

مدیریت تولید

بخش سوم
طراحی سیستمهای تولیدی

پاییز ۹۱

سید مهدی همایونی

اهداف و سرخطها

- آشنایی با برنامه ریزی ظرفیت،
- آشنایی با ظرفیتهای مؤثر و واقعی،
- آشنایی با مدیریت محدودیتهای،
- آشنایی با تحلیل هزینه-حجم،
- آشنایی با مسائل جایابی،
- آشنایی با مسائل جانمایی،
- آشنایی با سیستمهای تولید،
- آشنایی با تکنیک تعادل خطوط.

برنامه‌ریزی ظرفیت

• برای رسیدن به ظرفیت مورد نیاز سوالات اصلی زیر باید پاسخ داده شود:

• ۱- چه نوع ظرفیتی مورد نیاز است (وابسته به نوع محصول یا خدمت خواسته شده)؟

• ۲- چه مقدار ظرفیت برای برآوردن تقاضا مورد نیاز است؟

• ۳- چه زمانی این ظرفیت باید در دسترس باشد؟

• تکنیک‌های پیش‌بینی اصلی‌ترین ابزار برای پاسخ‌گویی به سوال ۱ و موارد زیر است:

• ۱- ظرفیت مورد نظر چه مقدار هزینه دربردارد؟ و چه مقدار درآمدزایی دارد؟

• ۲- مزایا و مخاطرات بالقوه از چه قرارند؟ (مانند: میزان عدم اطمینان نسبت به پیش‌بینی‌ها، نرخ تغییر در تقاضاها، هزینه‌ها، و سودها و ...)

• ۳- آیا ظرفیت مورد نظر باید یکباره به وجود بیاید یا می‌توان طی مراحل آن را ایجاد کرد؟

• ۴- آیا مسائلی در مورد توسعه پایدار وجود دارد که باید بدان توجه کرد؟

• ۵- آیا زنجیره تامین موجود توانایی تامین مواد اولیه مورد نیاز را دارد؟

اثرات راهبردی برنامه‌ریزی ظرفیت

- ۱- توسعه ظرفیت به طور مستقیم با توانایی سازمانها برای برآورده کردن تقاضاها در آینده رابطه دارد.
- ۲- توسعه ظرفیت بر هزینه‌های عملیاتی تاثیرگذار است. در صورتی که تقاضا و ظرفیت مطابق همدیگر باشد، هزینه‌ها کمینه می‌شوند. البته در عمل اغلب چنین اتفاقی نمی‌افتد، چون تقاضا همواره یا به صورت دوره‌ای در حال تغییر است.
- ۳- ایجاد ظرفیت معمولا منوط به سرمایه‌گذاری عمده ابتدایی است، و عموما هرچه ظرفیت بیشتر باشد، هزینه ابتدایی آن نیز بیشتر است.
- ۴- ایجاد ظرفیت معمولا مشروط به وجود منابع کافی برای آن است. تغییر در تصمیمات گرفته شده، معمولا سخت و همراه با هزینه تغییر زیادی است.
- ۵- تصمیمات در مورد ظرفیت بر رقابت‌پذیری سازمانی نیز تاثیر می‌گذارد. سازمانی که بتواند سریعتر بر ظرفیت خود بیافزاید، مانع از ورود آسان رقبا به بازار می‌شود.
- ۶- ایجاد ظرفیت متناسب معمولا مدیریت عملیات را ساده‌تر می‌کند، در مقابل هنگامی که ظرفیت نامتناسب باشد.

• ۷- جهانی‌سازی اهمیت و پیچیدگی تصمیمات در مورد ظرفیت را مهمتر کرده است.

کارایی و نرخ بهره‌برداری

- ظرفیت طراحی: حداکثر نرخ خروجی یا ظرفیت خدمت‌رسانی یک سازمان یا فرآیند تولیدی است که در مرحله طراحی در نظر گرفته شده است (شرایط ایده‌آل).
- ظرفیت مؤثر: ظرفیت طراحی منهای زمانهای پرت، مانند رسیدگی به امور شخصی برای کارگران، نگهداری و تعمیرات و ...
- خروجی واقعی: خروجی واقعی هیچگاه از ظرفیت مؤثر بیشتر نیست. دلایل این کمبود عبارت است از: خرابی‌ها، غیبت نیروی کار، کمبود مواد اولیه، و مسائل کیفی.

$$\text{کارایی (Efficiency)} = \frac{\text{خروجی واقعی}}{\text{ظرفیت مؤثر}} \times 100$$

$$\text{نرخ بهره‌برداری (Utilization)} = \frac{\text{خروجی واقعی}}{\text{ظرفیت طراحی شده}} \times 100$$

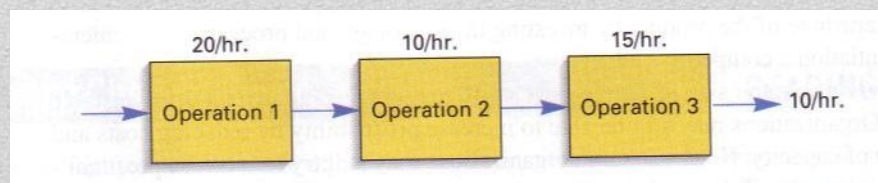
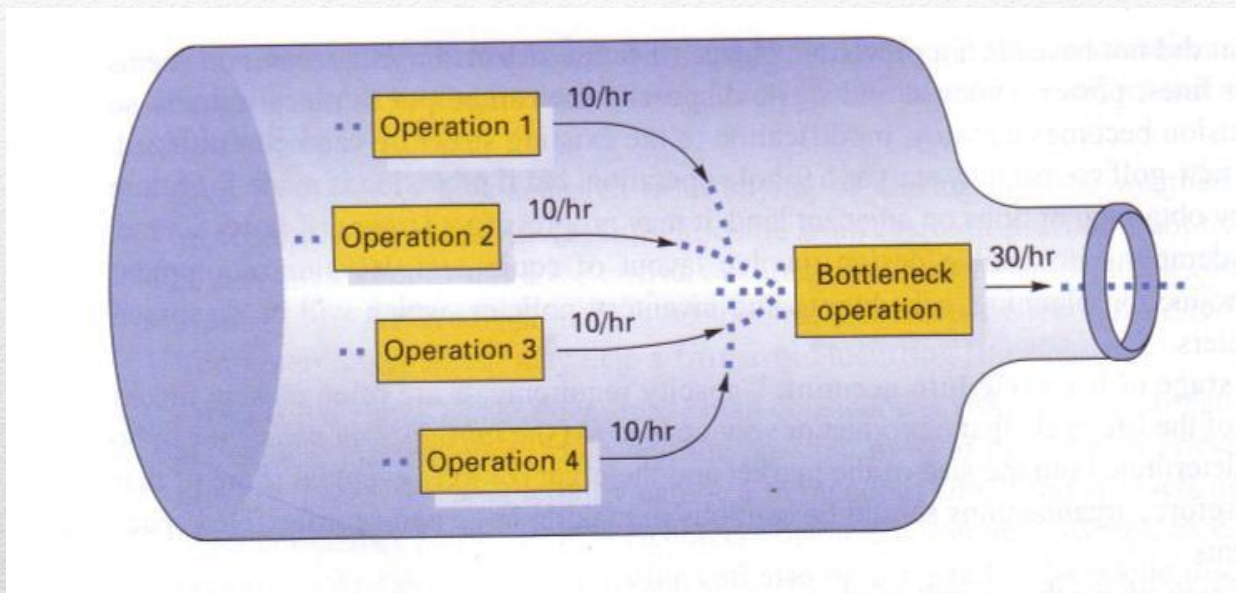
تفسیر کارآیی و نرخ بهره‌برداری

- اگر ظرفیت مؤثر خیلی کمتر از ظرفیت طراحی باشد، تنها تکیه کردن بر کارآیی بالا ممکن است تعبیر اشتباهی را به همراه داشته باشد، چرا که ممکن است کارآیی بالا به معنای استفاده مناسب از تجهیزات تعبیر شود، در حالی که اینگونه نیست.

