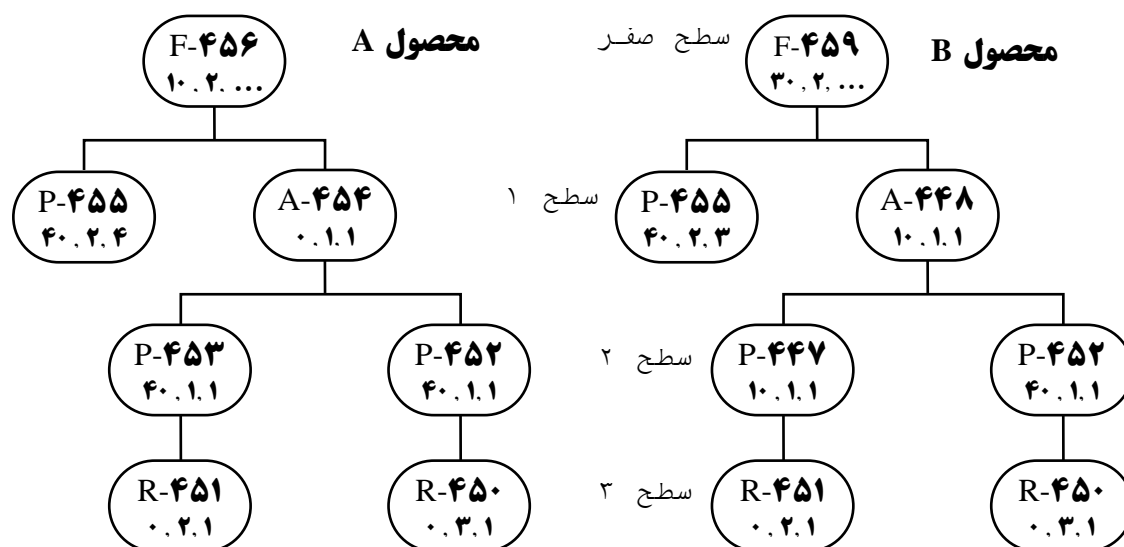
$$Z_{45} = 1560 + (120)(7+2) = 2640$$

$$Z_{55} = 170 + (6)(120) = 890$$

$$Z_{56} = 890 + (80)(6+2) = 1530$$

$$Z_{66} = 190 + 80(10) = 990$$

* مثال MRP



جدول سربرنامه تولید

هفت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
A							۵۰			۸۰
B						۴۰			۷۰	

جدول دریافت های زمان بندی شده

کد	میزان دریافت	موعد تحویل
A-454	۴۰	۲
P-455	۲۰	۳
R-450	۱۰۰	۱

کد قطعه F-۴۵۹										کد قطعه F-۴۵۶									
۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
احتیاجات ناخالص										احتیاجات ناخالص									
دریافت زمان بندی شده										دریافت زمان بندی شده									
موجودی پیش بینی شده										موجودی پیش بینی شده									
احتیاجات خالص										احتیاجات خالص									
دریافت برنامه ریزی شده										دریافت برنامه ریزی شده									
سفارشات برنامه ریزی شده										سفارشات برنامه ریزی شده									
۷۰										۷۰									
۳۰										۳۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									
۷۰										۷۰									

*** نکته:** برای برنامه ریزی هر قطعه می بایست احتیاجات ناخالص آن مشخص شود، یعنی قطعه والد آن برنامه ریزی شده باشد که اگر برنامه ریزی نشده باشد باید در مورد قطعه والد این مورد تکرار شود.

* مثال MPS

۱۳ هفته اول MPS

شماره هفته													
ماه ۱				ماه ۲				ماه ۳					
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	
۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	صندلی A
۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۰	۰	۰	صندلی B
۱۰۰	۱۰۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰	صندلی C
۱۰	۱۵	۱۵	۱۰	۱۰	۱۰	۱۵	۱۵	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	صندلی D
۴۰	۴۰	۳۵	۳۵	۳۰	۳۰	۳۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	صندلی E

در جدول زیر تجزیه و تحلیل کاملی از MPS برای صندلی B نشان داده شده است. رویه ادغامی برای تقاضا در این مثال، به صورت زیر می باشد: در ۲ هفته اول، سفارشات واقعی غالب بوده، در حالی که از این زمان به بعد، از پیش بینی - های دستی استفاده می شود. هنگامی که پیش بینی دستی وجود ندارد، پیش بینی که خود سیستم مولد آن است، پیاده می شود.

شماره هفته	شماره قطعه F-۴۴۹												قلم: صندلی B
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
پیش بینی سیستم	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰
پیش بینی دستی	۵۰	۶۰	۴۰	۵۰	۷۰	۸۰	۸۰	۷۰	۷۰	۶۰			
سفارشات واقعی	۵۵	۶۰	۳۰	۲۰	۲۵	۵	۱۰						
تقاضای کل	۵۵	۶۰	۴۰	۵۰	۷۰	۸۰	۸۰	۷۰	۷۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰
سفارشات تثبیت شده	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰			
احتیاجات خالص												۵۵	
موجودی اول دوره	۶۰												
موجودی پیش بینی شده	۸۵	۱۰۵	۱۴۵	۱۷۵	۱۸۵	۱۶۵	۱۴۵	۱۳۵	۱۲۵	۱۲۵	۶۵	۵	-۵۵
موجودی تجمعی	۸۵	۱۰۵	۱۵۵	۲۱۵	۲۷۰	۳۲۵	۳۸۵	۴۳۵	۴۹۵	۵۵۵	۵۵۵	۵۵۵	۵۵۵
قول دادنی													

مدلسازی در برنامه‌ریزی تولید

۱. مسأله امتزاج

در این مسأله یک محصول با مشخصات معین می‌بایست تولید گردد. این مشخصات از ترکیب نمودن (امتزاج) چندین ماده خام به دست می‌آید که هر یک از این مواد خام هزینه‌های خرید خاص خود را دارا می‌باشد. تابع هدف این مسأله حداقل نمودن هزینه‌های خرید مواد خام به نحوی است که مشخصه‌های تعیین شده محصول تأمین گردد. متغیرها و پارامترهای مسأله امتزاج به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\Leftrightarrow \min \sum_{j=1}^n C_j X_j \quad \text{مقدار ماده خام}$$

$$\text{s.t: } \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \begin{cases} \leq \\ = \\ \geq \end{cases} b_i \quad \forall i=1, \dots, m \quad \text{تعداد مشخصه‌ها}$$

$$X_j \geq 0$$

$$\sum_{j=1}^n X_j = 1$$

C_j : هزینه‌های هر واحد ماده خام j ام

X_j : مقدار ماده خام j ام خریداری شده برای هر واحد محصول

b_i : محصول i مقدار مشخصه

a_{ij} : سهم هر واحد ماده خام j ام در مشخصه i ام محصول

* مثال:

یک تولیدکننده آلیاژ سفارشی از یک مشتری برای تولید یک آلیاژ به صورت زیر دریافت می‌نماید، فلز نوع A حداقل ۲۳٪ و فلز نوع B حداکثر ۱۵٪ نوع C حداکثر ۴٪ و فلز نوع D بین ۳۵-۶۵ درصد در تولید این آلیاژ غیر از ترکیبات فوق ترکیب دیگری مجاز نیست، تولیدکننده به ۶ نوع سنگ معدن دسترسی دارد که درصد ترکیبات و قیمت خرید هر واحد آن در جدول زیر خلاصه شده است، ناخالصی معادن نیز در حین عملیات تولید آلیاژ از فرآیند خارج می‌گردد. مطلوبست ایجاد مدل این مسأله امتزاج را به دست آورید؟

ناخالصی	قیمت هر تن سنگ معدن	D	C	B	A	معدن
%۳۰	۲۳	%۲۵	%۱۰	%۱۰	%۲۵	۱
%۳۰	۲۰	۳۰	۰	۰	۴۰	۲
%۴۰	۱۸	۳۰	۰	۱۰	۲۰	۳
%۶۰	۱۰	۲۰	۵	۱۵	۰	۴
%۲۰	۲۷	۴۰	۰	۲۰	۲۰	۵
%۶۰	۱۲	۱۷	۱۰	۵	۸	۶

$$\min \quad ۲۳ x_1 + ۲۰ x_2 + ۱۸ x_3 + ۲۰ x_4 + ۲۷ x_5 + ۱۲ x_6$$

s.t:

$$A \text{ فلز} \Rightarrow ۲۵ x_1 + ۴۰ x_2 + ۲۰ x_3 + ۲۰ x_4 + ۸ x_6 \geq ۲۳$$

$$B \text{ فلز} \Rightarrow ۱۰ x_1 + ۱۰ x_3 + ۱۵ x_4 + ۲۰ x_5 + ۵ x_6 \leq ۱۵$$

$$C \text{ فلز} \Rightarrow ۱۰ x_1 + ۵ x_4 + ۱۰ x_6 \leq ۴$$

$$D \text{ فلز} \Rightarrow ۳۵ \leq ۲۵ x_1 + ۳۰ x_2 + ۳۰ x_3 + ۲۰ x_4 + ۴۰ x_5 + ۱۷ x_6 \leq ۶۵$$

