طرح ریزی واحدهای صنعتی

بهمن ۹۱

رحمان صوفی‌فرد

فهرست مطالب

فصل اول: زمینه طراحی کارخانه (طرح ریزی واحدهای صنعتی)
فصل دوم: مطالعات اولیه واحدهای صنعتی- خدماتی
فصل سوم: طراحی فرایند
فصل چهارم: طراحی جریان مواد
فصل پنجم: روش های سنتی تحلیل جریان مواد
فصل ششم: روش های کمی در تحلیل جریان مواد
فصل هفتم: تحلیل روابط فعالیت ها
فصل هشتم: خدمات تولیدی و فیزیکی کارخانه
فصل نهم: خدمات اداری و کارمندی
فصل دهم: تعیین اندازه ها
فصل یازدهم: تخصیص محوطه
فصل دوازدهم: روش های دستی طرح استقرار (طراحی کارخانه)
فصل سیزدهم: روش های کامپیوتری طراحی کارخانه
فصل چهاردهم: مکان‌یابی (جایابی)
فصل پانزدهم: تهیه طرح
فصل شانزدهم: ارزیابی و پیاده کردن طرح

فصل اول: زمینه طراحی کارخانه (طرح ریزی واحدهای صنعتی)

مقدمه:

طراحی کارخانه یکی از مضامین اصلی فعالیت های مهندسی صنایع است و سالهاست که مهندسین صنایع به کار در این زمینه اشتغال دارند. کار آنها در واقع به طراحی نحوه استقرار اجزاء فیزیکی فعالیت ها به طور عام و فعالیت‌های صنعتی به طور خاص مربوط می گردد . استقرار اجزاء فیزیکی فعالیت‌های صنعتی همواره با روش های انتقال مواد در ارتباط است، و از همین رو طراحی کارخانه و انتقال مواد به دو مفهوم تبدیل شده اند که همواره در کنار هم و با هم مطرح می گردند . به عبارت دیگر، طراحی کارخانه و طراحی سیستم انتقال مواد ، دو مفهوم کاملاً بهم پیوسته در طرح ریزی واحدهای صنعتی به شمار می‌آیند.

تعریف طراحی کارخانه:

مطالعه و تحلیل نظام تولید محصول و طراحی نحوه استقرار ساختمان ها ، ماشین آلات ، تجهیزات ، بخش های خدماتی ، کمک تولیدی و شبکه های تاسیساتی به گونه ای که کارآترین و مؤثرترین جریان مواد ، کم ترین هزینه و حداقل جابجایی در تولید محصول از زمان تهیه مواد اولیه تا زمان توزیع آن در بازار میسر گردد. فرآیندی است که طی آن اجزاء فیزیکی موردنیاز کارخانه انتخاب شده و سپس استقرار می‌یابند، بطوریکه ورودی‌ها به کارآیی مطلوب از اجزاء فیزیکی عبور کرده و خروجی‌های مورد نظر را تامین نمایند.

قلمرو طراحی کارخانه:

طراحی کارخانه شامل مطالعه ، تحلیل و طراحی همه جانبه موارد زیر است:

۱. حمل و نقل داخل کارخانه و خارج از آن
۲. دریافت (تخلیه بار)
۳. انبار مواد ، قطعات و محصولات نهایی
٤. تجهیزات و قسمت های تولید و مونتاژ
۵. بسته بندی
٦. انتقال مواد و حداقل کردن تاخیرها
۷. خدمات کارمندی
۸. فعالیت های کمک تولیدی
۹. ارسال (بارگیری)
۱۰. ادارات
۱۱. تسهیلات همگانی خارج از کارخانه
۱۲. ساختمان ها
۱۳. زمین

۱٤. محل کارخانه

۱۵. امکانات ایمنی، رفاهی، بهداشتی و درمانی

۱٦. ضایعات و محل نگهداری و بازیافت آنها

۱۷. محوطه، راهروها، پارکینگ و فضای سبز

۱۸. دفاتر نمایندگی، واحدهای فروش و خدمات پس از فروش

اهمیت طراحی کارخانه:

۱. وجود طرح مناسب و کارآمدی برای جریان مواد ، مقدمه تولید اقتصادی است.

۲. الگوی جریان مواد سنگ زیربنا و اصل و اساس ترتیب قرار گرفتن دستگاه هاست.

۳. الگوی ساکن جریان مواد با به کار گرفتن سیستم ، روش ها و وسایل انتقال مواد به واقعیت متحرک آن تبدیل می گردد.

٤. ترتیب درست دستگاه ها با تکیه بر الگوی از پیش طراحی شده جریان مواد ، باعث می شود تا کلیه فعالیت ها با کارایی مناسب انجام گیرند.

۵. کارایی تولید باعث بیشتر شدن تولید و کاهش قیمت تمام شده می گردد.

٦. کاهش قیمت تمام شده هم علی القاعده به افزایش سود آوری منجر می شود.

اهداف طراحی کارخانه:

۱. آسان کردن فرایند تولید

الف- حذف و کاهش تاخیر در عملیات تولید

ب- تسهیل جریان مواد در مراحل تولید

ج- کنترل بهتر فرآیند تولید

د- بهبود آرایش دستگاه‌ها و ماشین‌آلات

ه- طراحی استقرار بگونه‌ای باشد که شرایط حاکم بر محیط و یا کیفیت کار را ارتقاء دهد

۲. کم کردن حجم انتقال مواد

۳. بالابردن سرعت گردش و کاهش موجودی مواد در جریان ساخت

٤. افزایش انعطاف پذیری کارخانه

۵. پایین آوردن حجم سرمایه گذاری

٦. استفاده موثر از نیروی انسانی

الف- از جابجایی‌های دستی و مکرر اجتناب شود.

ب- حداقل کردن راه‌رفتن پرسنل

ج- موازنه بین ماشین‌آلات و اپراتورها بگونه‌ای که زمان بیکاری یا Idle Time حداقل شود.

د- استقرار بگونه‌ای باشد که سرپرستی و مدیریت به صورت موثری انجام شود.

۷. استفاده اقتصادی از حجم ساختمان ها

۸. فراهم آوردن امکانات رفاه و ایمنی کارکنان

نیاز مستمر به طراحی کارخانه:

طراحی کارخانه با پیاده کردن طرح به پایان نمی رسد ، بلکه با گذشت زمان باید تغییرات و اصلاحاتی در آن انجام گیرد ، وسایل جدید اضافه شوند ، طرح های توسعه به اجرا درآیند و نظایر اینها . به علاوه طراحی کارخانه نیز مثل هر فعالیت پویای دیگری محتاج برنامه است . برنامه های طراحی کارخانه ممکن است برای دوره های زیر تهیه و تنظیم گردد:

- برای ۱۰ سال آینده
- برای ۵ سال آینده
- برای ۲ سال آینده
- برای سال آینده
- برای ٦ تا ۱۲ ماه آینده

فقط با داشتن برنامه های دراز مدت می توان طرح های توسعه و طرح های اصلاحی و تغییرات مناسب را به طور نظام گرا در قالب برنامه مادر پیاده نمود.

دامنه فعالیت ها و وظایف بخش طراحی کارخانه:

طراحی کارخانه فقط در برنامه‌ریزی دقیق ترتیب استقرار ماشین‌آلات تولیدی خلاصه نمی‌شود. یعنی در طراحی کارخانه نه تنها ما با فعالیتهای درون واحد (دریافت، بازرسی، انبار، تولید، مونتاژ، کنترل کیفی، بسته‌بندی، حمل و نقل مواد، خدمات پرسنلی، خدمات جنبی تولید، انبار کالای ساخته شده، ارسال، قسمتهای اداری و تاسیسات) روبرو هستیم، بلکه فعالیتهای (فروش، بازاریابی، خرید، حسابداری، حمل و نقل خارج کارخانه، حمل و نقل داخل محوطه کارخانه) را نیز شامل می‌شود. به عبارتی " هر وظیفه‌ای که در یک واحد صنعتی انجام می‌شود تأثیراتی در طراحی کارخانه دارد."

انواع مسائل طراحی کارخانه (کاربردهای طرح‌ریزی واحدهای صنعتی):

- تغییر طرح محصول
- بزرگ کردن دپارتمان ها
- کوچک کردن دپارتمان ها
- اضافه کردن محصول جدید
- تغییر محل یک دپارتمان
- اضافه کردن دپارتمان جدید
- جایگزینی دستگاه های قدیمی

- تغییر روش تولید
- کاهش هزینه ها
- طراحی کارخانه جدید
- تغییر در نوع مواد اولیه

مراحل طرح‌ریزی واحدهای صنعتی:

۱. بررسی بازار: مطالعه میزان تقاضای بازار و خواسته‌های مشتریان
۲. بررسی فروش
۳. طراحی محصول
٤. طراحی فرآیند
۵. طراحی عملیات
٦. طراحی کارخانه
۷. ارزیابی مالی و اقتصادی طرح
۸. طراحی تجهیزات
۹. طراحی ساختمانها
۱۰. تامین بودجه
۱۱. تدارکات
۱۲. بررسی طرح، اعمال تغییرات و تصویب طرح
۱۳. پیاده‌سازی: عملیات اجرایی
۱٤. تولید و بهره‌برداری
۱۵. انبارداری محصولات نهایی
۱٦. توزیع
۱۷. بازاریابی و فروش
۱۸. بازار پرسی: دریافت بازخورد از بازار و تحلیل خواسته‌های مشتریان

علائم یک طرح مناسب:

۱. طراحی ساختمان ها با تکیه بر مطالعات مربوط به طراحی کارخانه انجام گرفته باشد.
۲. محل بخش های مختلف تولیدی و همچنین محل کل قسمت های تولید و قسمت های خدماتی و کمک تولیدی کارخانه بر اساس جریانی که بین آنها وجود دارد ، روابط متقابلی که با هم دارند ، و احتیاجات خاص آنها تعیین شده باشد.
۳. اولین فعالیت نزدیک به قسمت تخلیه بار و آخرین فعالیت نزدیک به قسمت بارگیری باشد و مواد در جریان حرکت خود در هر مرحله از قسمت تخلیه بار به قسمت بارگیری نزدیکتر شوند.

٤. فعالیت های مختلف تولیدی از یکدیگر تمیز داده شوند و بین آنها فاصله مکانی وجود داشته باشد.
٥. راهروهای مستقیم ، مشخص و طبقه بندی شده وجود داشته باشد.
٦. نسبت زمان خاص تولید به کل زمان توقف مواد و قطعات در کارخانه حداکثر باشد.
٧. الگوئی برای جریان مواد وجود داشته باشد.
٨. جریان مواد مستقیم بوده و برگشت به عقب و دوباره کاری در انتقال مواد به حداقل برسد.
٩. حجم کل انتقال مواد و مسافت انتقال به حداقل برسد.
١٠. حجم مواد در جریان ساخت حداقل باشد.
١١. روش های انتقال مواد مشخص و تعریف شده باشد.
١٢. در صورت امکان ، عملیات و انتقال مواد با یکدیگر توام گردند.
١٣. تا جائی که ممکن است از وسایل مکانیکی برای انتقال مواد استفاده شود.
١٤. حمل و نقل دستی حداقل باشد.
١٥. انتقال مواد به افرادی غیر از کسانی که عملیات را انجام می دهند سپرده شود.
١٦. از کلیه سطوح کارخانه (از فضای کارخانه) استفاده شده باشد.
١٧. طرح کارخانه قابلیت تغییر و تطبیق داشته باشد.
١٨. برنامه توسعه و چگونگی و محل آن مشخص باشد.
١٩. تا جائی که ممکن است مفهوم" انبار در نقطه استفاده"پیاده شده باشد.
٢٠. رفت و آمدهای بیهوده به حداقل برسد.
٢١. سر و صدا، دود و گاز و بخار، گرد و غبار، ارتعاش ماشین آلات، رطوبت و نظائر اینها کنترل شده باشد.
٢٢. فضای قسمت های مختلف تولیدی ، خدماتی و کمک تولیدی مناسب و کافی باشد.

دیدگاه‌های معتبر راجع به طراحی کارخانه:

الف- دیدگاه ایمر(١٩٥٠): ١- پیاده‌سازی مساله روی کاغذ؛ ٢- مشخص کردن خطوط جریان مواد؛ ٣- تبدیل خطوط جریان مواد به خطوط جریان ماشین‌آلات و تجهیزات

ب- دیدگاه ندلر(راهکار سیستم ایده‌آل- ١٩٦١): ١- تعیین یک سیستم ایده‌آل فرضی؛٢- تصویر کردن سیستم ایده‌آل اصلی؛٣- طراحی سیستم ایده‌آل فنی قابل اجرا،٤- پیاده‌سازی و اجرای سیستم‌های پیشنهادی

ج- دیدگاه رید(١٩٦١): ١- تجزیه و تحلیل محصول؛٢- تعیین فرآیندهای موردنیاز برای تولید محصول؛٣- تهیه نمودارهای برنامه‌ریزی جانمایی(قدم عمده این فرآیند)؛٤- تعیین ایستگاه‌های کاری؛٥- تجزیه و تحلیل فضاهای انبار و نحوه حمل و نقل؛٦- تعیین حداقل عرض راهروها؛٧- تعیین نیازمندی‌های اداری و دفتری٨-

بررسی تسهیلات کارمندی و خدماتی؛۹- مطالعه و بررسی واحدهای خدماتی و خدمات ارائه شده به کارخانه؛۱۰- رعایت توسعه برای کارخانه

د- دیدگاه اپل(۱۹۷۷): در فصل بعد ارائه خواهد شد.

ه- دیدگاه برنامه‌ریزی جانمایی سیستماتیک (S.L.P) موتر(۱۹۶۱):

- بررسی و سنجش کمی جریان مواد بین بخش‌های مختلف
- ارائه و خلق جدول رابطه فعالیت‌ها
- ارائه دیاگرام رابطه فعالیت‌ها
- تعیین میزان فضای موردنیاز بخشهای مختلف
- ارائه نمودار رابطه فضاها
- ارائه طرحهای استقرار مختلف

به طور کلی طراحی کلی و تفصیلی کارخانه (**S.L.P**) در سه مرحله تجزیه و تحلیل، جستجو و انتخاب خلاصه می‌شود.

کلید منابع اطلاعاتی طرح‌ریزی (PQRST):

P: محصول (**Product**): چه چیزی قرار است تولید شود؟

Q: مقدار (**Quantity**): چه مقداری از هر محصول تولید می‌شود؟

R: روش تولید (**Routing**): فرآیند تولید چیست؟

S: خدمات پشتیبانی (**Support**): برای تولید و فرآیند چه ماشین‌آلات و تجهیزاتی موردنیاز است؟

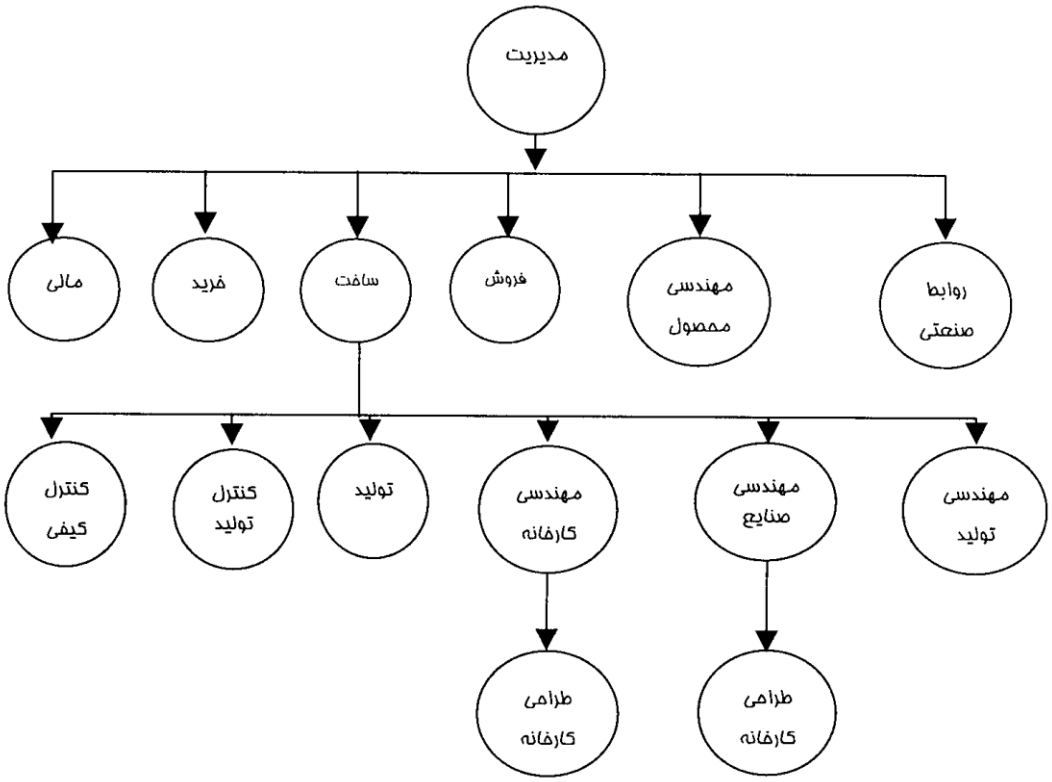
T: زمان (**Time**): طی چه زمانهایی محصول باید تولید شود؟

موقعیت دپارتمان طراحی کارخانه در سازمان های مختلف:

طراحی کارخانه یک کار ستادی است که به ساخت یا تولید مربوط می گردد. جایگاه آن در نمودار سازمانی به اندازه شرکت ، میزان ماشین آلات و تجهیزات ، نوع و خصوصیات محصول و اهمیتی که به این فعالیت داده می شود بستگی پیدا می کند . در کارخانه های کوچک معمولاً دپارتمان مستقلی برای طراحی کارخانه وجود ندارد، و طرح ها توسط یک یا چند سرکارگر، مدیر کارخانه و گاهی مدیر عامل ، مهندس کارخانه و نقشه کش تهیه می‌شود . در کارخانه های بزرگ که کارهای زیادی در این زمینه وجود دارد ، گروهی مثلاً ده- دوازده نفری به طور تمام وقت بر روی مسائل طراحی کارخانه کار می کنند . معمولاً هر کدام از این افراد در یکی از زمینه های طراحی کارخانه تبحر بیشتری دارند ، فعالیت های مختلف بین آنها تقسیم می شود ، و طرح نهایی کارخانه حاصل کار جمعی آنهاست.

بر طبق آمارگیری هایی که در آمریکا در مورد وظایف مهندسی صنایع انجام گرفته ، چنین نتیجه شده که گروه طراحی کارخانه در بیش از ٦٠ درصد موارد جزو دپارتمان مهندسی صنایع بوده است و به نظر

می‌رسد که جایگاه درست آن نیز همین باشد. شکل زیر نمودار سازمانی یک واحد صنعتی با حدود ۲۵۰۰ کارگر توسط اپل پیشنهاد شده است. طراحی کارخانه می‌تواند زیر نظر مهندسی کارخانه یا مهندسی صنایع قرار گیرد.



زمینه های اصلی فعالیت این دو دپارتمان در زیر آمده است:

مهندسی کارخانه

۱. کارهای ساختمانی
۲. نگهبانی و حراست
۳. تعمیرات و نگهداری
٤. انتقال مواد
۵. طراحی کارخانه
٦. کنترل آلودگی
۷. ایمنی و بهداشت صنعتی
۸. حمل و نقل
۹. تاسیسات سیالات و برق
۱۰. کارگاه ها
۱۱. استانداردها
۱۲. طرح ها و تحلیل های ویژه

مهندسی صنایع

۱. مطالعات مالی و هزینه یابی
۲. طراحی کارخانه
۳. طراحی سیستم های اطلاعات مدیریت
٤. طراحی سازمانی و تشکیلات
۵. تحقیق در عملیات
٦. مهندسی تولید
۷. مهندسی ، تحلیل ، مدیریت سیستم ها
۸. سیستم های پرداخت حقوق و دستمزد
۹. طراحی روش ها

رابطه بین دپارتمان طراحی کارخانه و سایر دپارتمان ها:

برای آنکه به یک طرح مناسب برسیم باید افراد زیادی را در تهیه آن مشارکت دهیم . این افراد که غالباً اطلاعات و نظرات ارزشمندی دارند تنها به دپارتمان طراحی کارخانه منحصر نمی شوند ، بلکه تقریباً همه کارشناسان صاحبنظر سایر دپارتمان ها را شامل می گردند . دامنه همکاری های دپارتمان ها و قسمت های مختلف در رابطه با طراحی کارخانه شامل بخش فروش، بخش خرید، بخش مهندسی محصول، بخش پرسنلی، بخش مالی، بخش مهندسی محصول، بخش مهندسی صنایع، بخش کنترل تولید، بخش طراحی و مهندسی ساختمان، بخش بازرسی و کنترل کیفی، بخش مدیر عامل و ... می‌باشد.

فصل دوم: مطالعات اولیه واحدهای صنعتی- خدماتی

مقدمه:

طراحی کارخانه باید با تکیه بر یک روش مدون و از پیش معین انجام گیرد ، به طوری که بتوان عوامل مختلف را بررسی نمود ، و تمامی آنها را به قدر اهمیتشان در طرح دخالت داد. طرحی که بی مطالعه، سرسری و بدون بررسی همه جانبه عوامل موثر انجام گرفته باشد قاعدتاً به نتیجه مطلوبی نمی رسد.

نظام طراحی کارخانه :

در این فصل مختصری پیرامون مراحل طراحی کارخانه صحبت می شود تا زمینه آشنائی با بقیه مطالب فراهم آید.

طراحی کارخانه فقط در صورت پیروی از یک رویه مشخص و منظم و منطقی می تواند به نتیجه مطلوب برسد. رویه قدم به قدمی که در این فصل تصویر می شود می تواند به عنوان راهنما یا روش تفکر مناسب در طراحی کارخانه مورد استفاده قرار گیرد . در عین حال لزومی ندارد که همه قدم های آن به همین ترتیب که ذکر شده اند برداشته شود . در واقع گاهی جداً لازم است که ترتیب آنها تغییر یابد ، به علاوه برداشتن قدم ها به صورت رفت و برگشتی است و با یکدیگر ارتباط دارند. برای مثال طراحی الگوی جریان مواد (قدم ٤) را نمی توان بدون بررسی جزئیات ایستگاه های کار(قدم۷) و تعیین جهت جریان در آنها به اتمام رسانید. به طور کلی نتایج هر مرحله با توجه به نتایجی که در مراحل بعد حاصل می گردد بازنگری می‌شود.

رویه طراحی کارخانه از دیدگاه اپل:

۱. جمع آوری اطلاعات اولیه
۲. تحلیل اطلاعات اولیه
۳. طراحی فرایند تولید
٤. طراحی الگوی جریان مواد
۵. بررسی طرح کلی انتقال مواد
٦. محاسبه تجهیزات مورد نیاز
۷. طرح ایستگاه های کار
۸. انتخاب تجهیزات انتقال مواد
۹. هماهنگی فعالیت ها
۱۰. بررسی رابطه فعالیت ها
۱۱. تعیین انبارهای مورد نیاز
۱۲. طراحی فعالیت های خدماتی و کمک تولیدی
۱۳. تعیین فضای مورد نیاز

۱٤. تخصیص فضای کارخانه به فعالیت ها

۱۵. بررسی نوع ساختمان

۱٦. تهیه طرح اصلی کارخانه

۱۷. ارزیابی ، کنترل و تصحیح طرح

۱۸. تصویب طرح

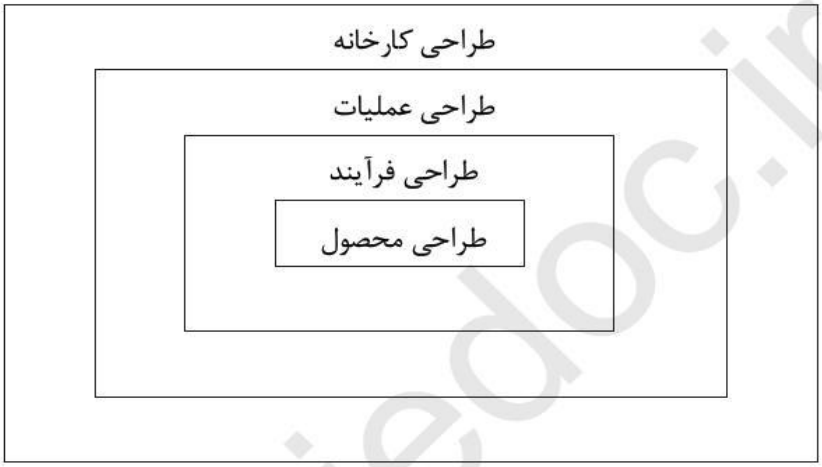
۱۹. پیاده کردن طرح

۲۰. پیگیری در دوره بهره برداری

طراحی تولید:

فعالیتهایی که شامل بررسی‌هایی راجع به محصول، روشهای مختلف تولید، انتخاب و محاسبه تجهیزات، تعیین و تعریف بخشهای تولیدی، تعیین بخشهای پشتیبانی، انتخاب الگوی جریان مواد، انتخاب سیستم حمل و نقل، تهیه طرح‌های مختلف و ارزیابی آنها، انتخاب و نهایی کردن طرح می‌باشد.

رویه طراحی تولید به صورت کلی در شکل زیر آورده شده است:



۱. **طراحی محصول**: (تحقیق و توسعه، طراحی و آزمون)

۲. **طراحی فرآیند**: (تحلیل مشخصات، بررسیهای لازم در مورد ساخت یا خرید قطعات، انتخاب مواد، انتخاب فرآیند، تعیین عملیات ساخت، انتخاب و مشخص نمودن تجهیزات اصلی و جانبی، تعیین توالی عملیات و ارائه مسیرهای تولید)

۳. **طراحی عملیات**: (تحلیل و طراحی روشها، اندازه‌گیری و سنجش کار، استانداردهای کاری، نیروی انسانی موردنیاز)

٤. **طراحی کارخانه**: (طراحی جریان مواد، طراحی سیستم‌ها، تحلیل رابطه فعالیت‌ها، تخصیص فضاها، طراحی انبار، تعیین خصوصیات ساختمانها و تاسیسات)

۵. **آزمون و تصحیح**: (مطالعات ارزیابی و کسب اطلاعات، بازخور اطلاعاتی)

۱. **بررسی روند تقاضای محصول اعم از تقاضای داخلی و صادرات در افق طرح**
۲. **بررسی روند عرضه محصول اعم از تولیدات داخلی و واردات در افق طرح**
۳. **تعیین سهم بازار و ظرفیت طرح**

هدف از بررسی بازار، برآورد مقدار تقاضا برای کالایی است که یک واحد جدید با قیمت مشخصی به بازار عرضه می‌کند. این مقدار مبین تقاضای کالا یا مواد موردنظر در یک دوره معین است. در بررسی بازار که اولین گام در فرآیند ایجاد یک واحد صنعتی به شمار می‌رود باید موارد ذیل مشخص گردند:

- ماهیت مشتریان: اینکه مشتریان چه کسانی هستند؟ کجا هستند؟ چرا محصول ما را می‌خرند؟ چه سلیقه‌ای دارند؟
- وضعیت رقبا، محصولات رقیب
- میزان واردات و صادرات
- قوانین و مقررات دولتی، سوبسید و ...
- عمر مفید محصول
- برآورد حجم بازار شامل: میزان تقاضا، میزان واردات و تولید داخلی و روند رشد
- تعیین قیمت عرضه محصولات، تعیین نقطه سر به سر تولید
- تعیین سیستم توزیع مناسب
- تعیین سهم قابل کسب از بازار

قدم‌های تجزیه و تحلیل بازار

- تعریف اهداف مطالعه
- ارزیابی کلی از وضعیت بازار
- مطالعات رسمی بازار
- تعیین منابع ثانویه و اطلاعات موجود در ارتباط با قیمت‌ها، تولید، مصرف، شرایط موجود بازار، مشتریان و رقبا، وضعیت اشتغال، جمعیت و اقتصاد و اطلاعات عمومی دیگر
- تعیین روش مناسب برای جمع‌آوری اطلاعات اولیه
- طراحی و تعیین فرم‌های جمع‌آوری اطلاعات و آزمون میدانی
- طراحی نمونه و گردآوری اطلاعات اولیه
- پردازش و تجزیه و تحلیل اطلاعات اولیه و ثانویه
- تبیین بازار موجود شامل: دسته‌بندی بازار، سنجش بازار، تخمین سهم بازار
- انتخاب روش پیش‌بینی
- پیش‌بینی تقاضای آینده بازار

- تدوین برنامه فروش و تهیه گزارش از آن

تخمین تقاضا:

تخمین تقاضا به دو روش صورت می‌گیرد:

۱. مصرف گذشته و بررسی روند مصرف آینده: به اینکه چه کسی کالا را مصرف می‌کند کاری نداریم و تنها از آمار مصرف، این تخمین انجام می‌گیرد.
۲. برآورد قشر مصرف‌کننده و پیش‌بینی رشد آن: باید نوع جمعیت‌هایی که این کالا را مصرف می‌کنند بررسی کرد و سپس جمعیت مصرفی آینده را پیش‌بینی کرد.

در بحث تخمین تقاضا، بحث پیش‌بینی به عنوان ابزار اصلی اندازه‌گیری مطرح است. مدلهای رگرسیون، آنالیز واریانس، مدل‌های پیش‌بینی جهت این موضوع ابزار مناسبی است.

اگر عرضه و تقاضا با هم برابر باشد ، ایجاد سیستم جدید یک ریسک است . اگر تقاضا زیادتر از عرضه باشد ، ایجاد سیستم جدید مفهوم پیدا می کند.

مثال: اگر تقاضای بازار محصول ، ۱۱۵۰ واحد و عرضه ۹۰۰ واحد باشد ، سهم بازار ۲۵۰ واحد محصول می باشد. ولی باید در نظر بگیریم که ممکن است ۲ سیستم (رقیب) دیگر به موازات ما به فکر ایجاد واحد تولیدی باشند، بنابراین سهم ما که همان ظرفیت طرح می باشد ، ۸۳ واحد محصول است.

٤. پیش بینی اولیه تولید و فروش محصول در افق طرح

سهم قابل کسب بازار:

سهم قابل کسب بازار یعنی آن قسمت از بازار که ما می‌توانیم به خود اختصاص دهیم.

عوامل مؤثر در سهم قابل کسب بازار عبارتند از:

۱. کل تقاضا
۲. ظرفیت کارخانه‌های رقیب
۳. ظرفیت کارخانه‌های در دست احداث
٤. حجم واردات

میزان تولید داخل- (صادرات+کل تقاضای بازار داخل)= سهم قابل کسب در بازار

$$D^*=(D+E)-P-I$$

D^*: سهم قابل کسب بازار (بازار بالقوه)

D: کل تقاضای بازار داخل E: صادرات

P: میزان تولید داخل

I: واردات

سرمایه‌گذاری برای D^* با ریسک زیادی همراه است، بنابراین به منظور کاهش ریسک درصدی از سهم قابل کسب بازار تولید می‌شود که به آن سهم واقعی قابل کسب گویند.