- در اصل تنها راه بهبود واقعی میزان استفاده از تجهیزات، بالا بردن ظرفیت مؤثر آنها با کم کردن زمان نگهداری و تعمیرات، آموزش کامل کارگران، و برطرف کردن گلوگاه‌های تولید است.

- در عین حال تکیه بر نرخ بهره‌برداری تنها نیزم ناسب نیست. زیرا در صورتی بالا بودن نرخ بهره‌برداری مناسب است که برای محصولات تولید شده بازار مناسبی وجود داشته باشد. یا در ادامه خطوط تولید گلوگاهی وجود نداشته باشد. عملاً نرخ بهره‌برداری بالا از ظرفیت یک تجهیز باعث بالا رفتن هزینه‌های نگهداری محصولات می‌شود.

گلوگاه تولیدی



عوامل تعیین کننده ظرفیت مؤثر

- تسهیلات: طراحی تسهیلات همچون چیدمان، سایز، امکان توسعه، فاکتورهای مکانی، هزینه‌های حمل و نقل، فاصله تا بازارهای مصرف، تامین نیروی کار، و ...
- طراحی محصولات یا خدمت: تشابه محصولات مختلف به یکدیگر (مثلا یک رستوران با منوی محدود می‌تواند سریعتر به مشتریان خود سرویس دهد).
- طراحی فرآیند: تغییرات لازم برای تولید محصولات مختلف، نیاز به بازرسی‌ها، دوباره‌کاریها، و تنظیم تجهیزات.
- عوامل انسانی: مسائل آموزشی، مهارتی، و تجربی، بر روی ظرفیت مؤثر تاثیر زیادی دارد.
- سیاستها: اجازه یا عدم اجازه برای اضافه‌کاری یا شیفتهای اضافه
- عوامل عملیاتی: زمانبندی نامناسب، موجودی نامناسب، تحویل دیر هنگام و ...
- عوامل زنجیره تامین: آیا با اضافه کردن ظرفیت امکان تامین مناسب مواد اولیه، انبار و نگهداری از آنها وجود دارد؟
- عوامل خارجی: استانداردهای کیفی که توان مدیریت در افزایش و استفاده از ظرفیت موجود را

استراتژی‌های توسعه ظرفیت

• بسیاری از سازمانها و سرمایه‌گذاران ترجیح می‌دهند تا زمانی که تقاضا برای محصولی به صورت عملی به وجود نیامده است، در آن سرمایه‌گذاری نکنند. اما پس از تامین سرمایه، مدت زمان نسبتاً زیادی نیاز است تا بتوان محصول و خدمات را به وجود آورد. اغلب مشتریان حاضر نیستند برای چنین زمانی صبر کنند.

• ۱- سیاست راهبری: ابتدا با توجه به کلیات پیش‌بینی‌ها، ظرفیت مشخصی از یک محصول ایجاد می‌شود.

• ۲- سیاست دنباله‌روی: پس از ایجاد تقاضا در بازار یا در صورتی که تقاضا از ظرفیت کنونی بیشتر شد، اقدام به توسعه یا ایجاد ظرفیت عملی می‌شود.

• ۳- سیاست پیگیری: همانند ایجاد ظرفیت دنباله‌روی است، اما افزایش ظرفیت در گام‌های کوچک انجام می‌شود.

گامهای مورد نیاز برای برنامه ریزی ظرفیت

- ۱- نیازمندیهای ظرفیتی آینده را پیش بینی کنید،
- ۲- ظرفیتهای کنونی تسهیلات را ارزیابی کنید و فاصله میان ظرفیت موجود و مورد نیاز را شناسایی کنید،
- ۳- گزینههای دیگر پیش رو را شناسایی کنید،
- ۴- تحلیلهای مالی هر کدام از گزینهها را انجام دهید،
- ۵- مسائل کیفی مهم و کلیدی مرتبط با هر گزینه را بررسی کنید،
- ۶- گزینهای که در درازمدت بهترین نتیجه را به همراه دارد، بررسی کنید،
- ۷- گزینه مورد نظر را اجرا کنید،
- ۸- نتایج را کنترل و ارزیابی کنید.

برونسپاری (Outsourcing)

پس از تعیین ظرفیت مورد نیاز باید تصمیم گرفته شود که یک محصول درون شرکت تولید شود یا برونسپاری شود. این تصمیم وابسته با عوامل زیر است:

۱- ظرفیت در دسترس: اگر سازمان تجهیزات، مهارتها و زمان مورد نیاز را داشته باشد، اغلب محصول مورد نیاز درون شرکت تولید می شود. در غیر اینصورت به برونسپاری روی می آورد.

۲- خبرگی: اگر یک شرکت خبرگی لازم برای انجام کاری را نداشته باشد، ممکن است خرید آن گزینه مناسبی باشد.

۳- مسائل کیفیتی: کارخانجاتی که در کاری متخصص باشند، معمولا کیفیت بالاتری دارند، تا آنکه سازمانی بخواهد همه کارها را خود انجام دهد. در عین حال در صورتی که تمایلی برای نظارت مستقیم بر کیفیت مورد نظر وجود داشته باشد، ممکن است سازمان مجبور باشد کاری را الزاما خود انجام دهد.

عوامل تعیین کننده برونسپاری

- ۴- طبیعت تقاضا: اگر تقاضا برای محصولی ثابت و بالا باشد، معمولا بهتر است سازمان خود آن را تولید کند. اما اگر تغییرات گسترده و سفارشهای کوچکی وجود داشته باشد، برونسپاری تولید عاقلانه تر به نظر می رسد.
- ۵- هزینه: هرگونه صرفه جویی ناشی از تولید یا خرید محصولی باید با سایر هزینه های ثابت در نظر گرفته شود.
- ۶- مخاطرات: خرید محصولات ممکن است باعث مخاطرات بالایی شود، مانند وابستگی همیشگی به تولید کننده بیرونی، به اشتراک گذاردن دانش در مورد محصولات تولیدی، عدم نظارت مستقیم بر عملیات و ...