$$۰/۷ x_1 + ۰/۷ x_2 + ۰/۶ x_3 + ۰/۴ x_4 + ۰/۸ x_5 + ۰/۴ x_6 = ۱$$

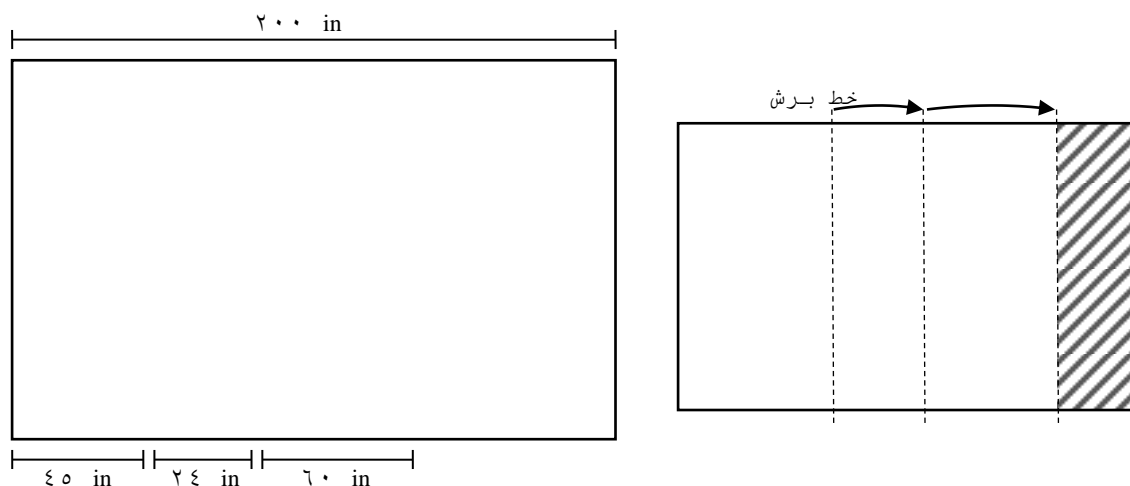
$$X_1^* = ۰/۹۷۱۴ \text{ ton} \quad X_4^* = ۰/۸ \text{ ton} \quad \Leftarrow \text{از معدن ۲ و ۴ خرید می کنیم}$$

۲. مسأله برش

در این مسأله در منابعی که می بایست ماده خام را (پارچه، کاغذ یا ورق فلزی) با توجه به محصولات مختلف به واحدهای کوچکتر برش بزنیم را **مسأله برش** می گویند. در این مسأله هدف کاهش ضایعات می باشد.

*** مثال:**

در یک کارخانه کاغذسازی رول های بزرگ کاغذ به پهنای ۲۰۰ in تولید می شود که با توجه به نیاز مشتریان می بایست به عرض های کوچکتر بریده شوند، مشتریان این کارخانه نیاز به ۵۰۰ عدد رول ۴۵ in، ۳۰۰ عدد رول ۲۴ in، ۲۰۰ عدد رول ۶۰ in دارند. مطلوبست با توجه به اطلاعات مسأله، مدل ریاضی آن را به دست آورید؟



	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۴۵	۴	۳	۳	۲	۲	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰
۲۴	۰	۲	۰	۴	۲	۶	۳	۱	۸	۵	۳	۰
۶۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۲	۰	۱	۲	۳
ضایعات	۲۰	۱۷	۵	۱۴	۲	۱۱	۲۳	۱۱	۸	۲۰	۸	۲۰

$$\min Z = \min \sum_{j=1}^{12} x_j$$

s.t:

$$45 \text{ in} \Rightarrow 4x_1 + 3x_2 + 3x_3 + 2x_4 + 2x_5 + x_6 + x_7 + x_8 - s_1 = 500$$

$$24 \text{ in} \Rightarrow 2x_2 + 4x_4 + 2x_5 + 6x_6 + 3x_7 + x_8 + 8x_9 + 5x_{10} + 3x_{11} - s_2 = 300$$

$$60 \text{ in} \Rightarrow x_3 + x_5 + x_7 + 2x_8 + x_{10} + 2x_{11} + 3x_{12} - s_3 = 200$$

$$\min Z = 20x_1 + 17x_2 + \dots + 8x_{11} + 20x_{12} + 45s_1 + 24s_2 + 60s_3$$

$$x_j \geq 0 \quad x_1^* = 12/5 \quad x_2^* = 50 \quad x_3^* = 150$$

۳. مسئله تولید ترکیبی

$$\max Z = \sum_{i=1}^n (r_i - c_i) x_i$$

$$St \ Z = \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \leq b_j \quad \forall j = 1, \dots, m$$

$$x_i \leq V_i$$

$$x_i \geq L_i$$

x_i : مقدار تولید از محصول i ام

i : شمارنده محصول $\forall i = 1, \dots, n$

n : تعداد محصولات $\forall i = 1, \dots, n$

j : شمارنده منابع

b_j : محدودیت منبع j ام (در دسترس)

m : تعداد منابع

V_i : حداکثر مقدار تولید محصول i ام

L_i : حداقل مقدار تولید محصول i ام

r_i : قیمت فروش هر واحد محصول i ام

c_i : هزینه تولید هر واحد محصول

* مثال:

در یک کارگاه تولیدی ۴ محصول تولید می‌شود، این محصولات نیازمند طی کردن دپارتمان‌های پرس‌کاری، مته‌کاری، مونتاژ تکمیلی و بسته‌بندی می‌باشند، اطلاعات مربوط به زمان تولید هر واحد محصول برحسب ساعت در هر دپارتمان و ظرفیت موجود هر یک از دپارتمان‌ها در جدول ۱ خلاصه شده است، همچنین اطلاعات مربوط به قیمت فروش، هزینه تولید حداقل و حداکثر تولید هر محصول در جدول شماره ۲ پیش‌بینی شده است. ضمناً برای تولید محصولات ۲ و ۴ نیازمند یک ورق فلزی خاص می‌باشیم به طوری که محصول ۲ به ۲ مترمربع و محصول ۴ به ۰/۵ مترمربع از این ورق فلزی خاص احتیاج دارد. در صورتی که از این ورق فلزی فقط ۲۰۰۰ مترمربع موجود باشد، مدل مسأله فوق را به نحوی بنویسید تا سود تولید این محصولات حداکثر شود.

دپارتمان	زمان مورد نیاز برای هر واحد محصول بر حسب ساعت				ظرفیت موجود بر حسب ساعت
	۱	۲	۳	۴	
پرس کاری	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۰۵	۰/۱	۴۰۰
مته کاری	۰/۰۶	۰/۱۲	--	۰/۱	۴۰۰
مونتاژ	۰/۰۵	۰/۱	۰/۰۵	۰/۱۲	۵۰۰
تکمیلی	۰/۰۴	۰/۲	۰/۰۳	۰/۱۲	۴۵۰
بسته بندی	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۵	۴۰۰
قیمت فروش	۱۰	۲۵	۱۶	۲۰	
هزینه تولید	۶	۱۵	۱۱	۱۴	
حداقل تولید	۱۰۰	--	۵۰۰	۱۰۰	
حداکثر تولید	۶۰۰۰	۵۰۰۰	۳۰۰۰	۱۰۰۰	

$$\max Z = (10-6)x_1 + (25-15)x_2 + (16-11)x_3 + (20-14)x_4$$

St:

$$\Rightarrow 0.03x_1 + 0.15x_2 + 0.05x_3 + 0.1x_4 \leq 400 \quad \text{پرس کاری}$$

$$\Rightarrow 0.06x_1 + 0.12x_2 + 0.1x_4 \leq 400 \quad \text{مته کاری}$$

$$\Rightarrow 0.05x_1 + 0.1x_2 + 0.05x_3 + 0.12x_4 \leq 500 \quad \text{مونتاژ}$$

$$\Rightarrow 0.04x_1 + 0.2x_2 + 0.03x_3 + 0.12x_4 \leq 450 \quad \text{تکمیلی}$$

$$\Rightarrow 0.02x_1 + 0.06x_2 + 0.02x_3 + 0.05x_4 \leq 400 \quad \text{بسته بندی}$$

$$x_1^* = 5500 \quad x_2^* = 5000 \quad x_3^* = 3000 \quad x_4^* = 100$$

$$\Rightarrow \dots + 2x_2 + \dots + 0.5x_4 \leq 2000 \quad \text{محدودیت ورق فلزی}$$

$$100 \leq x_1 \leq 6000 \quad 0 \leq x_2 \leq 5000 \quad 500 \leq x_3 \leq 3000 \quad 100 \leq x_4 \leq 1000$$

۴. مسئله انتخاب روش تولید

$$\min Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{j_i} c_{ij} x_{ij}$$

D_i : مقدار تقاضا برای محصول i ام

x_{ij} : مقدار محصول i ام تولید شده از روش j ام

St:

$$\sum_{j=1}^{j_i} x_{ij} = D_i \quad \forall i = 1, \dots, n$$

i : شمارنده محصول

i : تعداد محصول

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{j_i} a_{ijk} x_{ij} \leq b_k \quad \forall k = 1, \dots, k$$

j : شمارنده روش

j_i : تعداد روش ساخت محصول i ام

$$x_{ij} \geq 0$$

b_k : مقدار در دسترس از منبع k ام

k : شمارنده منابع

k : تعداد منابع موجود

a_{ijk} : مقدار استفاده محصول i ام از روش j ام از منبع k ام

c_{ij} : هزینه تولید هر واحد محصول i ام از روش ساخت j ام

* مثال:

با توجه به اطلاعات مثال قبل فرض کنید تقاضا برای محصولات ۱ تا ۴ به ترتیب برابر ۳۰۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ باشد، و دقیقاً به همین مقدار می‌بایست در هر ماه تولید صورت گیرد. زمان‌های عادی موجود در هر ماه دپارتمان برای ساخت این محصولات مطابق همان جدول ۱ است. علاوه بر این پرس کاری و مته‌کاری قطعات هر محصول می‌تواند برون‌سپاری گردد، با این کار ۲۰٪ به هزینه تولید محصول اضافه می‌شود. اگر هر دو کار پرس کاری و مته‌کاری به خارج از کارخانه واگذار شده باشد، به عنوان قطعات نیمه‌ساخته سفارشات جهت عملیات‌های مونتاژ، تکمیلی و بسته‌بندی خط تولید کارخانه را طی می‌کند، ضمناً در صورت لزوم می‌توان دپارتمان تکمیلی را تا ۱۰۰ ساعت در ماه و سپس وادار به اضافه‌کاری کرد که در نتیجه این کار هزینه هر محصول ۱ و ۳ به اندازه ۰/۲ واحد پولی و هزینه هر محصول ۲ به اندازه ۰/۴ واحد پولی و هر محصول ۴ به اندازه ۰/۳ واحد پول قراردادی افزایش خواهد یافت. محدودیت ورق‌های فلزی جهت تولید محصولات ۲ و ۴ تنها شامل قطعاتی می‌باشد که پرس کاری و مته‌کاری آنها در داخل کارخانه صورت می‌گیرد؛ مطلوب‌ست مدل مسأله فوق