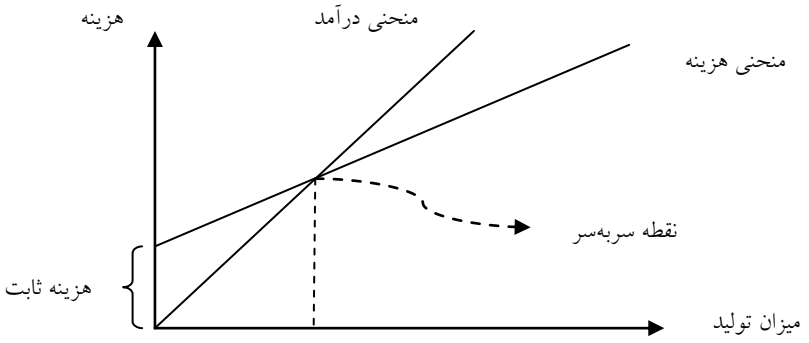
$$C= \alpha \times D^{*}$$

$\alpha \leq$ ۱ = ضریب اطمینان ≤ ۰

نقطه سر به سر:

نقطه سر به سر عبارت است از آن حجم تولید محصول در واحد زمان که به ازاء آن جمع درآمد حاصل از فروش محصول با جمع هزینه‌های تولید محصول برابر گردد.

$$T_R= P \times Q$$
$$T_C= F+V \times Q$$
$$T_R= T_C$$
$$P \times Q= F+V \times Q$$
$$Q=F/ (P-V)$$



در مواردی که هزینه ثابت و متغیر کاملاً مشخص نیست ولی هزینه کل در دو سطح تولید معین می‌باشد می‌توان از رابطه زیر هزینه متغیر هر واحد کالا را محاسبه نمود:

$$V= (T_{c2}-T_{c1})/(Q_2-Q_1)$$

در کاربرد تحلیل نقطه سر به سری، توجه به تنوع محصول ضرورت دارد. اگر دو محصول مختلف تولید می‌شود برای محاسبه نقطه سر به سری هر محصول از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$Q_1 \times P_1+ Q_2 \times P_2=F+ Q_1 \times V_1+ Q_2 \times V_2$$

مثال ۱:

ظرفیت طرح = ۵۰۰۰ واحد محصول

سال	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹٤	۱۳۹۵	۱۳۹٦	...
حجم تولید و فروش محصول	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰	٤۰۰۰	۵۰۰۰	...

مثال ۲: تحلیل ظرفیت طرح فروش و نصب کیت LPG در کشور کنیا

در حال حاضر (سال ۱۳۹۱) ۸۰۰۰۰۰ دستگاه خودرو در کشور کنیا موجود می باشد که دو سوم این آمار را خودروهای بنزین سوز تشکیل می دهند یعنی ۵۳۳۳۳٤ دستگاه که مورد مطالعه این طرح می باشند . از این تعداد ، ۲۰۰۰ دستگاه آن گازسوز شده اند ، بنابراین ۵۳۱۳۳٤ دستگاه باقی می ماند.

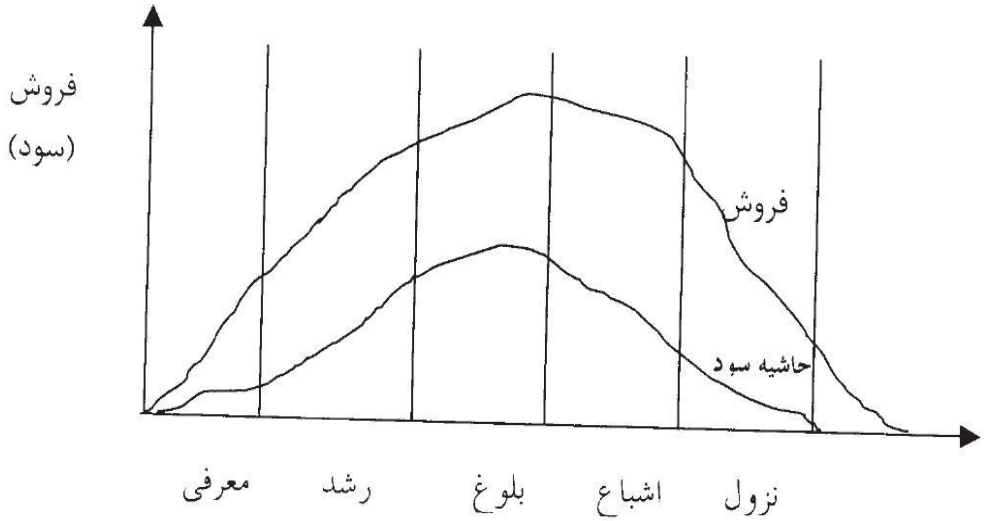
از طرف دیگر به صورت تخمینی ، ۵۰ درصد صاحبان خودروها به این نتیجه می رسند که باید از سوخت گاز مایع استفاده کنند . با این احتساب ۲۶۵۶۶۷ دستگاه به عنوان سهم بالقوه بازار تلقی می گردد.

در حال حاضر (سال ۱۳۹۱) یک شرکت رقیب در کنیا مشغول است و پیش بینی می گردد که در افق ۵ سال این طرح ، سه شرکت رقیب دیگر وارد بازار عرضه شوند که در مجموع ٤ رقیب خواهیم داشت که ٦٤ درصد سهم بازار را به خود اختصاص داده و ۳٦ درصد باقیمانده یعنی تقریباً ۹٦۰۰۰ دستگاه خودروی بنزین سوز ، سهم ما و ظرفیت این طرح تلقی می گردد.

نرخ افزایش خودرو در کنیا ۵ درصد پیش بینی می گردد ولیکن با توجه به استهلاک بالای خودروها در کنیا ، پیش بینی می شود که به همین میزان خودرو از رده خارج شود ، بنابراین سهم نهایی ما که ظرفیت این طرح می‌باشد ، همان رقم ۹٦۰۰۰ دستگاه می باشد که در طی پنج سال عمر طرح تحقق می یابد.

۵. ترسیم نمودار سیکل عمر فروش محصول:

محصول به دنیا می آید ، رشد پیدا می کند ، بلوغ پیدا می کند ، اشباع می شود ، افول پیدا می کند ، عمرش به سر می آید. در شکل زیر دوره عمر فروش یک محصول فرضی و لزوم عرضه محصول جدید برای حفظ رشد فروش و سودآوری کارخانه نشان داده شده است.



هر محصولی که تولید می شود ابتدا سیکل معرفی را پیدا می کند.

تولید کنندگان قبل از اینکه محصول بمیرد به فکر طراحی و جایگزینی محصول دیگری می افتند.

مرحله معرفی: در این دوره محصول ناشناخته است. حاشیه سود و سطح فروش پایین است. مصرف‌کنندگان رغبتی به مصرف محصول ندارند و فروشنده مجبور به تبلیغ و دادن تخفیف جهت آشنایی مصرف‌کنندگان است. راز موفقیت در این مرحله ، تحقیق و توسعه ، میزان مهارت مهندسان در تولید محصول ، مهارت در آزمایش و معرفی آن به بازار است.

مرحله رشد: فروش محصول در این مرحله مستلزم موفقیت در معرفی دقیق محصول است. تولیدکنندگان در صدد توزیع بیشتر محصول در بازار می‌باشند و خرده‌فروشان کمی قیمت را بالا می‌برند. در این مرحله

برخلاف مرحله معرفی محصول که قیمت ها پایین نگه داشته می‌شد، قیمت‌ها افزایش یافته و از هزینه تمام شده بالاتر می‌رود و به دنبال آن شرکت قادر به جبران بخشی از زیانهای گذشته است.

مرحله بلوغ: رقابت فراوان در این دوره وجود دارد . به علت معرفی محصولات مشابه رقبا ، نقش بازاریابی در این مرحله دقیق است . در این مرحله شرکت باید به فکر معرفی محصول جدید باشد. در این حالت نرخ رشد کاهش می‌یابد و اغلب تولیدکنندگان در صدد بهبود کیفیت محصول هستند.

مرحله اشباع: تقاضا به بالاترین حد خود می رسد ، بدلیل افزایش رقبا سهم فروش شرکت اندک اندک کاهش پیدا می کند. در این مرحله تولیدکنندگان به فکر تنوع یا تغییر حتمی محصول هستند.

مرحله نزول: فروش با سرعت بیشتری کاهش پیدا می کند، صلاح نیست در این مرحله ، هزینه ای بابت تغییرات در محصول متحمل شویم. رقبا کالاهای جدید را وارد بازار کرده‌اند و اغلب ادامه به زیان تولیدکننده است. در این مرحله نقش حسابداری صنعتی در صرفه‌جویی هزینه‌ها بیش از هر مرحله دیگر احساس می‌شود.

تست: در کدام مرحله دوره عمر محصول ، هزینه بازاریابی افزایش پیدا می کند ؟

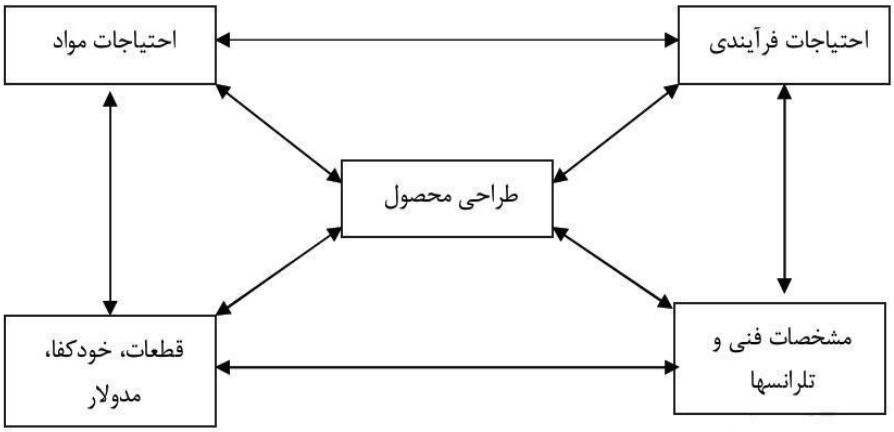
۱- رشد ۲- نزول ۳- بلوغ ٤- اشباع

٦. بالانس پیش بینی اولیه و پیش بینی نهایی تولید و فروش محصول با توجه به ظرفیت و افق طرح

مهندسی محصول:

کارکردی است که به منظور تبیین ، تعریف و تفسیر فنی محصول صورت می گیرد . محصول باید طوری طراحی شود که علاوه بر برآوردن خواسته های مشتریان ، بتواند به صورت اقتصادی تولید گردد ، تا با قیمت مناسب به فروش رفته و سودی هم عاید نماید . نتایج طراحی ، در نقشه های تولید ، مشخصات فنی و فهرست قطعات یا صورت مواد منعکس می شود . طراحی محصولات جدید و تغییر و اصلاح محصولات فعلی شرط رشد واحدهای صنعتی است. به طور کلی در مهندسی محصول چهار عامل عمده زیر باید مشخص گردد:

۱. مشخصات فنی و مهندسی
۲. احتیاجات مواد و فرآیند
۳. طراحی خودکفا یا مدولار
٤. توجه به سهولت و بهره‌برداری، نگهداری و قابلیت اطمینان



خروجی‌های مرحله مهندسی محصول به شرح زیر است:

۱. نقشه‌های محصول، اجزا و قطعات مربوطه
۲. نقشه‌های انفجاری محصول
۳. مشخصه‌های محصول و اجزا به لحاظ جنس، کیفیت و ... جهت مسایل کنترل کیفی
٤. سیستم کنترل کیفی
۵. نمودارها و فرآیندهای مونتاژی
٦. مکانیزم تولید متمرکز و غیر متمرکز
۷. درخت محصول
۸. لیست قطعات
۹. لیست مواد همراه با مکانیزم کنترل کیفی تحویل مواد به علاوه مدل کالیبراسیون

عکس محصول:

عکس محصول یکی از مستندات جهت ارائه تصویر طرح محصول می باشد که توسط واحد مهندسی محصول تهیه می شود.

نقشه گسترده یا انفجاری:

یکی دیگر از مستندات جهت ارائه طرح محصول که توسط واحد مهندسی محصول تهیه می شود .

نقشه قطعات:

نقشه تمام قطعات بجز قطعات استاندارد مثل پیچ و مهره و واشر و نظایر اینها بایستی در طراحی محصول تهیه گردد.

فهرست قطعات:

فهرست قطعات برگی است که کلیه عناصر تشکیل دهنده محصول را مشخص می سازد . فهرست قطعات معمولاً توسط بخش طراحی محصول تهیه می گردد . این اطلاعات در واقع نخستین مدارکی هستند که برای طراحی کارخانه مورد استفاده قرار می گیرند.

تحلیل ارزش یا مهندسی ارزش:

یکی از تکنیک هایی است که جهت تجزیه و تحلیل محصول مفید است . هدف از تحلیل ارزش که با مشارکت کارشناسان مختلف صورت می گیرد عبارتست از پیدا کردن راه ارزانتری برای تولید محصول که دارای حداقل خصوصیات مساوی یا بهتر از آن چیزی باشد که برای ساخت محصول در نظر گرفته شده است . از نتایج تحلیل ارزش در طراحی محصول استفاده می شود.

فرآیند تحلیل ارزش:

آنالیز ارزش به شکل زیر انجام می‌شود:

۱. تعریف هر عملکرد
۲. ارزیابی هر عملکرد
۳. تفکر روی خلاقیت‌ها و نوآوری‌ها
٤. غلبه بر مشکلات
۵. مطالعه ایده و توصیف کردن و به شکل قابل قبول درآوردن
٦. کار روی خصوصیات محصول
۷. ارزیابی به وسیله مقایسه
۸. پیدا کردن ایده و تلرانس و تبدیل آنبه مقادیر کمی جهت اضافه و یا حذف کردن و ارزیابی اقتصادی آن‌ها
۹. در نظر گرفتن استانداردها

شرکت — **فرم پیشنهاد حاصل از تجزیه و تحلیل(آنالیز)ارزش**

قطعه/محصول/خدمت — قطعه	محل استفاده
تعداد در سال	وظایف
روش موجود	روش پیشنهادی

معیار / روش	هزینه مواد	هزینه کارگر	هزینه ابزار/تجهیزات	سایر هزینه ها	هزینه کل	ملاحظات
روش موجود						
روش پیشنهادی						

صرفه جویی قطعه — پیش بینی صرفه جویی سالانه

پیشنهاد دهنده — قسمت — تاریخ

فرم پیشنهاد حاصل از تجزیه و تحلیل(آنالیز)ارزش

فصل سوم: طراحی فرایند

فرآیند واحد: ساده‌ترین عملیاتی که در کوچکترین جز فرآیند تشکیل می‌شود و اغلب به صورت تبدیل مواد است. به زبان دیگر عملی است که تغییری ساده بر روی مواد و قطعات ایجاد می‌کند.

طراحی فرایند: عبارت است از ترکیب فرآیندهای واحد یا به عبارت دیگر طراحی فرآیند عبارت است از: تحلیل محصول و تعیین عملیات ساخت، دستگاههای لازم برای تولید اقتصادی و کارآمد قطعه یا محصولی که مشخصات و کارکردهای آن قبلاً تعریف شده است.

همه فعالیت هایی که در رابطه با تحلیل محصول یا خدمات مورد نظر به نیت تعیین عملیات و تجهیزات مورد نیاز صورت می گیرند، طراحی فرایند خوانده می شوند. در طراحی فرآیند مشخص می‌شود که محصول چگونه تولید می‌شود. بنابراین باید فرآیند مطلوب برای ساخت محصولات و قطعاتی که مشخصات آن در طراحی محصول مشخص شده، تعیین گردد.

در این فصل ، مفاهیم ، عوامل ، روش ها و فنون طراحی فرایند و انتخاب تجهیزات با این هدف که ارتباط مطلوبی بین عملیات ، تجهیزات ، مواد و نیروی انسانی به وجود آید و عناصر مختلف تولیدی به طرز مناسبی کنار هم قرار گیرند بررسی می شوند.

عوامل در خور بررسی در طراحی فرایند ساخت:

1. **برنامه اولیه تولید:**

حجم تولید، اولین آیتم اطلاعاتی مورد نیاز طراحی فرایند است . اینکه ۱۰ یا ۱۰۰ یا ۱۰۰۰۰ یا ۱۰۰۰۰۰ واحد محصول ساخته شود ، و در چه مدت ساخته شود ، مستقیماً در تعیین فرایندها و روش های ساخت تاثیر می گذارد.

حجم و نرخ تولید بر مبنای پیش بینی فروش مشخص می گردد . طراح فرایند باید وسایل تولید را طوری انتخاب نماید که علاوه بر برآوردن تقاضای فعلی ، به سادگی بتواند تغییرات آتی را بپذیرد و با تقاضای آینده نیز ، چه به لحاظ حجم و چه به لحاظ نرخ تولید تطابق یابد.(تقاضای آینده ممکن است از تقاضای فعلی بیشتر یا کمتر باشد.)

2. **تحلیل محصول:**

در اینجا، روابط متقابل محصول و فرایند تولید به دقت بررسی می شوند ، و طرح و مشخصات ، تحلیل می‌گردند.

در تحلیل محصول ، ابتدا نقشه ها ، فهرست قطعات و صورت مواد ، و سایر مشخصات مورد نیاز تهیه می گردند تا محصول و قطعات آن به دقت تعریف شود . از این اطلاعات برای تشریح مراحل فرایند استفاده خواهد شد . در کنار نقشه ها ، ممکن است به نمونه قطعه ، مدل محصول ، یا نقشه گسترده نیز احتیاج باشد . از دیگر کارهایی که در تحلیل محصول انجام می گیرد ، تحلیل ارزش یا مهندسی ارزش است .

هدف تحلیل ارزش ، یافتن راه حل‌هایی است که کارکرد و قابلیت های محصول را در سطح مورد نظر یا حتی بالاتر حفظ کنند ، و در عین حال هزینه تولید را کاهش دهند.

۳. ساخت یا خرید:

پس از تحلیل ارزش و بر اساس نتایج آن ، در مورد ساخت یا خرید هر یک از قطعات محصول تصمیم گیری می‌شود.

چه قطعاتی خریداری می شوند:

۱. قطعات استاندارد که در محصولات متعددی به کار می روند: مثل پیچ و مهره
۲. قطعاتی که شرکت های دیگر تخصص بالایی در ساخت آنها دارند، مثل چرخ دنده و موتور الکتریکی
۳. قطعاتی که شرکت های دیگر آنها را در مقیاس کلان ، و در نتیجه با قیمت ارزان تولید می کنند، مثل تقویت‌کننده های الکترونیکی.
٤. قطعاتی که فرایند آنها کاملاً با فرایندهای کارخانه متفاوت است ، مثل قطعات پلاستیکی و لوله بدون درز.

روش‌های استقرار

قبل از بیان انواع روش‌های استقرار، اشاره‌ای به انواع کلی سیستم‌های تولیدی و خدماتی می‌شود، زیرا روشهای نحوه استقرار با توجه به نوع سیستم عملیاتی شکل می‌گیرند:

سیستم تولید پیوسته:

تولید پیوسته، فرآیند تبدیلی است که در آن واحدهای خروجی از مسیری که ماشین‌آلات به ترتیب برای تولید محصول در خط تولید قرار گرفته‌اند به طور متوالی می‌گذرند بنابراین در سیستم تولید پیوسته توالی تولید معین است.

در این سیستم، تولید به طور انبوه و برای کالاهای یکسان صورت می گیرد، ماشین‌آلات تخصصی است و کارگران با تخصصهای عمومی می‌توانند کارها را انجام دهند. برنامه تولید کمتر تغییر می‌کند و کالاها به طور استاندارد تولید شده، به فروش رسیده و یا انبار می‌شوند. استقرار تولید انبوه و فرآیندی در این دسته قرار می‌گیرند.

سیستم تولید ناپیوسته:

در سیستم تولید ناپیوسته فرآیند در دوره‌های زمانی قطع می‌شود، این کار برای تنظیم و عمل بر اساس مشخصات مختلف بر مبنای طراحی اولیه صورت می‌گیرد.

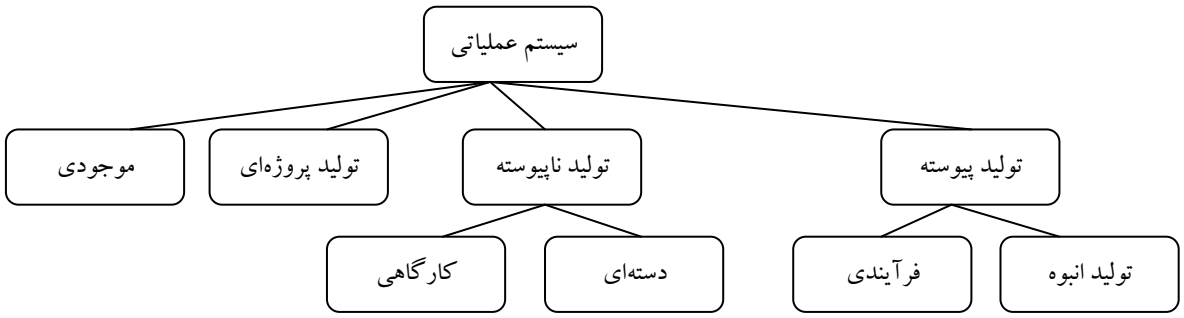
در این سیستم، تولید به صورت کالاهای متنوع و در حجم کم انجام می‌گیرد. ماشین‌آلات در این سیستم کاربرد عمومی دارد و این کارگر متخصص است که باید کارهای مختلف را با این ماشین‌آلات عمومی انجام دهد. برنامه تولید همواره تغییر می‌کند. استقرار کارگاهی و دسته‌ای در این دسته قرار می‌گیرند.

سیستم تولید پروژه‌ای:

در این سیستم محصول فقط یک بار تولید می‌گردد و فرآیند تولید به ندرت تکرار می‌شود. در این سیستم برنامه ریزی به کنترل پروژه تبدیل می‌گردد. ساخت یک مدرسه، دانشگاه یا بیمارستان یا اجرای یک طرح راه‌آهن شهری، اجرای یک کنفرانس، مطالعه و تحقیق بر روی یک موضوع خاص علمی یا بررسی حساب‌های مالی یک شرکت، مثال‌هایی از انواع پروژه‌ها هستند.

سیستم تولید موجودی خالص:

در این سیستم فقط خرید و توزیع انجام می‌گیرد (انبار قطعات یدکی) و فرآیند ساخت وجود ندارد.



روش‌های استقرار دستگاه ها:

نحوه قرار گرفتن و ارتباط بین ماشین‌آلات و تجهیزات در داخل کارگاه می‌تواند به صورت‌های مختلف زیر باشد:

۱. استقرار بر مبنای محل ثابت مواد/ محصول
۲. استقرار بر اساس فرآیند/کارگاهی/ سفارشی
۳. استقرار بر اساس محصول/ خط تولید/ تولید انبوه/ سری‌سازی
٤. استقرار بر اساس خانواده محصولات/تکنولوژی گروهی/ چیدمان سلولی

از مهمترین معیارهای تصمیم‌گیری برای انتخاب روش استقرار می‌توان به تنوع محصولات و قطعات، حجم تولید محصولات و قطعات (ظرفیت تولیدی)، نیروی انسانی متخصص، قدرت مالی سرمایه‌گذاران، سیاستهای تولیدی و ... اشاره نمود.

استقرار بر مبنای محل ثابت مواد/ محصول

در این حالت تمام عملیات توسط یک یا گروهی کارگر انجام می گیرند . مواد و قطعات در یک محل ثابت قرار دارند و از محلی به محل دیگر منتقل نمی گردند، بلکه ماشین‌آلات و تجهیزات به آنجا آورده می‌شوند.
مزایای روش محل ثابت به شرح زیر است:
الف- کاهش حمل و نقل مواد
ب- احساس همبستگی کارگر نسبت به محصول
ج- امکان تغییر نوع عملیات و ترتیب عملیات
د- امکان تولید محصولات مختلف
ه- قابلیت انعطاف نسبت به زمان تولید محصول و میزان کل تولید
و- پایین بودن حجم سرمایه‌گذاری
م- طرح زمانبندی و اجرا آسان است.
ن- هنگامی که در دریافت مواد اولیه یا ابزارآلات تأخیری بوجود آید کل کار متوقف نمی‌شود.
ی- کارگران ورزیده و متخصص قادرند بخش های زیادی از کار را انجام دهند.
از روش محل ثابت ممکن است در موارد زیر استفاده شود:
الف- وقتی که ماشین آلات ساده باشند.
ب- وقتی که قطعات متشکله محصول چندان زیاد نباشند.
پ- وقتی که هزینه حمل و نقل محصول زیاد باشد.
ت- وقتی که کارگران ماهر بوده و توانائی انجام کل کار را داشته باشند.
ث- در ساخت محصولات بزرگ و حجم تولید کم
ج- برای محصولاتی که پروژه‌ای تولید می‌شوند و محصول را به دلایل مختلف نمی‌توان حرکت داد.
صنایع کشتی سازی ، هواپیماسازی و بعضی از صنایع سنگین دیگر از این روش استقرار استفاده می کنند.

استقرار بر اساس فرآیند/کارگاهی/ سفارشی

در این روش کلیه عملیات مشابه در یک محل انجام می گیرند، مثلاً اگر در روش محل ثابت هر سه عمل ریخته‌گری ، سوراخکاری ، جوشکاری در یک محل انجام شوند ، در اینجا هر عمل در قسمت مربوط به خود انجام می‌گیرد . مواد ابتدا به قسمت ریخته گری ، سپس به قسمت سوراخکاری ، عاقبت به قسمت جوشکاری منتقل می‌شوند . در عین حال لزومی ندارد این سه قسمت به همان ترتیب که باید عملیات انجام شوند پشت سر هم قرار گرفته باشند . ویژگی‌های روش کارگاهی به شرح زیر است:
الف- استفاده بیشتر از ماشین آلات و سرمایه گذاری کمتر
ب- امکان تغییر ترتیب عملیات
ج- امکان تولید محصولات مختلف و متنوع

د- چنانچه خراب شدن ماشین آلات ، غیبت افراد و یا کمبود مواد ، باعث توقف یک قسمت شود ، هنوز سایر قسمت ها می توانند به کار خود ادامه دهند.

ه- انعطاف بالا نسبت به خط تولید

و- حجم تولید نسبتاً پایین است.

ی- حجم موجودی حین تولید زیاد است و حجم موجودی کالای تمام شده پایین است.

از روش کارگاهی معمولاً در موارد زیر استفاده می شود:

الف- ماشین آلات گران قیمت و سنگین باشند و حرکت دادن آنها ممکن نباشد.

ب- زمان انجام عملیات متغیر باشد.

ت- میزان تولید کم بوده و یا نوسان داشته باشد.

پ- محصولات متنوع باشند.

استقرار بر اساس محصول/ خط تولید/ تولید انبوه/ سری‌سازی:

در این حالت کلیه عملیاتی که باید بر روی یک محصول انجام شوند به ترتیب و پشت سر هم قرار می گیرند و مواد به ترتیب از آنها می گذرند. نحوه قرار گرفتن ماشین‌آلات ممکن است به صورت خط مستقیم، U شکل، S شکل، زیگزاگ و موارد دیگر باشد. در کل عملیات به صورت سری انجام می‌شود.

مزایای خط تولید به شرح زیر است:

الف- حمل و نقل مواد کاهش می یابد

ب- میزان مواد در جریان ساخت کاهش می یابد

پ- زمان تولید کاهش می یابد

ت- به مهارت کمتری احتیاج است

ث- کنترل تولید و نظارت بهتر انجام می شود.

ج- مشکلات بین قسمت ها و کاغذ بازی کمتر می شود.

چ- به طور کلی پراکندگی در سطح کارخانه کاهش یافته و فضای بیشتری برای راهروها و انبارها باقی می‌ماند.

ح- زمان بلااستفاده ماندن و یا راه‌اندازی ماشین‌ها کاهش می‌یابد و در نتیجه سیکل زماین تولید کاهش می‌یابد.

خ- زمان بیکاری پرسنل به علت یکنواخت‌تر شدن جریان عملیات تولیدی کاهش می‌یابد.

د- هزینه‌های متغیر تولید پایین است.

در موارد زیر از خط تولید استفاده می شود :

الف- وقتی که تولید انبوه باشد

ب- وقتی که طرح محصول و قطعات آن استاندارد و یکسان و تنوع محصول کم باشد.

پ- وقتی که میزان تولید ثابت و یکنواخت بوده و متعادل کردن عملیات و تداوم آنها امکان پذیر باشد.
ت- معمولاً برای محصولاتی که به صورت پیوسته تولید می‌شوند از این استقرار استفاده می‌گردد.
به طور کلی هرچه میزان تولید بیشتر و تنوع محصول کمتر باشد ، امکان استفاده از خط تولید بیشتر می‌شود.
شرایط اصلی ایجاد خط تولید را می توان در ۱- انبوه بودن تولید،۲- متعادل بودن عملیات و ۳- مستمر و پیوسته بودن تولید خلاصه نمود.

تولید انبوه:

اولین شرط ایجاد خط تولید را می توان زیاد بودن میزان تولید دانست . خط تولید در مقایسه با روش های دیگر به سرمایه گذاری بیشتری احتیاج دارد ، لذا میزان تولید باید به حدی باشد که بتواند هزینه های اضافی را جبران نماید.

متعادل بودن عملیات:

در جریان تولید باید سلسله ای عملیات بر روی محصول انجام شود . اگر سرعت عملیات مختلف با یکدیگر متفاوت باشند ، فرضاً عملیات اول با سرعتی دو برابر عملیات بعدی انجام گیرد ، آنگاه برای ایجاد تعادل ناچار باید تعداد کارگران و ماشین آلات عملیات دوم دو برابر عملیات اول باشد ، یا از موجودی محصول نیمه ساخته استفاده شود.

پیوسته بودن عملیات:

در خط تولید هرگاه یکی از عملیات بدلیل خرابی دستگاه ، کمبود مواد ، یا غیبت کارگران متوقف شود، تمامی عملیات بعدی نیز متوقف می گردند. از این رو برای ایجاد خط تولید باید برنامه ریزی مناسب و امکانات خدماتی و تعمیراتی مطلوبی وجود داشته باشد.