تحلیل هزینه-حجم

• هدف از تحلیل هزینه-حجم تخمین درآمد یک سازمان تحت شرایط مختلف عملیاتی است. در این تحلیل تمرکز بر روابطی است که بین هزینه، درآمد و حجم خروجی وجود دارد.

• هزینه ثابت FC: هزینه‌هایی که معمولاً با تغییر حجم تولید تغییر نمی‌کند. مانند هزینه اجاره، مالیات بر داراییها، هزینه تجهیزات، هزینه‌های سرمایه در گردش، و هزینه‌های اداری اصلی،

• هزینه متغیر VC: هزینه‌هایی که مستقیماً با تغییر حجم تولید تغییر می‌کند. موارد عمده شامل مواد اولیه، و هزینه نیروی کار می‌شود. معمولاً فرض می‌شود هزینه‌های متغیر به صورت خطی با تغییر حجم رابطه دارد، و تمام خروجی را می‌توان فروخت.

• معمولاً تحلیل هزینه-حجم را به عنوان تحلیل نقطه سربه‌سری نیز شناخته می‌شود (نقطه‌ای که هزینه و درآمد تولید برابر یکدیگر می‌شود).

• می‌توان با مقایسه خط سود دو یا چند پروژه آنها را با یکدیگر مقایسه کرد.

تحلیل نقطه سر به سری

درآمد هر واحد: R

هزینه متغیر هر واحد محصول: v

حجم محصول تولیدی: Q

$$VC = Q \times v$$

کل هزینه متغیر: VC

هزینه ثابت: FC

$$TC = VC + FC$$

کل هزینه: TC

$$TR = R \times Q$$

درآمد کل: TR

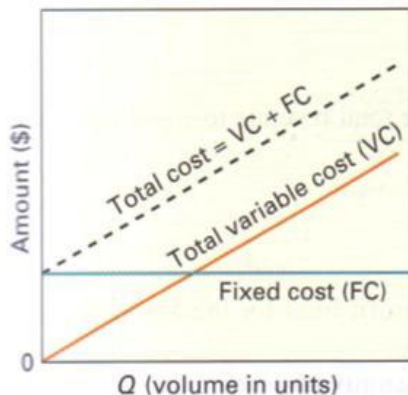
$$P = TR - TC = R \times Q - (FC + v \times Q) \Rightarrow P = Q(R - v) - FC \quad \text{سود: } P$$

$$Q = \frac{P + FC}{R - v}$$

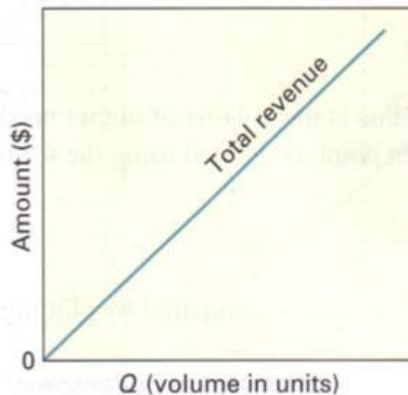
$$Q_{BEP} = \frac{FC}{R - v}$$

حجم تولید در نقطه سر به سری: Q_{BEP}

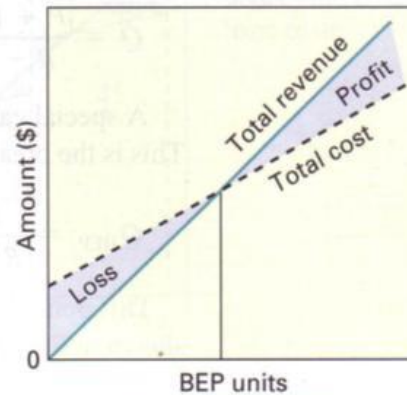
تحلیل نقطه سر به سری



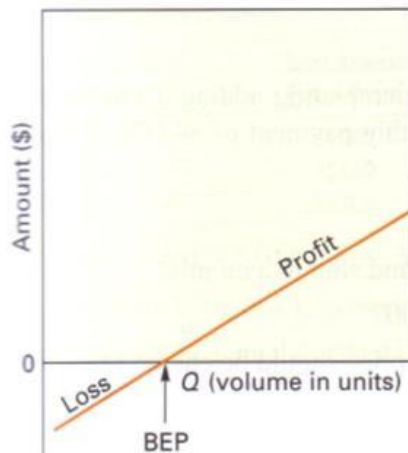
A. Fixed, variable, and total costs



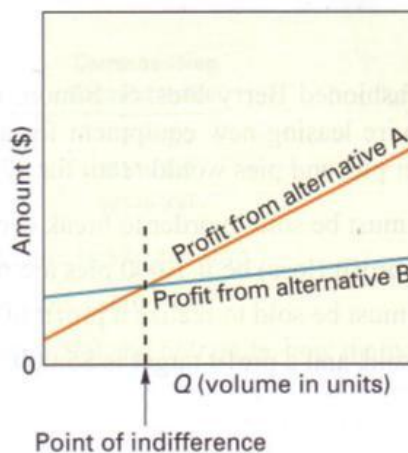
B. Total revenue increases linearly with output



C. Profit = TR - TC



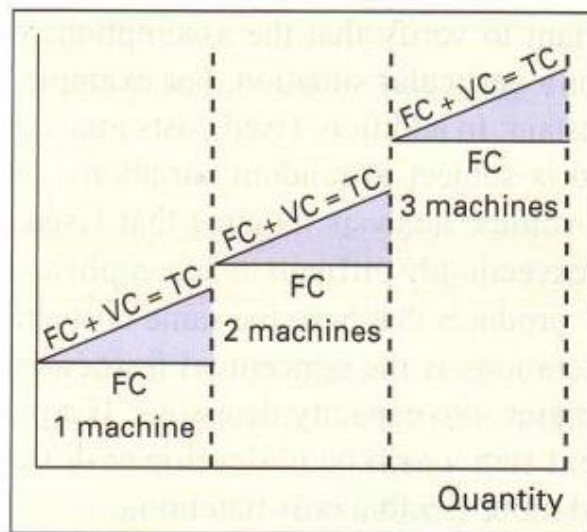
D. Profit versus loss



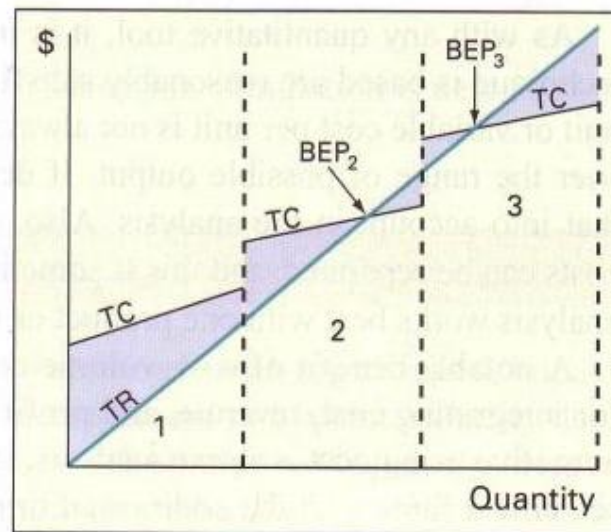
E. Point of indifference for two alternatives