۱: پرس کاری و مته کاری داخل کارخانه، تکمیلی در وقت عادی

۲: پرس کاری و مته کاری داخل کارخانه، تکمیلی در وقت اضافی

۳: پرس کاری و مته کاری خارج کارخانه، تکمیلی در وقت عادی

۴: پرس کاری و مته کاری خارج کارخانه، تکمیلی در وقت اضافی

محصولات	۱	۲	۳	۴
قیمت فروش	۱۰	۲۵	۱۶	۲۰
هزینه تولید روش ۱	۶	۱۵	۱۱	۱۴
هزینه تولید روش ۲	$۶ + ۰/۲$	$۱۵ + ۰/۴$	$۱۱ + ۰/۲$	$۱۴ + ۰/۳$
هزینه تولید روش ۳	$۶ \times ۱/۲$	$۱۵ \times ۱/۲$	$۱۱ \times ۱/۲$	$۱۴ \times ۱/۲$
هزینه تولید روش ۴	$۶ \times ۱/۲ + ۰/۲$	$۱۵ \times ۱/۲ + ۰/۴$	$۱۱ \times ۱/۲ + ۰/۲$	$۱۴ \times ۱/۲ + ۰/۳$

$$\Rightarrow \min Z = \sum \sum C_{ij} \cdot x_{ij} = \sum \sum [C_{ij}]^T \cdot [x_{ij}]$$

$$\Rightarrow \min Z = 6x_{11} + 6/2x_{12} + (6 \times 1/2)x_{13} + (6 \times 1/2 + 0/2)x_{14} + \dots + (14 \times 1/2 + 0/3)x_{44}$$

s.t:

$$\Rightarrow \text{پرس کاری در داخل} \Rightarrow ۰/۳(x_{11} + x_{12}) + ۰/۱۵(x_{21} + x_{22}) + ۰/۰۵(x_{31} + x_{32}) + ۰/۱(x_{41} + x_{42}) \leq ۴۰۰$$

$$\Rightarrow \text{مته کاری} \Rightarrow ۰/۰۶(x_{11} + x_{12}) + ۰/۱۲(x_{21} + x_{22}) + \dots + ۰/۱(x_{41} + x_{42}) \leq ۴۰۰$$

$$\Rightarrow \text{مونتاژ} \Rightarrow 0/05 \sum_{i=1}^4 x_{1j} + 0/1 \sum_{i=1}^4 x_{2j} + 0/05 \sum_{i=1}^4 x_{3j} + 0/12 \sum_{i=1}^4 x_{4j} \leq 500$$

$$\Rightarrow \text{تکمیلی عادی} \Rightarrow ۰/۴(x_{11} + x_{12}) + ۰/۲(x_{21} + x_{22}) + ۰/۰۳(x_{31} + x_{32}) + ۰/۱۲(x_{41} + x_{42}) \leq ۴۵$$

$$\Rightarrow \text{تکمیلی اضافی} \Rightarrow ۰/۴(x_{12} + x_{14}) + ۰/۲(x_{22} + x_{24}) + ۰/۰۳(x_{32} + x_{34}) + ۰/۱۲(x_{42} + x_{44}) \leq ۱۰۰$$

$$\Rightarrow \text{محدودیت بسته بندی} \Rightarrow 0/02 \sum_{i=1}^4 x_{1j} + 0/06 \sum_{i=1}^4 x_{2j} + 0/02 \sum_{i=1}^4 x_{3j} + 0/5 \sum_{i=1}^4 x_{4j} \leq 400$$

$$\Rightarrow \text{تکمیلی اضافی} \Rightarrow ۰ + ۲(x_{21} + x_{22}) + \dots + ۰/۵(x_{41} + x_{42}) \leq ۲۰۰$$

جواب بهینه نهایی

$$X_{11}^* = 3000, X_{22}^* = 300, X_{31}^* = 1000$$

$$X_{31}^* = 1667, X_{23}^* = 200, X_{43}^* = 333$$

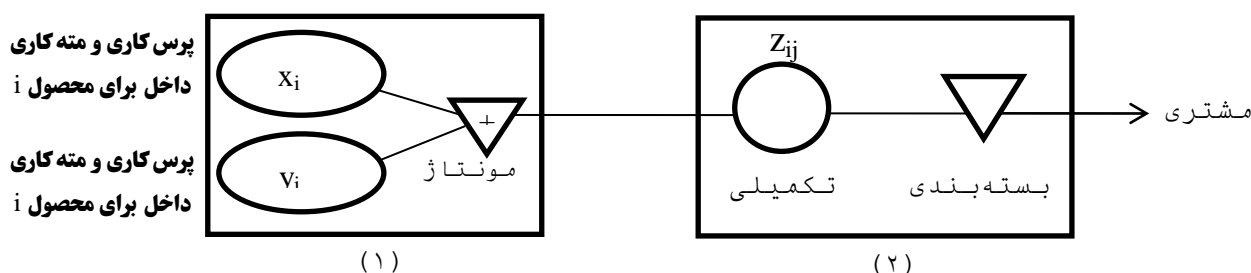
میزان تقاضا

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^4 x_{1j} = D_1 = 3000 \\ \sum_{j=1}^4 x_{2j} = D_2 = 500 \\ \sum_{j=1}^4 x_{3j} = D_3 = 1000 \\ \sum_{j=1}^4 x_{4j} = D_4 = 2000 \end{cases}$$

$(x_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j, \text{Integer})$

۵. مسأله تولید چند مرحله‌ای

سیستم‌های تولیدی که تا کنون مورد بررسی قرار گرفته است تنها شامل یک مرحله بوده‌اند، در حالی که در بسیاری از اوقات ممکن است امکانات سیستم تولیدی به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گیرد؛ مانند روش‌های تولید محصول و یا حتی می‌بایست بین امکانات موجود در دوره‌های برنامه‌ریزی مختلف هماهنگی ایجاد کرد. در این گونه از مسائل، مسأله تولید چند مرحله‌ای روشی مناسب برای مدل نمودن مسأله می‌باشد. فرض کنید در مثال قبلی با توجه به اطلاعات مسأله قصد دارید آن را به صورت مسأله تولید چندمرحله‌ای (دو مرحله‌ای) مدل کنید. برای این کار متغیرهای جدیدی به صورت زیر تعریف می‌کنیم.



$$Z_{ij} = \begin{cases} Z_{i1} = \text{عادی} \\ Z_{i2} = \text{اضافه کاری} \end{cases}$$

$$\forall i = 1, \dots, 4$$

$$x_i + y_i = Z_{i1} + Z_{i2}$$

$$x_1 + y_1 = Z_{11} + Z_{12}$$

$$x_2 + y_2 = Z_{21} + Z_{22}$$

$$x_3 + y_3 = Z_{31} + Z_{32}$$

$$x_4 + y_4 = Z_{41} + Z_{42}$$



* مثال:

$$\Rightarrow 0.3 x_1 + 0.15 x_2 + 0.05 x_3 + 0.1 x_4 \leq 400 \quad \text{پرس کاری داخل}$$

$$\Rightarrow 0.06 x_1 + 0.12 x_2 + 0 + 0.1 x_4 \leq 400 \quad \text{مته کاری}$$

$$\Rightarrow 0.06 (x_1 + y_1) + 0.12 (x_2 + y_2) + 0 + 0.1 x_4 \leq 400 \quad \text{مونتاژ}$$

$$\Rightarrow 0.04 Z_{11} + 0.2 Z_{21} + 0.3 Z_{31} + 0.12 Z_{41} \leq 450 \quad \text{وقت عادی}$$

$$\Rightarrow 0.04 Z_{12} + 0.2 Z_{22} + 0.3 Z_{32} + 0.12 Z_{42} \leq 100 \quad \text{اضافه کاری تکمیلی اضافی}$$

$$\Rightarrow 0.2 (Z_{11} + Z_{12}) + 0.06 (Z_{21} + Z_{22}) + 0.2 (Z_{31} + Z_{32}) + 0.05 (Z_{41} + Z_{42}) \leq 200 \quad \text{بسته بندی}$$

$$\Rightarrow 0 + 2 (x_2) + 0 + 0.5 (x_4) \leq 200 \quad \text{ورق فلزی}$$

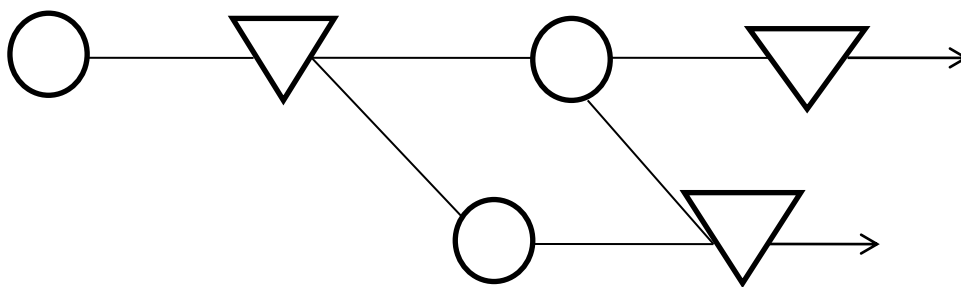
میزان تقاضا

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_{11} + Z_{12} = D_1 = 3000 \\ Z_{21} + Z_{22} = D_2 = 500 \\ Z_{31} + Z_{32} = D_3 = 1000 \\ Z_{41} + Z_{42} = D_4 = 2000 \end{array} \right.$$

	۱	۲	۳	۴
x_i	۳۰۰۰	۳۰۰	۱۰۰۰	۱۶۹۷
y_i	.	۲۰۰	.	۳۳۳
Z_{i1}	۳۰۰۰	۲۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰
Z_{i2}	.	۳۰۰	.	.