استقرار بر اساس خانواده محصولات/تکنولوژی گروهی/ چیدمان سلولی

تکنولوژی گروهی روش نسبتاً جدیدی است که در تولید کارگاهی برای قطعاتی که دوره تولیدشان نسبتاً کوتاه است مورد استفاده قرار می گیرد . در این روش ، قطعاتی که اساساً غیر مشابه هستند بدون در نظر گرفتن مورد استفاده و کاربرد آنها ، و بر اساس تشابهاتی که از لحاظ اندازه و روش ساخت با هم دارند، در خانواده هایی گروه بندی می شوند ، به این ترتیب برای هر خانواده ، یک شبه خط تولید ایجاد می‌گردد.
این کار باعث افزایش کارآیی سیستم و کاهش زمان آماده‌سازی می‌گردد.
این روش هنگامی به کار می‌رود که تشابه چند محصول در طراحی یا روش ساخت وجود داشته باشد.
این روش در شرایطی که نیاز به تجهیزات و ماشین‌آلات بزرگ باشد مناسب نیست و در این روش تولید با حجم بالا امکانپذیر نیست. از جمله مزایای این روش انعطاف بیشتر نسبت به روش‌های دیگر و امکان تغییر در طرح و ترتیب فرآیند و رضایتمندی نیروی انسانی از انجام کارهای متنوع است.
گروه‌بندی قطعات می‌تواند بر مبناهای زیر باشد:

۱. قطعاتی در یک گروه قرار می‌گیرند که فرآیند ساخت مشابه داشته باشند.
۲. قطعاتی در یک گروه قرار می‌گیرند که ابعاد یکسانی دارند.
۳. قطعاتی در یک گروه قرار می‌گیرند که جنس یکسانی دارند.
٤. قطعاتی در یک گروه قرار می‌گیرند که برای ساخت آنها ماشین‌آلات یکسان لازم است.
۵. قطعاتی در یک گروه قرار می‌گیرند که زمانهای ساخت مشابه دارند.
٦. قطعاتی در یک گروه قرار می‌گیرند که نیاز به زمانهای آماده‌سازی طولانی دارند.

قطعات گروه‌بندی شده و به کارگاه می‌رند که به آن یک سلول گویند.

انواع سلولها:

سلولهای دستی: سلولی که عملیات ساخت و حمل و نقل عمدتاً توسط اپراتور انجام می‌گیرد.

سلولهای غیردستی یا اتوماتیک (FMS): حمل و نقلها توسط ربوتها صورت می‌گیرد و ماشینها اتوماتیک هستند.

مراحل تکنولوژی گروهی:

۱. شناسایی قطعات
۲. شناسایی نوع ماشین‌آلات موردنیاز
۳. دسته‌بندی قطعات مشابه در خانواده قطعات
٤. شناسایی موردنیاز هر خانواده از قطعات
۵. استقرار ماشین‌آلات تعیین شده برای هر خانواده از قطعات با بهره‌گیری از یکی از انواع استقرارهای زیر:
   - استقرار بر اساس تکنولوژی گروهی – خطی
   - استقرار بر اساس تکنولوژی گروهی- سلولی
   - استقرار بر اساس تکنولوژی گروهی – مرکزی

مزایای استقرار تکنولوژی گروهی به شرح زیر است:

۱. افزایش بهره‌گیری از ظرفیت ماشین‌آلات در مقایسه با کارگاهی
۲. کاهش هزینه‌های راه‌اندازی در مقایسه با کارگاهی
۳. کاهش سرمایه گذاری در ابزار در مقایسه با کارگاهی
٤. کاهش هزینه های حمل و نقل در مقایسه با کارگاهی
۵. کاهش کل زمان تولید در مقایسه با کارگاهی
٦. یکنواخت تر شدن مسئولیت در مقایسه با کارگاهی
۷. کاهش موجودی حین تولید در مقایسه با کارگاهی

۸. نسبت به روش استقرار بر مبنای فرآیند، جریان مواد یکنواخت‌تر است، فاصله حرکتی و جابجایی کمتری دارد و سبب رضایت‌مندی شغلی بیشتری در افراد می‌شود.

۹. سبب بکارگیری ماشین‌آلات چندمنظوره می گردد.

تکنیک‌های ترسیمی برای انتخاب روش استقرار

۱. نمودار C.Q

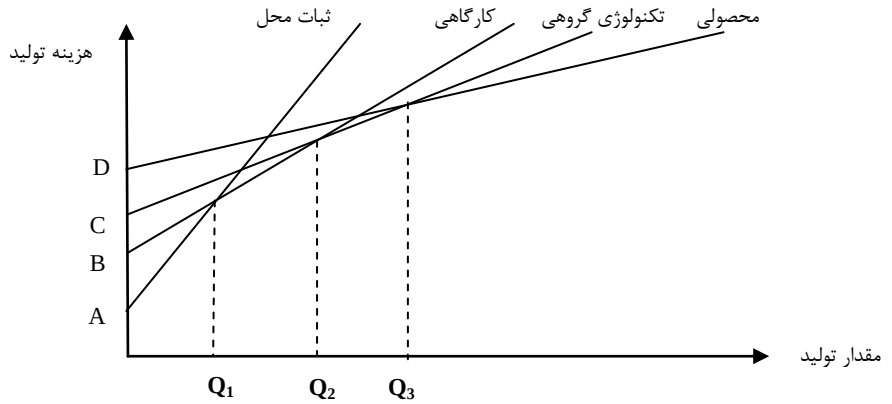
در این نمودار محور افقی نشان‌دهنده میزان حجم تولید و محور عمودی کل هزینه تولید را نشان می‌دهد. چنانچه هزینه ثابت انواع روشهای استقرار با یکدیگر مقایسه شوند، هزینه ثابت سرمایه‌گذاری در استقرار محصولی با توجه به آنکه ماشین‌آلات تخصصی و خاص هستند و طراحی خاص دارند، نسبت به بقیه استقرارها بیشتر است. هزینه ثابت استقرار کارگاهی به دلیل آنکه ماشین‌آلات چند منظوره هستند در مقایسه با استقرار محصولی کمتر است و نهایتاً هزینه استقرار ثبات محل نسبت به بقیه پایین‌تر است.

هزینه تولید با فرض خطی بودن:

(هزینه متغیر به ازاء واحد محصول× میزان تولید)+هزینه ثابت= هزینه تولید

F: هزینه ثابت **V**: هزینه متغیر **Q**: میزان تولید **TC**: کل هزینه تولید

$$TC = F + V \times Q$$



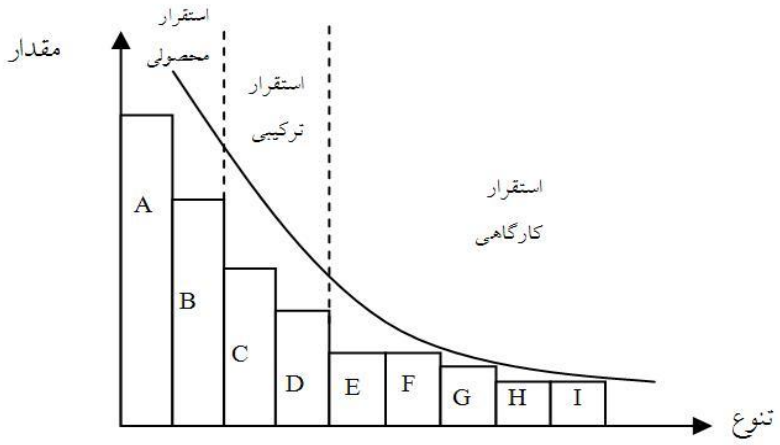
در خصوص هزینه متغیر عکس موارد ذکر شده در بالا صادق است؛ به این صورت که هزینه متغیر محصولی از کارگاهی کمتر و هزینه متغیر کارگاهی از ثبات محل کمتر است.

میزان تولید	روش استقرار
۰- Q_1	ثبات محل
Q_1 - Q_2	کارگاهی
Q_2 – Q_3	تکنولوژی گروهی
Q_3 - ∞	محصولی

۲. نمودار P.Q (نمودار محصول- مقدار و آنالیز ABC)

بر اساس اصل پارتو در اغلب کارخانه‌ها محصولات متنوعی تولید می‌شوند و معمولاً درصد کمی از انواع محصولات درصد زیادی از میزان تولید را تشکیل می‌دهند. (اقلام دسته **A**) این موضوع تقریباً در بسیاری از مسائل و موضوعات از جمله تولیدات اغلب کارخانه‌ها صدق می‌کند.

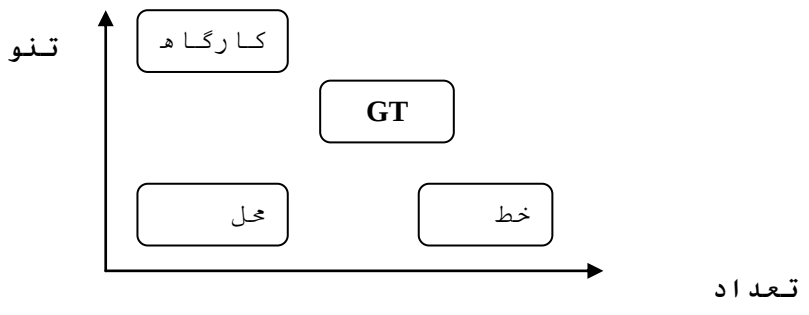
برای اینکه این رابطه به صورت نموداری نشان داده شود، انواع محصولات مختلف را بر حسب میزان تولید آنها به صورت نزولی مرتب کرده، هر یک از محصولات را بر روی محور افقی و مقدار تولید آن بر روی محور عمودی نشان داده می‌شود. به این ترتیب یک منحنی هذلولی مانند به دست می‌آید که محورهای مختصات مجانب‌های آن می‌باشند و از این منحنی به منظور تعیین نوع استقرار ماشین‌آلات استفاده می‌شود.



برای محصولات با تنوع کم و حجم تولید زیاد از استقرار خط تولید (اقلام دسته A) و برای محصولات با تنوع زیاد و حجم تولید کم از روش کارگاهی (اقلام دسته C) استفاده می‌شود. به همین ترتیب برای محصولاتی که دارای تنوع و حجم تولید متوسط می‌باشند بسته به شرایط ممکن است از ترکیبی از هر دو روش (استقرار ترکیبی) استفاده گردد. (اقلام دسته B)

نوع استقرار	Q/P
استقرار بر اساس محصول	بزرگ
ترکیبی از هر دو نوع (استقرار ترکیبی)	متوسط
استقرار بر اساس کارگاهی	کوچک

طبقه‌بندی استقرارها بر اساس تنوع- مقدار مطابق شکل زیر است:



در جدول زیر انواع روشهای استقرار از لحاظ حجم تولید، تنوع، هزینه و ... مورد مقایسه قرار گرفته‌اند:

نوع استقرار	حجم تولید	تنوع	هزینه ثابت	هزینه متغیر	ماشین‌آلات	وسایل حمل و نقل	آنالیز A.B.C
محصولی	بالا	کم	$F_1>F_2$	$V_1<V_2$	خاص منظوره	اختصاصی و سریع	A
تکنولوژی گروهی	متوسط	متوسط	$F_2>F_3$	$V_2<V_3$	چند منظوره		B
کارگاهی	متوسط یا کم	زیاد	$F_3>F_4$	$V_3<V_4$	چند منظوره	مکانیکی	C
ثبات محل	کم (خیلی کم)	کم			همه منظوره	ساده	

اتوماسیون صنعتی:

اتوماسیون صنعتی به بهره‌گیری از رایانه‌ها به جای متصدیان انسانی برای کنترل دستگاه‌ها و فرآیندهای صنعتی گفته می‌شود. اتوماسیون یک گام فراتر از مکانیزه کردن است. مکانیزه کردن فراهم کردن متصدیان انسانی با ابزار و دستگاه‌هایی است که ایشان را برای انجام بهتر کارشان یاری رساند. نمایان‌ترین و شناخته شده ترین بخش اتوماسیون صنعتی ربات‌های صنعتی هستند. اتوماسیون هم بر عملیات اتوماتیک و هم بر فرآیند تولید قطعات به صورت اتوماتیک دلالت می‌کند. این تعریف شامل فعالیت‌های صنعتی نظیر طرح محصول، روش تولید، تئوری ارتباطات، کنترل و طرح ماشین‌آلات نیز می‌شود. در نتیجه تولید یک محصول به صورت کاملاً اتوماتیک مفهوم بارزی از اتوماسیون را در بر می‌گیرد.

اهداف اتوماسیون:

- افزایش ظرفیت تولید
- کاهش هزینه‌های مستقیم کارگری
- بهبود شرایط کاری (افزایش ایمنی، کار ساده‌تر و ...)
- عملیات بهتر
- منافع جانبی

انگیزه حرکت به سوی اتوماسیون:

- رقابت
- زیاد بودن هزینه های کارگری
- ایجاد وجهه بین‌المللی

از جمله مزایای اتوماسیون می‌توان به افزایش کیفیت محصولات تولیدی، تکرارپذیری فعالیت‌ها و فرآیندها، کنترل کیفیت دقیق‌تر و سریعتر، کاهش ضایعات تولید، افزایش بهره‌وری واحد صنعتی و بالابردن ضریب ایمنی برای نیروی انسانی و کاستن از فشارهای روحی و جسمی اشاره کرد.

از جمله معایب اتوماسیون صنعتی می‌توان به لزوم سرمایه‌گذاری زیاد، مقاومت کارگران در برابر تکنولوژی جدید، ریسک متروک شدن تجهیزات، امکان قطع خدمات پشتیبانی از سوی شرکت سازنده، دشوار بودن انتخاب اتوماسیون و پیچیدگی کار با یک تکنولوژی پیچیده و انعطاف‌پذیری کمتر اشاره نمود.

رویه طراحی فرایند:

طراحی فرایند عبارت است از تحلیل محصول و تعیین عملیات ساخت و دستگاه های لازم برای تولید اقتصادی و کارآمد قطعه یا محصولی که مشخصات و کارکردهای آن قبلاً تعریف شده است.

سر فصل مطالب رویه طراحی فرایند:

۱. جمع آوری اطلاعات مورد نیاز
۲. تحلیل اولیه قطعات
۳. تهیه برگ مشخصات فهرست کار
٤. ترکیب کردن فرایندهای واحد به منظور تعریف عملیات ساخت
۵. ترتیب عملیات در یک سلسله منطقی
٦. جمع آوری جزئیات مربوط به تجهیزات و ابزارآلات
۷. انتخاب و مشخص کردن تجهیزات
۸. تخمین قیمت تمام شده محصول
۹. تهیه برگ برنامه ریزی عملیات ساخت
۱۰. تعیین مسیر تولید
۱۱. تهیه نمودار فرایند عملیات
۱۲. محاسبه تعداد ماشین آلات و کارگران
۱۳. طرح مقدماتی ایستگاه های کار
۱٤. تهیه و تدارک تجهیزات
۱۵. آمادگی برای نصب
۱٦. نظارت بر پیاده کردن
۱۷. پیگیری عملیات

ورودی‌های رویه طراحی فرآیند:

- چه چیزی باید ساخته شود؟
- نقشه‌های فنی محصول و قطعات و توضیحات مربوطه
- لیست قطعات
- چه مقدار باید تولید شود؟

روشهای نمایش فرآیند عملیات لیست شده است:

۱. برگ مسیر تولید
۲. نمودار مونتاژ
۳. نمودار فرآیند عملیات
٤. نمودار فرآیند چند محصولی
۵. دیاگرام جریان
٦. نمودار فرآیند جریان
۷. دیاگرام تقدم و تأخر

که موارد فوق همه از خروجی‌های طراحی فرآیند خواهد بود.

۸. نقشه‌های فنی محصول، لیست قطعات، لیست مواد
۹. تصاویر یا نقشه‌های مونتاژ، نقشه‌های انفجاری

انتخاب ماشین‌آلات – تخمین خرابی

عوامل مؤثر در انتخاب ماشین‌آلات

۱. حجم و نرخ تولید
۲. تنوع تولید
۳. هزینه‌های ماشین (هزینه مستقیم- هزینه غیر مستقیم- هزینه نامعین- هزینه‌های نامحسوس)
٤. سطح فرهنگ صنعتی جامعه
۵. دوره عمر مفید ماشین
٦. ارزش اسقاطی ماشین
۷. مطابقت با ماشین‌آلات موجود
۸. درجه دقت ماشین
۹. سیاست‌های دولت
۱۰. مشخصات فنی و تکنولوژیکی
۱۱. توانایی انجام کار
۱۲. وضعیت اشتغال در جامعه
۱۳. حجم سرمایه‌گذاری موردنظر
۱٤. کیفیت ماشین، در دسترس بودن قطعات یدکی، سرویس و نگهداری

همچنین این عوامل را به دو دسته عوامل کیفی و عوامل کمی تقسیم‌بندی می‌شوند.

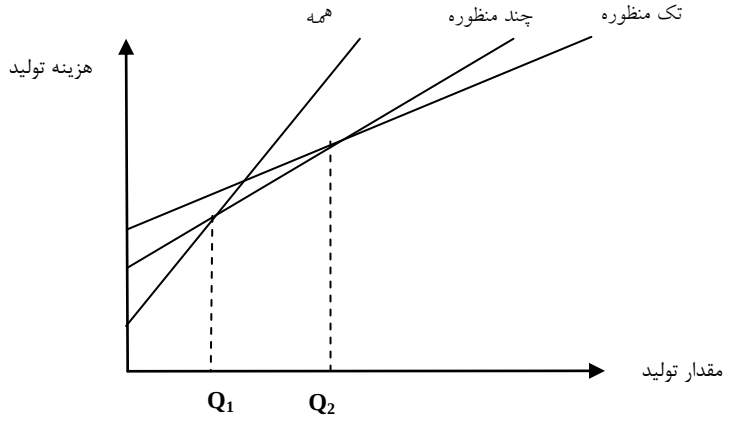
مراحل انتخاب ماشین‌آلات:

۱. مشخص کردن عملیات ساخت

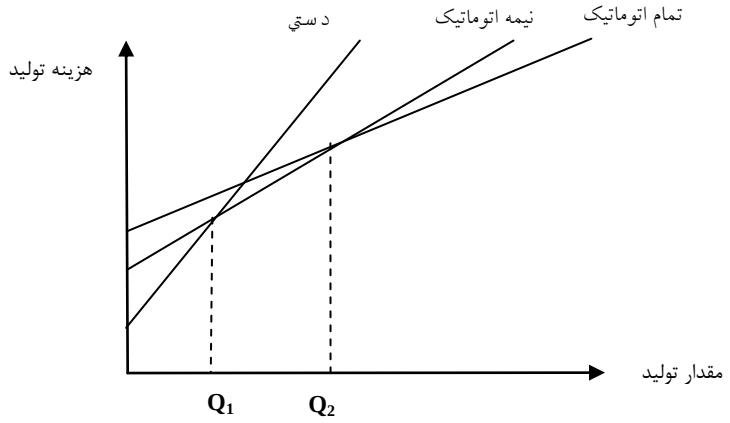
۲. تعیین کلیات نحوه استقرار ماشین‌آلات
۳. تعیین درجه اتوماسیون (ماشین‌آلات دستی، ماشین‌های نیمه دستی یا نیمه اتوماتیک، ماشین‌های اتوماتیک، ماشین‌های کاملاً اتوماتیک)
٤. تعیین درجه استاندارد و یا قابلیت انعطاف ماشین‌آلات

کاربرد نقطه سر به سر برای انتخاب ماشین‌آلات

جهت تصمیم‌گیری در انتخاب ماشین‌آلات می‌توان از منحنی C-Q استفاده نمود، با توجه به این نمودار مشخص می‌شود در حجم‌های مختلف از تولید چه نوع ماشین‌آلاتی بهتر است مورد استفاده قرار گیرد:



میزان تولید	نوع ماشین‌آلات
$0 - Q_1$	همه منظوره
$Q_1 - Q_2$	چند منظوره
$Q_2 - \infty$	تک منظوره



میزان تولید	نوع ماشین‌آلات
$0 - Q_1$	دستی
$Q_1 - Q_2$	نیمه اتوماتیک
$Q_2 - \infty$	تمام اتوماتیک

تخمین خرابی ها:

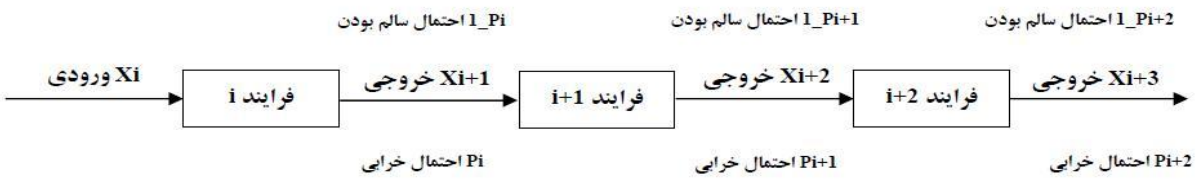
عوامل موثر بر خرابی

۱. هرچه یک فرآیند اتوماتیک‌تر باشد درصد خرابی کمتر است.
۲. تلرانس بازتر برای قطعه باعث درصد خرابی کمتر می‌شود.
۳. مواد اولیه با کیفیت بالاتر، ضایعات کمتری ایجاد می‌کنند.
٤. کیفیت بیشتر در منابع، باعث کاهش ضایعات می‌شود.
۵. افزایش تعداد تأمین‌کنندگان مورد تأیید باعث وجود ضایعات کمتری می‌شود.

مدل‌های افت در خط تولید

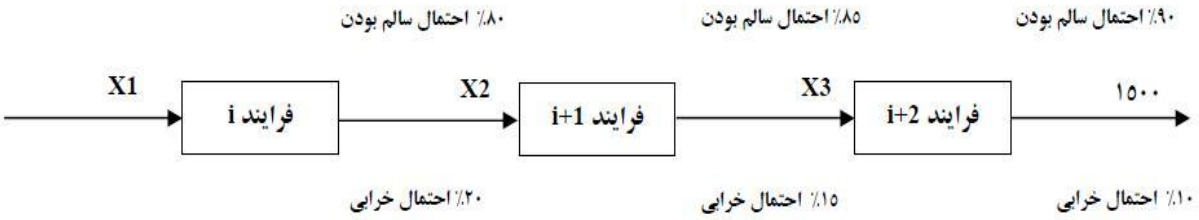
در هنگام محاسبه تعداد ماشین‌آلات موردنیاز در هر مرحله از خط تولید یا در هر کارگاه نیاز است، مشخص شود در آن مرحله بر روی چند قطعه، عملیات انجام می‌شود. این مقدار از هر مرحله به مرحله دیگر با توجه به خرابی و ضایعات تغییر می‌کند، پس از هر مرحله حالتهای مختلفی پیش می‌آید. در ادامه حالتهایی که در رابطه با خرابی‌ها قابل تصور است برآورده شده است:

حالت الف- همه خرابی ها دور ریز هستند:



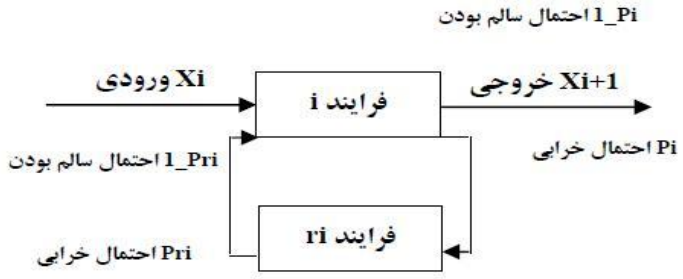
$$Xi=\frac{Xi+1}{1\ Pi} \qquad Xi+1=\frac{Xi+2}{1\ Pi+1}$$

مثال:



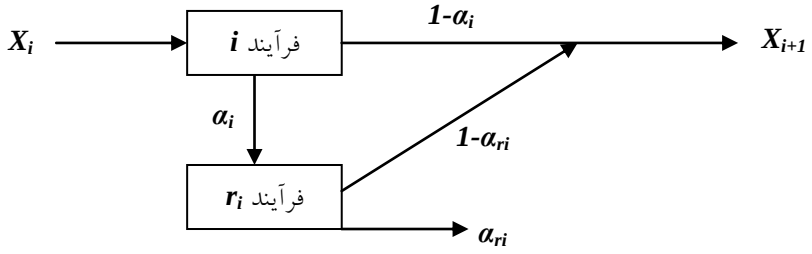
$$X3=\frac{1500}{1\ 10\%}=1650 \qquad Xi+1=\frac{1650}{1\ 15\%}=1941 \qquad X1=\frac{1941}{1\ 20\%}$$

حالت ب- خرابی ها وجود دارند اما دوباره کاری می شوند و پس از دوباره‌کاری به ابتدای عملیات وارد می‌شوند:



$$Xi=\frac{Xi+1}{1_\ \frac{Pi\ Pri}{1\ Pi\ (1\ Pri)}}$$

حالت ج- خرابی ها وجود دارند اما دوباره کاری می شوند و پس از دوباره‌کاری به انتهای عملیات (ابتدای عملیات بعدی) وارد می‌شوند:



$$X_i = \frac{X_{i+1}}{1-\alpha_i\alpha_{ri}}$$

حالت د- مدل ترکیبی: این مدل ترکیبی از حالت‌هایی است که تا کنون گفته شده، در این حالت یکی از روشهای حل این است که سیستم تولیدی به سیستم ساده‌تری تبدیل شده و مسأله را حل نمود. برای حل اینگونه مسایل روشهای حل دیگری نظیر گراف جریان که در حالت بعدی بحث خواهد شد، نیز وجود دارد.

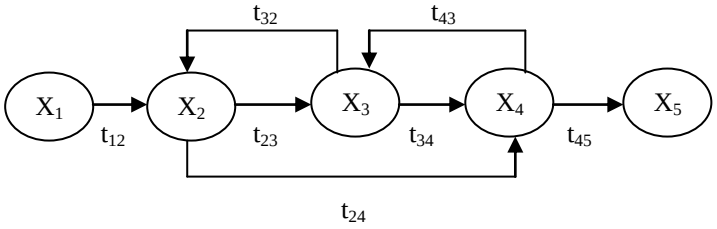
حالت ه- قطعه بعد از گذشتن از یک یا چند مرحله، به یک یا چند کرحله قبل یا بعد انتقال می‌یابد: در این حالت قطعه بنا به توالی عملیات ساخت به یک یا چند مرحله قبل یا بعد انتقال می‌یابد و در این حالت برگشت به عقب وجود دارد. پارامترهای مساله به صورت زیر است:

X_j: میزان ورودی به مرحله j ام

t_{ij}: درصد انتقال از مرحله i ام به مرحله j ام این مدل روی مثال موردی شکل مقابل بیان شده است:

برای حل اینگونه مسایل راه‌حل‌های متفاوتی است، یکی از این روش‌ها گراف جریان است، معادلات مربوط به هر کدام از گره‌ها را نوشته و جوابهای یک دستگاه چند معادله، چند مجهولی محاسبه می‌شود.

$$X_2=t_{12}X_1+t_{32}X_3$$
$$X_3=t_{23}X_2+t_{43}X_4$$
$$X_4=t_{34}X_3+t_{24}X_2$$
$$X_5=t_{45}X_4$$



معمولاً t_{ij}ها و مقدار خروجی (یا ورودی) معلوم است بنابراین یک دستگاه معادلات ٤ معادله، ٤ مجهولی به دست می‌آید و مقادیر مجهول محاسبه می‌گردد.

محاسبه ماشین آلات:

محاسبه تعداد ماشین‌آلات بستگی زیادی به نوع استقرار ماشین‌آلات دارد. بسته به اینکه فرآیند تولید چگونه باشد فرمول‌های متفاوتی برای محاسبه وجود دارد، اما به طور کلی برای محاسبه کسر ماشین‌آلات از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\text{کسر ماشین مورد نیاز} = \frac{\text{مدت زمانی که برای تولید همه قطعات مورد نیاز است}}{\text{مدت زمانی که ماشین در اختیار است}}$$

کسر ماشین‌آلات مورد نیاز را از روابط زیر نیز می‌توان یافت:

$$\text{کسر ماشین مورد نیاز} = \frac{\text{نرخ مورد نیاز}}{\text{نرخ تولید ماشین}} = \frac{\text{نیاز}}{\text{توان}}$$

پارامترهای موردنیاز برای محاسبه کسر ماشین‌آلات:

N: کسر ماشین مورد نیاز

D: میزان تقاضا (ظرفیت کارخانه)

T_s: زمان استاندارد انجام عملیات

T_c: کل زمان در دسترس برای تولید هر قطعه در دوره موردنظر (زمان در دسترس معادل زمان موثر می‌باشد.)

α : درصد ضایعات خروجی از ماشین (ضریب وازدگی)

R: پایایی ماشین (قابلیت اطمینان ماشین)

β: ضریب استفاده ماشین (ضریب بهره‌وری- ضریب عملکرد ماشین- کارآیی- راندمان)

$$\text{ضریب استفاده ماشین} = \frac{\text{(مجموع زمان خرابی و از کارافتادگی+ مجموع زمان تنظیم و راه‌اندازی ماشین)- کل زمان در دسترس}}{\text{کل زمان در دسترس}}$$

محاسبه زمان استاندارد انجام عملیات:

(درصد بیکاری‌های مجاز+۱) زمان نرمال = زمان استاندارد

زمان بیکاری‌های مجاز+ زمان نرمال= زمان استاندارد

با اعمال ضریب عملکرد بر روی متوسط زمان مشاهده شده، زمان نرمال عنصر کاری به دست می‌آید.

ضریب عملکرد× زمان متوسط و واقعی انجام کار= زمان نرمال انجام کار

محاسبه کارآیی، اثربخشی و بهره‌وری سیستم:

$$\text{کارآیی} = \frac{\text{ظرفیت واقعی}}{\text{ظرفیت موثر}}$$

$$\text{اثربخشی} = \frac{\text{ظرفیت واقعی}}{\text{ظرفیت طراحی}}$$

بهره‌وری بر اساس میزان ظرفیت تولیدی به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{بهره‌وری} = \frac{\text{ظرفیت موثر}}{\text{ظرفیت طراحی}} = \frac{\text{اثربخشی}}{\text{کارآیی}}$$

توقف‌ها و خرابی‌های برنامه‌ریزی شده- ظرفیت طراحی= ظرفیت موثر

توقف‌ها و خرابی‌های برنامه‌ریزی نشده- ظرفیت موثر= ظرفیت واقعی

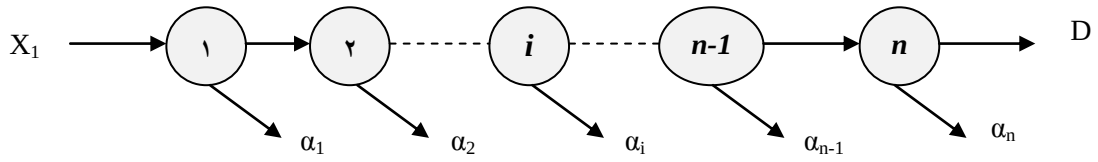
محاسبه کسر ماشین‌آلات در استقرار محصولی تک عملیاتی (تولید محصول توسط یک ماشین)

$$\text{کسر ماشین مورد نیاز} = \frac{\text{ظرفیت مورد نیاز}}{\text{ظرفیت موجود}}$$

$$N = \frac{D \times T_s}{(1-\alpha) \times R \times \beta \times T_C}$$

محاسبه کسر ماشین‌آلات در استقرار محصولی و فرآیند چند عملیاتی

در این مدل تولید محصول بر اساس یک سلسله عملیات متوالی صورت می‌گیرد. ضایعات هر مرحله بر روی مقدار تولید مرحله قبل تأثیر می‌گذارد. محاسبه کسر ماشین‌آلات مانند مدل قبل است با این تفاوت که باید ابتدا میزان ورودی به هر ماشین محاسبه شده و با توجه به زمان استاندارد انجام عملیات و کل زمان در دسترس و ضریب استفاده ماشین، کسر ماشین مورد نیاز محاسبه می‌گردد.