مثال تحلیل هزینه-حجم چند مرحله ای

• مراجعه به صفحه ۲۰۴ و ۲۰۵ کتاب مدیریت عملیات، اثر استیونسون، ۲۰۰۹، برای تحلیل هزینه-حجم پروژه‌های با مراحل مختلف،



A. Step fixed costs and variable costs



B. Multiple break-even points

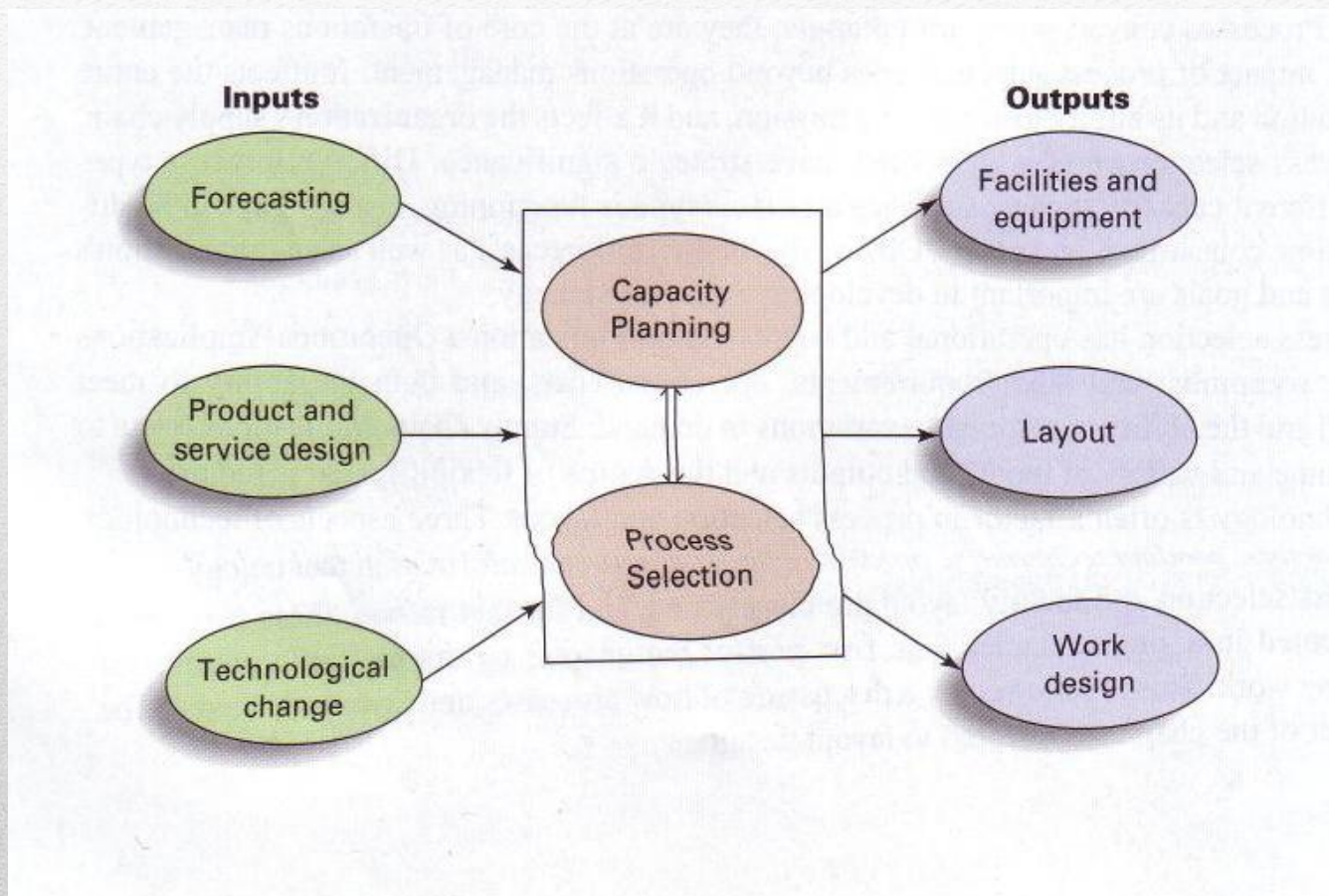
جایابی (Facility Location)

یافتن مکان مناسبی برای نصب و استقرار ماشین آلات، تجهیزات و کلیه ساختمانهای مورد نیاز برای تولید.

این مکان باید:

- ۱- به مواد اولیه مورد نیاز نزدیک باشد،
- ۲- مشکلی برای محیط اطراف ایجاد نکند (رعایت مقررات ایمنی و ...)،
- ۳- تا جای ممکن حمل و نقل کم مورد نیاز باشد،
- ۴- به بازارهای مصرف به راحتی دسترسی داشته باشد،
- ۵- نیروی کار مورد نیاز در دسترس باشد،
- ۶- نیاز کارخانه در محیط قابل برآوردن باشد،
- ۷- پارامترهای هزینه را حذف یا کم کند.

انتخاب نوع فرآیند



دسته بندی سازمانها ۱

• بر اساس نوع فعالیت:

۱- استخراجی،

مانند نفت و گاز، معادن و ..

۲- احداث و ساخت (تولید)،

مانند ساختمان سازی، ساخت اتومبیل، یا لوازم خانگی،

۳- خدمات،

مانند امور اداری در شهرداری، امور دولتی و ...

دسته بندی سازمانها ۲

• بر اساس ماهیت محصول:

Continuous Production System

۱- صنایع تولید پیوسته

مانند پتروشیمی، شیر پاستوریزه و ...

Discrete Production System

۲- صنایع تولید گسسته

مانند قطعه سازی، ساخت لوازم خانگی، اتومبیل و ...

Project System

۳- صنایع تولید پروژه‌ای

مانند ساختمان سازی، ساخت کشتی یا سد و ...