* مثال:

با توجه به سیستم سه مرحله‌ای زیر در صورتی که هزینه تولید هر واحد محصول در مرحله j ام با C_j نشان دهیم و قیمت فروش هر واحد محصول در مرحله دو و سه به ترتیب I_2 و I_3 باشد. با فرض اینکه در هر مرحله از تولید ظرفیت تولید P_j می‌باشد و مقدار حداقل و حداکثر فروش محصول در مرحله j ام به ترتیب L_j و U_j باشد مدل این مسأله چندمرحله‌ای را با توجه به حداکثر کردن سود به دست آورید؟



$$\max Z = c_3 x_3 + I_2 (x_2 - a_{23} x_3) - c_1 x_1 - c_2 x_2 - c_3 x_3$$

s.t:

$$X_1 = c_{12} x_2 + c_{13} x_3$$

$$X_2 \geq a_{23} x_3$$

$$x_j \leq p_j \quad \forall j = 1, 2, 3$$

$$L_2 x_2 \leq x_3 < U_2$$

$$L_2 x_2 \leq x_3 - a_{23} x_3 < U_2$$

روش های ابتکاری حل مسأله برنامه ریزی تولید

۱. روش تثبیت سرعت

اطلاعات جدول زیرپیش بینی تقاضا برای ۱۲ ماه آینده می باشد هزینه سرمایه راکد در موجودی ۱۸٪ در سال است، هزینه نیروی انسانی، مواد اولیه و ... برای هر نفر ساعت ۳۰ واحد پول قراردادی است و نیروی انسانی به طور مستقیم و همچنین مواد اولیه ۲۰٪ این هزینه را تشکیل می دهند. حداکثر ظرفیت ساعات اوقات معمولی ۳۷۸۰ نفر ساعت در روز است که معادل کارکرد حداکثر ۵۴۰ کارگر با ۷ ساعت کار در روز است. در حال حاضر کارخانه ۴۳۵ کارگر دارد که به علت محدودیت آموزش پرسنل در هر دوره حداکثر ۳۰ کارگر می توان استخدام کرد. هزینه استخدام هر کارگر ۵۰۰ واحد پولی قراردادی است و هزینه اخراج هر کارگر ۴۰۰ واحد پول قراردادی می باشد. هزینه اضافی ساعات اضافه کاری ۵۰٪ هزینه نیروی انسانی و مواد اولیه است. هزینه مازاد و قرارداد جانبی ۴ واحد پول قراردادی برای هر نفر ساعت است. مدیریت دستور داده است که حداکثر ۳ روز در ماه می توان اضافه کاری داشته باشیم و از قرارداد جانبی در صورتی می توان استفاده کرد که تقاضا را از طریق ساعات اوقات معمولی و اضافه کاری می توان برآورده نمود.

ماه	روزهای کاری	تقاضا (نفر ساعت)
۱	۱۹	۵۲۰۰۰
۲	۲۴	۴۵۰۰۰
۳	۱۸	۵۸۰۰۰
۴	۲۲	۶۲۰۰۰
۵	۱۸	۶۹۰۰۰
۶	۲۰	۶۷۰۰۰
۷	۲۵	۹۰۰۰۰
۸	۱۹	۷۵۰۰۰
۹	۲۰	۷۹۰۰۰
۱۰	۱۹	۷۵۰۰۰
۱۱	۱۵	۵۵۰۰۰
۱۲	۲۰	۵۴۰۰۰
	۲۳۹	۸۰۱۰۰۰



کاربرد مدل‌های حمل و نقل در برنامه‌ریزی تولید

یکی از کاربردهای مدل‌های حمل و نقل در برنامه‌ریزی مدل‌های ادغامی است منظور از برنامه‌ریزی تولید ادغامی وجود روش‌های مختلف تولید مانند اضافه کاری و یا قرار جانی است که می‌تواند منجر به بروز موجودی مازاد و یا حتی کمبود شود. مدل‌های حمل و نقل در واقع سعی می‌کند تا برای یک مسئله برنامه‌ریزی تولید ادغامی یک جواب اولیه نسبتاً خوب به دست آورد. بهینگی را تضمین نمی‌کند. در واقع مسئله برنامه‌ریزی تولید ادغامی یک مسئله تولید چند مرحله‌ای است که هر مرحله یک دوره زمانی می‌باشد و چیزی که بین مراحل انتقال می‌یابد موجودی و یا کمبود می‌باشد.

* مثال ۱:

یک مسئله برنامه‌ریزی تولید می‌بایست برای چهار دوره تنظیم گردد به طوری که تقاضای این چهار دوره به ترتیب برابر ۲۰، ۱۰، ۴۰، ۳۰ می‌باشد. هزینه نگهداری در دوره یک تا چهار به ترتیب ۳، ۲، ۱، ۱ واحد پولی است و کسری مجاز نیست. هزینه‌های تولید در دامنه‌های مختلف نرخ تولید در جدول زیر خلاصه شده است. اگر حداکثر ظرفیت تولید در یک دوره ۳۵ واحد کالا باشد و سطح موجودی اولیه و نهایی نیز صفر در نظر گرفته شود، مقادیر اولیه یا یک جواب اولیه برای این مسئله با استفاده از مدل حمل و نقل به دست آورید؟

دوره	۱	۲	۳	۴
۱ تا ۸	۴	۶	۶	۳
۹ تا ۱۷	۵	۱۰	۸	۵
۱۸ تا ۲۵	۶	۱۲	۱۰	۷
۲۶ تا ۳۵	۸	۱۴	۱۲	۸
تقاضا D	۲۰	۱۰	۴۰	۳۰
نگهداری H	۳	۲	۱	۱
کمبود K	۲	۳	۱	∞

دوره		۱		۲		۳		۴		ظرفیت	مقدار تولید		
	۱	۸	۸	۴	××	۷	××	۹	××	۱۰	۸	۲۰+۲+۳=۲۵	
	۲	۹	۹	۵	××	۸	××	۱۰	××	۱۱	۹		
	۳	۳	۳	۶	۲	۹	۳	۱۱	۵ ×	۱۲	۸		
	۴			۸		۱۱		۱۳	××	۱۴	۱۰		
۲	۱			۸	۸	۸	×	۸	۷ ×	۹	۸	۸+۹=۱۷	
	۲			۱۲		۱۰	۹	۱۲		۱۳	۹		
	۳			۱۴		۱۲		۱۴		۱۵	۸		
	۴			۱۶		۱۴		۱۶		۱۷	۱۰		
۳	۱			۱۱		۹	۸	۸	×	×	۷	۸	۸+۹+۸+۳=۲۸
	۲			۱۳		۱۱	۹	۹	۸	×	×	۹	
	۳			۱۵		۱۳	۸	۱۰	×	۸	۱۱	۸	
	۴			۱۷		۱۵	۳	۱۲		۱۳	۱۰		
۴	۱			۹	۲	۷	۶	۴	۸	×	۳	۸	۷+۶+۲+۸=۳۰
	۲			۱۱		۹	۹	۶	۹	×	۵	۹	
	۳			۱۳		۱۱	۸	۸	۸	×	۷	۸	
	۴			۱۶		۱۴		۱۱	۵	۱۰	۱۰	۱۰	
		۲۰		۱۰		۴۰		۳۰					

$$Z = 713 \quad \text{هزینه تولید} \times \text{جمع تمامی مقادیر} \quad 8 \times 4 + 5 \times 9 + 3 \times 6 + 2 \times 9 + \dots = 713$$

*** نکته «۱»:** در صورت داشتن موجودی اولیه این موجودی را به دوره اول تخصیص می‌دهیم تا زمانی که موجودی اولیه به صفر برسد.

*** نکته «۲»:** در صورت لزوم برداشتن موجودی پایانی این مقدار را به تقاضای آخرین دوره اضافه می‌کنیم.

*** مثال ۲:**

یک برنامه تولیدی باید برای ۴ دوره تنظیم گردد، به طوری که تقاضاهای این ۴ دوره به ترتیب ۲۰، ۱۰، ۴۰ و ۳۰ واحد است. هزینه انبارداری به صورت I_t^+ است که در آن $h_1 = 3$ و $h_2 = 2$ ، $h_3 = h_4 = 1$ و کسری مجاز نیست. هزینه‌های تولید، توابع محدب بوده و در جدول ۱ داده شده است. اعداد داخل جدول هزینه نهایی تولید بوده و برای سرتاسر X_t ثابت فرض می‌گردد، حداکثر تولید در یک دوره برابر ۳۵ است.

سطح موجودی خالص اولیه برابر صفر است و موجودی نهایی نیز باید برابر صفر باشد.

جدول ۱. هزینه‌های تولید برای مثال ۲

دامنه تغییرات تولید	دوره تولید			
	۱	۲	۳	۴
$1 \leq x_i \leq 8$	۴	۶	۶	۳
$9 \leq x_i \leq 17$	۵	۱۰	۸	۵
$18 \leq x_i \leq 25$	۶	۱۲	۱۰	۷
$26 \leq x_i \leq 35$	۸	۱۴	۱۲	۱۰

حل مثال بدون کسری

برای حل این مسأله تصور می‌کنیم که تمام این چهار منبع تولید در هر دوره آماده است و هر یک از این منابع دارای ظرفیت داده شده و هزینه متناسبی است. چون که هزینه نگهداری خطی است، جدول حمل و نقل را برای حل این مسأله می‌توانیم به کار ببریم. جدول ۱ نتایج را نشان می‌دهد.