N_i: کسر ماشین مورد نیاز برای عملیات i ام

D: میزان تقاضا

T_{Si}: زمان استاندارد عملیات i ام

T_{ci}: کل زمان در دسترس ماشین i ام

α_i: ضایعات در عملیات i ام

β_i: ضریب استفاده ماشین i ام

$$N_i = \frac{D\, T_{Si}}{\beta_i\, T_{Ci} \prod_{j=i}^{n} (1-\alpha_j)}$$

محاسبه کسر ماشین‌آلات در استقرار فرآیندی تک عملیاتی (تولید چند قطعه توسط یک ماشین)

در این استقرار محصولات متنوعی توسط یک نوع ماشین تولید می‌شود، بنابراین در این مدل به جز زمان استاندارد انجام عملیات باید زمانی هم برای آماده‌سازی ماشین در نظر گرفت. این زمان به دلیل وجود عملیاتی همچون تعویض قالب، روغنکاری، روانکاری و ... می‌باشد. تعداد دفعات این کار ممکن است یک‌بار و یا بیشتر باشد.

٤ سیاست جهت محاسبه زمانهای آماده‌سازی:

١. زمانهای آماده‌سازی در داخل زمان عملیات در نظر گرفته شود.
٢. زمانهای آماده‌سازی از کل ساعات در دسترس در دوره زمانی کم شود.
٣. در شیفت اضافی یا روزهای تعطیل آماده‌سازی انجام شود که در این صورت در محاسبات تاثیری ندارد.
٤. استفاده از ضریب تعدیل β که از فرمول زیر جهت تعدیل β استفاده می‌شود.

N: کسر مورد نیاز ماشین
α: درصد ضایعات
n: تعداد انواع قطعات
β: راندمان ماشین
D_j: میزان تقاضا برای قطعه j ام
T_{Sj}: زمان استاندارد انجام عملیات برای تولید قطعه j ام
T_{Pj}: زمان دفعات آماده‌سازی قطعه j ام
F_j: تعداد دفعات آماده‌سازی قطعه j ام
T_C: کل زمان در دسترس

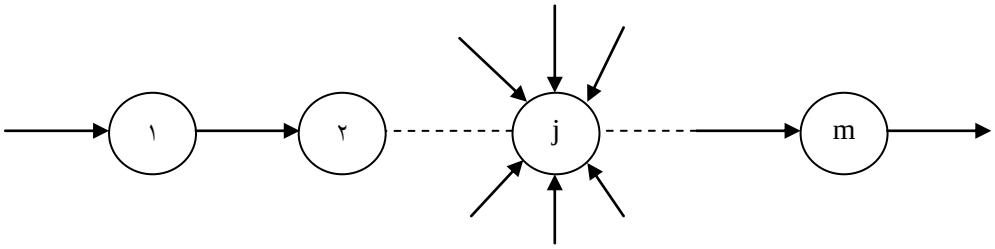
$$\beta' = (\beta\, T_C)/ (T_C+T_P)$$

$$\beta' = \frac{\beta}{1+ (T_P/T_C)}$$

$$N = \frac{\dfrac{\sum_{j=1}^{n} D_j\, T_{Sj}}{(1-\alpha)\,\beta} + \sum_{j=1}^{n} F_j\, T_{Pj}}{T_C}$$

محاسبه کسر ماشین‌آلات در استقرار فرآیندی چند عملیاتی (روش فرانسیس)

در این حالت n محصول توسط m ماشین تولید می‌شود. حالت کلی مدل به صورت زیر است:



N_j: کسر مورد نیاز ماشین

$$N_j = \sum_{i=1}^{n} \frac{D_{ij}\, T_{Sij}}{T_{Cij}}$$

D_{ij}: میزان تقاضا برای قطعه j ام

T_{Sij}: زمان استاندارد انجام عملیات برای تولید قطعه j ام

T_{Cij}: زمان دفعات آماده‌سازی قطعه j ام

محاسبه کسر ماشین‌آلات مورد نیاز در استقرار تکنولوژی گروهی- سلولی

محاسبه کسر ماشین برای هر سلول از همان رابطه استقرار فرآیندی استفاده می‌شود. برای هر سلول عدد به دست آمده رند می‌شود و چون سلولها مجزا از هم هستند، کسر ماشین‌الات هر سلول به طور مجزا محاسبه شده و رند می‌شود، نهایتاً تعداد ماشین‌آلات به دست آمده برای هر سلول (اعداد رند شده) با یکدیگر جمع می‌گردد.

حالت احتمالی

یکی از مفروضات مساله در محاسبه تعداد ماشین‌آلات این بود که کلیه متغیرها به صورت قطعی در نظر گرفته شده‌اند، ولی در دنیای واقعی بسیاری از متغیرها احتمالی هستند. در ادامه با در نظر گرفتن حالت احتمالی متغیرها، محاسبه کسر ماشین‌آلات در حالت احتمالی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

فرض: هر یک از متغیرهای تصادفی نسبت به هم مستقلند.

الف) تقاضا متغیری تصادفی باشد (D)

در زمانی که تقاضا متغیری تصادفی باشد از میانگین تقاضا در محاسبات استفاده خواهد شد. بنابراین در محاسبات به جای D از متوسط تقاضا (امید ریاضی تقاضا E(D)) استفاده می‌شود.

ب) T_s یا T_C و یا هر دو متغیر تصادفی باشند.

ج) α یا β و یا هر دو متغیر تصادفی باشند.

محاسبه کسر ماشین‌آلات مورد نیاز در استقرار ثبات محل

روش تعیین تعداد ماشین‌الات در استقرار ثبات محل، دقیقاً مشابه روش‌های مورد استفاده در مدیریت پروژه است.

به طور کلی برای تمام حالت‌های مختلف فرمول کلی زیر کاربرد دارد:

$$\text{تعداد ماشین } n = \frac{\text{کل زمان مورد نیاز}}{\text{کل زمان در دسترس}} = \frac{F * Ft + \frac{Pn * t}{B*(1-a)}}{Tn}$$

Pn : تعداد تولید

t : زمان تولید هر قطعه

Tn : کل زمان در دسترس

B : راندمان (کارایی)∑

a : درصد ضایعات

F : تعداد راه اندازی

Ft : زمان هر راه اندازی

مثال۱: اگر ماشین ۲۵۰ روز کاری و هر روز ۸ ساعت و هر ساعت ٦۰ دقیقه و ضریب کارایی ۸۰ درصد باشد، توان ماشین در یکسال بر حسب دقیقه بصورت زیر خواهد بود:

۲۵۰ * ٦۰ * ۸ * ٪۸۰ = ۹٦۰۰۰ دقیقه

مثال۲: می خواهیم یک نوع قطعه تولید کنیم : ظرفیت ۱۰۰۰۰ واحد و هر قطعه ۵ دقیقه زمان برده، ضایعات ۵۰ درصد و ضریب کارایی ۸۰ درصد می باشد . تعداد ماشین آلات را محاسبه نمائید . روزهای کاری ۲۵۰ روز می‌باشد.

$$n = \frac{۱۰۰۰۰۰ * ۵}{۲۵۰ * ۸ * ٦۰ * ٪۸۰ * (۱_٪۵۰)} = ۱/۰٤$$

طراحی خط تولید:

اگر مسئولیت برنامه‌ریزی منابع عملیاتی در خط تولید و یا برنامه طراحی و توسعه خط تولید بر عهده شما می‌باشد، باید از بالانس خط به منظور استفاده بهینه از منابع و کاهش هزینه‌ها استفاده نمایید. از فرآیند بالانس خط به منظور استفاده بهینه از منابع و کاهش هزینه‌ها استفاده نمایید.

عنصر کاری: کوچکترین جزء ممکن کار را عنصر کاری (فعالیت) گویند.

ایستگاه کاری: محلی است که در آن مجموعه‌ای از عناصر به یک یا چند اپراتور واگذارده شده و در آن محل انجام می‌شوند. به عبارت دیگر جزئی از یک خط مونتاژ است که فعالیتهای مشخصی در آن انجام می‌شود.

نمودار تقدم و تاخر: این نمودار روابط پیشنیازی فعالیتها را در قالب یک شبکه CPM کنترل پروژه نشان می‌دهد. آنچه باید در رسم این نمودار دقت شود روند صعودی شماره فعالیتها است.

زمان استاندارد: زمان استاندارد هر ایستگاه کاری، زمان انجام عملیات در آن ایستگاه است که بیکاریهای مجاز در آن در نظر گرفته شده است.

تعادل خط تولید: به طور کلی منظور از تعادل خط تولید، برنامه‌ریزی نحوه انجام کار به صورتی است که بار کاری تمامی ایستگاه‌ها برابر شده و هر ایستگاه در واحد زمان، تعداد معین و مشخصی از تولید را به ایستگاه کار بعدی برساند.

اصول خط تولید:

اصل حداقل مسافت: ایستگاه‌های کاری باید در حداقل مسافت نسبت به یکدیگر باشند.

اصل جریان ثابت: مواد باید به صورت پیوسته و نرخ ثابت جریان داشته باشند. استقرار ایستگاه‌ها به نحوی است که مواد به طور مداوم، مستمر و با نرخ ثابت در آنها جریان یابند.

اصل همزمانی عملیات: در تمام نقاط یک خط تولید، همه باید مشغول به کار باشند. عملیات در تمام ایستگاههای کار به طور همزمان انجام می‌شوند.

اصل قابلیت تبادل داخلی: امکان جابجا کردن افراد در ایستگاه کاری وجود دارد.

شرایط بالانس شدن خط تولید:

- تولید انبوه
- پیوسته بودن تولید
- متعادل بودن عملیات به معنی یکسان بودن سرعت عملیات

انواع خطوط تولید:

- خطوط ساخت مکانیزه
- خطوط مونتاژ
- خطوط ساخت و مونتاژ
- خطوط تولید فصلی
- خطوط رباتها

انواع خطوط مونتاژ:

- خط مونتاژ تک مدلی
- خط مونتاژ چند محصولی
- خط مختلط

در این درس در خصوص خط مونتاژ تک مدلی صحبت خواهد شد.

به منظور طراحی بخش مونتاژ لازم است:

۱. ایستگاههای کاری تعیین شود.

۲. خط مونتاژ بالانس گردد.
۳. منابع هر ایستگاه برآورد گردد.
٤. مساحت بخش موردنیاز محاسبه شود.

زمان سیکل (چرخه تولید): زمان بین دو محصول خروجی متوالی از خط مونتاژ را زمان سیکل گویند؛ به عبارت دیگر مدت زمانی که از خروجی اول یک محصول تا خروجی دوم آن محصول طول می‌کشد.

$$\text{زمان سیکل} = \frac{\text{راندمان ایستگاه کاری} \times \text{کل زمان کاری در دسترس}}{\text{تعداد محصول تولیدی در واحد زمان}}$$

- در رابطه فوق برای محاسبه کل زمان کاری در دسترس باید بیکاریهای مجاز، زمان تنظیم ماشین‌آلات و سایر زمانهای تلف شده را از کل ساعات کاری کسر نمود.
- بین زمان سیکل و نرخ تولید رابطه زیر برقرار است:

نرخ تولید= ۱/TC که TC بر حسب ساعت است.

گلوگاه: اگر در یک ایستگاه کاری مجموع زمان فعالیت‌های انجام شده آن ایستگاه بیشتر از زمان سیکل شود، در آن ایستگاه تراکم قطعات به وجود می‌آید و اصطلاحاً گویند ایجاد گلوگاه شده است. برای رفع گلوگاه باید با استفاده از روشهایی زیر اقدام به متعادل‌سازی خط گردد:

۱. ایجاد انبار نیمه ساخته بعد از ایستگاه‌های کندتر، و استفاده از اضافه‌کاری برای میزان کمبود
۲. تعداد منابع ایستگاههای کندتر افزایش یابد.
۳. بررسی و اصلاح عملیات در ایستگاههای کندتر
٤. بالا بردن نرخ عملکرد و بازدهی اپراتور
۵. جابجایی عناصر در ایستگاهها به منظور موازنه و تعادل بیشتر
٦. اپراتورهای ایستگاههایی که زمان تولید آنها کوتاه‌تر است، در طول خط تولید حرکت کرده و به ایستگاههای دیگر کمک کنند.
۷. کار کردن اپراتورها روی مونتاژهای فرعی در مواقع بیکاری
۸. ایجاد ایستگاه های موازی در کنار ایستگاه های کندتر
۹. خریداری نمودن قطعات مشابه ساخته شده در ایستگاه گلوگاه از شرکتهای دیگر

راندمان خط مونتاژ: درصد مواقعی که کل خط در حال کار است.

$$\text{راندمان} = \frac{\text{مجموع زمان انجام فعالیتها}}{\text{زمان سیکل} \times \text{تعداد ایستگاههای کاری}} = \frac{\text{زمان مفید}}{\text{زمان کل}}$$

اطلاعات موردنیاز برای بالانس خط تولید:

۱. عناصر کاری به همراه زمان استاندارد آنها
۲. جدول پیش‌نیازی فعالیت‌ها یا نمودار تقدم یا تاخر
۳. زمان سیکل یا تعداد ایستگاه‌های کاری

شرط تعادل کامل خط تولید:

t_i: زمان انجام عملیات i ام

n: تعداد ایستگاههای کاری

TC: زمان سیکل کاری

m: تعداد عملیات مونتاژ

$n \times TC$: زمان کل

$\sum_{i=1}^{m} t_i$ = جمع زمان انجام عناصر کار

$$d = \text{نسبت تاخیر} = \frac{n \times TC - \sum t_i}{n \times TC}$$

به منظور اینکه خط تولید در تعادل کامل باشد باید درصد اوقات بیکاری خط مونتاژ برابر صفر گردد.

$$d=0 \quad \Longleftrightarrow \quad n = \frac{\sum t_i}{TC}$$

اگر $d=0$ و ۳ شرط زیر برقرار باشد می‌توان گفت خط تولید، در تعامل کامل است:

۱. n باید عدد صحیح باشد.
۲. تعداد ایستگاههای کاری کوچکتر یا مساوی تعداد عملیاتها باشد.
۳. $\text{Max}\{t_i\} \leq TC \leq \sum t_i$

بالانس خطوط مونتاژ

جهت متعادلسازی خط تولید یا مونتاژ بسته به نوع خط تولید یا مونتاژ روشهای مختلفی وجود دارد. به طور کلی سه نوع مسأله خط تولید یا مونتاژ موجود است:

۱. مسائل بالانس خط مونتاژ ساده (S.A.L.B)
۲. مسائل بالانس خط مونتاژ ژنرال (G.A.L.B)
۳. مسائل طراحی خط مونتاژ (A.L.D)

در این درس در خصوص مسائل بالانس خط مونتاژ ساده بحث خواهد شد.

بالانس خطوط مونتاژ ساده (S.A.L.B)

الف) سیکل کاری مشخص، تعداد ایستگاه‌های کاری نامعلوم (SALB-1): در اینگونه مسائل زمان سیکل کاری مشخص است، هدف حداقل کردن تعداد ایستگاههای کاری است.

در اینجا دو حالت ممکن است اتفاق افتد:

- زمان انجام هر عنصری از زمان سیکل کوچکتر یا مساوی باشد.
- زمان انجام یک یا تعدادی از عناصر از زمان سیکل بزرگتر است.

تکنیک‌های بالانس خط

تکنیک‌های بالانس خط به دو دسته تقسیم می‌شود:

۱. تکنیک‌های استفاده از سعی و خطا یا هیورستیک
۲. تکنیک‌های دقیق

استفاده از نمودار تقدم و تاخر برای بالانس خط تولید یکی از روشهای هیورستیک است. برخی از روشهای کاربردی که معمولاً جواب اولیه مناسبی را ارائه می‌نمایند عبارتند از: روش ذهنی، روش ضریب موقعیت وزنی، روش LCU ، روش کلیبریج- وبستر، روش مودی- یانگ

در این کتاب تمرکز روی روش ذهنی و روش ضریب موقعیت وزنی خواهد بود.

روش ذهنی (سعی و خطا)

در این روش به منظور تخصیص عناصر به ایستگاههای کاری همواره باید دو شرط زیر برقرار باشد:

۱. مجموع زمان فعالیتهای هر ایستگاه از زمان سیکل کوچکتر یا مساوی است.
۲. فعالیتی که به هر ایستگاه کاری تخصیص داده می‌شود، پیش‌نیازی آن باید قبلاً تخصیص داده شده باشد.

بنابراین در این روش ابتدا زمان سیکل بر اساس تعهد روزانه به دست می‌آید و با توجه به دو شرط فوق سعی می‌شود حداقل تعداد ایستگاههای کاری را به دست آورد.

روش ضریب موقعیت وزنی (R.P.W)

روش R.P.W یک روش ابتکاری است و ممکن است در آن جواب بهینه به دست نیاید. قدم‌های این روش عبارت است از:

۱. ابتدا نمودار تقدم و تاخر را تهیه نمایید.
۲. تعیین زمان سیکل
۳. وزن هر یک از عناصر کاری را مشخص کنید: وزن هر عنصر عبارت است از زمان آن عنصر به علاوه زمان تمامی عناصری که این عنصر پیش نیاز آنهاست.
٤. عناصر کاری را به صورت نزولی بر حسب وزن آنها مرتب کنید.
۵. از اولین عنصر با وزن بیشتر شروع کرده و در صورتی که دو شرط زیر برقرار بود آن را به ایستگاه کاری تخصیص دهید.
- مجموع زمان فعالیتهای ایستگاه از زمان سیکل کوچکتر یا مساوی باشد.

- عنصری که به هر ایستگاه کاری تخصیص داده می‌شود، پیش‌نیاز آن فعالیت قبلاً تخصیص داده شده باشد.

٦. قدم قبل را تکرار کنید تا تمامی عناصر به ایستگاههای کاری تخصیص داده شود.

روش L.C.U

قدمهای این روش عبارت است از:

- تخصیص بر اساس ترتیب نزولی t_i با توجه به دو شرط: عدم تجاوز از سیکل نهایی و نداشتن پیش‌نیاز
- حذف عنصر تخصیص یافته و بازگشت به گام ۱

ب) تعداد ایستگاههای کاری معلوم، زمان سیکل نامعلوم (SALB-2): در اینگونه مسائل تعداد ایستگاههای کاری مشخص است، هدف حداقل کردن زمان سیکل کاری است.

تخصیص فعالیتها در این حالت به صورت ابتکاری و با سعی و خطا و در جهت کاهش زمان بیکاری ایستگاهها و زمان سیکل کاری انجام می‌گیرد. همواره باید سعی شود، بازه کاری همه ایستگاهها نزدیک به یکدیگر باشد. به منظور حداقل کردن تعداد ایستگاههای کاری از روش ابتکاری زیر استفاده می‌شود:

١. حد پایین را برای سیکل کاری مشخص کنید.

٢. با استفاده از روش ذهنی حداقل تعداد ایستگاههای کاری را مشخص کنید.

٣. اگر تعداد ایستگاههای کاری به دست آمده از روش ذهنی برابر با تعداد ایستگاههای کاری مفروض مسأله (n) باشد، محاسبات پایان می‌پذیرد و زمان سیکل به دست آمده زمان سیکل کاری خواهد بود.

٤. اگر تعداد ایستگاههای کاری پیشنهادی روش ذهنی بیشتر از تعداد ایستگاههای کاری مفروض مسأله (n) باشد. زمان سیکل کاری را افزایش داده و مجدداً روش ذهنی را اجرا کنید. این قدم را تا آنجا که تعداد ایستگاههای پیشنهادی روش ذهنی برابر با تعداد ایستگاههای کاری مفروض مسأله شود، تکرار کنید.

٥. سپس تعداد منابع از روش SALB-3 محاسبه می‌شود.

ج) تعداد ایستگاههای کاری و زمان سیکل مشخص (SALB-3): در اینگونه مسائل زمان سیکل کاری و تعداد ایستگاههای کاری مشخص است، هدف یافتن تعداد منابع برای ایستگاه کاری می‌باشد. تعداد منابع برای هر ایستگاه کاری از رابطه زیر قابل محاسبه است:

تعداد منبع = زمان ایستگاه کاری/ سیکل کاری

$$n = \frac{\sum t_i}{TC}$$

د) سیکل کاری و تعداد ایستگاههای کاری نامعلوم است. با استفاده از رابطه جدولی تهیه می‌شود که در آن جدول با مقدار دادن به زمان سیکل کاری و به دست آوردن n و محاسبه زمان بیکاری و

نسبت تأخیر به ازاء مقادیر مختلف زمان سیکل و n سعی می‌شود با کاهش نسبت تاخیر به تعادل کامل خط نزدیک شد. در نهایت از بین مقادیر مختلف داده شده به زمان سیکل مقداری انتخاب می‌شود که نسبت تاخیر آن از همه کمتر باشد. معمولاً حداقل یک نقطه کمینه محلی برای نسبت تاخیر پیدا می‌شود. گاهی اوقات جهت سادگی در این حالت زمان سیکل برابر ماکزیمم زمان فعالیتها در نظر گرفته می‌شود که البته راه اصولی و درستی نیست، اما جوابی نزدیک به روش فوق به دست می‌دهد.

طراحی سیستم حمل و نقل

سیستم حمل و نقل سیستمی است که بتواند جریان مواد را در واحدها تولیدی و غیر تولیدی طوری برقرار سازد که مطلوبیت‌های مکانی بر اساس نقشه استقرار و با حداقل هزینه، حاصل شود. تجربه نشان داده که هزینه حمل و نقل حدود ۳۰ تا ۳۵ درصد هزینه تولید را تشکیل می‌دهد. همچنین تنها ۲۰ درصد زمان تولید یک محصول، صرف فرآیند تولید آن و ۸۰ درصد مابقی در انبار و حمل ونقل صرف می‌گردد. لازم به ذکر است که حدود ۲۲ درصد از نیروی انسانی صنایع صرف عملیات حمل و نقل می‌شود.

اهداف و اصول حمل و نقل

برای اینکه عملکرد سیستم حمل و نقل به نحو مطلوبی باشد و بتوان از آن حداکثر استفاده را برد، باید این سیستم بر اساس اصول ۲۰گانه حمل و نقل طراحی شود:

- اصل برنامه‌ریزی: هیچ حملی نباید فاقد برنامه و پیش‌بینی لازم باشد.
- اصل سیستم: تمامی حمل‌های برنامه‌ریزی شده باید در قالب یک سیستم منسجم و هدفمند حرکت کند.
- اصل جریان مواد: سیستم حمل و نقل باید به نحوی باشد که جریان مواد بهینه بوده و حداقل جریان برگشتی را داشته باشد.
- اصل ساده‌سازی: حتی‌المقدور حمل‌های غیر ضروری حذف و عملیات پیچیده به ساده تبدیل شود.
- اصل جاذبه: حداکثر استفاده از نیروی جاذبه در جابجایی مواد به عمل آید.
- اصل فضا یا بعد سوم: استفاده کافی از ارتفاع صورت گیرد.
- اصل اندازه واحد بار: اندازه واحد بار باید بهینه باشد. یعنی در هر جابجایی بیشترین حجم ممکن از مواد منتقل شود.
- مکانیزاسیون: حتی‌المقدور باید حمل‌ها با وسیله مکانیزه انجام شود.
- اصل خودکارسازی یا اتوماتیک کردن: حتی‌المقدور حمل‌ها و انبار کردن به صورت اتوماتیک انجام شود.
- اصل انتخاب: با توجه به ویژگی‌های مواد بایستی وسیله حمل و نقل مناسب انتخاب گردد.
- اصل استانداردسازی: وسایل حمل واحدهای بار باید در ابعاد مشخص و استاندارد انتخاب شود.

- اصل انعطاف‌پذیری: سیستم باید بگونه‌ای طراحی شود که در صورت ایجاد تغییرات در تولید با کمترین هزینه بتوان سیستم حمل را نیز متناسب کرد.
- اصل وزن مرده: میزان بار واقعی نسبت به کل وزن حمل شده باید حداکثر باشد.
- اصل بهره‌وری: تجهیزات و پرسنل حمل و نقل باید با حداکثر بهره‌وری فعالیت نمایند.
- اصل نگهداری و تعمیر: برای تجهیزات حمل و نقل باید سیستم نگهداری و تعمیرات مناسب طراحی شود.
- اصل جایگزینی: وسایل از کار افتاده باید با وسایل بهتر و کارآتر جایگزین شود.
- اصل کنترل: تجهیزات حمل مورد استفاده باید کنترل تولید و موجودی‌ها را تسهیل نماید.
- اصل ظرفیت: طراحی سیستم حمل و نقل باید متناسب با ظرفیت تولید باشد.
- اصل عملکرد: هزینه هر واحد بار که یک واحد مسافت جابه‌جا می‌شود باید حداقل شود.
- اصل ایمنی: یعنی تجهیزات حمل و نقل باید ایمنی لازم برای مواد حمل شده و اپراتورها را فراهم آورد.

اهداف عمده طراحی سیستم حمل و نقل به طور مشخص به شرح زیر است:

- کاهش هزینه
- کاهش اتلاف مواد و کالا
- افزایش ظرفیت تولید
- شرایط کاری بهتر
- توزیع بهتر

روش طراحی سیستم حمل و نقل مواد

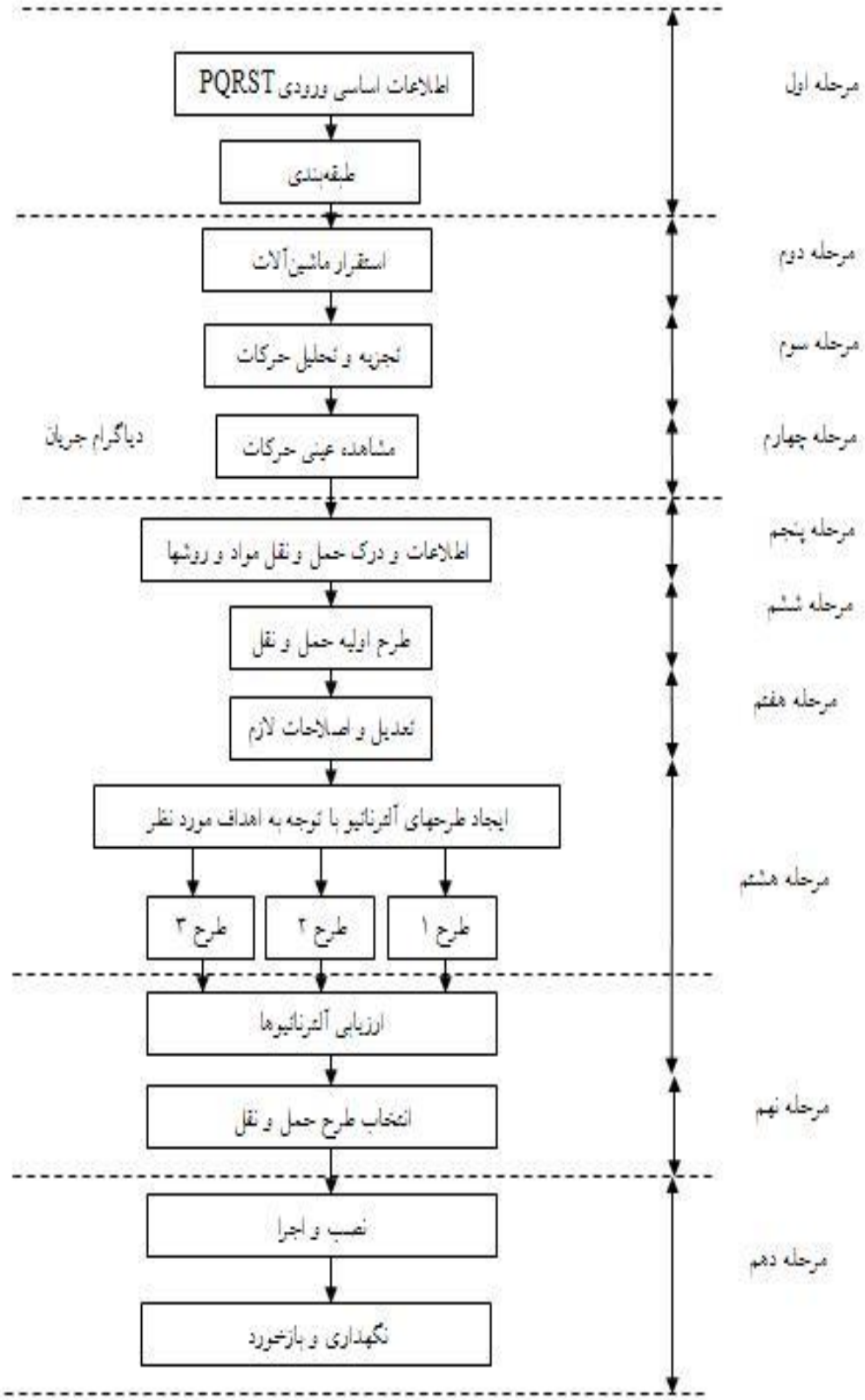
۱. فرموله کردن مسأله
۲. آنالیز مسأله
۳. یافتن چند آلترناتیو
٤. مقایسه آلترناتیوها
۵. انتخاب بهترین آلترناتیو
٦. پیاده‌سازی

الگوی برنامه‌ریزی سیستماتیک حمل و نقل (S.H.A)

گام اول: بررسی مواد حمل شونده

گام دوم: بررسی حرکات

گام سوم: انتخاب انواع تجهیزات و روش‌های حمل و نقل



مراحل برنامه‌ریزی سیستماتیک حمل و نقل

عوامل اساسی برای طراحی سیستم حمل و نقل: PQRST

۱. محصول ، قطعه یا مواد**(P)**:

هر محصولی برای هر کارخانه حمل پذیری مخصوصی دارد.

۲. کمیت یا حجم**(Q)**:

مقدار هر بار حمل و انتقال باید مشخص باشد.

۳. مبداء و مقصد**(R)**:

٤. سرویس حمایت کننده (وسیله حمل)**(S)** :

هر محصول ، وسیله حمل خاص خود را دارد.

۵. زمان**(T)**:

برای حمل ، چه مقدار زمان لازم دارد.