Pure Inventory System

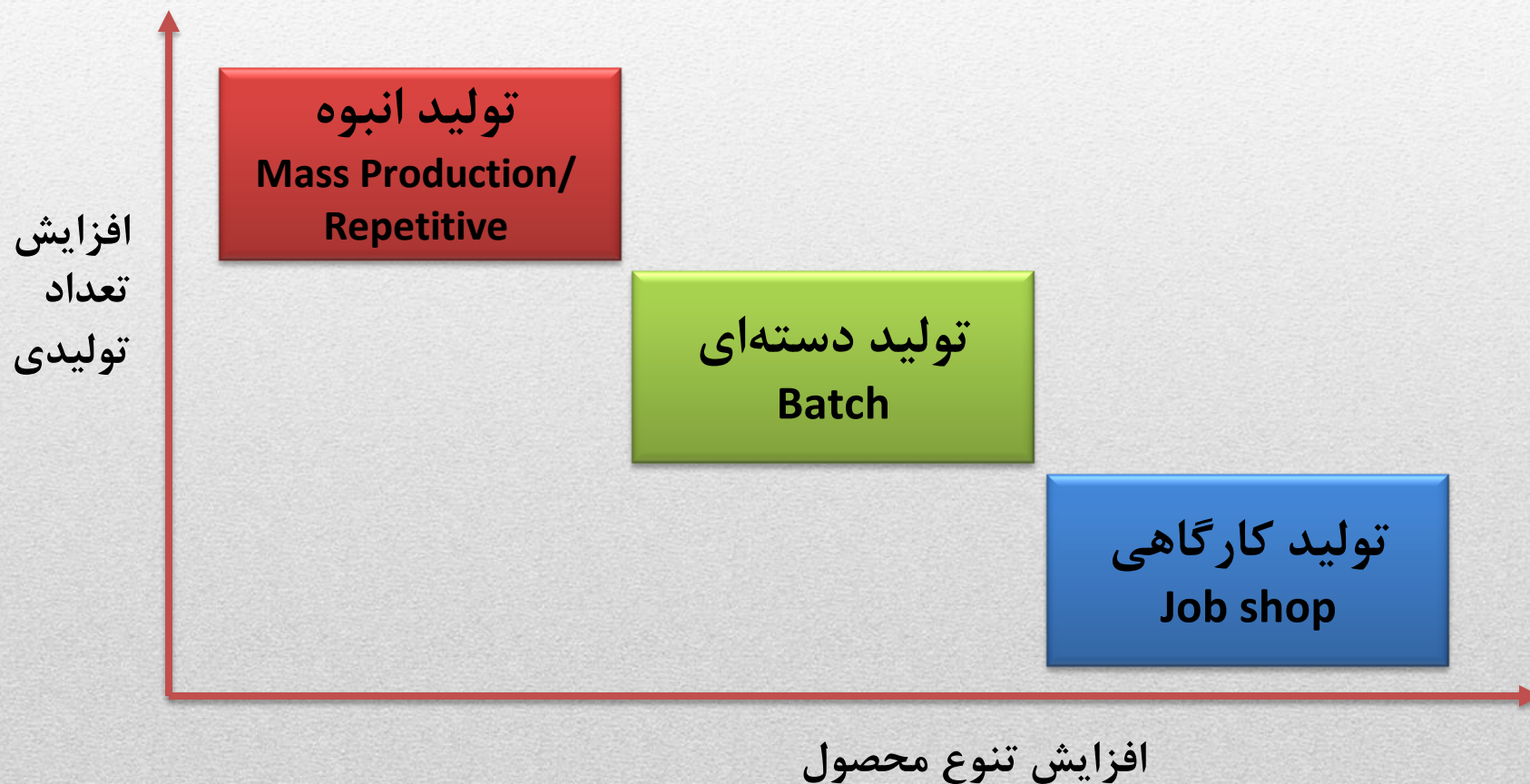
۴- صنایع موجودی خالص

مانند شرکتهای پخش که تنها محصولات را خریداری، انبار و به فروش می‌رساند

دسته بندی سیستم تولید گستره

- **تولید کارگاهی:** مجموعه‌ای از کارهای کوچک و با ابزارهایی با انعطاف پذیری بالا که برای تولید محصولات در حجم کم و تنوع زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- **تولید دسته‌ای:** هنگامی که هم حجم و هم تنوع محصولات متوسط باشند، از شرایط تولید دسته‌ای استفاده می‌شود. در این سیستم تولیدی معمولاً ماشین‌آلات به اندازه تولید کارگاهی انعطاف‌پذیری ندارند، و سطح مهارت مورد نیاز کارگران نیز معمولاً به اندازه مهارت کارگران تولید کارگاهی نیست.
- **تولید انبوه یا تکراری:** هنگامی که حجم تولید بسیار بالا و محصولات یا خدمات استاندارد شده‌ای که تغییرات مجاز در آنها اندک است، از شرایط تولید انبوه استفاده می‌شود. خطوط تولید و مونتاژ از اینگونه سیستمهای تولید هستند.

طبقه بندی تولید گستره



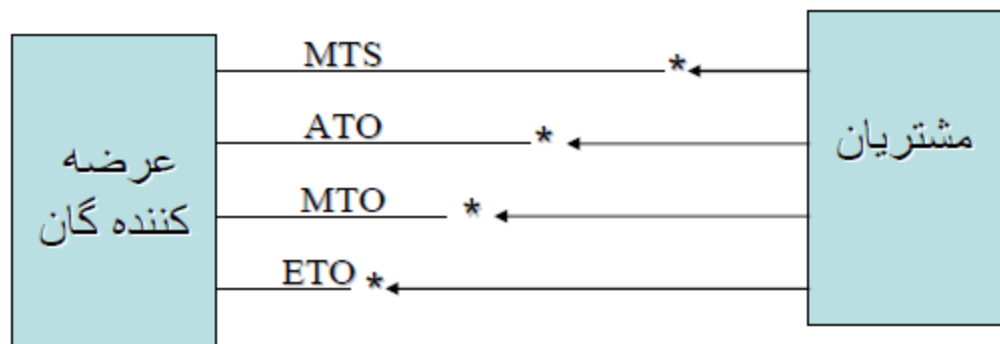
عوامل پیچیدگی در سیستم تولیدی

- تنوع محصولات و قطعات تشکیل دهنده آنها،
- تعداد قطعاتی که در یک مقطع زمانی بایستی تولید شوند،
- تعداد مراحل ساخت،
- درجه استاندارد بودن قطعات،
- تعداد روشهای مختلف تولید،
- درجه اتوماسیون،
- درجه انعطاف ماشین آلات،
- و ...

نگاه به مشتری در تولید

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

تعریف: نقطه‌ای است که بعد از آن نقطه مواد و فعالیتها به سفارش مشتری اختصاص می‌یابند.



شرایط تولید پایدار (Sustainable)

- سازمانهای تجاری به صورتی روزافزون تحت فشار قرار دارند تا از فرآیندهای تولیدی پایدار بهره گیرند.
- تولید پایدار شامل ایجاد محصولات و خدماتی است که در آن آلودگی ایجاد نمی شود، در مصرف انرژی و منابع طبیعی صرفه جویی می شود، از نظر اقتصادی به صرفه هستند، و برای کارگران، جوامع بشری، و مصرف کنندگان ایمن و بهداشتی هستند.
- راههای ایجاد تولید پایدار:
- ضایعات و محصولات جانبی که با محیط زیست ناسازگارند کاهش یابند یا بازیافت شوند،
- مواد شیمیایی یا عوامل فیزیکی و شرایطی که برای بشریت یا محیط زیست خطرناک است، حذف شوند،
- در مصرف انرژی و مواد اولیه صرفه جویی شود،
- شرایط و مکان کار به گونه ای طراحی شوند که از نظر شیمیایی، فیزیکی و ارگونومی بدون مخاطرات

بررسی چیدمان محیط تولید

• بر اساس ماهیت فرآیند:

• کارگاهی

• محصولی

• استقرار ثابت

• گروهی

- *Process layout*
- *Product Layout*
- *Fixed Production Layout*
- *Group Layout*

استقرار فرآیندی - Process Layout

- تعدادی از ماشین آلات با کارکرد مشابه در یک کارگاه قرار می گیرند و محصول بر اساس مسیر عملیاتی بین کارگاهها در حرکت است.