تخصیص اعداد به هر سلول از دوره ۱ آغاز می‌گردد. وقتی که تقاضای دوره ۱ با تخصیص ارزان‌ترین منبع ارضاء گردید، ظرفیت‌ها در ستون راست برای انعکاس ظرفیت باقیمانده تنظیم شده و به دوره ۲ انتقال می‌یابیم. در دوره ۲ نیز تقاضا با استفاده از ارزان‌ترین منبع ارضاء می‌گردد و کار به همین منوال تا ارضاء تمام تقاضاها ادامه می‌یابد. برنامه بهینه تخصیص یافته $x_1^* = 25$, $x_2^* = 10$, $x_3^* = 35$ و $x_4^* = 30$ است. برای این برنامه $I_1^* = 5$, $I_2^* = 5$, $I_3^* = I_4^* = 0$ است و حداقل هزینه کل برابر ۷۱۳ واحد پولی است.

جدول ۲. حل مثال ۲ بدون کسری

دوره P	منبع تولید	تقاضا در دوره				ظرفیت مصرف نشده		ظرفیت
		۱	۲	۳	۴			
۱	$1 \leq X_1 \leq 8$	۴ ۸	۷	۹	۱۰	۰		۸
	$9 \leq X_1 \leq 17$	۵ ۹	۸	۱۰	۱۱	۰		۹
	$18 \leq X_1 \leq 25$	۶ ۳	۹ ۲	۱۱	۱۲	۰	۱۰	۸
	$26 \leq X_1 \leq 35$	۸	۱۱	۱۳	۱۴	۰	۷	۱۰
۲	$1 \leq X_2 \leq 8$		۶ ۸	۸	۹	۰	۸	۸
	$9 \leq X_2 \leq 17$		۱۰	۱۲ ۲	۱۳	۰	۱۰	۹
	$18 \leq X_2 \leq 25$		۱۲	۱۴	۱۵	۰		۸
	$26 \leq X_2 \leq 35$		۱۴	۱۶	۱۷	۰		۱۰
۳	$1 \leq X_3 \leq 8$			۶ ۸	۷	۰		۸
	$9 \leq X_3 \leq 17$			۸ ۹	۹	۰		۹
	$18 \leq X_3 \leq 25$			۱۰ ۸	۱۱	۰		۸
	$26 \leq X_3 \leq 35$			۱۲ ۱۰	۱۳	۰		۱۰
۴	$1 \leq X_4 \leq 8$				۳ ۸	۰		۸
	$9 \leq X_4 \leq 17$				۵ ۹	۰		۹
	$18 \leq X_4 \leq 25$				۷ ۸	۰		۸
	$26 \leq X_4 \leq 35$				۱۰ ۵	۰	۵	۱۰
تقاضا		۲۰	۱۰	۴۰	۳۰	۴۰		۱۴۰

جدول ۳. حل مثال ۲ با کسری

دوره P	منبع تولید	تقاضا در دوره				ظرفیت	
		۱	۲	۳	۴	مصرف نشده	ظرفیت
۱	$1 \leq X_1 \leq 8$	۴	۷	۹	۱۰	۰	۸
	$9 \leq X_1 \leq 17$	۵	۸	۱۰	۱۱	۰	۹
	$18 \leq X_1 \leq 25$	۶	۹	۱۱	۱۲	۰	۸
	$26 \leq X_1 \leq 35$	۸	۱۱	۱۳	۱۴	۰	۱۰
۲	$1 \leq X_2 \leq 8$	۸	۶	۸	۹	۰	۸
	$9 \leq X_2 \leq 17$	۱۲	۱۰	۱۲	۱۳	۰	۹
	$18 \leq X_2 \leq 25$	۱۴	۱۲	۱۴	۱۵	۰	۸
	$26 \leq X_2 \leq 35$	۱۶	۱۴	۱۶	۱۷	۰	۱۰
۳	$1 \leq X_3 \leq 8$	۱۱	۹	۶	۷	۰	۸
	$9 \leq X_3 \leq 17$	۱۳	۱۱	۸	۹	۰	۹
	$18 \leq X_3 \leq 25$	۱۵	۱۳	۱۰	۱۱	۰	۸
	$26 \leq X_3 \leq 35$	۱۷	۱۵	۱۲	۱۳	۰	۱۰
۴	$1 \leq X_4 \leq 8$	۹	۷	۴	۳	۰	۸
	$9 \leq X_4 \leq 17$	۱۱	۹	۶	۵	۰	۹
	$18 \leq X_4 \leq 25$	۱۳	۱۱	۸	۷	۰	۸
	$26 \leq X_4 \leq 35$	۱۶	۱۴	۱۱	۱۰	۰	۱۰
تقاضا		۲۰	۱۰	۴۰	۳۰	۴۰	۱۴۰

* مثال ۳:

حال در مثال ۲ تصور کنید که سفارشات عقب‌افتاده مجاز باشد و هزینه سفارشات عقب‌افتاده در دوره t به صورت $htIt-$ باشد که در آن $h_1=2, h_2=3, h_3=1$ و $h_4=\infty$ (چون که $\bar{I}_4=0$ باید باشد) جریمه عدم تحویل هر واحد کالا در دوره‌های مربوطه است. جدول حمل و نقل بهینه در جدول ۳ داده شده است. با مقایسه جدول‌های ۲ و ۳ فوراً متوجه می‌شویم که در مسائل با کسری هزینه مربوط به تمام عناصر جدول محاسبه شده است.

با استفاده از روش «حداقل هزینه» در تمام جدول صرف‌نظر از ستون ظرفیت مصرف نشده یک حل آغازی خوب حاصل می‌شود که با بهینه کردن آن خواهیم داشت:

$x_1^*=25, x_2^*=8, x_3^*=32$ و $x_4^*=35$. در این حل سطوح موجودی عبارت است از: $I_1^+=5, I_2^+=3, I_3^+=0$ و $I_4^+=0$. سفارشات عقب‌افتاده فقط در دوره ۳ با $I_3^-=5$ اتفاق می‌افتد. حداقل هزینه مربوطه 70.8 واحد پولی است.

* مثال ۴: دو محصولی

یک کارخانه تولیدکننده لوازم صنعتی دو نوع محصول A و B تولید می‌کند. تقاضای زیاد این محصول در گذشته کارخانه را وادار نموده است که از اضافه‌کاری و قرارداد جنبی استفاده کند. برای برنامه‌ریزی تولید در بهار سال آینده یک قرارداد جنبی تا ۵۰ محصول از A و یا B منعقد گردیده است. و کارخانه اجباراً باید از این قرارداد استفاده کند. به علت فشار وزارت صنایع سنگین این کارخانه مجاز نیست که در دوره‌های بعدی دوره برنامه‌ریزی آینده غیر از دوره اول بیش از ۳۰ محصول A و یا B به طور آزاد خریداری نماید. اطلاعات لازم دیگر در جدول ۴ خلاصه شده است (برای سادگی در محاسبات اعداد گرد شده‌اند).

جدول ۴. اطلاعات مثال ۴

فصل	ظرفیت تولید (واحد محصول)			تقاضا (واحد محصول)	
	اوقات معمولی	اضافه‌کاری	قرارداد جنبی	A	B
بهار	۱۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۵۰
تابستان	۱۰۰	۶۰	۳۰	۱۱۰	۱۲۰
پاییز	۱۲۰	۷۰	۳۰	۷۰	۱۳۰
زمستان	۱۰۰	۶۰		۹۵	۱۲۵
موجودی اولیه					
				۱۰	۱۰
موجودی پایانی دوره برنامه‌ریزی					
				۱۵	۲۵
هزینه تولید اوقات معمولی (واحد پول قراردادی)					
				۱۰	۸
هزینه تولید در وقت اضافی					
				۱۲	۱۰
هزینه تهیه کالا از طریق قرارداد جنبی					
				۱۵	۱۲
هزینه نگهداری کالا برای هر واحد محصول در یک فصل					
				۱	۲

برنامه ریزی تولید | حمید رضا کیا

مسأله عبارت از تعیین بهترین برنامه تولید در اوقات معمولی، اضافه کاری و قرارداد جنبی است.

مطابق مثال‌های ۲ و ۳ جدول حمل و نقل این مسأله نیز می‌تواند ساخته شود. تنها فرق این مسأله با مثال‌های قبلی در این است که در اینجا به جای یک ستون در دوره‌های مصرف باید دو ستون (به دلیل وجود دو محصول) به وجود آوریم. ضمناً روش حداقل هزینه روش خوبی برای به دست آوردن اولین حل قابل قبول در این مسأله هست. ولی لزوماً جواب به دست آمده بهینه نیست. حل بهینه این مسأله در جدول ۵ داده شده است. دستورالعمل تولید بهینه آن نیز به منظور استفاده مدیریت در جدول ۶ خلاصه شده است.