تجهیزات حمل و نقل مواد به دسته‌های زیر تقسیم می‌شوند:

- تجهیزات حمل و نقل مواد فله‌ای (**Bulk materials**)
- تجهیزات حمل و نقل مواد غیر فله‌ای (**Unit materials**)
- تجهیزات حمل و نقل موتوری
- تجهیزات حمل و نقل واحد بار

وسایل حمل و نقل:

۱. نقاله ها**(Conveyor)**:

وسایلی هستند که با استفاده از نیروی محرکه یا بدون نیروی محرکه یا نیروی جاذبه واحد بار را بصورت یکنواخت ، پیوسته و انبوه انتقال می دهند.

انواع نقاله ها:

- نقاله های غلطکی
- نقاله های بلبرینگی
- نقاله های تسمه ای
- نقاله های زنجیری
- نقاله های پنوماتیکی(برای حمل و نقل های مایع با نیروی فشار بکار می رود)

۲. جرثقیل ها**(Cranes)**:

وسایلی هستند که واحدهای بار را بطور پیوسته یا نیمه پیوسته در یک سالن یا محدوده حمل می کنند . دامنه حرکات جرثقیل ها از نقاله ها بیشتر است.

انواع جرثقیل ها :

- دکلدار ثابت

- دکلدار متحرک

۳. تراک ها (ارابه‌ها):

وسایل حمل و نقلی هستند که در مسیرهای کاملاً متغیر حمل و نقل را انجام می دهند.

انواع تراک ها:

ارابه های دستی

لیفتراک ها (۱ تنی ، ۲ تنی ، ۳ تنی)

٤. وسایل کمکی:

مجموعه قفسه ها ، پالت ها ، سینی ها که حالت موتوری ندارند.

کلیه قفسه ها ، ظروف ، سبدها ، سینی ها ، پالت ها ، وسایل نگدارنده ، قلاب ها و غیره جزو وسایل کمکی هستند . متداول ترین وسایل کمکی پالت ها هستند.

انواع پالت ها : چوبی ، فلزی ، پلاستیکی

مزایای پالت ها:

- کاهش نیروی انسانی
- بهره برداری از فضای انبار
- کاهش خرابی ها و صدمات
- کمک در کنترل موجودی کالا
- کاهش مقدار برچسب شناسایی
- کاهش هزینه حمل و نقل

وسایل حمل و نقل اتوماتیک Automatic Guided Vehicles (AGV)

تست: در صنایع **امروزی AGV**، کدام معنا را دارد ؟

الف- سیستم اتوماتیکی تولیدی

ب- نوع استقرار

ج- وسیله نقلیه اتوماتیک هدایت شونده

د- هیچکدام

مشخصه‌های یک سیستم حمل و نقل مناسب

در صورت رعایت این موارد، کارآیی سیستم حمل و نقل افزایش یافته و هزینه های آن نیز کاهش می‌یابد. این موارد به شرح زیر است:

- کم بودن هزینه‌های حمل و نقل شامل هزینه اولیه انرژی، هزینه استهلاک، هزینه نگهداری و تعمیرات و ...

- حداکثر امکان استفاده بهره‌برداری از فضای موجود
- کاهش میزان صدمات و ضایعات ناشی از سیستم حمل و نقل
- قابلیت اطمینان
- انطباق با محدودیت فیزیکی موجود
- متناسب بودن با حجم حمل و نقل
- قابلیت انعطاف جهت طرح‌های توسعه و تغییر در نوع محصول
- مطابقت با نوع کالای حمل شده
- برخورداری از ایمنی کافی
- حداکثر استفاده از نیروی جاذبه و اینرسی
- کاهش زمان سیکل کاری
- کاهش موجودی در جریان ساخت

لازم به ذکر است که ۳ مورد آخر موجب بالا رفتن راندمان و انتقال حجم زیاد کالا در زمان کوتاه‌تر خواهند شد.

ارتباط بین نوع استقرار و ویژگی‌های حمل و نقل

در استقرار محصولی، حرکت مواد نسبتاً پیوسته است، مسیرها نسبتاً ساده هستند و از وسایل حمل و نقل اختصاصی و سریع استفاده می‌شود.

در استقرار کارگاهی، مسیرهای حمل و نقل مسیرهای ثابتی نیستند و مسیرها با هم تداخل دارند و از روش حمل و نقل عمومی استفاده می‌شود.

در استقرار تکنولوژی گروهی، حمل و نقل‌ها دسته‌بندی می‌شوند و بسته به نوع استقرار متفاوت خواهد بود.

محاسبه کسر وسایل حمل و نقل

برای محاسبه کسر وسایل حمل و نقل از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\frac{\text{زمان هر سفر} \times \text{تعداد سفر}}{\text{مدت زمان در دسترس بودن ماشین}} = \frac{\text{کل مدت زمان سفر}}{\text{مدت زمان در دسترس بودن ماشین}} = \text{کسر وسیله حمل و نقل}$$

$$N= \frac{D \times T_S}{\beta \times T_C}$$

N: کسر وسیله حمل و نقل

D: تعداد سفر

T_S: زمان هر سفر

T_C: کل زمان در دسترس

β: ضریب استفاده وسیله حمل و نقل

نکات لازم در مورد کسر ماشین‌آلات به صورت عدد صحیح

۱. در پروسه‌هایی که از لحاظ تولیدی مهم هستند و یا در پروسه‌های گلوگاه، کسر ماشین به دست آمده، رند افزایشی می‌شود.
۲. در صورت انجام اضافه‌کاری در خارج از شیفت کاری باید بررسی اقتصادی نمود که خرید یک ماشین کمتر با انجام اضافه کاری مقرون به صرفه‌تر است یا خرید یک ماشین اضافه‌تر بدون انجام اضافه‌کاری، هر کدام که از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشد انتخاب خواهد شد.
۳. کاهش زمان استاندارد انجام کار با تغییر روش کار، ممکن است باعث شود که کسر ماشین به دست آمده رند نقصانی شود.
٤. افزایش ضریب استفاده ماشین ممکن است باعث شود که کسر ماشین به دست آمده رند نقصانی شود.
۵. با بهتر کردن شرایط کاری به گونه‌ای که منجر به کاهش درصد ضایعات یا افزایش راندمان شود و یا با به کار گماردن اپراتور ماهر، ممکن است باعث شود که کسر ماشین بدست آمده رند نقصانی شود.

همچنین موارد دیگری را در عمل به صورت زیر باید مورد بررسی قرار داد:

- آیا می‌توان از وقت اضافی ماشینی که کاملاً مشغول کار نیست برای تولید محصولات دیگر و یا سایر کارهای متفرقه استفاده نمود؟
- آیا متوقف شدن یک ماشین در صورتی که از آن ماشین فقط یک عدد داشته باشیم، منجر به متوقف شدن کامل خط خواهد شد؟

محاسبه نیروی انسانی موردنیاز تولیدی:

محاسبه نیروی انسانی موردنیاز تولیدی به عوامل زیر بستگی دارد:

۱. نوع عملیاتی که باید انجام شود.
۲. سطح تکنولوژی به کار رفته در انجام عملیات
۳. سطح کیفیت مورد انتظار(ماهر، نیمه ماهر، ساده)
٤. مسائل اقتصادی (حقوق و دستمزد)
۵. وضعیت اشتغال و سطح تخصص موجود در جامعه
٦. ظرفیت
۷. زمان عملیات
۸. محدودیت‌های فیزیکی
۹. نوع تجهیزات به کار برده شده

عملیات مونتاژ دستی:

در این حالت عملیات به صورت دستی و نیازمند فعالیت دائمی اپراتور می‌باشد، یعنی تمامی کار توسط اپراتور انجام خواهد شد. بنابراین روابطی که در محاسبه نیروی انسانی در این حالت مورد استفاده قرار می‌گیرد مانند روابط مورد استفاده در محاسبه ماشین‌الات خواهد بود. (روش فرانسیس)

خط مونتاژی شامل m عملیات مونتاژ بوده و توسط هر یک از عملیات‌ها n نوع قطعه تولید می‌شود، پارامترهای مدل به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

F_j: تعداد اپراتور موردنیاز برای عملیات مونتاژ j ام

$$F_j=\sum_{i=1}^{n}\frac{D_{ij}\times T_{Sij}}{U_{ij}\times T_{Cij}}$$

T_{Sij}: زمان استاندارد انجام عملیات روی محصول i برای انجام عملیات j ام

D_{ij}: نرخ تولید موردنظر برای محصول i در عملیات مونتاژ j ام

T_{Cij}: کل زمان در دسترس روی محصول i برای عملیات مونتاژ j ام

m: تعداد عملیات مونتاژ

n: تعداد انواع قطعات

U_{ij}: ضریب بهره‌وری اپراتور، درصدی از اوقات که انتظار می‌رود اپراتور به محصول i روی عملیات j ام اختصاص دهد.

عملیات ماشینی با نظارت کارگر

۱. یک اپراتور ماشین را اداره می‌کند:

- یک ماشین: در این حالت یک اپراتور یک ماشین را سرویس می‌کند، در این حالت بحث تعداد نیروی انسانی و توازن آن مشکلی ندارد، در این حالت ضریب عملکرد اپراتور و ماشین یکی می‌شود.
- چند ماشین: در این حالت یک اپراتور چند ماشین را سرویس می‌کند، در حالتی که اپراتور چند ماشین را اداره می‌کند سوالی که مطرح می‌شود این است که حالت تخصیص بهینه ماشین به اپراتور چه تعداد باشد تا هزینه سیستم کاهش یابد؟ در این حالت ماشین‌هایی که به اپراتور واگذار می‌شوند می‌توانند مشابه یا غیر مشابه باشند.

ابزار مورد استفاده برای برنامه‌ریزی کار روی ماشین در این حالت نمودار فعالیت چندگانه نام دارد.

۲. گروه ماشین را اداره می‌کند: در این حالت تعدادی اپراتور یک یا چند ماشین را سرویس می‌کنند. ابزاری که برای تحلیل این شرایط به کار گرفته می‌شود نمودار فرآیند گروهی است.

در تخصیص چند ماشین به یک اپراتور حالت‌های زیر ممکن است روی دهد:

الف) سرویس همزمان: در این حالت زمان نیاز ماشین به اپراتور و همچنین مدت زمان انجام خدمات توسط اپراتور بر روی ماشین مشخص است. یعنی اینکه مقادیر تمام زمان‌ها قطعی و عین هستند. مثلاً برخی کارهای روتین مانند تراشکاری و ... مشخص است که ماشین چه مدت زمان به سرویس نیاز دارد، کار آن چه مدت زمانی به طول می انجامد در این حالت همه پارامترها قطعی هستند. یک راه‌حل برای پارامترهای قطعی به کار بردن نمودار انسان- ماشین است. نمودار انسان-ماشین یک مدل قیاسی و توصیف‌گر است که رابطه انسان-ماشین را در مقابل یک محور زمان نشان می‌دهد. این نمودار محدوده‌های کاری و بیکاری ماشین را مشخص می‌کند و در تحلیل سیستم موجود به ما کمک می‌کند.

همانطور که گفته شد در حالت سرویس همزمان، زمان سرویس ماشین، زمان کار ماشین و زمان کار اپراتور کاملاً معین مشخص می باشند.

پارامترهای مسأله:

n': تعداد ماشین تخصیص یافته به یک اپراتور به صورت تئوری

m: تعداد یافته به یک اپراتور به صورت عملی

a: زمان فعالیت‌هایی که همزمان اتفاق می‌افتند.

t: زمان کار ماشین مستقل از اپراتور

b: زمان فعالیت اپراتور که مستقل از تولید و کار ماشین است.

TC: زمان سیکل

سیکل کاری ماشین: $TC=a+t$

سیکل کاری اپراتور: $TC=m(a+b)$

l_m: زمان بیکاری ماشین در هر سیکل

l_o: زمان بیکاری اپراتور در هر سیکل

$$\frac{a+t}{a+b} = \frac{\text{مدت زمانیکه ماشین درگیر است}}{\text{مدت زمانیکه اپراتور درگیری است}} = \text{تعداد ماشین تحصیص یافته به صورت تئوری به اپراتور } (n')$$

اگر n' به بالا رند شود، اپراتور زمان کافی برای سرویس‌دهی به تمام ماشین‌ها را ندارد؛ یعنی اینکه اپارتور همواره مشغول کار است و ماشین بیکاری دارد، در نتیجه اپراتور تعیین‌کننده زمان سیکل خواهد بود.

اگر n' به پایین رند شود، اپراتور بیکاری داشته و ماشین همواره مشغول به کار است، در نتیجه ماشین تعیین‌کننده زمان سیکل خواهد بود.

ب) سرویس تصادفی(اتفاقی):

زمان از دست رفته: وقتی ماشین آماده کار است، قطعه و مواد هم آماده است، اما اپراتور به علت درگیری با ماشین دیگر نمی‌تواند به این ماشین سرویس دهد. فاصله زمانی که از دست می‌رود زمان از دست رفته نامیده می‌شود.

در این حالت زمان کار ماشین و مدت نیاز ماشین به اپراتور مشخص نیست، اما به مرور زمان می‌توان با جمع‌آوری داده‌های آماری (شیوه‌های نمونه برداری از کار) برای زمان کار ماشین و مدت نیاز ماشین به اپراتور، توابع توزیع احتمال تعریف نمود. بعد از یافتن تابع توزیع احتمال، برای محاسبه متوسط زمان نیاز ماشین به اپراتور، می‌توان از امید ریاضی استفاده نمود.

اگر احتمال کارکرد ماشین بدون نیاز به اپراتور برابر با p و احتمال نیاز ماشین به اپراتور برابر با $q=1-p$ باشد و تعداد n ماشین به اپراتور اختصاص داده شود، با استفاده از توزیع دو جمله‌ای احتمال بیکاری ماشین در خلال یک شیفت T ساعته و میزان بیکاری ماشین قابل تعیین می‌باشد. احتمال نیاز m ماشین به طور همزمان به اپراتور برابر $\binom{n}{m} P^{n-m} q^{m}$ خواهد بود.

برای حل اینگونه مسائل که مدنظر است حالت تخصیص بهینه ماشین به اپراتور به دست آید، ابتدا یک ماشین به اپراتور تخصیص داده می‌شود و هزینه تخصیص یک ماشین به اپراتور محاسبه می‌شود. سپس هزینه تخصیص دو ماشین به اپراتور محاسبه می‌شود، اگر هزینه کل کمتر شود، ماشین سوم به اپراتور تخصیص داده می‌شود. عمل تخصیص ماشین به اپراتور تا زمانی که هزینه کل روند نزولی داشته باشد ادامه می‌یابد. در صورتی که با تخصیص ماشین اضافه به اپراتور هزینه افزایش یافت دیگر ماشین بعدی به اپراتور تخصیص داده نمی‌شود.

- مجموع زمان از دست رفته در یک شیفت کاری T ساعته برابر است با:

مجموع زمان از دست رفته $= I= (n\times q+p^{n}-1)\times T$

- میزان زمان از دست رفته (درصد میزان توقف هر ماشین در هر ساعت) از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{درصد زمان از دست رفته} = \frac{\text{مجموع زمان از دست رفته در یک شیفت‌کاری}}{\text{شیفت کاری×تعداد ماشینها}} = \frac{I}{n\times T}$$

- زمان مفید تولید در شیفت کاری T ساعته از رابطه زیر قابل محاسبه است:

زمان مفید تولید برای کلیه ماشین‌ها در یک شیفت کاری T ساعته $=n\times T-1$

زمان مفید تولید برای هر ماشین در یک شیفت کاری T ساعته $=T-(I/n)$

محاسبه زمان سیکل با در نظر گرفتن توقفات:

چنانچه زمان از دست رفته داشته باشیم، زمان سیکل افزایش خواهد یافت و از TC به TC' تغییر می‌یابد:

$$TC' \quad \frac{T}{1-F} = \frac{T}{1-\frac{np+p^n-1}{n}} = \frac{n\times TC}{n(1-q)-p^n+1} = \frac{n\times TC}{np-p^n+1}$$

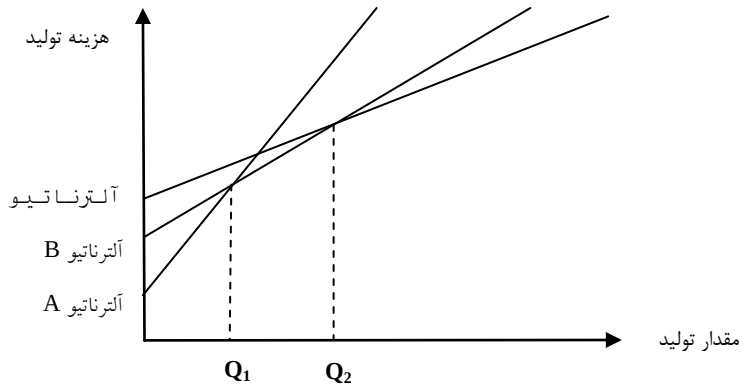
ج) حالت‌های ترکیبی: تلفیق حالت اول و دوم، در این حالت یا مدت زمان انجام خدمات بر روی ماشین مشخص، ولی زمان نیاز ماشین به اپراتور نامشخص؛ و یا زمان نیاز ماشین به اپراتور مشخص، اما مدت زمان انجام خدمات بر روی ماشین نامشخص است. در این دو حالت ممکن است اپراتور قسمتی از وقت خود را نیز صرف خدمات کند.

- زمان نیاز ماشین به اپراتور مشخص، اما مدت زمان سرویس اپراتور نامشخص: در این حالت می‌توان با نمونه‌برداری برای مدت زمان نیاز ماشین به اپراتور یک تابع توزیع احتمال تعریف نمود. برای محاسبه متوسط مدت زمان سرویس اپراتور بر روی ماشین می‌توان از امید ریاضی استفاده نمود. بعد از محاسبه امید ریاضی مدت زمان نیاز ماشین به اپراتور، مسأله دقیقاً شبیه حالت سرویس دهی همزمان می‌شود.
- مدت زمان نیاز ماشین به اپراتور مشخص، ولی زمان نیاز ماشین به اپراتور نامشخص باشد: این حالت مشابه حالت سرویس‌دهی اتفاقی است. با این تفاوت که در اینجا به جای استفاده از امید ریاضی مدت زمان نیاز ماشین به اپراتور، (متوسط زمان نیاز ماشین به اپراتور) از مدت زمان واقعی نیاز ماشین به اپراتور استفاده می‌شود. محاسبات در این حالت نیز کاملاً مشابه قبل است.

انتخاب بهترین محل برای احداث واحد صنعتی:

در مواقعی که هزینه ثابت و همچنین هزینه متغیر به ازای هر واحد محصول داده شده باشد بهترین مکان، مکانی است که بیشترین سود را عاید سازد.

در مواقعی که قیمت فروش محصول در مکانهای پیشنهادی مختلف یکسان باشد، از آنجاییکه درآمدها برای مکانهای مختلف یکسان می‌شود، می‌توان گفت مکانی بهتر است که کمترین هزینه را داشته باشد در این حالت می‌توان از منحنی C.Q برای انتخاب مکان با کمترین هزینه استفاده نمود. به عنوان مثال فرض کنید مکانهای A،B و C با هزینه ثابت و هزینه متغیر برای احداث یک واحد صنعتی در نظر گرفته شده‌اند، نمودار هزینه- مقدار به صورت زیر خواهد بود:



بدین صورت که چنانچه کمتر از Q_1 تولید شود مکان A و چنانچه حجم تولید بین Q_1 و Q_2 باشد مکان B و برای مقادیر بیشتر از Q_2 مکان C برای احداث واحد صنعتی انتخاب می‌شود.

فصل چهارم: طراحی جریان مواد

مقدمه :

کل مسأله جریان مواد در این موضوع خلاصه می شود که عناصر(مواد ، قطعات ، افراد) از شروع کار (قسمت دریافت) تا خاتمه آن (قسمت ارسال) طی یک جریان مؤثر و مناسب و در بهترین مسیرهای ممکن از میان وسایل تولید بگذرند . به طور کلی با وجود یک جریان مواد روان و مناسب، مشکلات تولید در گلوگاه‌ها، حمل و نقل‌های زائد و انبارهای موقت و تأخیرات کم شده و هزینه‌های کارخانه کاهش می‌یابد و از طرف دیگر بهره‌وری و کارآیی کارخانه افزایش می‌یابد. کارآیی تولید بستگی کامل به جریان پیوسته و هموار مواد از میان وسایل تولید دارد.

چرخهٔ کلی جریان سیستم

در بخش مقدمه ، راجع به اهمیت جریان عناصر در داخل صحبت شد، اما باید توجه داشت که جریان سیستم تنها به این قسمت خلاصه نمی شود . در واقع شروع و خاتمه این الگو ی جریان(قسمت های دریافت و ارسال) نقاطی هستند که جریان داخلی را به چرجه کلی سیستم جریان متصل می نمایند. چرخه کلی سیستم جریان شامل موارد زیر می گردد:

۱. انتقال تمام عناصر از کلیه منابع عرضه
۲. فعالیت های انتقال در داخل و اطراف کارخانه
۳. فعالیت های لازم برای توزیع محصولات یا خدمات به کلیه مشتریان

طراح واحد صنعتی باید تا آنجا که در حال حاضر عملاً ممکن است کل سیستم جریان را طراحی نماید، بخش‌هایی از آن که اکنون از نظر فنی اقتصادی امکان پذیر به نظر می رسند را پیاده کند، و به بررسی بقیه بخش‌های سیستم نظری ادامه دهد. با گذشت زمان، ممکن است پیاده کردن سایر قسمت های سیستم نیز ضروری، عملی و اقتصادی گردد. به طور خلاصه از نظر گاه سیستمی ، طراح کارخانه باید کل جریان تمامی عناصر از کلیه مبداءها به تمامی مقصد ها را بررسی و تحلیل نماید.

فواید برنامه ریزی جریان مواد

۱. افزایش کارآیی تولید.
۲. استفاده بهتر از مساحت کارخانه.
۳. ساده کردن انتقال مواد.
٤. استفاده بهتر از ماشین آلات و تجهیزات و کمتر شدن زمان بیکاری.
۵. کاهش زمان تولید.
٦. کاهش موجودی محصول در حال ساخت.
۷. استفاده بهتر از نیروی انسانی.

۸. کاهش خسارت به محصول.
۹. کم کردن احتمال سانحه.
۱۰. کم کردن رفت و آمد های بی مورد.
۱۱. کاهش ترافیک در راهروها.
۱۲. فراهم آوردن مبانی یک طرح ریزی صحیح.
۱۳. ساده کردن نظارت و کنترل تولید.
۱٤. حداقل کردن برگشت به عقب.
۱۵. بالا بردن همواری و پیوستگی جریان تولید.
۱٦. بهبود برنامه ریزی تولید.
۱۷. کاهش ازدحام.
۱۸. منطقی کردن ترتیب انجام فعالیت ها.

عوامل درخور بررسی در برنامه ریزی جریان مواد:

عوامل موثر در برنامه ریزی جریان مواد ، به تنهایی یا مشترکاً برخی از مشخصات الگوی جریان مواد و رابطه آن با سایر مراحل طرح ریزی را معین می کنند. عوامل موثر در جریان مواد به طور عمده عبارتند از:

۱. نحوه حمل و نقل خارج از محوطه و بررسی تجهیزات آن
۲. تعداد محصول
۳. تعداد عملیات تولیدی هر قطعه شامل ساخت و مونتاژ
٤. ترکیب عملیات تولیدی هر قطعه شامل ساخت و مونتاژ
۵. تعداد قطعات تشکیل دهنده محصولات
٦. حجم تولید
۷. میزان حمل و نقل بین بخشها
۸. میزان فضای موجود و شکل آن
۹. الگوی جریان مواد
۱۰. استقرار تجهیزات و ماشین‌آلات و بخشها
۱۱. محل قسمتهای تولیدی و خدمات
۱۲. انبارهای مواد اولیه، قطعات نیم‌ساخته و محصولات نهایی
۱۳. انعطاف‌پذیری مورد نیاز
۱٤. شکل و نوع ساختمان

مهمترین عوامل موثر بر جریان مواد، الگوی جریان و طرح استقرار بخشها می‌باشد. لازم به ذکر است الگوی جریان با روش استقرار ارتباط تنگاتنگی دارد اما عوامل دیگری نیز تأثیرگذارند و به طور کلی نمی‌توان با قطعیت از روی الگوی جریان در مورد روش استقرار و بالعکس تصمیم‌گیری کرد.

ملاک‌های برنامه‌ریزی جریان مواد

۱. جریان بهینه مواد
۲. جریان پیوسته از دریافت تا انتقال
۳. جریان مستقیم تا حد ممکن
٤. حداقل جریان بین فعالیتهای مربوطه
۵. بررسی کامل طرح‌ریزی بر اساس محصولی، دسته‌ای، فرآیندی، محل ثابت
٦. حداقل فاصله انتقال مواد بین فعالیت‌ها
۷. مواد سنگین، کمترین فاصله را طی کنند.
۸. حرکت کارکنان حداقل باشد.
۹. بازگشت به عقب حداقل شود.
۱۰. چنانچه شرایط مساعد است از خط محصولی استفاده شود.
۱۱. عملیات ترکیب شوند تا انتقال بین آنها حذف شود.
۱۲. انتقال مجدد حداقل شود.
۱۳. فرآیند با انتقال مواد توام شود.
۱٤. مقدار مواد در محلهای کار حداقل باشد.
۱۵. مواد در محل استفاده عمودی قرار گیرد.
۱٦. بعد از عملیات در محلی قرار داده شود.
۱۷. با ساختمان سازگاری داشته باشد.
۱۸. راهروها مستقیم، حداقل و با پهنای بهینه باشد.
۱۹. فعالیتهای مربوط، نزدیک هم باشد.
۲۰. حداقل کردن انبار مواد نیمه ساخته
۲۱. انعطاف‌پذیری
۲۲. امکان توسعه در جهات از قبل پیش‌بینی شده
۲۳. رابطه مناسب با زمین
۲٤. رابطه مناسب بین قسمتهای دریافت- انتقال
۲۵. فعالیتها در مکان ویژه خود قرار گیرند. (اداره تعمیر و نگهداری)
۲٦. نظارت ساده باشد.

۲۷. کنترل تولید به سادگی امکان‌پذیر باشد.

۲۸. در کنترل کیفی مشکلی وجود نداشته باشد.

۲۹. بررسی امکان استفاده از ساختمان چند طبقه

۳۰. بررسی کامل مسائل ایمنی- رفاهی- بهداشتی- حفاظتی

احتیاجات ویژه فعالیت ها

برخی از فعالیت ها به واسطه ویژگی های خود نیازهای خاصی دارند مثلاً:

۱. عملیات حرارتی تهویه، وسایل حفاظت از آتش
۲. نقاشی تهویه، وسایل حفاظت از آتش و حرارت
۳. آبکاری تهویه، وسایل حفاظت از اسید، دود، بخار و برق
٤. آهنگری (فروجینگ) تهویه، وسایل جلوگیری از سر و صدا و رطوبت
۵. ذوب تهویه، وسایل حفاظت از آتش
٦. قطعات سنگین وسایل حمل و نقل مخصوص
۷. مونتاژ نهایی نزدیکی به قسمت ارسال
۸. مواد آتش زا تهویه، وسایل حفاظت از آتش
۹. مدیریت محل نسبتاً ساکت

این احتیاجات خاص باید در طرح الگوی جریان مواد منظور شوند.

انعطاف پذیری

انعطاف پذیری در محل و در داخل ساختمان کارخانه از مشخصات یک طرح ریزی درست است. محلی که امروز به کاری تخصیص می یابد ممکن است در آینده برای منظور کاملاً متفاوتی مورد استفاده قرار گیرد. این تغییر می تواند به علت تغییر حجم تولید، اضافه شده محصول جدید، فرآیند جدید، دپارتمان جدید و نظایر اینها باشد .طرح ریزی باید امکان چنین تغییرات و اضافه شدن ها را فراهم آورد. برای مثال، محلی که امروز برای مونتاژ مورد استفاده قرار می گیرد ممکن است مثلاً فقط به ۱۲ فوت فضای آزاد بالا سری احتیاج داشته باشد، اما اگر قرار شود که روزی در آینده به عنوان انبار از آن استفاده گردد، شاید بهتر باشد که ارتفاعش از همان ابتدا تا مثلاً ۲٤ فوت بالا برده شود .برای حفظ انعطاف پذیری باید مسائلی مثل تحمل کف ساختمان، شبکه دسترسی به سیالات و برق و مشابه این ها را از ابتدا در نظر داشته باشیم.

سطوح فعالیت در کارخانه

منطقه فعالیت های کارخانه فقط به سطح زمین محدود نمی شود .به طور کلی شش سطح در کارخانه ها وجود دارند:

۱. سطح زیرزمین: در این سطح معمولاً وسایل گرمایش، تهویه، آب و انرژی، فاضلاب و ضایعات قرار می‌گیرند.
۲. سطح هم کف: در این سطح تجهیزات، انبار ها و افراد قرار می گیرند.
۳. سطح حرکت محصولات: سطحی است فرضی که محدود یک متر بالاتر از سطح زمین قرار دارد و مواد در این سطح از ماشین آلات عبور می کنند.
٤. سطح آزاد: از سطح بالاترین ماشین تا پایین خرپاهای سقف را شامل می گردد .معمولاً از این سطح برای نقاله های بالا سری استفاده می شود.
۵. سطح اسکلت فلزی: از پایین ترین قسمت اسکلت فلزی تا زیر سقف را شامل می شود، از این سطح برای قرار دادن وسایل تهویه و گرمایش، سیم کشی ها و لوله های آب پاش استفاده می شود.
٦. سطح پشت بام: از پشت بام برای وسایل تهویه و سرمایش، تانکر های آب و مانند این ها استفاده می شود.

تکرار می کنیم که در طرح ریزی فقط استفاده از سطح مطرح نیست و باید از کل فضا استفاده گردد.

الگوهای عمومی جریان مواد

الگوهای جریان مواد را می‌توان به دو دسته زیر تقسیم‌بندی نمود:

۱. افقی: در این الگو جریان مواد در یک طبقه وجود دارد.
۲. عمودی: در این الگو جریان مواد در طبقات مختلف برقرار است.

الگوهای جریان مواد افقی که عمومیت بیشتری دارند عبارتند از:

۱. خط مستقیم: وقتی که فرآیند تولید کوتاه و ساده باشد، تعداد اجزاء تشکیل دهنده محصول کم باشد، تعداد ماشین آلات کم باشد. قسمت دریافت و ارسال مجزا از هم موردنیاز است.
۲. جریان L شکل: این الگو زمانی بکار می‌رود که محدودیت طولی و فضا داشته باشیم.
۳. زیگزاگ: وقتی که خط تولید نسبت به فضای موجود طولانی باشد. این الگو عمده مزایای الگوی U شکل را دارا می‌باشد.
٤. U شکل: یکی از متداولترین الگوهای جریان مواد می‌باشد. چنانچه تسهیلات عمومی حمل و نقل در یک طرف کارخانه باشند و یا لازم باشد که در مراحل اول و آخر تولید از وسایل مشترکی استفاده شود، و در نتیجه محصول در پایان عملیات تولید مجدداً به همان محل شروع عملیات بازگردد . استفاده از الگوی U شکل مزایای عمده‌ای دارد از جمله:
   - استفاده بهتر از فضا
   - استفاده بهتر از نیروی انسانی
   - تخصیص بهتر ماشین‌آلات به نیروی انسانی

- انعطاف‌پذیری بیشتر در تولید قطعات
- امکان استفاده از تسهیلات و نیروی انسانی مشترک در قسمت دریافت و ارسال
- نظارت و سرپرستی بهتر
- یک کارگر می‌تواند به طور همزمان چند ماشین را سرویس دهد.