• کاربرد:

۱- تنوع تولید زیاد باشد.

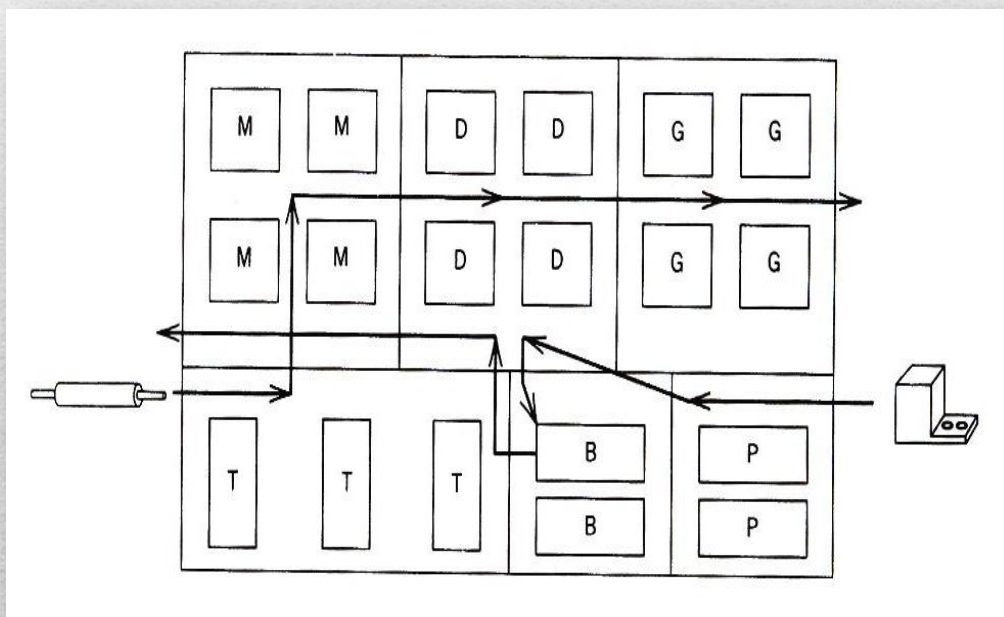
۲- حجم تولید کم باشد.

۳- زمان انجام عملیات

متغیر باشد.

۴- ماشین آلات سنگین و

گران قیمت باشد.



معایب و مزایای استقرار فرآیندی

مزایا:

- استفاده از ماشین آلات به طور موثر در حجم تولید کم
- سرمایه گذاری کم بر روی ماشین آلات
- توقف یک ماشین موجب توقف خط نمی شود.
- انعطاف پذیری بالا در تخصیص کار به ماشین و امکان تولید محصولات مختلف
- آموزش نیروی انسانی
- گسترش کارخانه با هزینه کمتر
- انعطاف پذیری در مورد زمان تولید هر محصول و میزان کل تولید

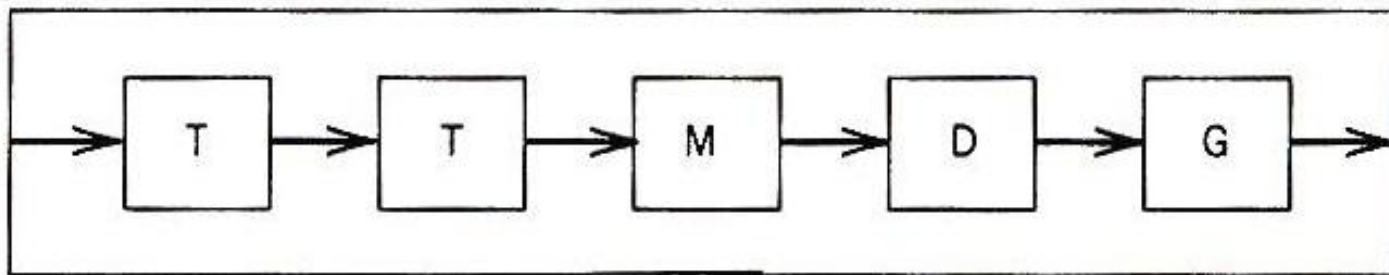
معایب:

- مشکل تر شدن برنامه ریزی و کنترل
- افزایش میزان حمل و نقل ها
- نیاز به فضای زیاد تولیدی
- افزایش زمان ساخت و محصول در جریان ساخت
- افزایش زمان آماده سازی
- بالا رفتن هزینه های تولیدی
- نیاز به مهارت بالای کارگر

استقرار محصولی Product Layout

- ماشین آلات بر اساس مسیر تولیدی محصول قرار می گیرد به طوریکه محصول از یک سمت خط وارد شده و از سوی دیگر خارج شود،
- کاربرد:

- ۱- حجم تولید زیاد باشد.
- ۲- طرح محصول و قطعات یکسان باشد.
- ۳- میزان تولید ثابت و یکنواخت باشد.



معایب و مزایای استقرار محصولی

مزایا:

- کاهش حجم مواد در جریان ساخت
- کاهش حمل و نقل
- سادگی نظارت و برنامه ریزی
- عدم نیاز به کارگر ماهر
- استفاده بهتر از فضای تولیدی
- کاهش زمان راه اندازی
- افزایش میزان بهره گیری از ماشین در حجم تولید زیاد
- کاهش بیکاری پرسنل
- پایین بودن هزینه متغیر تولید

معایب:

- حجم سرمایه گذاری بالا بر روی ماشین آلات
- افزایش قیمت تمام شده در حجم تولید کم
- توقف یک ماشین باعث توقف خط می شود.
- عدم انعطاف پذیری و استفاده از تجهیزات در صورت تغییر اساسی در طرح محصولات
- یکنواختی کار و عدم آموزش پرسنل

استقرار ثابت Fixed Production Layout

- معمولا برای تولید محصولات حجیم یا سنگین همچون هواپیما و کشتی از استقرار ثابت استفاده می شود.

- در این چیدمان محصول در مکان خود ثابت است و فرآیندهای مختلف تولیدی بر روی آن انجام می گیرد.