جدول ۵. جدول حمل و نقل و حل بهینه مثال ۴

فصل		۱		۲		۳		۴		ظرفیت به کار برده شده	ظرفیت
		A	B	A	B	A	B	A	B		
۱	اوقات معمولی	۱۰	۸	۱۱	۱۰	۱۲	۱۲	۱۳	۱۴	۰	۱۳۰
	اضافه کاری	۱۲	۱۰	۱۳	۱۲	۱۴	۱۴	۱۵	۱۶	۰	۴۰
	قرارداد جنبی	۱۵	۱۲	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۵۰
۲	اوقات معمولی			۱۰	۸	۱۱	۱۰	۱۲	۱۲	۰	۱۰۰
	اضافه کاری			۱۲	۱۰	۱۳	۱۲	۱۴	۱۴	۰	۶۰
	قرارداد جنبی			۱۵	۱۲	۱۶	۱۴	۱۷	۱۶	۰	۳۰
۳	اوقات معمولی					۱۰	۸	۱۱	۱۰	۰	۱۲۰
	اضافه کاری					۱۲	۱۰	۱۳	۱۲	۰	۷۰
	قرارداد جنبی					۱۵	۱۲	۱۶	۱۴	۰	۳۰
۴	اوقات معمولی							۱۰	۸	۰	۱۰۰
	اضافه کاری							۱۲	۸	۰	۶۰
	قرارداد جنبی							۱۵	۱۲	۰	۳۰
تقاضا		۵۰	۴۰	۱۱۰	۱۲۰	۷۰	۱۳۰	۱۱۰	۱۵۰	۴۰	۱۲۰ ۸۲۰

جدول ۶. خلاصه حل بهینه مثال ۴

فصل		۱		۲		۳		۴	
محصول		A	B	A	B	A	B	A	B
تولید	اوقات معمولی	۱۳۰	--	--	۱۰۰	۱۰	۱۱۰	--	۱۰۰
	اضافه کاری	۴۰	--	۴۰	۲۰	۷۰	--	۴۰	۲۰
	قراردادی	۱۰	۴۰	--	--	--	۲۰	--	۳۰
	جمع	۱۸۰	۴۰	۴۰	۱۲۰	۸۰	۱۳۰	۴۰	۱۵۰
تقاضا		۶۰	۵۰	۱۱۰	۱۲۰	۷۰	۱۳۰	۹۵	۱۲۵
موجودی	آغازی	۱۰	۱۰	۱۳۰	--	۶۰	--	۷۰	--
	پایانی	۱۳۰	--	۶۰	--	۷۰	--	۱۵	۲۵
	اوقات معمولی	۱.۳۹۰	--	--	۸۰۰	۱۱۰	۸۸۰	--	۸۰۰
	اضافه کاری	۶۰۰	--	۵۲۰	۲۰۰	۸۴۰	--	۴۸۰	۲۰۰
	قراردادی جنبی	۱۵۰	۴۸۰	--	--	--	۲۴۰	--	۳۶۰
	جمع جزئی	۲.۱۴۰	۴۸۰	۵۲۰	۱.۰۰۰	۹۵۰	۱.۱۲۰	۴۸۰	۱.۳۶۰
کل هزینه		۸۰۵۰ واحد پول قراردادی							

متأسفانه جدول حمل و نقل علیرغم ساده و قابل درک بودن آن قادر نیست حل بهینه به دست آمده را تجزیه و تحلیل حساسیت بنماید. اگر این مسأله از طریق برنامه‌ریزی خطی حل شود، آنالیز حساسیت بعد از حل بهینه اطلاعات ارزنده‌ای را در اختیار مدیر قرار می‌دهد. به عنوان مثال از متغیرهای مزدوج این مسأله به راحتی می‌توان دریافت که اگر ظرفیت فصل زمستان را یک واحد افزایش دهیم، پنج واحد پول قراردادی از کل هزینه مسأله می‌کاهیم. این نکته مبین آن است که هرچه از تهیه کالا از بازار آزاد بکاهیم و به ظرفیت تولید اوقات معمولی بیافزاییم به صرفه خواهد بود. همچنین کم کردن هر واحد از ظرفیت قرارداد جنبی در دوره اول ۳ واحد پول قراردادی به نفع این کارخانه خواهد بود. از محدودیت‌های دیگر مدل حمل و نقل این است که اگر تعداد محصولات زیاد شوند حل مدل حمل و نقل به مراتب پیچیده‌تر می‌شود، مضافاً بر این که ارتباط متقابل محصولات و همچنین هزینه مربوط به از دست دادن تقاضا و یا سایر محدودیت‌ها را در نظر نمی‌گیرد.

شایان ذکر است که هزینه کل در این مسأله برابر ۸۰۵۰ واحد پول قراردادی است.

کاربرد برنامه‌ریزی پویا در برنامه‌ریزی تولید

* مثال:

با توجه به اطلاعات جدول زیر با فرض اینکه موجودی اولیه و نهایی صفر باشد و کسری مجاز نباشد با استفاده از برنامه‌ریزی پویا مقدار هزینه بهینه را جهت برنامه‌ریزی ۴ دوره تعیین کنید. ضمناً مقادیر تولید هر دوره را نیز مشخص نمایید؟

دوره t	D_t	A_t	C_t	H_t	π_t
۱	۲۰	۳۰	۳	۲	۱
۲	۳۰	۴۰	۳	۲	۱
۳	۴۰	۳۰	۴	۱	۲
۴	۳۰	۵۰	۴	۱	∞

حل:

تولید	Min	۴	۳	۲	۱	پایان	شروع
۱	۹۰				۹۰	۱	
۲	۲۱۰				۲۴۰	۲	۱
۲	۴۱۰		۴۶۰	۴۱۰	۵۲۰	۳	۱
۲	۵۹۰	۷۸۰	۶۱۰	۵۹۰	۷۶۰	۴	۱
۲	۱۳۰			۱۳۰		۲	۲
۲	۳۳۰		۳۴۰	۳۳۰		۳	۲
۲	۴۹۰	۶۲۰	۴۹۰	۵۱۰		۴	۲
۳	۱۹۰		۱۹۰			۳	۳
۳	۳۴۰	۴۱۰	۳۴۰			۴	۳
۴	۱۷۰	۱۷۰				۴	۴

$$Z_{11} = 30 + 20(3) = 90$$

$$Z_{12} = \begin{cases} 90 + 30(3+2) = 240 \\ 40 + 50(3) + 20(1) = 210 \end{cases}$$

$$Z_{13} = \begin{cases} 240 + 40(3+2+2) = 520 \\ 40 + (20+30+40)(3) + 20(1) + 40(2) = 410 \\ 30 + (20+30+40)(4) + 20(1+1) + 30(1) = 460 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 520 + 30(3+2+2+1) = 760 \\ 410 + 30(3+2+1) = 590 \\ 460 + 30(4+1) = 610 \\ 50 + (20+30+40+30)(4) + 20(1+1+2) + 30(1+2) + 40(2) \end{cases}$$

$\begin{matrix} e \\ c \end{matrix}$	۱	۲	۳	۴
۱	۹۰	۲۱۰	۴۱۰	۵۹۰
۲		$130 + 90$	$330 + 90$	$490 + 90$
۳			$190 + 210$	$340 + 210$
۴				$170 + 400$
f	۹۰	۲۱۰	۴۰۰	۵۵۰

$$Z_{rr} = 40 = 3(30) = 130$$

$$Z_{rr} = \begin{cases} 130 + 40(3+2) = 330 \\ 30 + 4(30+40) + 30(1) = 340 \end{cases}$$

$$Z_{rr} = 30 + 4(4) = 190$$

$$Z_{rf} = \begin{cases} 30 + 4(30+40) + 30(1) = 340 \\ 50 + 4(30+40) + 40(2) = 410 \end{cases}$$

$$Z_{ff} = 50 + 4(30) = 170$$

t	۱	۲	۳	۴
D_t	۲۰	۳۰	۴۰	۳۰
$X_t=Q_t$	۵۰			

$$Z = ۵۵۰$$

مقایسه با حالت غیر کمبود: ۰

$$(۴۰+۳۰) + ۵۰(۳) + ۷۰(۴)$$

$$۵۵۰ = ۲۰(۱) + ۳۰(۱) + \text{نگهداری و کمبود}$$



الگوریتم‌های زمان بندی

یک الگوریتم شامل مجموعه‌ای از شرایط و قواعد است در صورتی که کلیه شرایط برای یک الگوریتم خاص برآورده شود و قواعد موردنظر به درستی استفاده شود، زمان بندی بهینه به دست خواهد آمد. مشکلی که بیشتر الگوریتم‌های زمان بندی دارند، می توان آنها را برای موارد خاصی به کار گرفت قواعد و الگوریتم‌های مورد بررسی عبارت است از:

پارامترها:

n : تعداد کارها یا محصولات

j : شمارنده محصولات یا کارها ($j=1, \dots, n$)

t_j : لحظه ورود کار j ام به سیستم

d_j : موعد تحویل کار j ام

i : شمارنده ماشین یا سرویس دهنده

M_i : تعداد ماشین نوع i ام

P_{ij} : زمان عملیات محصول j ام روی ماشین نوع i ام

C_j : زمان تکمیل کار یا محصول j ام (لحظه خروج کار j ام از سیستم)

$$a_j = r_j - d_j$$

مدت زمان مجاز برای انجام کار:

$$F_j = C_j - r_j$$

مدت زمان حضور کار زام در سیستم:

$$C_{\max} = \max \{C_j\} \quad \forall j = 1, \dots, n$$

$$F_{\max} = \max \{F_j\} \quad \forall j = 1, \dots, n$$

$$T_i = \max \{C_j - d_j, 0\} \rightarrow T_{\max} = \max \{T_j\} \quad \forall j = 1, \dots, n$$

اگر $C_j > d_j$ دیرکرد داریم

$$E_i = \max \{d_j - C_j, 0\} \rightarrow E_{\max} = \max \{E_j\}$$

اگر $C_j < d_j$ زودتر انجام شده باشد

$$L_i = C_j - d_j \rightarrow L_{\max} = \max \{L_j\}$$

$$\bar{C} = \frac{\sum C_j}{n} \quad \bar{T}$$

$$\bar{F} = \frac{\sum F_j}{n} \quad \bar{E}$$

$$N_T = \text{count}(T_j > 0) \quad j = 1, \dots, n$$

۱. الگوریتم کوتاه‌ترین زمان پردازش یا فرآیند (SPT) Shortest Processing Time

در این الگوریتم مقدار \bar{C} و \bar{F} را در شرایط تنها یک سرویس‌دهنده بهینه می‌کنیم. روش کار به این صورت است که ابتدا کارها را بر اساس زمان فرآیند به صورت صعودی (کوچک به بزرگ) مرتب می‌کنیم. با این توالی می‌توانیم متوسط زمان تکمیل (\bar{C}) متوسط زمان در جریان بودن کار در سیستم (\bar{F})، متوسط زمان تأخیر (\bar{L}) و همچنین بعضی از معیارها مانند: متوسط کارهای در انتظار میان ماشین‌ها و متوسط کارهای ناتمام را کمینه کرد.