۵. S شکل: نوع خاصی از الگوی زیگزاگی است.

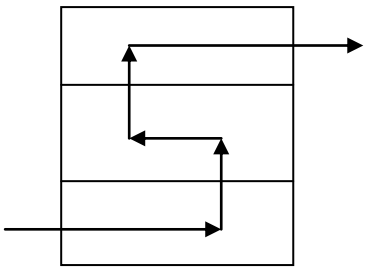
٦. دایره: وقتی که لازم باشد محصول دقیقاً به محل شروع باز گردد، و قسمت های دریافت و ارسال درست در یک محل باشند، و یا از یک ماشین برای بار دوم استفاده شود. اگر تعداد کارگر کمتر از عملیات یا ایستگاه‌های کاری باشد از این الگو استفاده می‌شود.

۷. نا منظم: شکل مشخصی نیست ولی عمومیت دارد. هدف از این الگو ایجاد کوتاه ترین فاصله بین قسمت های مرتبط و بیشترین استفاده از فضای کارخانه است.

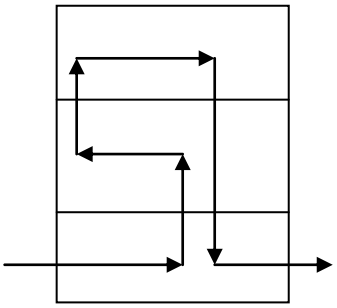
الگوهای جریان مواد عمودی که عمومیت بیشتری دارند عبارتند از(از دیدگاه فرانسیس):

عمده هدف در بکارگیری الگوهای عمودی استفاده از فضای بالای سری می‌باشد که به کمک نوار نقاله‌ها و آسانسورها امکان‌پذیر است. این الگوها برای قطعات سبک، کوچک و کم حجم بکار می‌رود.

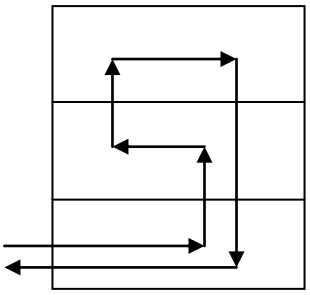
۱. الگوی a: جریان مواد در طبقات مختلف برقرار است و مواد از یک طرف در طبقه همکف وارد شده و از طرف دیگر در طبقه بالاتر خارج می‌شوند. الگوی a وقتی به کار می‌رود که جریان مواد بین طبقات در ساختمان وجود دارد و یک ارتباط بالا رونده در آن مشاهده می‌شود و ارتباط بین طبقات با آسانسور برقرار است، در این الگو از دو آسانسور استفاده می‌شود.



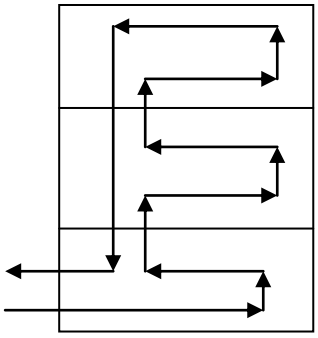
۲. الگوی b: جریان مواد در طبقات مختلف برقرار است ولی ورود و خروج مواد از یک طبقه و در دو طرف صورت می‌گیرد. در این الگو از دو آسانسور استفاده می‌شود. الگوی b وقتی استفاده می‌شود که لازم باشد ورود و خروج جریان در طبقه همکف باشد.



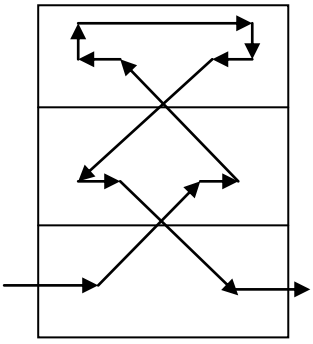
۳. الگوی c: از این الگو وقتی استفاده می‌شود که لازم باشد ورود و خروج جریان در طبقه همکف بوده و درب ورود و خروج در یک طرف باشد. در این الگو از دو آسانسور استفاده می‌شود. لازم به ذکر است در الگوهای a، b و c صعود مواد به صورت غیر متمرکز بوده و در هر طرف از طبقات می‌تواند این صعود انجام گیرد.



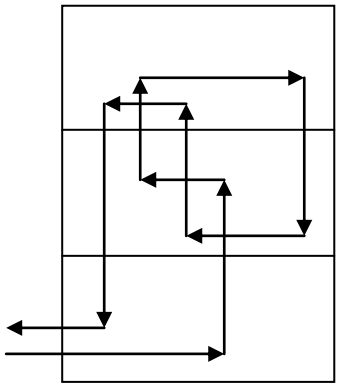
٤. الگوی d: در این الگو ورود و خروج در یک طرف و در طبقه همکف صورت می‌گیرد و یک سیستم متمرکز حمل و نقل، صعود متمرکز مواد را بر عهده دارد (استفاده از یک آسانسور متمرکز) و حرکت در طبقات در یک طرف ساختمان انجام می‌گیرد چرا که حرکت بین طبقات در جهت مشابه انجام می‌شود. بیمارستان مثال خوبی برای این الگو می‌باشد.



۵. الگوی e: در این الگو ورود و خروج از چپ و راست و از طبقه پایین انجام می‌گیرد. جریان مواد در طبقات به صورت زیگزاگ و در سطح شیب‌دار حرکت می‌کند. وجود تسمه نقاله و پلکانهای متحرک از نتایج بکارگیری این الگو می‌باشد. بدیهی است در مواردی که برای حمل و نقل می‌توان از نوار نقاله به جای آسانسور به جهت صرفه‌جویی در هزینه استفاده نمود برای حرکت مواد بین طبقات مختلف از نوار نقاله استفاده می‌شود.



٦. الگوی f: در الگوی f ورودی و خروجی در یک طرف و در طبقه همکف صورت می گیرد. در این الگو از یک آسانسور متمرکز استفاده می‌شود. حرکت به صورت تصادفی است و برگشت به عقب در این طرح وجود دارد.



دلیل اینکه در الگوی f، حرکت برگشت مواد اتفاق می‌افتد، این است که برگشت به طبقه فوقانی می‌تواند به دلیل کمبود امکانات و ماشین‌آلات باشد.

در انتخاب الگوهای مختلف جریان مواد نکات زیر حتماً در نظر گرفته شود:

١. استقرار حتی‌المقدور در خط مستقیم یا انواع آن باشد.
٢. بنای ساختمان باید بر مبنای طرح استقرار باشد.
٣. راهروها باید به طور مستقیم در نظر گرفته شوند.
٤. حداقل برگشت را داشته باشیم.
٥. کارهای مرتبط نزدیک هم قرار داشته باشند.
٦. زمان تولید قابل پیش‌بینی باشد.
٧. مشکلات برنامه‌ریزی حداقل باشد.
٨. حداقل مواد و قطعات در حین کار وجو داشته باشد.
٩. انعطاف کافی رعایت شود.
١٠. برنامه‌های توسعه مد نظر قرار گیرد.
١١. نسبت زمان واقعی تولید به زمان کل تولید باید حداکثر شود.
١٢. کیفیت مرغوب با حداقل بازرسی حاصل شود.
١٣. کمترین فواصل در جابجایی مواد در نظر گرفته شود.
١٤. کمترین جابجایی‌ها در نظر گرفته شود.
١٥. جابجایی‌های مکرر بدون ضرورت انجام نشود.
١٦. جابجایی در واحد بار انجام شود.
١٧. کارخانه تمیز و مرتب باشد.

۱۸. کارکنان مشغول به کار با انگیزه باشند.

رویه طراحی الگوی جریان مواد

۱. **مشخص کردن و مرور تمام عناصر** که حرکت می کنند، شامل:

الف- مواد

ب- ضایعات

پ- نیروی انسانی

ت- تجهیزات

ث- اطلاعات

۲. **جمع آوری اطلاعات** در مورد:

الف- مسیرهای تولید

ب- تخمین نرخ متوسط و میزان کل ضایعات

پ - متوسط حرکت افراد: که شامل تعداد افراد و محل آنها نسبت به ۱- تجهیزات تولیدی، ۲- بازرسی و کنترل کیفیت، ۳- اطاق ابزار، ٤- تعمیرات و نگهداری، ٥- رختکن ها، ٦- دستشویی ها، ۷- غذا خوری و سایر قسمت هاست.

ت- اطلاعات فنی در مورد تجهیزات تولیدی قابل حمل و نقل که از یک محل به محل دیگر منتقل می‌شوند.

ث- جریان اطلاعات مثل: ۱- سیستم های ارتباط، ۲- جریان نامه نگاری ها، ۳- علامت دهنده ها، ٤- ایستگاه های کنترل کامپیوتری، ٥- وسایل تبادل اطلاعات تولید.

۳. **مرور ملاک های برنامه ریزی جریان**

٤. **مرور عوامل موثر در جریان**

٥. **بررسی ترکیب های مختلف** در ارتباط با محصول، فعالیت و عناصر یا قسمت های آن

٦. **مرور روش های تحلیلی جریان مواد** و انتخاب روش هایی که برای تحلیل، مستند سازی، و همگذاری طرح مورد نظر مناسبت بیشتری دارند.

۷. **استفاده از روش هایی** که برای ثبت، محاسبه، تحلیل، ترکیب و تلفیق جریان مواد، افراد، تجهزات، و اطلاعات در قدم ٦ انتخاب کرده اید.

۸. **تهیه چند طرح اولیه الگوی جریان** با توجه به روش های تحلیلی عواملی مثل:

الف- محل قسمت های دریافت و ارسال

ب- محل های حمل و نقل(فعلی و آتی)

پ- مقدار و جهت توسعه

ت- انعطاف پذیری

ث- سایر عوامل

۹. **الگوی پیشنهادی را مرور و ارزیابی کنید**. کروکی هایی که به عنوان گزینه های مختلف ترسیم کرده اید را براساس عواملی نظیر آنچه که در این برگ ارزیابی آمده است مقایسه کنید. ابتدا به هر عامل یک وزن نسبی بدهید، سپس امتیاز خام هر گزینه را در ترازوی هر کدام از این عامل ها مشخص کنید، و با ضرب کردن امتیاز خام در وزن نسبی عامل مورد نظر، امتیاز تراز شده گزینه نسبت به آن عامل را بدست آورید. سرانجام امتیاز های تراز شده را با هم جمع کرده و کل امتیاز هر گزینه را مشخص سازید .گزینه ای که بیشترین حاصل جمع امتیازهای تراز شده را داشته باشد مناسب ترین الگوی جریان را در چارچوب این نظام ارزشیابی بدست می دهد.

می توان از روش های سنتی تحلیل جریان مواد و تحقیق در عملیات هم برا ی ارزیابی الگوی جریان مواد استفاده نمود .برای مثال، می توان با داشتن ماتریس فواصل بین دستگاه ها، و ماتریس میزان انتقال مواد در بین آنها، و با ضرب کردن این دو ماتریس در یکدیگر، اطلاعات لازم برای استفاده از مسئله کار گماری و تعیین محل بهینه ماشین آلات را فراهم ساخت.

۱۰. **تجدید نظر و تکمیل کروکی طرح ها** کروکی طرح هایی که در قدم های ۸ و ۹ تهیه و ارزشیابی شده‌اند را مورد تجدید نظر قرار داده و تصحیحات لازم را انجام دهید.

۱۱. سعی کنید خصوصیات مثبت گزینه ها را در یک الگو ترکیب کنید.

۱۲. الگوی پیشنهادی را مجدداً بر اساس عوامل و ملاک های ارزیابی جریان کنترل کنید.

۱۳. **الگوی پیشنهادی جریان را ترسیم کنید** این الگو سکوی حرکت به مراحل بعدی است.

فصل پنجم: روش های سنتی تحلیل جریان مواد

عمومی ترین روش های سنتی تحلیل جریان مواد در زیر فهرست گردیده اند.

۱. درخت محصول
۲. لیست قطعات
۳. فهرست مواد
٤. برگ مسیر تولید
۵. نمودار مونتاژ
٦. نمودار فرآیند عملیات
۷. نمودارفرآیند بلاکی
۸. نمودار شدت جریان
۹. نمودار فرآیند چند محصولی
۱۰. دیاگرام ریسمانی
۱۱. نمودار فرآیند(جدول جریان- جدول جریان فرآیند عملیات)
۱۲. دیاگرام جریان
۱۳. نمودار فرآیند جریان
۱٤. دیاگرام تقدم و تأخر
۱۵. نمودار از- به
۱٦. نمودار رویه
۱۷. شبکه مسیر بحرانی

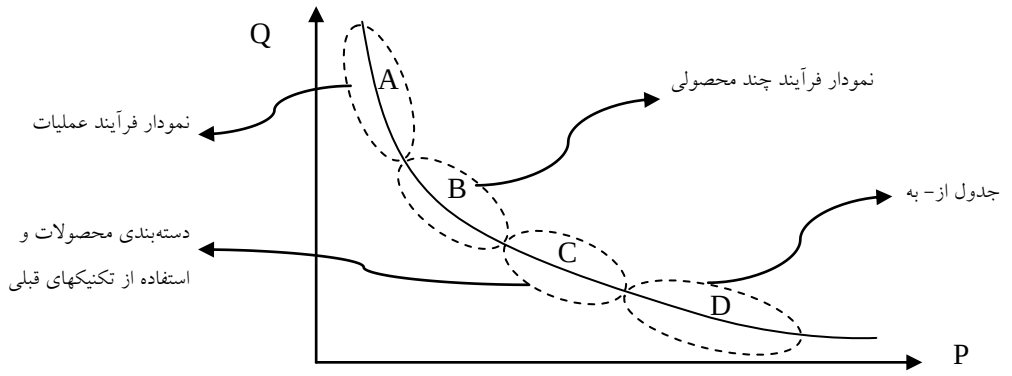
طبعاً در هر مسئله طرح ریزی از تمام این روش ها استفاده نمی شود. در ادامه این فصل روش های سنتی برای تحلیل، برنامه ریزی و طراحی جریان مواد را شرح می دهیم.

نمودار P.Q و تجزیه و تحلیل جریان مواد

نمودار P.Q علاوه بر اینکه در تعیین نوع استقرار ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده قرار می گیرد، می‌تواند به عنوان راهنمایی جهت تعیین نوع تکنیک تجزیه و تحلیل جریان مواد مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به نمودار تنوع- مقدار کارخانه‌ای که تعداد محدودی انواع قطعه به میزان زیاد (A) تولید می‌کند، می‌تواند برای تجزیه و تحلیل جریان مواد از نمودار فرآیند عملیات استفاده نماید. برای تعداد زیادی انواع قطعه با میزان تولید نسبتاً بالا (B) نمودار فرآیند چندمحصولی مناسب‌ترین تکنیک برای تجزیه و تحلیل جریان مواد می‌باشد. هنگامی که با انواع زیادی از اقلام (C) سروکار داریم رویه دیگری برای تجزیه و تحلیل در پیش گرفته می‌شود که به آن انتخاب یا دسته‌بندی گفته می‌شود. در اینجا بعد از دسته‌بندی قطعات یکی از

تکنیکهای قبلی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در نهایت چنانچه قطعات بسیار متنوع با حجم تولید نسبتاً کم (D) باشد، از جدول از–به استفاده می‌شود.



درخت محصول

درخت محصول نموداری است که کلیه مراحل و درجات ساخت یک محصول را همراه با خطوط ارتباطی بین والدها، فرزندان و برگ‌ها نشان می‌دهد.

لیست قطعات (part list)

لیست قطعات فهرستی از اجزاء تشکیل‌دهنده یک محصول را نشان می‌دهد، همچنین اطلاعات مربوط به اقلام خریدنی یا ساختنی در لیست قطعات مشخص می‌شود. برای هر محصول یک لیست قطعات جداگانه تهیه می‌شود.

فهرست مواد (B.O.M)

این فرم به یک فهرست قطعات طبقه‌بندی شده اشاره می‌کند که شامل همان اطلاعات لیست قطعات به علاوه اطلاعاتی در مورد ساختار محصول می‌باشد. برای هر محصول یک فرم فهرست مواد تهیه می‌شود.

برگ مسیر تولید (Route Sheet)

این برگه مراحل فرآیند و عملیات لازم جهت تبدیل مواد خام به محصول نهایی را برای هر قطعه نشان می‌دهد. برگ مسیر تولید به نام برگ فرآیند و یا برگ عملیات یا جدول مراحل ساخت نیز شناخته می‌شود.
کاربرد این لیست اکثراً در منترل موجودی– طراحی انبار است.

مسیر تولید ، در واقع سلسله عملیاتی است که برای تولید قطعه یا محصول انجام می شود . برای ثبت این مراحل و روش کار، از برگ مسیر تولید استفاده می شود، اقلام زیر غالباً در این برگ نوشته می شوند:

۱. نام و شماره قطعه
۲. شماره و ترتیب عملیات
۳. نام عملیات
٤. شرح عملیات
۵. نام و شماره ماشین آلات
۸. استانداردهای تولید هر قطعه و یا تعداد قطعات تولید شده در واحد زمان
۹. تعداد کارگران
۱۰. میزان فضای مورد نیاز
۱۱. مهارت های مورد نیاز
۱۲. شماره گروه کار

٦. شماره و اندازه ابزارآلات ۱۳. مواد مورد نیاز

۷. شماره و نام دپارتمان

نمونه هایی از برگ مسیر تولید در شکل زیر نشان داده شده است.

فرم مسیر عملیات

شرکت — نام قسمت — تاریخ بازنگری

محصول — شماره قسمت — صفحه — از

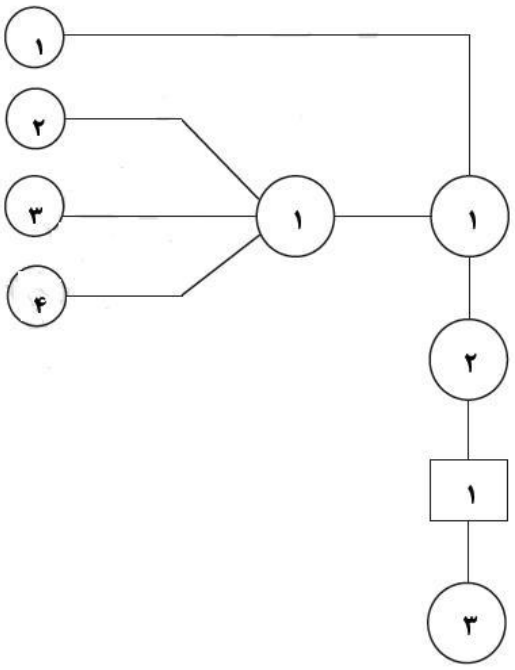
شماره عملیات	شرح عملیات	نوع ماشین	ابزار	دپارتمان	زمان Setup ساعت	زمان عملیات	قطعات٪ شرح	مواد مقدار
0104	شکل‌دهی سوراخ‌کاری‌برش	اتوماتیک ماشین‌سوراخ زنی	درل	ماشین ابزار	۵	۰/۰۰۰۵۷	آلومینیم ۱×۱۲	۸۰

http://www.iedoc.ir

تهیه کننده — تایید کننده

نمودار مونتاژ (Ass. C)

نمودار مونتاژ ترتیب سوار کردن قطعات را بر روی یکدیگر از ابتدا تا تشکیل محصول نهایی نمایش می‌دهد.



این نمودار که در شکل بالا نشان داد شده است می تواند جنبه های زیر را مشخص سازد.

۱. محصول از چه قطعاتی تشکیل شده است.

۲. قطعات چگونه به یکدیگر می پیوندند.

۳. هر مونتاژ فرعی شامل چه قطعاتی است.
٤. قطعات چگونه به خط مونتاژ وارد می شوند.
۵. ارتباط قطعات در جریان مونتاژ های فرعی چگونه است.
٦. تصویر کلی عملیات مونتاژ چطور است.
۷. الگوی کلی جریان مواد چه شکل و مشخصاتی خواهد داشت.

نحوه ترسیم نمودار مونتاژ

برای رسم نمودار مونتاژ به ترتیب زیر عمل می شود:

۱. با توجه به فهرست قطعات و یا صورت مواد، یکی از قطعات را به عنوان قطعهٔ اصلی انتخاب نمایید. معمولاً قطعه ای انتخاب می شود که قسمت اساسی محصول را تشکیل دهد .بعداً سایر قطعات و مونتاژ های فرعی به ترتیب بر این قطعهٔ اصلی سوار می شوند.
۲. در فاصلهٔ ۱.۵ سانتی متری گوشه چپ و بالای کاغذ، دایره ای به قطر ۰.۵ سانتی متر رسم کنید، نام قطعهٔ اصلی و شمارهٔ آن را در کنار دایره بنویسید.
۳. از این دایره یک خط افقی تا ۲.۵ سانتی متری سمت راست کاغذ رسم کنید.
٤. از انتهای خط فوق یک خط عمودی به طول ۱.۵ سانتی متر و به سمت پایین کاغذ بکشید و در انتهای آن دایره ای به قطر ۱.۵ سانتی متر رسم نمایید.
۵. قطعه بعدی را که بر روی قطعهٔ اصلی سوار می شود مشخص کنید، برای نشان دادن آن، دایره ای به قطر ۰.۵ سانتی متر در سمت چپ کاغذ و در پایین دایره قبلی رسم نمایید .ترتیب تقدم و تأخر سوار کردن قطعات باید منطقی و به نحوی باشد که در عمل انجام می شود .در اینجا ممکن است سه حالت روی دهد:

الف- در صورتی که این قطعه به تنهایی بر قطعهٔ اول سوار شود و دو قطعه بر روی هم یک واحد قابل حمل و نقل را تشکیل دهند، آنگاه از دایرهٔ مربوط به قطعه دوم خطی افقی به سمت راست کاغذ رسم کنید تا به دایره ای که قبلاً در انتهای خط عمودی مربوط به قطعهٔ اصلی رسم شده بود متصل گردد.

ب- در صورتی که قطعهٔ دوم همراه با چند قطعهٔ دیگر بر قطعهٔ اصلی سوار شوند، ابتدا به ترتیب سوار شدن قطعات، برای هر یک دایره ای به قطر۰.۵ سانتیمتر، زیر دایرهٔ قبلی در سمت چپ کاغذ رسم نمایید، و سپس هر یک از این دایره ها را به کمک خطی به دایره ای که قبلاً در انتهای خط عمودی مربوط به قطعهٔ اصلی رسم شده بود متصل کنید .قطعات باید به همان ترتیبی که سوار می گردند در این نمودار نشان داده شوند.

پ- در صورتی که قطعهٔ دوم ابتدا به چند قطعهٔ دیگر متصل شود (مونتاژ فرعی) و سپس مجموعه این قطعات بر قطعهٔ اصلی سوار گردد، آنگاه ابتدا برای هر یک از این قطعات و به ترتیبی که در عمل سوار می‌شوند، دوایری به قطر۰.۵ سانتی متر در طرف چپ کاغذ رسم کنید .این دایره ها را به دایره ای به قطر ۱

سانتی متر وصل کرده، سپس دایرهٔ اخیر را به دایره ای که قبلاً در انتهای خط عمودی مربوط به قطعه اصلی در سمت راست کاغذ رسم شده بود متصل نمایید.

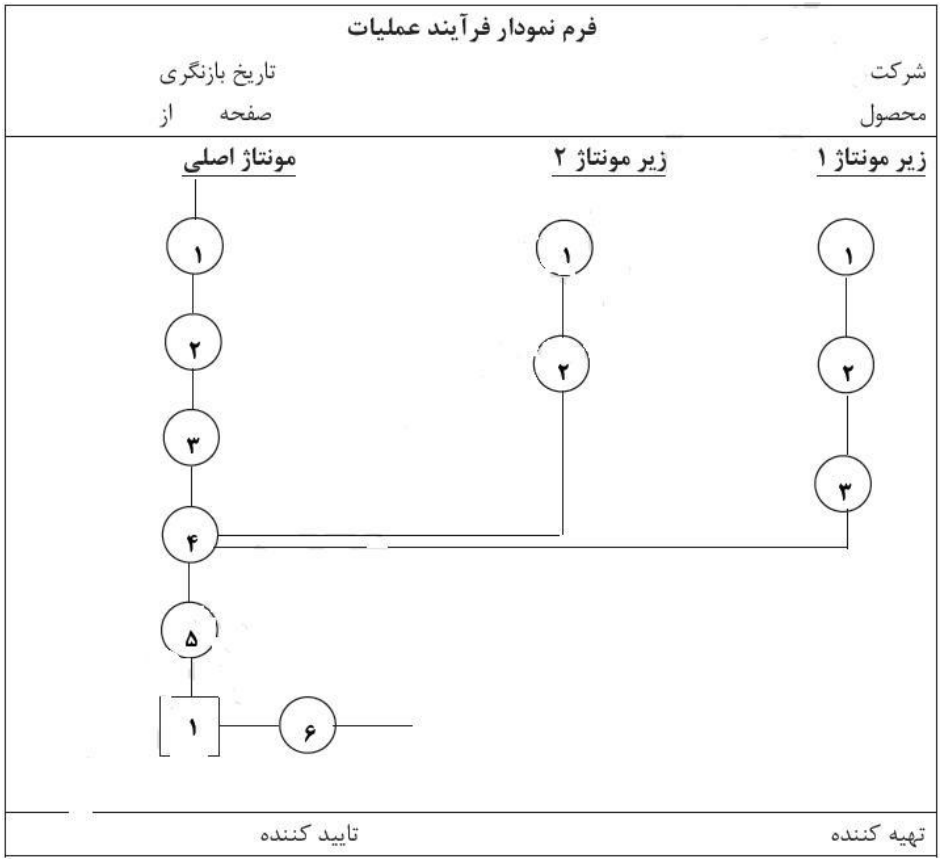
٦. همین مراحل را برای کلیه قطعات دیگر تکرار کنید (هر بار یک دایره ۲.۵ سانتی متری جدید در فاصلهٔ ۱.۵ سانتی متری و پایین دایرهٔ قبلی رسم کرده و مرحلهٔ قبل از تکرار نمایید).

۷. این نمودار را با فهرست قطعات و صورت مواد مطابقت کنید تا مطمئن شوید که هیچ یک از اجزاء محصول از قلم نیفتاده است .در صورت تمایل شمارهٔ عملیات مونتاژ فرعی را در دایره های مربوط بنویسید.

این نمودار از بالا به پایین ترتیب سوار کردن قطعات را نشان می دهد .البته دایره‌های ۱ و ۱.۵ سانتی متری، نشان دهنده ایستگاه های عملیات نیستند و فقط عملیات را مشخص می کنند .یعنی ممکن است تمام عملیات لازم برای سوار کردن قطعات محصول در یک ایستگاه کار انجام شوند .می توان مدت انجام عملیات را نیز در نمودار مونتاژ ثبت نمود.

نمودار فرآیند عملیات (O.P.C)

در نمودار فرآیند عملیات ، علاوه بر ترتیب سوار کردن قطعات ، کلیه عملیات و بازرسیها در طول فرآیند تولید محصول نیز نشان داده می شود .از این رو ، این نمودار الگوی جریان مواد را به طرز بهتری تصویر می‌کند و ابزار مناسبی برای برنامه ریزی و کنترل است. نمودار فرآیند عملیات همراه با برخی اطلاعات دیگر به عنوان یک ابزار کارآمد مدیریت مورد استفاده قرار می گیرد.



اطلاعات زیادی به شرح زیر در بطن این نمودار وجود دارد.

۱. تلفیق مسیر تولید با نمودار مونتاژ.
۲. کلیه عملیاتی که بر روی هر قطعه انجام می شوند.
۳. ترتیب انجام عملیات بر روی هر قطعه.
٤. ترتیب ساخت و مونتاژ قطعات.
۵. پیچیدگی نسبی ساخت قطعات.
٦. ارتباط قطعات.
۷. طول نسبی خط تولید و فضای مورد نیاز.
۸. محل ورود قطعات به خط اصلی تولید.
۹. لزوم مونتاژهای فرعی.
۱۰. تفاوت بین قطعاتی که مستقیما بر روی سایر قطعات سوار می شوند و قطعاتی که قبل از سوار شدن چندین عملیات و بازرسی بر روی آنها انجام می گیرد.
۱۱. اطلاعات اولیه برای طرح ریزی ایستگاه های کار.
۱۲. اطلاعات اولیه برای تعیین تعداد کارگران مورد نیاز.
۱۳. تمرکز نسبی ماشین آلات ، تجهیزات و نیروی انسانی.
۱٤. ماهیت الگوی جریان مواد.
۱۵. ماهیت مسائل انتقال مواد.
۱٦. مشکلات احتمالی جریان تولید.
۱۷. شمای کلی فرآیند تولید.

نحوه ترسیم نمودار فرآیند عملیات

قطعه اصلی که سایر قطعات بر آن سوار می شوند و بیشترین عملیات بر روی آن انجام می گیرد را انتخاب نمایید . در قسمت بالا و سمت راست کاغذ پاره خط افقی به طول ۲ سانتی متر رسم کنید. نام و شماره قطعه اصلی را در بالای آن بنویسید .از انتهای چپ این پاره خط یک خط عمودی به طرف پایین بکشید و عملیات و بازرسی های لازم تا قبل از سوار کردن قطعهٔ بعدی را بر روی این خط عمودی نشان دهد . عملیات را با دایره هایی به قطر ۱ سانتی متر و بازرسی ها را با مربع هایی به ضلع ۱ سانتی متر مشخص نمایید .برا ی قطعهٔ دوم نیز همین کارها در کنار خط افقی مربوط به قطعهٔ اول و با فاصلهٔ مناسب تکرار کنید .پس از ثبت کلیه عملیات و بازرسی های مربوط به قطعه دوم و آماده شدن آن برای مونتاژ با قطعهٔ اول، یک خط افقی عمومی قطعهٔ دوم به سمت خط عمودی قطعه اول رسم کنید و در محل تقاطع آن با خط اول دایره ای رسم نمایید.این دایره مونتاژ قطعهٔ دوم اصلی را نشان می دهد .همین کار را برای سایر قطعات تکرار کنید، شمارهٔ عملیات و بازرسی ها را در داخل علامت های مربوطه وارد کنید.

در صورتی که چند قطعه با هم بر روی قطعهٔ اصلی سوار شوند، آنگاه از خط افقی مربوطه به هر یک از این قطعات یک خط عمودی رسم کنید و عملیات و بازرسی های هر قطعه را بر روی این خط عمودی مشخص نمایید .پس از ثبت تمام این اطلاعات، از انتهای هر خط عمودی یک خط افقی به سمت خط عمودی قطعه اصلی رسم نمایید و مونتاژ این چند قطعه را بر روی قطعه اصلی با یک دایره نشان دهید.