- مزایا:

- ۱- بالا بودن انعطاف پذیری و امکان ایجاد تغییر در طرح محصول

- ۲- پایین بودن هزینه حمل و نقل

- ۳- پایین بودن زمان بندی و اجرا

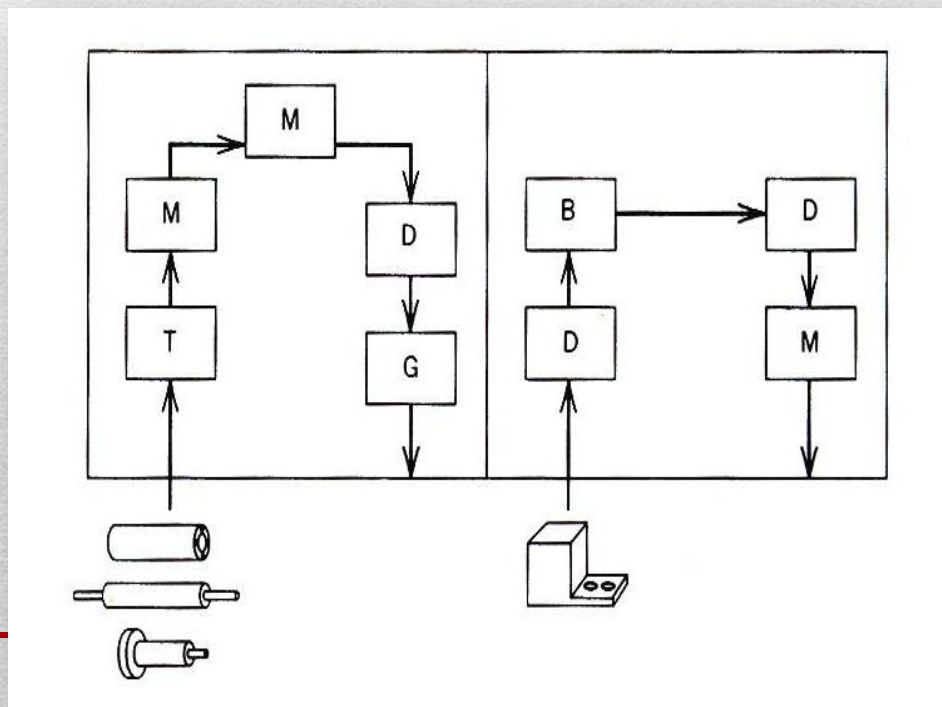
- معایب:

- ۱- تولید انبوه امکان ندارد.

- ۲- عدم استفاده از این روش در فرآیندهایی که نیاز به ماشین آلات سنگین دارند.

فن آوری گروهی Group Technology

- در این نوع از چیدمان با توجه به مشابهتهای موجود در فرآیند تولید قطعات مختلف، در طراحی و تولید از ظرفیت مشترکی برای آنها استفاده می شود.
- محصولات به دسته های گوناگونی که با نام خانواده محصول (Part Family) معروفند تقسیم بندی می شوند.



تعداد خطوط تولید

- بسیاری از مزایایی که استقرار محصولی در بر دارد وابسته به این واقعیت است که در این استقرار می توان بسته های کوچک کاری (مانند مونتاژ ۲ قطعه) به وجود آورد، و از یک کارگر نیمه ماهر یا یک دستگاه تخصصی برای انجام کار استفاده کرد.
- اگر به جای بسته کاری هر کدام از کارهای کوچک به یک کارگر اختصاص یابد، تعداد کارگران لازم برای انجام کلیه کارها بسیار زیاد خواهد شد. همچنین در اثر انجام کاری کوچک در دفعات زیاد ممکن است کارگر خسته و کسل شود. در عوض در ایستگاههای کاری یک بسته کاری به ۱ یا ۲ کارگر اختصاص می یابد.
- فرآیند تخصیص کارهای مختلف به ایستگاههای کاری را تعادل دهی به خطوط تولید می گویند. هدف از تعادل دهی به خطوط تولید آن است که گروههای کاری به وجود بیاید که زمان مجموع عملیاتی آنها تقریباً با هم برابر باشند. در این صورت زمانهای بیکاری کاهش می یابد و نرخ بهره برداری از تجهیزات افزایش می یابد.

مزایای تعادل خطوط تولید

- در صورتی که زمانی عملیاتی ۲ فرآیند با هم برابر نباشند، زمانهای بیکاری به وجود می‌آید. در این صورت فرآیند سریعتر باید برای دریافت قطعات از فرآیند کندتر صبر کند، یا برای جلوگیری از تلبار شدن محصولات نیم‌ساخته بین فرآیندها، تولید خود را متوقف کند.
- در صورتی که یک خط متعادل به وجود آید، سرعت کلی تولید متعادل و هموار می‌شود. مشکل عمده بر سر چنین راه حلی، عدم تشابه کارهای مختلف مورد نیاز است. یا نیاز آنها به تجهیزات مختلف و ... است.

زمان چرخه تولید

- چرخه تولید حداکثر زمانی است که هر ایستگاه کاری اجازه دارد تمام کارهای اختصاص داده شده به آن بر روی یک محصول را انجام دهد، قبل از آنکه محصول از آن ایستگاه خارج شود.
- چرخه تولید در واقع رابطه مستقیم با نرخ تولید دارد. مثلا اگر چرخه تولید یک محصول ۲ دقیق باشد، انتظار می رود که هر ۲ دقیق یک محصول تولید شود.
- در یک خط تولید، کمترین زمان چرخه تولید برابر بزرگترین زمان عملیات مورد نیاز برای تولید محصول است. همچنین بزرگترین زمان چرخه تولید برابر مجموع زمانهای عملیات در خط تولید است. **این دو زمان می توانند دامنه بالقوه چرخه تولید را مشخص کنند.**
- به منظور ساده تر بیان کردن روابط بین کارهای مختلف از نمودار اولویتها استفاده می شود، که ترتیب توالی کارهای لازم برای تولید یک محصول در آن نشان داده شده است.

محاسبه چرخه تولید

- با استفاده از محاسبات زیر می توان زمان چرخه تولید را محاسبه کرد.
- در چنین حالتی تعداد ایستگاههای کاری مورد نیاز هم بر اساس نرخ خروجی روزانه و هم بر اساس توانایی ترکیب کارها از نظر تکنولوژیکی تعیین می شود.
- کمینه تئوری تعداد ایستگاههای نیز از طریق زیر به دست می آید.

$$\text{نرخ خروجی روزانه} = \frac{\text{زمان عملیاتی در یک روز}}{\text{چرخه تولید}}$$

$$\text{چرخه تولید} = \frac{\text{زمان عملیاتی در یک روز}}{\text{نرخ خروجی روزانه مورد نظر}}$$

$$N_{min} = \frac{\text{مجموع زمان عملیات برای یک محصول}}{\text{چرخه تولید}}$$

شاخصهای ارزیابی تعادل خطوط

$$\text{درصد زمان تأخیر} = \frac{\text{مجموع زمان تأخیر در هر چرخه}}{\text{چرخه تولید} \times \text{تعداد واقعی ایستگاهها}} \times 100$$