j	۲	۴	۵	۷	۳	۶	۸	۱
d_j	۵	۱۶	۱۸	۲۰	۹	۲۵	۱۹	۱۴
P_j	۳	۳	۴	۴	۵	۵	۵	۶
C_j	۳	۶	۱۰	۱۴	۱۹	۲۴	۲۹	۳۵
L_j	-۲	-۱۰	-۸	-۶	+۱۰	-۱	+۱۰	+۲۱

$$F_{\max} = C_{\max} = 35$$

$$N_T = 3$$

$$\bar{C} = \bar{F} = \frac{140}{8}$$

$$T_{\max} = 21$$

$$\bar{T} = \frac{41}{8}$$

۲. الگوریتم زودترین موعد تحویل (EDD)

در این الگوریتم زمانی که مسأله تنها یک سرویس دهنده یا ماشین وجود داشته باشد T_{\max} و L_{\max} را حداقل می-کند و روش کار آن به این صورت است که ابتدا کارها را بر اساس موعد تحویل به صورت صعودی (از کوچک تر به بزرگ ترین) مرتب می کنیم.

j	۲	۳	۱	۴	۵	۸	۷	۶
d_j	۵	۹	۱۴	۱۶	۱۸	۱۹	۲۰	۲۵
P_j	۳	۵	۶	۳	۴	۵	۴	۵
C_j	۳	۸	۱۴	۱۷	۲۱	۲۶	۳۰	۳۵
L_j	-۲	-۱	۰	+۱	+۳	+۷	+۱۰	+۱۰

$$F_{\max} = C_{\max} = 35$$

$$\bar{C} = \frac{154}{8}$$

$$T_{\max} = 10$$

$$N_T = 5$$

این الگوریتم، تعداد کارهای دیرکرد را حداقل می‌کند.

در شرایطی که تنها یک سرویس‌دهنده یا ماشین وجود داشته باشد روش کار این الگوریتم به این صورت است:

گام اول ⇐ کارها را به ترتیب زودترین موعد تحویل (EDD)، مرتب می‌کنیم.

گام دوم ⇐ اولین کاری که در ترتیب یا توالی فوق با دیرکرد مواجه می‌شود را پیدا می‌کنیم و آن را k می‌نامیم.

گام سوم ⇐ حال بین کارهای توالی ۱ تا k کاری که بیشترین زمان عملیات یا پردازش را دارد انتخاب کرده و آن را از توالی حذف می‌کنیم.

گام چهارم ⇐ سپس مجدداً برای توالی باقی‌مانده چک می‌کنیم آیا کاری با تأخیر مواجه شده است یا خیر. اگر کاری با تأخیر مواجه شده است به قدم دوم می‌رویم، در غیر این صورت به قدم بعدی می‌رویم.

گام پنجم ⇐ توالی بهینه را برای کارهای انجام شده با ترکیب کارهای حذف‌شده تشکیل می‌دهیم.

* نکته ۱ ⇐ در الگوریتم مُور، تعداد کارهای دیرکرد دار همان کارهای حذف‌شده هستند که در هر صورت با تأخیر مواجه می‌شوند.

* نکته ۲ ⇐ ترتیب کارهای حذف‌شده در انتهای توالی تأثیری در تعداد کارهای دیرکرد دار ندارد.

* مثال: با توجه به اطلاعات جدول زیر که برای ۸ کار می‌باشد، توالی بهینه را به نحوی تعیین کنید که تعداد کارهای دیرکرد دار حداقل گردد. تنها یک ماشین برای سرویس کارها وجود دارد.

شماره کار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
d_j موعد تحویل	۱۴	۵	۹	۱۶	۱۸	۲۵	۲۰	۱۹
p_j زمان فرآیند	۶	۳	۵	۳	۴	۵	۴	۵

مرتب کردن بر حسب زودترین موعد تحویل

j	۲	۳	۱	۴	۵	۸	۷	۶
d_j	۵	۹	۱۴	۱۶	۱۸	۱۸	۲۰	۲۵
p_j	۳	۵	۶	۳	۴	۵	۴	۵
C_j	۳	۸	۱۴	۱۷				
C_j	۳	۸	۱	۱۱	۱۵	۲۰		
C_j	۳	۸		۱۱	۱۵		۱۹	۲۴
T_j	۰	۰		۰	۰		۰	۰

۴. الگوریتم جانسون Johnson

در این الگوریتم، حداکثر زمان در جریان بودن کارها (F_{\max}) زمانی که دو ماشین در خط تولید به صورت سری وجود دارد. جواب بهینه را محاسبه می‌کنیم. نحوه کار آن به این صورت است که با توجه به زمان‌های فرآیند بر روی هر دو ماشین کمترین زمان فرآیند را انتخاب می‌کنیم. اگر این زمان برای یک کار مربوط به ماشین اول باشد، آن را در ابتدای توالی قرار می‌دهیم و در صورتی که مربوط به ماشین دوم باشد آن را در انتهای توالی قرار می‌دهیم. سپس این کار را از جدول داده‌ها حذف کرده و رویه فوق را برای کارهای باقی‌مانده تکرار می‌کنیم. تا زمانی که همه کارها زمان-بندی شود.

* نکته ➡ این الگوریتم از دو سمت توالی به سمت وسط توالی از قانون (SPT) استفاده می‌کند.

* مثال:

	ماشین ۱	ماشین ۲
۱	۸	۲
۲	۳	۱۱
۳	۱	۹
۴	۲	۸
۵	۵	۴
۶	۷	۵

رویکرد تولید به موقع (JIT) (Just-In-Time)

موفقیت کارخانجات ژاپنی در بازار جهانی، توجه بسیاری از شرکت‌های غربی را به چگونگی دستیابی به این جلب نمود بسیاری معتقدند که سنگ بنای موفقیت ژاپنی‌ها در تولید، JIT (تولید به موقع) است. JIT نوعی فلسفه تولیدی است با یک هدف بسیار ساده یعنی: اقدام مورد نیاز را با کیفیت مورد نیاز، به مقدار مورد نیاز، و دقیقاً در زمان مورد نیاز تولید کند.

JIT را می توان از سه منظر متفاوت مشاهده نمود و در دستیابی به اهداف JIT نیز باید همین سه دیدگاه مدنظر باشند:

دیدگاه نخست ← سیستم کنترل کف کارگاه در JIT بوده و به واسطه استفاده از کارتهای کانیان، نمایان ترین جلوه از رویکرد JIT را دارا می باشد.

دیدگاه دوم ← ایجاد زمینه مناسب برای به کارگیری کانیان بوده که مجموعه ای از تکنیک ها در زمینه محصول و فرآیندهای تولیدی است. ایجاد این زمینه، امکان پیاده سازی سیستم کانیان را تضمین می نماید.

سومین و اساسی ترین دیدگاه یا سطح، فلسفه تولیدی JIT می باشد که پایه و مبنای طراحی، آماده سازی و اجرای سیستم تولیدی JIT می باشد. فلسفه JIT مجموعه ای از استراتژی های اساسی تولیدی می باشد، که هنگامی که به کار بسته می شوند پایه سیستم JIT را شکل داده و به کارگیری سیستم کانیان را تسهیل می نماید.

اهداف رویکرد JIT

رویکرد JIT در بردارنده تعهد مداوم در دستیابی به کمال در کلیه مراحل طراحی و عملیاتی سیستم های تولیدی است. برای بررسی دقیق تر می توان گفت که JIT در صدد دستیابی به اهداف ذیل می باشد:

(۱) معیوبی صفر

(۲) زمان آماده سازی یا برپایی صفر

(۳) موجودی صفر

(۴) جابجایی یا حمل و نقل صفر

(۵) از کار افتادگی صفر

(۶) زمان پیشبرد صفر

(۷) اندازه انباشته یک

در مجموعه اهداف فوق، دو نکته شایان ذکر است:

(۱) از نظر بسیاری از مهندسان تولید و صنایع که تحت رویکرد سنتی غربی در مورد طراحی و عملیات سیستم های تولیدی آموزش دیده اند، این اهداف اگر دست یافتنی نباشند، حداقل بسیار بلند پروازانه هستند.

(۲) در نظر گرفتن کلیه این اهداف به طور همزمان در رویکرد سنتی مدیریت سیستم های تولیدی، غیرمعمول است.

رویکرد JIT حداقل در محدوده اهدافی که برای خود تعیین کرده، کل نگر می باشد.

معیوبی صفر

در مدیریت سنتی تولید، هدف معیوبی صفر به ندرت در نظر گرفته می شود. در حقیقت تنها LTPD (درصد قابل قبول معیوبی انباشته) و AQLها (سطوح کیفیت قابل قبول) به کارکنان بخش کیفیت آموزش داده می شود و کنترل کیفیت بر اساس آنها طرح ریزی می گردید. به این ترتیب رویکرد JIT نگرشی را به همراه دارد که در پی دستیابی به کمال در کلیه مراحل فرآیند تولید است.

موجودی صفر

در تفکر سنتی تولید، موجودی ها شامل موجودی های در جریان ساخت (WIP) و محصولات نهایی انبارشده، به واسطه ارزش افزوده ای که در سیستم به دست آورده اند جزء دارایی ها محسوب می گردند، از دیدگاه سرپرست کارگاه، موجودی ها از آن جهت که همواره نشان دهنده کار انجام شده هستند، خوب می باشند. به علاوه تمرکز بر کارایی تولید، به خصوص وقتی کارایی برحسب به کارگیری ماشین آلات و تجهیزات در کارگاه های تولیدی محاسبه می شود، سرپرستان و مدیران کارگاه ها را وامی دارد تا ماشین آلات و مراکز کاری را به طور مداوم مشغول نگه داشته و به تولید اقلامی بپردازند که سفارشی برای آنها وجود نداشته و ممکن است در آینده سفارش داده شوند (به اصطلاح تقاضای اعلام نشده).