در صورتی که چند قطعه ابتدا بر روی یکدیگر سوار شوند و سپس مجموعهٔ آنها بر روی قطعهٔ اصلی سوار گردد ،آنگاه انتهای خطوط عمودی آنها را توسط خط های افقی به یک دایره وصل کنید، و بعد این دایره را به دایرهٔ دیگری که در روی خط عمودی مربوط به قطعه اصلی قرار دارد متصل نمایید .دایرهٔ اول نشان دهندهٔ سوار کردن قطعات بر روی یکدیگر و دایرهٔ دوم نشانگر سوار کردن این مجموعه بر روی قطعهٔ اصلی است.

در مورد قطعاتی که بدون انجام هیچ عملیات یا بازرسی با سایر قطعات مونتاژ می شوند، دیگر احتیاجی به خط عمودی نیست، آنها را در نقطهٔ سوار کردن با خط کوتاه افقی نشان دهید .این خط کوتاه به دایره ای در روی خط عمودی مورد نظر متصل می شود و سوار کردن آنها را نشان می دهد.

شرح مختصری راجع به نوع عملیات در کنار در کنار هر دایره بنویسید .زمان انجام عملیات و شماره یا نام قسمتی که عملیات در آنجا انجام می شود نیز می توان در نمودار فرآیند عملیات نوشته شود.

نمودار فرآیند عملیات را با برگ های فهرست قطعات یا صورت مواد و مسیر تولید مقایسه کنید تا مطمئن شوید که هیچ چیز از قلم نیفتاده است.

نمودار مونتاژ تنها بر اساس فهرست قطعات یا صورت مواد تهیه می گردد، و حاوی اطلاعاتی در مورد عملیات نیست .در نمودار فرآیند عملیات علاوه بر صورت مواد یا فهرست قطعات از برگ های مسیر تولید نیز استفاده می شود .

با کامل شدن نمودار فرآیند عملیات و بررسی و مطالعهٔ آن، می توان تصویری از الگوی جریان را مجسم نمود، مسائل مهم و غیر مهم را از یکدیگر تفکیک کرده، و همچنین محل بیشترین تمرکز ماشین آلات را تشخیص داد .در عین حال، فعالیت هایی که ارتباط زیادی با یکدیگر دارند و باید نزدیک به هم باشند نیز مشخص می‌گردند .به علاوه می توان ضرورت مونتاژ های فرعی و محل آنها را نیز بررسی نمود .با وجود این، در صورتی که تعداد قطعات متشکله محصول زیاد باشند، آنگاه تصویر آنها در نمودار فرآیند عملیات معمولاً چندان مشخص نیست، و گاهی اصلاً امکان پذیر نیست .برای مثال، یک اتومبیل چهار در معمولی دارای بیش از ده هزار قطعه است، نشان دادن این اقلام و عملیات مربوط به آنها در یک نمودار فرآیند عملیات طبعاً به شکل فوق العاده پیچیده ای منتهی می گردد .از این رو، معمولاً در این حالات برای هر قطعهٔ اصلی محصول یک نمودار فرآیند عملیات تهیه می شود.

نمودار فرآیند بلاکی

ابزاری است شبیه نمودار فرآیند عملیات که برای نمایش روش تولید محصولاتی که قطعه ندارند به کار برده می‌شوند و غالباً از علائم مستصیل و پیکان جهت ترسیم این نمودار استفاده می‌شود. در داخل مستطیل نام فرآیند انجام شده، ظرفیت و نام دستگاه مربوطه نوشته می‌شود و بر روی خطوط ارتباطی نام و مشخصات و میزان مواد ورودی و خروجی هر فرآیند نوشته می‌شود. صنایع غذایی، شیمیایی، دارویی و نساجی معمولاً از این نمودار استفاده می‌کنند.

نمودار شدت جریان

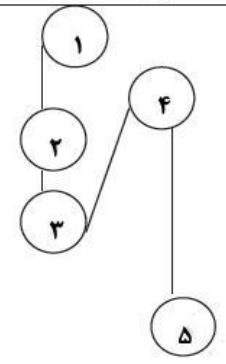
این نمودار میزان مواد ورودی به هر عملیات، میزان مواد خروجی و همچنین میزان مواد دور ریز، سرقیچی، براده و خرابی را نشان می‌دهد. این نمودار بیشتر در تحلیل عملیات تولیدی و در مورد ماشین‌الات تولیدی که با کارهایی نظیر ماشین‌کاری فلزات، تراشکاری، برش، فرآیندهای شیمیایی و در کل عملیاتی که جنبه تولیدی داشته و مربوط به سوار کردن قطعات بر روی هم نباشد مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نمودار در صنایع فلزی، یعنی صنایعی که با ورق فلز در ارتباط هستند کاربرد دارد چون این صنایع دارای دور ریز بالایی هستند.

نمودار فرآیند چند محصولی

وقتی که در کارخانه سه یا چهار محصول تولید شوند، بهتر است برای هر کدام یک نمودار فرآیند عملیات تهیه گردد .اما چنانچه تنوع محصولات زیاد باشد، معمولاً از نمودار فرآیند چند محصولی استفاده می شود . در سمت چپ این نمودار، نام فعالیت ها و در سطر اول آن نام محصولات یا قطعات نوشته می شود. به این ترتیب، می توان مسیر تولید قطعات مختلف یک محصول و یا محصولات مختلف را با یکدیگر مقایسه نمود .این نمودار برای آگاهی از تعداد برگشت ها مورد استفاده قرار می گیرد، در عین حال، نشان می دهد که مواد بیشتر بین کدام قسمت ها رد و بدل می شوند، و در نتیجه کدام قسمت ها باید به یکدیگر نزدیک تر باشند.

فرم جدول فرآیند چند محصولی

شرکت — تاریخ بازنگری صفحه از

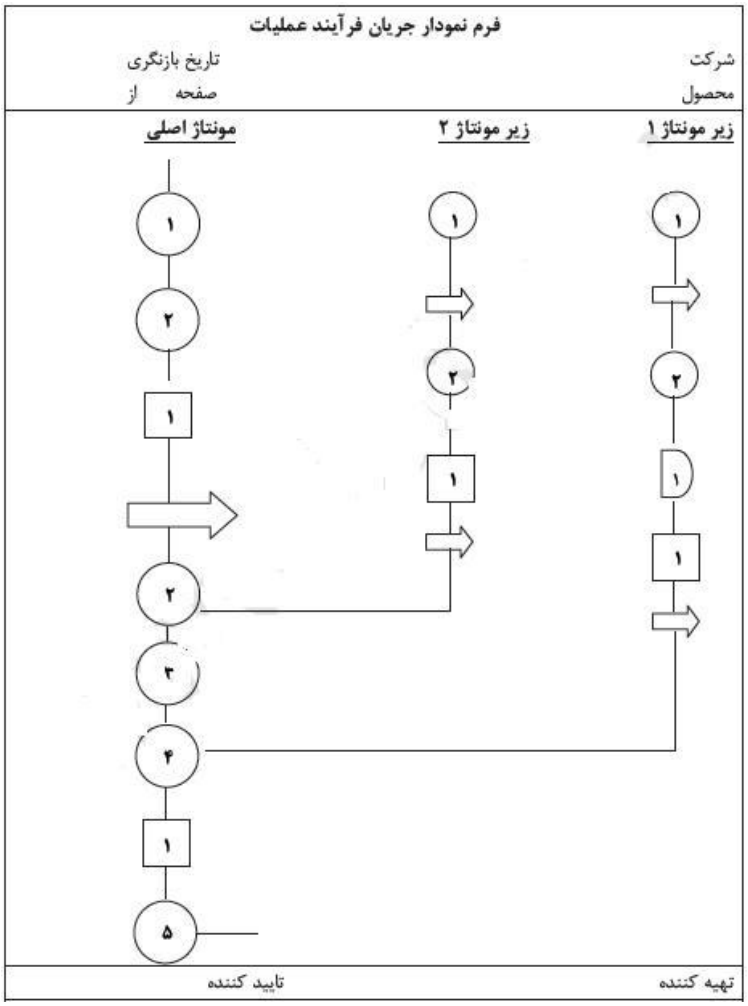
محصول M		محصول (۳)	محصول (۲)	محصول (۱)	لیست تجهیزات
					تجهیز (۱) تجهیز (۲) . . . تجهیز M
تهیه کننده			تایید کننده		

نمودار فرآیند

فعالیت‌هایی چون انبارکردن، حمل و نقل و تاخیرات در O.P.C آورده نمی‌شود ولی در عمل در سطح واحد صنعتی وجود دارد. از بررسی حمل و نقل، تاخیرات و انبارها می‌توان به منظور بهبود جریان مواد (و نه فرآیند عملیات) استفاده نمود و بنابراین لازم است جداگانه بررسی شود. نمودار فرآیند و نمودار فرآیند جریان این کار را انجام می‌دهند. نمودار فرآیند جریان نشان‌دهنده فرآیند جریان عملیات تولیدی می‌باشد.

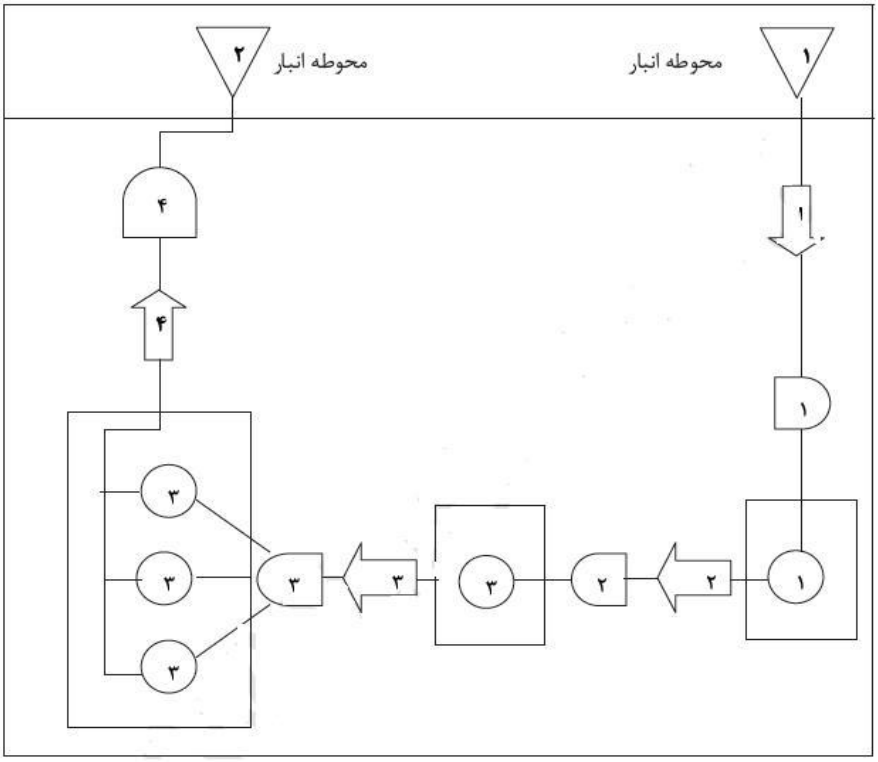
نمودار فرآیند جریان

این نمودار جزئیات بیشتری را نسبت به نمودار فرآیند عملیات نشان می‌دهد. (حمل و نقل، انبار و تاخیر). این نمودار کاملترین وسیله نمایش کلیه فعالیت‌هایی است که بر روی محصول انجام می‌شود.



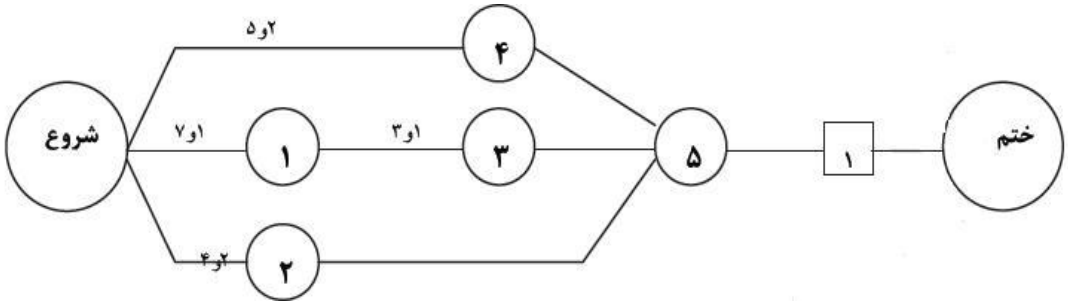
دیاگرام جریان

دیاگرام جریان، نمودار فرآیند جریانی است که بر روی شمای کف کارخانه رسم می‌شود و نشان‌دهنده تصویری جریان انجام کار است.



دیاگرام تقدم و تاخر

این دیاگرام کلیه عملیات مربوط به تولید را در قالب یک شبکه (C.P.M) نشان می‌دهد به طوریکه تقدم و تأخر هر عملیات نسبت به عملیات دیگر داده می‌شود. از این دیاگرام برای بالانس خط تولید و تعیین ایستگاه‌های کاری استفاده می‌شود.



دیاگرام ریسمانی (S.D)

غالباً برای آگاهی از جریان کلی مواد در کارخانه از شکل ریسمانی استفاده می شود .برای این منظور ابتدا نقشه ای از محل کارخانه با مقیاس مناسب تهیه می گردد .سپس مسیر حرکت هر یک از عناصر به کمک یک نوار، نخ یا ریسمان بر روی این نقشه نشان داده می شود .برای هر عنصر از یک رنگ خاص استفاده می گردد و در حال هر فعالیت، ریسمان با سنجاق یا میخ به نقشه متصل می شود.

نمودار رویه

یکی از جنبه‌های مهم طرح‌ریزی واحدهای صنعتی ایجاد ارتباط اطلاعاتی است؛ زیرا ارتباط اطلاعاتی نقش مهمی در کارآیی فعالیت‌ها دارد. نمودار رویه برای نشان دادن حرکت یا ارتباطات کتبی و شفاهی بین فعالیت‌ها، دپارتمانها و افراد برای نمایش رابطه جریان مواد و جریان اطلاعات مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نمودار از- به

نمودار از- به یکی از ابزارهای متداولی است که در طرح ریزی محل ماشین آلات و بررسی انتقال مواد به کار گرفته می شود .این نمودار به خصوص در مواردی که حرکت های زیادی بین قسمت های مختلف وجود داشته باشند، مفید واقع می گردد. موارد استفاده از این نمودار در زیر آمده است:

۱. تحلیل الگوی جریان.
۲. طراحی الگوی جریان.
۳. تعیین محل فعالیت ها.
٤. تعیین محل دپارتمانها در طرح استقرار
۵. مقایسه طرح های مختلف استقرار دستگاه ها.
٦. مشخص نمودن همبستگی فعالیت ها.
۷. نشان دادن میزان حرکت بین فعالیت ها.
۸. کوتاه کردن مسافت طی شده بین فعالیت ها.
۹. فراهم کردن اطلاعات لازم برای استفاده از روش‌های کامپیوتری

نمودار از- به گاهی به نام جدول مسافرت و جدول متقاطع خوانده می شود، زیرا شبیه نمودار تعیین مسافت در نقشه هاست.

نحوه تهیه نمودار از - به

۱. اطلاعات اولیه را تحلیل نموده و انواع فعالیت ها، ماشین آلات، قسمت ها، ساختمان ها و غیره را مشخص نمایید.
۲. اطلاعات را تا یک حد معقول خلاصه کنید و فعالیت های اصلی را در نظر بگیرید. اعداد هر ردیف نشان دهنده ترتیب توالی عملیات است .برای مثال، محصول شمارهٔ ۱ در فرآیند تولید خود به ترتیب از قسمت های انبار مواد اولیه، فرزکاری، تراشکاری، پرسکاری و بازرسی نهایی می گذرد.

شماره عملیات	انبار	فرز	تراش	مته	
۱	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۵۰
۲	۵	۲۰	۱۰	۳۰و۴۰	۵۰
۳	۵	۱۰	۳۰	۱۰و۲۰	۵۰
۴	۰	-	۱۰و۳۰	۲۰	۵۰
۵	۰	۱۰	۱۰	۳۰	۵۰

۳. جدولی تهیه نمایید، در سطر و ستون این جدول نام فعالیت ها یا مراکز را به ترتیب بنویسید. ترتیب نوشتن عملیات ممکن است بر اساس وضع موجود، یا یک طرح اختیاری اولیه باشد.

به / از	انبار	فرز	تراش	مته	بازرسی	جمع (از)
انبار	///	۱	۱۱۱	۱		۵
فرز		///	۱	۱۱	۱	۴
تراش		۱۱۱	///	۱۱	۱	۶
مته			۱۱	///	۱۱۱	۵
بازرسی					///	۰
جمع (به)	۰	۴	۶	۵	۵	۲۰

٤. به ازای انتقالی که بین دو مرکز انجام گیرد، یک چوب خط در داخل خانه مربوط به آن دو مرکز بزنید .مثلاً برای قطعه شماره یک، ابتدا چوب خطی در خانه ای که در ردیف انبار اولیه و ستون فرزکاری قرار دارد، سپس چوب خطی در خانه مربوط به سطر فرزکاری و ستون تراشکاری، بعد چوب خطی در خانه سطر تراشکاری و ستون پرسکاری، و بالاخره چوب خطی در خانه سطر پرسکاری و ستون بازرسی نهایی وارد کنید .این کار را برای سایر قطعات و محصولات تکرار نمایید .هر خط نشان دهنده حرکت مواد یا قطعات یا محصولات از یک قسمت به قسمت دیگر است.

این خط ها در عین حال می توانند نشان دهنده مقدار مواد منتقل شده، وزن مواد، یا حاصل ضرب تعداد در وزن باشند، در این حالات ممکن است به جای یک چوب خط با توجه به تعداد ،وزن ،یا حاصل ضرب وزن و تعداد، چندین چوب خط در داخل خانه مورد نظر قرار داده شود.

۵. اکنون مجموع چوب خط های هر خانه را حساب کرده و در داخل آن بنویسید .مجموع اعداد داخل خانه‌های هر ردیف را حساب کرده و در مقابل آن ردیف بنویسید .این ارقام نشان دهنده میزان محصولاتی است که از فعالیت مربوط به آن سطر به سایر فعالیت ها منتقل شده اند .برای مثال، مجموع اعداد داخل خانه های سطر چهارم، یعنی مته کاری برابر با ۱۰ است .به عبارتی ۱۰ قطعه از مته کاری به سایر قسمت ها رفته است .به همین ترتیب، از انبار مواد اولیه ۱۷ قطعه به سایر قسمت ها رفته است .چون بازرسی نهایی آخرین مرحله تولید محصول است، لذا هیچ قطعه ای از آنجا به سایر قسمت ها منتقل نشده است .حاصل جمع اعداد همه ردیف ها مساوی ۵۸ است .یعنی مجموعاً ۵۸ حرکت بین قسمت های مختلف صورت گرفته است .مجموع اعداد خانه های هر ستون نیز حساب شده و در زیر آن ستون آمده اند .برای مثال جمع اعداد داخل خانه های ستون مربوط به مته کاری مساوی ۱۰ است، یعنی مجموعاً ۱۰ قطعه از سایر قسمت ها به مته کاری آمده، که این برابر با همان ۱۰ قطعه ای است که از مته کاری به سایر قسمت ها رفته است .چون قسمت مواد اولیه نخستین مرحله تولید است. لذا هیچ قطعه ای به آنجا وارد نگردیده است .از سایر

قسمت ها مجموعاً ۱۷ قطعه به قسمت بازرسی نهایی رسیده اند به طور کلی مجموع اعداد ستون هر مرکز، به استثنای مرکز های اول و آخر، با یکدیگر برابرند، آنچه که از فعالیت اول خارج شده، سرانجام وارد فعالیت آخر گردیده است .مجموع اعداد ستون ها با مجموع اعداد ردیف ها برابرند.

٦. حال نمودار از – به را تحلیل نمایید .بر روی قطر این جدول هیچ عددی نوشته نشده و این بدان معنی است که محصول از یک قسمت به خود آن قسمت نمی رود (خواننده می تواند مفهوم دیگر را نیز تصور نماید، برای مثال، چند درصد از محصول ممکن است احتیاج به دوباره کاری داشته و مجدداً به خود آن قسمت باز گردد). اعداد بالای قطر نشانگر حرکت به عقب هستند .بهترین حالت وقتی است که اعداد در بالای قطر و در می باشد که یک رأس آنها بر روی قطر قرار دارد، و این به آن معنی است که قطعات مستقیماً از یک قسمت به قسمت بعدی رفته اند .خانه مربوط به سطر تراشکاری و ستون سوراخ کاری چنین حالتی را نشان می دهد .یعنی چنانچه محل قرار گرفتن قسمت ها به همین ترتیب باشد، چهار قطعه از قسمت تراشکاری به قسمت مجاور آن که سوراخ کاری باشد منتقل خواهد شد .اعدادی که یک خانه بالاتر از قطر قرار دارند، نشان می دهند که قطعه از یک قسمت عبور کرده و سپس به قسمت بعدی (که فعالیت بعدی در آنجا انجام می گیرد) رسیده است .اعدادی که دو خانه بالاتر از قطر قرار دارند، به معنی آن هستند که قطعه از دو قسمت عبور کرده، تا به قسمت مربوط به فعالیت بعدی برسد .مثلاً خانه سطر فرزکاری و ستون پرسکاری نشان می دهد که محصول پس از انجام فرزکاری از چهار قسمت گذشته و سپس به مرحله بعدی که پرسکاری باشد رسیده است.

۷. آیا امکان اصلاح عملیات وجود دارد و آیا می توان با تغییر محل قسمت های مختلف، اعداد بزرگتر را به خانه هایی که مستقیماً در بالای قطر و یا حداقل نزدیک به آن هستند آورد؟ حال باید سعی کنیم که به نحوی یک معیار کارآمدی یا گشتاور تعریف نماییم.

برای این منظور، اعداد خانه های بالا قطر را عدد را ۱ ضرب می کنیم، اعدادی که دو خانه در بالای قطر قرار گرفته اند را در عدد ۲ و به همین ترتیب سایر اعداد را در ۳ و ٤ و الی آخر ضرب می نماییم .اعدادی که در خانه های زیر قطر قرار دارند را در ۱، و اعدادی که دو خانه زیر قطر گرفته اند را در ۲ و سایر اعداد را نیز به همین ترتیب در وزن های مربوطه ضرب می کنیم .البته می توان برای خانه های زیر قطر به جای وزن های ۱ و ۲ غیره مثلاً از وزن های ۲ و ٤ و الی آخر و یا هر ضریب مناسب دیگری برای نشان دادن برگشت های به عقب استفاده نمود.

مجموع برگشت به عقب‌ها+ مجموع حرکت به جلوها= گشتاور طرح

در اینجا برای خانه های بالا و پایین قطر ضریب یکسانی را به کار برده و محاسبات لازم را انجام می دهیم. به این ترتیب حاصل جمع اعداد این برابر با ۲۰۹ گردیده و این در واقع معیار کارآمدی یا گشتاور نحوه فعلی قرار گرفتن قسمت هاست. (هدف ما این است که معیار کارآمدی را حداقل نماییم).

حال ببینیم آیا می توان گشتاور فوق را لاتغییر محل قسمت ها به مقدار کمتری کاهش داد .الگوریتم معینی برای حداقل کردن این گشتاور وجود ندارد و فقط سعی و خطا امکان پذیر است.(البته بعضی برنامه های کامپیوتری نوشته شده اند که سعی و خطا را به کمک برخی عوامل هدایت کننده با سرعت زیادی انجام می دهند).

فصل ششم: روش های کمی در تحلیل جریان مواد

مقدمه

در این روش ها از اصول و رویه های نسبتاً بغرنج ریاضی و آمار استفاده می شود و عموماً به عنوان روش های تحقیق در عملیات شناخته می شوند .این روش ها معمولاً به محاسبات طولانی و غالباً تکراری احتیاج دارند .از این رو، اغلب برای حل آنها ناچار باید از کامپیوتری استفاده شود .در این فصل روش هایی که بیشتر به عدد و رقم توجه دارند و در تحلیل و برنامه ریزی جریان مواد به کار می روند، مرور و به اختصار تحلیل می گردند ، و در رابطه با کاربردشان ارزیابی می شوند .در واقع ، روش های کمی به کاربرد مباحث تحقیق در عملیات در طراحی جریان مواد می پردازد.

روش های کمی که برای بحث انتخاب شده اند:

۱. برنامه ریزی خطی
۲. مسئله کارگماری
۳. مسئله حمل و نقل
٤. مسئله حمل و نقل مرکب
۵. مسئله فروشنده دوره گرد
٦. برنامه ریزی عدد صحیح
۷. برنامه ریزی پویا
۸. فن منحنی همتراز
۹. نظریه صف
۱۰. تحلیل نقاله
۱۱. شبیه سازی

برنامه ریزی خطی

از برنامه ریزی خطی می توان برای بهینه کردن انتقال های غیر خودکار استفاده کرد ، انتقال غیر خودکار تقریباً به تمام انتقال هایی اطلاق می شود که بدون استفاده از نقاله انجام گردند.

مسئله کارگماری

مسئله کارگماری حالت خاصی از مسئله کلی برنامه ریزی خطی است و مضمون آن از یک دیدگاه اختصاص دادن n وسیله برای انجام n کار است.

مسئله حمل و نقل

عصاره مسئله حمل و نقل این است که کالای معینی باید از مبداء های مختلف عرضه به مقصدهای مختلف تقاضا حمل گردد، به طوری که هزینه حمل و نقل حداقل شود .هزینه را می توان بر حسب فاصله، زمان، یا پول بیان کرد.

مسئله حمل و نقل مرکب

در مسئله استاندارد حمل و نقل، انتقال فقط می تواند بین مبداء و مقصد صورت گیرد .در مسئله حمل و نقل مرکب این محدودیت کنار گذاشته می شود و می توان هر یک از مبداء ها و مقصد ها را نیز به عنوان نقاط میانی منظور نمود، و به این ترتیب، جواب بهینه بهتری جستجو می شود.

مسئله فروشندهٔ دوره گرد

به طورکلی، در مسئله معروف فروشنده دوره گرد n شهر وجود دارد، شخص می خواهد از هر شهر یکبار گذر کند و سرانجام به مبداء حرکت خود بازگردد، هدف مسئله این است که مسیر بهینه حرکت بین شهرها را پیدا کند .مسیر بهینه مسیری است که کل مسافت طی شده یا کل هزینه سفر یا کل زمان سفر را حداقل نماید.

در برخی موارد می توان مسئله تعیین محل ماشین آلات و تجهیزات را به صورت مسئله فروشنده دوره گرد فرموله نمود. مسئله مسیر حرکت کامیون و تراک در کارخانه، و برخی مسایل تعیین ترتیب ماشین آلات نیز می توانند در قالب مسئله فروشنده دوره گرد فرموله شوند.

برنامه ریزی عدد صحیح

در مواقعی که چند ماشین باید در چند محل مشخص مستقر شوند مورد استفاده قرار می گیرد . وجه مشخصه برنامه‌ریزی عدد صحیح این است که متغیرهای آن فقط می توانند مقادیر صحیح باشند.

برنامه ریزی پویا

تفاوت اصلی برنامه ریزی پویا با سایر روش های تحقیق در عملیات آن است که برنامه ریزی پویا می‌خواهد مسئله ای با n متغیر را به n مسئله هر یک با یک متغیر تبدیل نماید.

فن منحنی همتراز

فن منحنی همتراز که توسط جیمز.ام.مور توسعه یافت برای حل مسایل تعیین محل وسایل جدید در یک طرح موجود مورد استفاده قرار می گیرد .در این روش میزان کارآمدی(تابع هدف) بر حسب خطوط هم هزینه اندازه گیری می شود، و هدف این است که هزینه حرکت بین ماشین یا مرکز جدید و ماشین ها یا مراکز موجود به حداقل برسد.

نظریه صف

پاره ای از مدل های جریان مواد دارای مؤلفه های تصادفی هستند .تحلیل خط انتظار یا نظریه صف عمومی ترین و احتمالاً کارآمدترین برخورد تحلیلی با این سیستم های تصادفی جریان مواد است .در این روش ، محاسبات بر حسب میانگین ، واریانس و احتمالات انجام می گردد.

تحلیل نقاله ها

نقاله ها بخش مهمی از خطوط ارتباطی بین ایستگاه های کار را تشکیل می دهند. نقاله ها به سیستم های حلقه باز، و سیستم های حلقه بسته تقسیم بندی می شوند. با کمک این روش به طراحی عملیات نقاله ها پرداخته می شود.

شبیه سازی

شبیه سازی ابزاری است برای آنکه به جای پیاده کردن عین سیستم واقعی، جوهر آن در یک مدل ریاضی منعکس گردد و بر روی کامپیوتر پیاده شود، و برای آزمایش و ارزیابی راه حل های مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

فصل هفتم: تجزیه و تحلیل روابط فعالیت ها

مقدمه

هر چند جریان مواد ستون فقرات استقرار تجهیزات و مراکز تولیدی است ، اما در کنار آن ، مسئله تعیین محل فعالیت های خدماتی و کمک تولیدی نیز وجود دارد .محل این فعالیت ها باید طوری باشد که بتوانند به خوبی به فعالیت های تولیدی خدمت برسانند، میزان نزدیکی آنها به قسمت تولید بستگی به اهمیت نسبی هر کدام دارد که موضوع بحث این فصل می باشد.

انواع فعالیت های خدماتی و کمک تولیدی

فعالیت های خدماتی و کمک تولیدی به چهار دسته اصلی تقسیم می‌گردند:

۱. تولیدی: فعالیت هایی که عمدتاً در خدمت تولید هستند.
۲. کارخانه: فعالیت هایی که عمدتاً با نگهداری ساختمان ها، تاسیسات و تجهیزات مربوط می شوند.
۳. اداری: فعالیت های اداری که در واقع به کل واحد صنعتی خدمت می دهند.
٤. کارمندی:خدماتی که هدف اصلی آنها تامین امکانات رفاهی کارکنان است.

طراح کارخانه باید ابتدا تمام فعالیت های خدماتی و کمک تولیدی را مشخص کند و مطمئن شود که هیچ مرکز مهمی را فراموش نکرده است.

نوع روابط فعالیت ها

طبعاً تمام فعالیت های کارخانه به نوعی با یکدیگر رابطه دارند .این روابط را می توان در حالت کلی به ترتیب زیر تقسیم بندی نمود:

۱. رابطه بین دو فعالیت تولیدی (که این نوع روابط در مبحث جریان تولید و جریان مواد بررسی شدند).
۲. رابطه بین یک فعالیت تولیدی و یک فعالیت خدماتی
۳. رابطه بین دو فعالیت خدماتی

موضوع این فصل بررسی دو رابطه اخیر است.