$$\text{کارایی} = 100 - \text{درصد زمان تاخیر}$$

مراحل برقراری تعادل خط تولید ۱

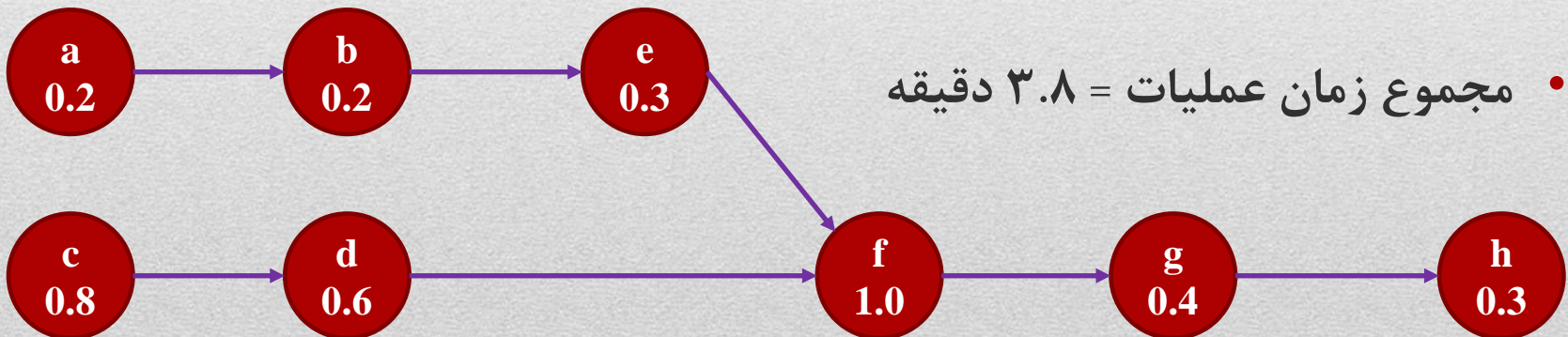
- ۱- زمان چرخه تولید و کمینه تئوری تعداد ایستگاههای کاری را مشخص کنید.
- ۲- کارهای موجود را به ترتیب اولویت به ایستگاههای کاری اختصاص دهید. کارها از سمت چپ به راست بر اساس نمودار اولویت کارها به ایستگاههای کاری اختصاص می یابد.
- ۳- قبل از هر تخصیصی از معیارهای زیر کمک بگیرید تا مشخص شود آیا می توان کاری را به یک ایستگاه کاری اختصاص داد یا نه.
 - الف- همه کارهای پیش نیاز آن تخصیص یافته باشند.
 - ب- زمان عملیات کاری از زمان باقیمانده برای ایستگاه کاری بزرگتر نباشد.
 - اگر هیچ کاری برای تخصیص دادن وجود ندارد، به سراغ ایستگاه کار بعدی بروید.
- ۴- پس از هر تخصیص زمان باقیمانده برای ایستگاه کاری کنونی را محاسبه کنید، که برابر است با زمان چرخه تولید منهای مجموع زمان عملیات کارهای تخصیص یافته به آن ایستگاه.

مراحل برقراری تعادل خط تولید ۲

- ۵- در صورت وجود بیش از یک کار برای تخصیص، با استفاده از قوانین زیر تخصیص دهید:
 - الف- کاری را که طولانیترین زمان عملیات را دارد، تخصیص دهید.
 - ب- کاری را تخصیص دهید که بیشترین تعداد کار پس از خود را دارد.
 - در صورتی که همچنان حالت تساوی بین کارها وجود داشت یکی را به دلخواه انتخاب کنید.
- ۶- تا زمانی که همه کارها را به ایستگاههای کاری اختصاص دهید، همین روند را ادامه دهید.
- ۷- شاخصهای ارزیابی تخصیص انجام شده (درصد زمان بیکاری، و کارآیی) را محاسبه کنید.

مثال - تعادل خطوط

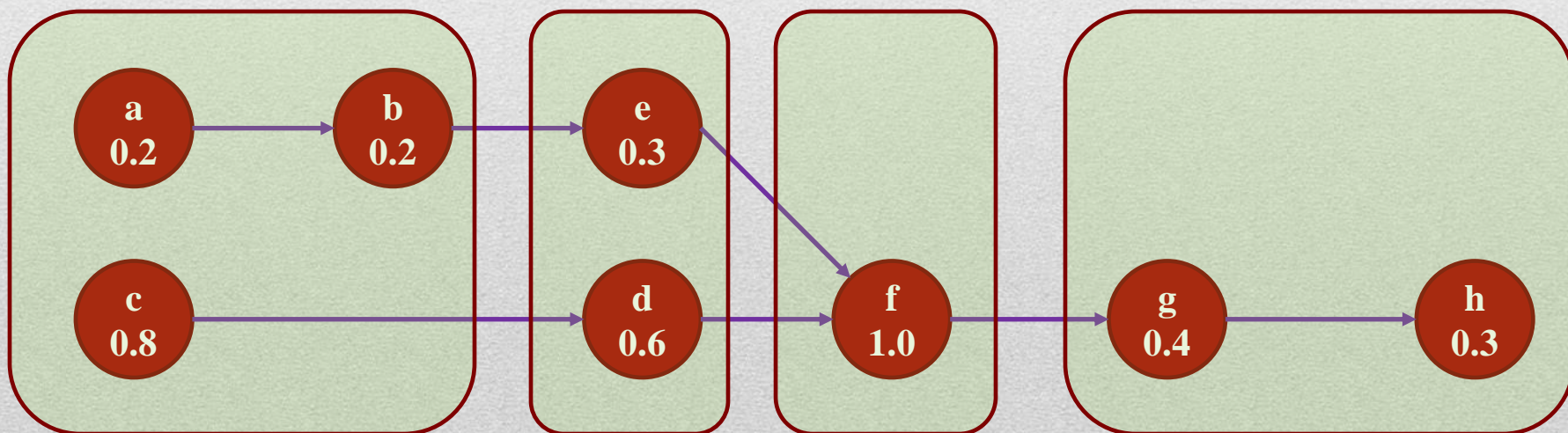
- براساس نمودار اولویتهای زیر، ایستگاههای کاری به منظور تعادل این خط تولید را مشخص کرده، و برای این ایستگاهها شاخصهای ارزیابی را محاسبه کنید. زمانها براساس دقیق بیان شده است.
- یک روز کاری را ۸ ساعت مفید محاسبه کنید. همچنین نرخ مطلوب تولید برابر ۴۰۰ عدد در روز در نظر گرفته شده است.



پاسخ - تعادل خطوط

$$\text{چرخه تولید} = \frac{\text{زمان عملیاتی در یک روز}}{\text{نرخ خروجی روزانه مورد نظر}} = \frac{۴۸۰ \text{ دقیقه در روز}}{۴۰۰ \text{ عدد در روز}} = ۱.۲ \text{ دقیقه}$$

$$N_{min} = \frac{\text{مجموع زمان عملیات برای یک محصول}}{\text{چرخه تولید}} = \frac{۳.۸ \text{ دقیقه برای هر محصول}}{۱.۲ \text{ دقیقه در هر ایستگاه کاری}} = ۳.۱۷ \text{ ایستگاه کاری}$$



• برای جزئیات بیشتر به صفحه ۲۶۸ کتاب مراجعه کنید.

در طریقت هر چه پیش سالک آید خیر اوست
بر صراط مستقیم ای دل کسی گمراه نیست

چسبیت این سقف بلند ساده بسیار نقش
زین معانیچ دانادر جهان آگاه نیست



پرسش و پاسخ