حسابداران، موجودی را به عنوان دارایی می بینند که باید در ترازنامه ثبت شود. مدیران ارشد طبعاً مایل به انباشت مقدار زیادی موجودی نیستند، ولیکن وقتی آنها احساس می کنند که باید میان کارخانه ای با بهره برداری و سطح موجودی بالا یکی را انتخاب کنند، نسبت به انتخاب دومی تمایل بیشتری دارند.

تمامی این باورها با نگرش JIT که موجودی را بلا دانسته و آن را نشانه ای از فقر طراحی، ناهماهنگی و اجرای ضعیف سیستم تولید می داند، در تضاد می باشند.

زمان آماده‌سازی صفر

مفاهیم زمان آماده‌سازی صفر و اندازه انباشته یک واحدی، در ارتباط با هم معنا می‌دهند. یعنی اگر توانستیم زمان برپایی را به صفر برسانیم آنگاه هیچ توجیهی برای استفاده از انباشته‌های بزرگ نداریم. حال اگر زمان و هزینه‌های آماده‌سازی صفر باشند، آنگاه اندازه انباشته‌ای برابر با یک واحد، اقتصادی خواهد بود.

زمان پیشبرد صفر

یک نتیجه مهم انباشته‌های کوچک، اثر آنها بر انعطاف‌پذیری است. انباشته‌های کوچک منتهی به زمان‌های پیشبرد بسیار کوتاه شده و در نتیجه انعطاف‌پذیری سیستم تولیدی افزایش می‌یابد، در بخش سیستم‌های PRM، هنگام بحث در مورد طول افق برنامه‌ریزی برای سربرنامه، گفته شد که طول افق برنامه‌ریزی باید حداقل برابر بزرگترین زمان پیشبرد تجمعی محصول باشد.

به نظر می‌رسد وضعیت کنونی بازار که خواهان بیشترین تنوع محصول در کمترین زمان ممکن است، شاهد خوبی بر ادعای ما است و ضرورتی ندارد ادله بیشتری در مورد اهمیت زمان پیشبرد صفر ارائه نماییم.

جابجایی صفر

عملیات ساخت و مونتاژ غالباً دارای تعداد زیادی از فعالیت‌های فاقد ارزش افزوده هستند. به عنوان مثال، عملیات مونتاژ را در نظر بگیرید، بسیاری از فعالیت‌های مونتاژ، ترکیبی از عملیات ذیل هستند:

■ تغذیه قطعه

■ جابجایی قطعه

■ جفت کردن قطعه

■ بازرسی قطعه

■ عملیات خاص

به اعتقاد بوتروید (۱۹۸۳) طراحی، اولین مرحله تولید است. در این مرحله است که هزینه‌های تولید به میزان زیادی تعیین می‌گردند. به علاوه فرآیند مونتاژ معمولاً مهمترین و تنها فرآیندی است که هم در هزینه‌های تولید و هم در نیازمندی‌های نیروی کار نقش دارد.

عناصر کلیدی در رویکرد JIT

با توجه به اهداف ذکرشده، عناصر کلیدی فلسفه JIT برای طراحی محصول و سیستم تولیدی را می‌توان به صورت

ذیل بیان نمود:

- ایجاد تطابق هوشمندانه میان تقاضای بازار و طراحی محصول
- تعریف خانواده‌های محصول براساس اهم اهداف تولیدی و طراحی سیستم‌های تولیدی
- ایجاد روابط مناسب با تأمین‌کنندگان مواد

این سه عنصر کلیدی را می‌توان به عنوان بخشی از رویکرد فراگیرتری دانست که کارخانه را در داخل محیطی در نظر می‌گیرد. از نظر ما، رویکرد JIT به تولید به جای تمرکز خاص و محدود بر تولید (در چارچوب کارخانه)، با یک نگرش تجاری نیز تلفیق گردیده است. سه عنصر کلیدی رویکرد JIT که بدان‌ها اشاره شد، نتیجه این نگرش تجاری می‌باشند.

تطابق طرح محصول با تقاضای بازار

محصولات باید به نحوی طراحی گردند که قابل تولید و تحویل به بازار بوده و مشتریان توانایی پرداخت قیمت آنها را داشته باشند. به منظور دستیابی به این هدف لازم است، طراحی محصولات به صورت مدولار صورت گیرد. در واقع هرچه نیاز به انعطاف‌پذیری بیشتر باشد، سیستم تولیدی و در نتیجه محصولات آن گران‌تر خواهند شد. طرح‌های مدولار محصول، از طریق انتخاب سطح معقولی از تنوع محصول و تلاش برای دستیابی به بیشترین مقدار قطعات و زیرمونتازهای مشترک در دامنه موردنظر حاصل می‌گردند.

خانواده‌های محصول و تولید جریان مبنا

یک رویکرد متداول در شناسایی خانواده قطعات و به دنبال آن توسعه سیستم‌های تولیدی جریان - مبنا، تکنولوژی گروهی (GT) می‌باشد. تکنولوژی گروهی به تولید سلولی منتهی می‌گردد، که آن هم زمان‌های پیشبرد کوتاه‌تر، موجودی‌های کالای ساخته شده و در جریان ساخت کمتر، برنامه‌ریزی و کنترل تولید ساده‌تر، و رضایت شغلی بیشتر را تولید می‌دهد.

تکنولوژی گروهی از نظری شرایط لازم برای JIT را ایجاد می کند، زیرا به عقیده لوییز (۱۹۸۶)، GT به نتایج ذیل منتهی می گردد:

- کنترل تنوع موردنظر سیستم تولیدی
- استانداردسازی روش های تولیدی
- یکپارچه سازی فرآیندها

تکنولوژی گروهی تکنیکی برای شناسایی و کنار هم قرار دادن قطعات مرتبط یا مشابه در یک فرآیند تولیدی به منظور کسب مزایای رقابتی می باشد. تکنولوژی گروهی، خانواده ای از قطعات را بر اساس ویژگی های طراحی یا ساخت قطعات (و گاهی اوقات هر دو ویژگی) شکل می دهد. به این ترتیب مسئولیت یا به اصطلاح مالکیت یک قطعه به خانواده ای از قطعات را به یک گروه از کارکنان و سرپرست آنها واگذار می کند.

این اثرات با در نظر گرفتن تفاوت های میان چیدمان سنتی و عملیاتی و چیدمان تکنولوژی گروهی به خوبی قابل درک می باشد. در چیدمان عملیاتی یا فرآیندی، ماشین ها برحسب عملیات کاری، در گروه ها سازماندهی می شود. چیدمان محصول مبنا یا سلول مبنا بسیار ساده تر از چیدمان فرآیندی است.

در حقیقت این سادگی، مشخصه ای از سیستم های JIT بوده و از نظر بسیاری از نویسندگان و پژوهشگران سیستم های تولیدی، مشخصه اصلی می باشد.

تکنیکی که برای تغییر کارخانه فرآیند مبنا به کارخانه محصول مبنا استفاده می شود، تحلیل جریان تولید (PFA) نام دارد. تحلیل جریان تولید، تکنیکی است مبتنی بر تحلیل کارت های مسیرقطعه که فرآیندهای تولیدی و در حقیقت مراکز کاری را برای هر قطعه مشخص می سازند. به عقیده باریج، PFA یک تکنیک مستمر می باشد که بر پنج زیرتکنیک بنا نهاده شده است.

۱. تحلیل جریان شرکت (CFA) ⇐ به منظور طرح ریزی ساده ترین و مؤثرترین سیستم جریان بین کارخانه ای مواد و شرکت های چندکارخانه ای

۲. تحلیل جریان کارخانه (FFA) ⇐ به منظور شناسایی زیرمحصولات کارخانه ای است.

۳. تحلیل گروهی (GA) ⇐ به منظور تقسیم هر بخش به گروه هایی از ماشین آلات.

۴. تحلیل خط (LA) ⇐ سعی در سازماندهی ماشین آلات یک خط.

۵. تحلیل ابزار (TA) ⇔ با توجه به هر ماشین در یک سلول یا خط، سعی در برنامه‌ریزی ابزارآلات عملیات ماشین‌کاری.

از دیدگاه ما، مهم‌ترین مطلب این است که تولید جریان مینا، هدفی مهم برای طراحان سیستم‌های تولیدی بوده که باید به سمت آن جهت‌گیری نمایند.

رابطه با تأمین‌کنندگان در محیط JIT

همانطور که پیشتر ذکر شد، JIT محدود به فضای محدود کارخانه تولیدی نبوده، بلکه از سویی در برگیرنده مشتریان و از سوی دیگر شرکت‌های فروشنده‌ای است که مواد اولیه و قطعات خریدنی کارخانه را تأمین می‌کنند. JIT مبنای تفکر امروزی در مورد مدیریت زنجیره تأمین و روابط نزدیک تأمین‌کننده، شرکا در وضعیت بنگاه توسعه یافته می‌باشد.

هرچه تأمین‌کننده به کارخانه خریدار نزدیک‌تر باشد، تحویل‌های مکرر انباشته‌ها کوچک‌تر آسان‌تر خواهد بود. منافع انجام خرید بر اساس JIT عبارت است از کاهش موجودی‌ها (کالاهای خریداری شده) کاهش دوباره کاری‌ها، کاهش بازرسی‌ها، و کوچک شدن زمان پیشبرد تولید ترکیب همه این‌ها موجب افزایش سازگاری با (نوسانات) تقاضا و در نتیجه دستیابی به تولید به موقع است.

نتیجه‌گیری

در این فصل طرح اولیه و اهداف JIT تصویرشده و عناصر کلیدی رویکرد JIT به تولید باز گردیدند. این موارد را می‌توان به اختصار به صورت ذیل بیان نمود:

- تطابق هوشمندانه تقاضای بازار با طرح محصول
- تعریف خانواده‌های قطعات
- ایجاد روابط میان خریداران و تأمین‌کنندگان

پایان.