عوامل موثر در روابط فعالیت ها

الف: احتیاجات خاص برخی از فعالیت ها یا دپارتمان ها(که در این مورد در فصل پنجم صحبت شد).

ب: مشخصات ساختمان

۱. نوع	٤. تعداد طبقات	۷. فاصله ستون ها
۲. اندازه	۵. ارتفاع آزاد	۸. محل درها
۳. شکل	٦. محل ستون ها	۹. جهت توسعه

پ: محل کارخانه

۱. محل
۲. اندازه
۳. توپوگرافی
٤. شکل
۵. جهت ساختمان ها
٦. شرایط جوی

ت: امکانات بیرون کارخانه

۱. انواع تسهیلات حمل و نقل
۲. پارکینگ ها
۳. برق و سیالات
٤. سایر امکانات

ث: توسعه

۱. تغییرات آتی در جریان تولید و طرح کارخانه
۲. محل و عرض راهرو ها
۳. محل و ترتیب فعالیت هایی که توسعه آنها محتمل به نظر می رسد
٤. تجهیزات دائمی(ثابت)
۵. اضافه شدن فضا، مثل طبقات جدید
٦. شکل ساختمان
۷. محل و فاصله ستون ها

درجات روابط متقابل فعالیت ها

A: مطلقاً لازم و ضروری- نزدیک بودن دو فعالیت مطلقاً لازم است.

E: اهمیت خاص (خیلی مهم)- نزدیک بودن دو فعالیت اهمیت خاص دارد.

I: مهم- نزدیک بودن دو فعالیت مهم است.

O: معمولی- نزدیک بودن دو فعالیت بهتر است.

U: غیر مهم و خنثی- نزدیک بودن دو فعالیت مهم نیست.

X: نامطلوب- دور بودن دو فعالیت بهتر است.

XX: کاملاً نامطلوب- دور بودن دو فعالیت ضروری است.

فعالیت هایی که با درجه A با یکدیگر مربوط می شوند باید حتی‌الامکان همسایه باشند . فعالیت های E باید نزدیک و فعالیت های I تقریباً نزدیک بهم باشند .دو فعالیت ممکن است به علت سر و صدا، ارتعاش، دود و بخار، امکان خطر، و نظایر این ها با یکدیگر رابطه X داشته باشند.

ابزارهای مورد استفاده در تجزیه و تحلیل روابط فعالیتها

۱. نمودار رابطه فعالیت ها

از این نمودار، برای تحلیل و بررسی رابطه فعالیت ها استفاده می گردد و معمولاً در موارد زیر به کار می‌رود:

۱. تعیین ترتیب اولیه قرار گرفتن قسمت ها در شروع تهیه نمودار از- به.
۲. تعیین محل مراکز و دپارتمان ها در ادارات و موسسات خدماتی.
۳. تعیین مراکز کار در قسمت تعمیرات و نگهداری.
٤. تعیین محل مراکز خدماتی و کمک تولیدی در کارخانه.

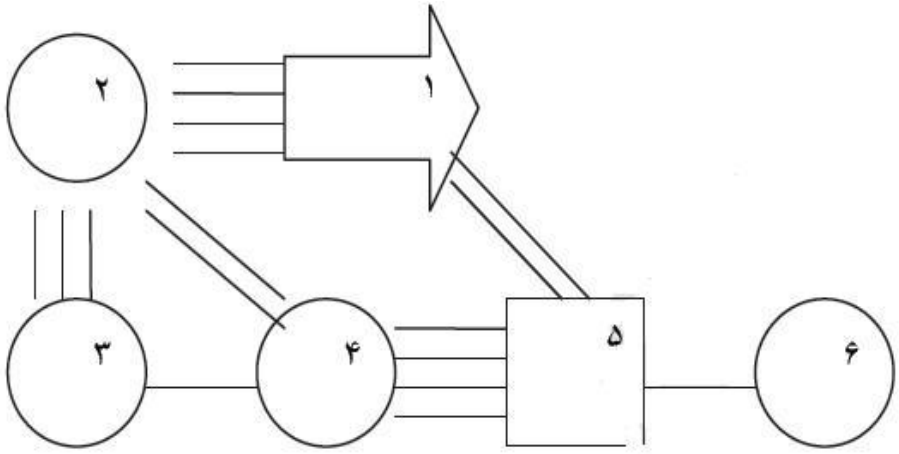
۵. نشان دادن ارتباط فعالیت ها و دلایل ارتباط آن ها.

٦. یافتن مبنایی برای تخصیص محوطه.

۷. مقدمه‌ای برای رسم دیاگرام رابطه بین فعالیت‌ها

نمودار رابطه فعالیت ها شباهت زیادی به نمودار از– به دارد، با این تفاوت که در این نمودار نام فعالیت ها فقط یکبار نوشته می شود .در واقع این نمودار بیشتر شبیه نموداری است که در گوشه نقشه ها برای نشان دادن فاصله شهرها رسم گردد، با این تفاوت که به جای فاصله از علایمی برای روابط، و کدهایی برای علت این روابط استفاده می شود.

درجه نزدیکی	علامت	ارزش	تعداد خطوط	رنگ
مطلقاً لازم	A	4	||||	قرمز
اهمیت خاص	E	3	|||	نارنجی
مهم	I	2	||	سبز
معمولی	O	1	|	آبی
غیرمهم	U	0		بی رنگ
ناخواسته	X	-1	∿∿	قهوه ای
کاملاً ناخواسته	XX	-2	≈≈	مشکی



هر خانه در این نمودار به دو فعالیت مربوط می گردد .حرفی که در قسمت بالای خانه نوشته می شود اهمیت نزدیکی دو فعالیت را نشان می دهد، حروف A، E، I، O، U در قسمت بالای خانه ها وارد شده اند . گاهی نیز به جای حرف از رنگ کمک گرفته می شود، بدین معنی که به جای A از رنگ سرخ، به جای E از رنگ نارنجی، به جای I از رنگ سبز، به جای O از آبی، U بدون رنگ و رنگ قهوه‌ای به جای X استفاده می شود .شماره هایی که دلایل نزدیکی فعالیت ها را بیان می کنند در قسمت پایین هر خانه وارد می شوند .برای مثال، دو فعالیت ممکن ای به واسطه روابط تولیدی، روابط افراد، و یا جریان اطلاعات به یکدیگر مربوط باشند .در این شکل دلایل نزدیکی فعالیت ها به نوعی شماره گذاری شده اند. با این وجود،

معمولاً این قسمت نمودار رابطه فعالیت ها خالی گذاشته می شود، تا در هر مورد بتوان علل نزدیکی فعالیت ها و شماره گذاری مربوطه را به تناسب مشخص نمود. نزدیکی یا دوری فعالیت ها می‌تواند در اثر روابط زیر باشد:

روابط تولیدی

۱. توالی جریان کار
۲. استفاده مشترک از تجهیزات
۳. استفاده مشترک از اسناد
٤. استفاده از فضای مشترک
۵. سرو صدا، گردو غبار، بخار و گاز، ارتعاش و غیره.
٦. آسان شدن انتقال مواد

روابط افراد

۱. کارکنان مشترک
۲. لزوم تماس فوری
۳. ارتباط افراد
٤. مسیر عادی حرکت
۵. سادگی نظارت
٦. انجام کارهای مشابه
۷. حرکت کارکنان
۸. تقلیل کارکنان

جریان اطلاعات

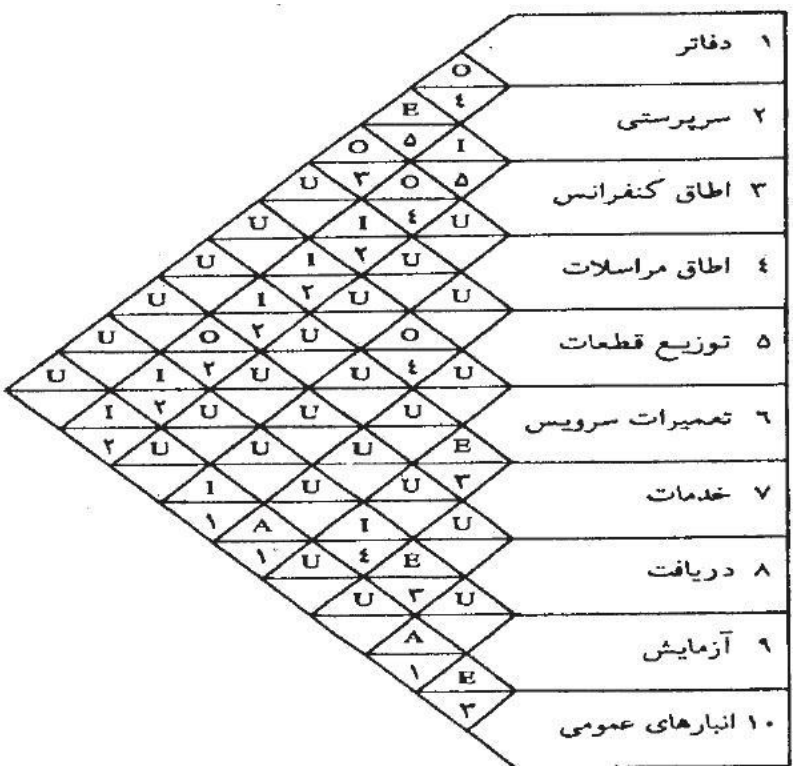
۱. استفاده از بایگانی مشترک
۲. لزوم تماس کتبی
۳. استفاده از وسایل ارتباطی مشترک

دلایل نزدیکی و ترتیب شماره گذاری بستگی به فعالیت های ثبت شده در هر نمودار دارد.

تهیه نمودار رابطه فعالیت ها

بررسی های لازم برای تعیین رابطه فعالیت ها را می توان به ترتیب زیر خلاصه نمود:

۱. تمام فعالیت های کارخانه که حجم قابل ملاحظه ای دارند را مشخص کنید.
۲. این فعالیت ها را به دسته های الف- تولیدی،ب- خدماتی (اداری، تولیدی، کارمندی، کارخانه) تقسیم کنید.
۳. اطلاعات لازم در مورد جریان مواد و جریان اطلاعات جمع آوری کنید.
٤. عوامل تعیین کننده روابط را مشخص کنید. الف- جریان مواد (فقط در مورد تولید)، ب- تجهیزات، پ- جریان اطلاعات، ت- روابط کاری افراد، ث- روابط فیزیکی.
۵. نمودار نظیر شکل زیر بکشید.



۶. فعالیت های مورد نظر را در سمت چپ (یا راست) نمودار بنویسید .ترتیب وارد کردن مهم نیست، اما بهتر است با یک ترتیب منطقی بنویسید.

۷. درجه نزدیکی هر دو فعالیت را در خانه مربوطه به آن دو بنویسید .متوجه باشید که Aها و Eهای زیادی وارد نکنید، چون این کار ممکن است در مراحل بعدی ایجاب نماید که همه فعالیت ها به یکدیگر نزدیک باشند.

۸. شماره علت نزدیکی را در قسمت پایین هر خانه بنویسد .در مورد درجه نزدیکی و علت نزدیکی از افرادی که با آن فعالیت ها آشنایی بیشتری دارند کمک بگیرید.

۹. نمودار رابطه فعالیت ها را مجدداً بازبینی نمایید، تا با داشتن یک دید کلی مطمئن شوید که اهمیت نزدیکی را به درستی ارزیابی کرده اید.

با تکمیل شدن این نمودار، مرحله ثبت اطلاعات رابطه فعالیت ها خاتمه می یابد.

برای تبدیل جدول از-به به جدول رابطه فعالیتها ابتدا اعداد بالا و پایین قطر اصلی را متناظر با یکدیگر جمع کرده (نرمال‌سازی) و سپس طراح استقرار، به جدول از-به یکی از نمادهای فوق را نسبت می‌دهد.

۲. شکل رابطه فعالیت ها

نمودار رابطه فعالیت ها که برای تحلیل و طراحی روابط متقابل فعالیت ها مورد استفاده قرار می گیرد می‌تواند به شکل نیز در آید، که در این صورت شکل رابطه فعالیت ها خوانده می شود .شکل رابطه فعالیت ها به عنوان مبنای تحلیلی و طراحی رابطه بین الگوی جریان مواد و محل فعالیت های خدماتی و کمک تولیدی مورد استفاده قرار می‌گیرد .در این شکل، هر فعالیت به صورت یک مربع نشان داده می شود و

رابطه آن با سایر فعالیت ها بر رئوس مربع مشخص می گردد. (تا این جا اصلاً صحبتی از اندازه فعالیت ها نیست، اندازه ها بعداً وارد مسئله می شوند.)

شکل رابطه فعالیت ها با استفاده از نمودار رابطه فعالیت ها و کاربرگی که به نحوه زیر ترسیم می‌شود به ترتیب زیر تهیه می گردد:

۱. شماره و نام کلیه فعالیت ها را در ستون اول کاربرگ وارد کنید.
۲. به نمودار رابطه فعالیت ها مراجعه نمایید و شماره فعالیت های مرتبط با هر فعالیت را در ستون مربوطه وارد کنید، یعنی شماره فعالیتی که با فعالیت مورد نظر رابطه A دارد در ستون A وارد می شود .در این مثال رابطه قسمت دریافت و ارسال با انبار (فعالیت ۲) از درجه A، با تولید (فعالیت ۵) از درجه، و با فعالیت های ٦ و ۷ از درجه U است، بد نیست اگر کنترلی هم به منظور اطمینان از وجود کلیه فعالیت های دیگر در سطر مربوط به هر فعالیت انجام گیرد .برای مثال، در سطر مربوط به فعالیت شماره ۱، تمام فعالیت ها (۲، ۳، ٤، ۵، ٦ و۷) وجود دارند.
۳. این کار را برای کلیه فعالیت ها تکرار کنید.
٤. نام و شماره هر فعالیت را در وسط یکی از مربع ها بنویسید.
۵. در مربع مربوط به هر فعالیت، شماره سایر فعالیت ها را در کنار علائمی که درجه نزدیکی را نشان می دهد بنویسید، فعالیت هایی که نزدیکی آنها از درجه U باشد نوشته نمی شوند.
٦. مربع ها را ببرید و در آورید.
۷. در وسط هر مربع نام و شماره یک فعالیت نوشته شده، و در چهار گوشه و وسط آن رابطه این فعالیت با سایر فعالیت ها مشخص گردیده است .اکنون سعی کنید مربع ها را با توجه به اطلاعات موجود در آنها طوری در کنار هم قرار دهید که روابط مورد نظر حتی الامکان برقرار گردد .در هنگام قرار دادن آنها اول بر علامت A، بعد به E سپس به I و الی آخر توجه کنید. در مثالی که گفته شد، می توانیم فعالیت ۱ (دریافت و ارسال) را در سمت چپ و بالا قرار دهیم .نزدیکی فعالیت ۲ با این فعالیت از درجه A است، پس فعالیت ۲ را در کنار آن قرار می دهیم .اطلاعات موجود در مربع مربوط به فعالیت ۲ گویای آن است که فعالیت های ۱ و ۵ باید حتی‌المقدور به این فعالیت نزدیک باشند. این نزدیکی در مورد فعالیت ۱ برقرار است، پس باید فعالیت ۵ را در سمت راست و پایین یا بالای فعالیت ۲ قرار داد، و همین ترتیب با سعی و خطا به کار خود ادامه می دهیم.
۸. طرز قرار گرفتن نهایی فعالیت ها را از نو بر روی کاغذ شطرنجی رسم کنید .این شکل رابطه فعالیت هاست.
۹. در صورت تمایل می توانید الگوی جریان مواد را بر روی این شکل رسم نمایید .حال می توان گفت که کارمان در این مرحله به انجام رسیده است.

۳. دیاگرام رابطه فعالیتها (نمودار گرهی)

ریچارد موتر روشی برای رسم شمای گرافیکی با توجه به نمودار رابطه فعالیتها ارائه کرد. در این روش بخشها به صورت مربع‌های هم‌اندازه با ابعاد واحد و نزدیکی بین آنها به صورت مجموعه‌ای از یال‌ها نشان داده می‌شوند.

این دیاگرام رابطه‌های مهم‌تر را با خطوط ضخیم‌تر نشان می‌دهد و تصور بهتری نسبت به نمودار قبلی است و مبنایی برای رسم دیاگرام رابطه فضاها می‌باشد. در این روش تعداد خطوط نشان‌دهنده اهمیت روابط نزدیکی هستند. برخی علائم برای رسم نمودار به صورت زیر می‌باشد:

کدA: با چهار خط نشان داده می‌شود. (رنگ قرمز- ارزش:٤)

کدE: با سه خط نشان داده می‌شود. (رنگ نارنجی- ارزش:٣)

کدI: با دو خط نشان داده می‌شود. (رنگ سبز- ارزش:٢)

کدO: با یک خط نشان داده می‌شود. (رنگ آبی- ارزش:١)

کدU: نشان داده نمی‌شود. (بی‌رنگ- ارزش:٠)

کدX: با یک خط مواج نشان داده می‌شود. (رنگ قهوه‌ای- ارزش:١-)

٤. دیاگرام رابطه فضاها:

پس از آنکه دیاگرام رابطه فعالیت‌ها به دست آمد و مساحت مورد نیاز برای هر بخش محاسبه و تعدیلات لازم در مساحت هر بخش و در مساحت کل انجام شد، نوبت رسم دیاگرام فضاها خواهد بود. اگر در دیاگرام رابطه فعالیتها علاوه بر روابط، مقیاسی از اندازه‌ها هم نشان داده شود، یعنی هر بخش با توجه به مساحت موردنیاز آن قسمت رسم شود دیاگرام رابطه فضاها به دست می‌آید. در این دیاگرام مساحت هر بخش در داخل پرانتز و در شکل مربوط به هر بخش نشان داده می‌شود.

برای آنکه بتوان به راحتی مسأله چیدمان را انجام داد بهتر است فضای محاسبه شده برای هر بخش را تا می‌توان به اعداد کوچک‌تر تبدیل کرد. در این ارتباط لازم است مساحتهای موردنظر به حاصل‌ضرب دو عدد مساوی تقسیم گردد. در اثر انجام عمل فوق مساحت واقعی بر حسب واحد مربع یا بلوک در می‌آید. باید عددهای بدست آمده را به صورت حاصل ضرب مربعی یا مشتطیلی نشان داد.

در نهایت ابعاد بخشهای محاسبه شده در مرحله قبل به صورت واقعی بر روی نمودار رابطه فعالیتها نشان داده می‌شود.

فصل هشتم: خدمات تولیدی و فیزیکی کارخانه

مقدمه

در فصل گذشته پیرامون روابط متقابل فعالیت هایی که هر یک به نوعی به تولید خدمت می رسانند بحث شد .برای آنکه بتوانیم روابط متقابل این فعالیت ها را بررسی کنیم ابتدا باید وظایف هر یک را بشناسیم . بدین منظور، در این فصل به برخی از خصوصیات اصلی آنها، نقشی که در تولید دارند و روابط متقابلشان می پردازیم. در این فصل به فعالیت های خدمات تولیدی و کارخانه می پردازیم.

فعالیت های تولیدی فعالیت هایی که عمدتاً در خدمت تولید هستند.

فعالیت های کارخانه فعالیت هایی که عمدتاً با نگهداری ساختمان‌ها، تاسیسات و تجهیزات مربوط می‌شوند.

خدمات تولیدی

۱. دریافت (تخلیه بار)
۲. انبار مواد اولیه
۳. انبار محصول نهایی
٤. ارسال (بارگیری)
۵. انبار ابزار
٦. دفتر نظارت تولید
۷. انبار تجهیزات انتقال مواد

خدمات کارخانه

۱. پارکینگ
۲. جمع آوری ضایعات.

دریافت

کلیه فعالیت های مربوط به آوردن مواد قطعات به کارخانه ، انبار کردن موقت و قرار دادن آنها در جای مناسب تا زمان انتقال نهایی به محل اصلی را در قالب قسمت دریافت بررسی می کنیم .قسمت دریافت مسئولیت های زیر را به عهده دارد:

۱. تخلیه مواد از وسایل حمل و نقل
۲. باز کردن محموله ها
۳. شناسایی و مرتب کردن
٤. کنترل محموله با بارنامه
۵. ثبت در پرونده های دریافت
٦. یادداشت کسری ها و معیوب ها
۷. بایگانی سوابق
۸. فرستادن مواد و قطعات به محل اصلی

بازرسی دریافت

هر چند بسیار به دریافت نزدیک است، لیکن معمولاً زیر نظر کنترل کیفیت یا بازرسی قرار دارد، و مسئول بازرسی دقیق کلیه مواد و قطعات ورودی به کارخانه است .قسمت بازرسی دریافت از لحاظ استقرار باید بلا فاصله بعد از قسمت دریافت قرار گیرد .این قسمت معمولاً به محوطه های زیر احتیاج دارد:

۱. انبار موقت موادی که منتظر بازرسی هستند.
۲. محوطه های انبار، انتقال، بازرسی.
۳. انبار موقت اقلام بازرسی شده که باید به محل اصلی تحویل شوند.

رویه طراحی محل تخلیه بار

محل تخلیه بار معمولاً طی مراحل زیر می شود:

۱. حجم بار سالیانه را تعیین کنید:

الف- اطلاعات لازم را در مورد زمان و دفعات ورود مواد جمع آوری نمایید.

ب- حداکثر حجم کار را تعیین کنید.

پ- زمان تخلیه و بار گیری را برآورد نمایید.

۲. تعداد در ها را تعیین کنید.

۳. فضای لازم برای توقف وسایل حمل و نقل و تخلیه آنها را معین کنید

الف- حداکثر تراکم را تعیین نمایید.

ب- فضای لازم را محاسبه کنید.

٤. محل تخلیه بار را طراحی کنید.

الف- مشخصات وسایل حمل و نقل و فضای محل توقف آنها را تعیین کنید.

ب- فضای لازم برای دور زدن را منظور نمایید.

پ- جریان حرکت وسایل حمل و نقل، جاده های دسترسی، تقاطع ها، و پیاده رو ها را طراحی کنید

ت- روش انتقال مواد را مشخص نمایید.

ث- ارتفاع محل تخلیه بار را معین کنید.

ج- ارتفاع محل پهلو گرفتن را معلوم نمایید(از سطح شیب دار استفاده نکنید.)

چ- بلندی و پهنای در ها را معین کنید.

ح- در داخل ساختمان محل کافی برای دسترسی به وسایل حمل و نقل منظور نمایید.

خ- برای حفاظت در مقابل عوامل جوی پوشش های لازم را پیش بینی کنید.

د- ابزار آلات و وسایل کمکی محل تخلیه بار را مشخص نمایید.

اداره دریافت

ممکن است بسته به گستردگی فعالیت دریافت از یک اطاق کوچک و یک میز، تا یک اداره بزرگ با تجهیزات کامل تغییر نماید، که جزئیات آن با توجه به تعداد کارمندان لازم برای انجام کارهای دفتری تعیین می گردد.

محل قسمت دریافت

همان طور که قبلاً گفته شد، الگوی جریان مواد از قسمت دریافت آغاز می گردد .معمولاً قسمت دریافت در نزدیکی تسهیلات عمومی حمل و نقل، بزرگراه ها، ایستگاه راه آهن، و احیاناً آبراه قرار می گیرد، و قاعدتاً محل آن توسط همین تسهیلات دیکته می شود .

انبار

انبار واقعیتی است که در تمام کارخانه ها از زمان دریافت، در جریان تولید، و تا موقع ارسال مطرح است . به طور کلی، انبار های زیر در کارخانجات وجود دارند:

۱. دریافت- در خلال دریافت مواد و قبل از انتقال مواد به محل اصلی.
۲. مواد و قطعات- نگهداری اصولی مواد اولیه و قطعات تا زمانی که در عملیات تولید به آنها احتیاج شود.
۳. لوازم یدکی و مواد مصرفی- انبار قطعات یدکی، مواد لازم برای تعمیر و نگهداری تجهیزات، مصرفی ها، ملزومات.
٤. محصول در جریان ساخت- مواد و قطعاتی که قسمتی از عملیات ساخت آن ها انجام شده و منتظر عملیات بعدی هستند.
۵. قطعات- قطعاتی که فقط سوار کردن آنها باقی مانده است .به این قطعات و همچنین مواد و قطعات در جریان ساخت کلاً محصول نیم سوخته گفته می شود.
٦. دوباره کاری ها- مواد و قطعات و محصولاتی که به عللی باید بعضی از عملیات آنها مجدداً تکرار شود.
۷. ضایعات، وازده ها، اسقاطی ها، دور ریز ها- جمع آوری، دسته بندی و انتقال اقلامی که دیگر در کارخانه مورد استفاده ای ندارند.
۸. متفرقه- انبار ابزار، جایگاه ها و تجهیزات بلا استفاده.
۹. محصول نهایی- انبار محصول نهایی آماده ارسال.

انبار دریافت محل نسبتاً کوچک و موقتی برای انبار مواد دریافتی در مدتی که منتظر بازرسی و یا انتقال به محل اصلی هستند.

انبار ها: انبار محلی است که کلیه اقلام مورد نیاز تا زمانی که طبق برنامه تولید به آنها احتیاج افتد در آنجا نگهداری می شوند .فضای انبار علی القاعده کلاً یا بعضاً مسقف است .خصوصیات بعضی مواد اجازه می‌دهد که در فضای باز انبار شوند .انبار در فضای باز مخارج ساختمانی به مراتب کمتری دارد.

انبار لوازم یدکی و مواد مصرفی: انواع لوازم یدکی و مواد مصرفی و ملزومات در محل های مختلف و معمولاً در نزدیکی محل مورد استفاده انبار می شوند .مواد و لوازم مربوط به تولید معمولاً در نزدیکی

قسمت تولید، ابزار و لوازم تعمیرات تجهیزات در قسمت تعمیر و نگهداری، و ملزومات اداری در نزدیکی دفاتر انبار می شوند.

انبار مواد در جریان ساخت (نیم ساخته): مواد و قطعات در جریان تبدیل به محصول نهایی از یک سلسله فعالیت ها می گذرند، و معمولاً بین این فعالیت ها مدتی منتظر می مانند، که ممکن است به دلیل تمام نشدن کار ماشین بعدی، یا ضرورت وجود ذخیره ای از محصولات نیم ساخته در بین عملیات باشد .اگر میزان محصول نیم ساخته زیاد نباشد، در بین ماشین آلات و ایستگاه های کار نگهداری می شود، اما مقادیر بیشتر و یا اقلامی که باید برای مدتی طولانی انبار شوند، در محل نسبتاً دور تری از ایستگاه های کار انبار می گردند تا کنترل آنها آسانتر باشد.

قطعات تمام شده: این قطعات هم معمولاً با مواد در جریان ساخت جزو یک دسته محسوب می شوند. قاعدتاً نمی توان آن چنان برنامه تولید منظم و دقیقی داشت که قطعات درست در لحظه ای که تکمیل می‌گردند بلافاصله بر روی قطعات دیگر سوار شده و جمعاً محصول نهایی را به وجود آورند . گاهی هم اقتصادی تر است که قطعات هر بار به تعداد مشخصی، که از طریق ملاحظات مربوط به اندازه اقتصادی تولید معلوم می گردد، ساخته شوند .در هر دو حالت باید قطعات را تا زمانی که در جریان تولید به آنها احتیاج می افتد انبار نمود .این زمان ممکن است به اندازه اقتصادی هر بار مونتاژ و یا سفارش خریداران بستگی داشته باشد.قطعات در این مدت در نزدیکی قسمت مونتاژ یا در محوطه جداگانه ای انبار می شوند . در مفهومی که به انبار در نقطه استفاده موسوم است، قطعات را در نزدیکی محل هایی که بعدا مورد استفاده قرار می گیرد انبار می نمایند.

انبار دوباره کاری ها: در جریان تولید گاهی اشتباهات یا اشکالاتی در ساخت قطعه روی می دهد که باید دوباره کاری هایی بر روی آن انجام شود .این مواد یا قطعات در محلی انبار می گردند و بعداً برای انجام دوباره‌کاری های لازم به محل های مربوطه برده می شوند .به علاوه از زواید و بازمانده های قطعات بزرگ هم گاهی می‌توان برای تولید قطعات کوچکتر استفاده کرد، که در این صورت محلی برای جمع آوری و بررسی و انتقال این مواد منظور می گردد.

انبار ضایعات، وازده ها، اسقاطی ها و دور ریز ها: در ساخت برخی قطعات گاهی اشتباهات و اشکالات مهمی روی می دهد که امکان دوباره کاری را هم از بین می برد .همین طور، اسقاطی ها و زواید و براده و سر قیچی هایی هم هستند که دیگر در کارخانه مورد استفاده ای ندارند .این اقلام نیز در جایی انبار می شوند تا بعداً به کارگاه ها یا مراکزی که می تواند از آنها استفاده کنند فروخته شوند .مثال های زیادی از کاغذ و روزنامه گرفته تا پلاستیک و لاستیک و غیره می توان زد که ضایعات یک کارخانه یک کارخانه در کارگاه های دیگری مورد استفاده قرار گرفته و عوایدی را حاصل نموده اند.

متفرقه: اقلامی که قبلاً مورد استفاده قرار گرفته اند مثل وسایل ساختمانی، لوازم اداری قدیمی، جایگاه های بلا استفاده، ابزار و قالب های قدیمی نیز در مکانی انبار می شوند، تا در موقع لزوم از آنها استفاده شده یا به فروش بروند.

طراحی انبار: پس از مطالبی که پیرامون انبار های مختلف گفته شد حال به بررسی رویه طراحی انبار می‌پردازیم.

در این جا همه انبار ها را تحت یک عنوان بررسی می کنیم، در واقع جمع آوری اطلاعات، تحلیل اطلاعات و مراحل طراحی همه آنها تقریباً مشابه است.

به طور کلی هدف های زیر در طراحی هر انباری دنبال می شود، در واقع خصوصیات یک انبار خوب به شرح زیر است:

۱. حداکثر استفاده از حجم ساختمان
۲. استفاده بهتر از زمان، نیروی انسانی، تجهیزات
۳. دسترسی سریع و به موقع به تمام اقلام (استفاده از آنالیز ABC)
٤. انتقال سریع و آسان مواد و قطعات
۵. ساده بودن تشخیص اقلام
٦. حداکثر حفاظت
۷. ایمنی مالی
۸. انعطاف‌پذیری در طرح انبار
۹. تمیزی و نظم و وضع ظاهری.

انبار در فضای باز: گاهی می توان به علل زیر مواد را در فضای باز انبار نمود:

۱. هزینه های ساختمانی کمتر شود.
۲. به حفاظت مواد در مقابل عوامل جوی لزومی نباشد.
۳. پوشش خود مواد و یا سایبان ها برای حفاظت کافی باشند.

طراحی انبار فضای باز هم خیلی شبیه انبار های مسقف است. گاهی در صورت مناسب و اقتصادی بودن می توان از چادرهای هوای فشرده هم به عنوان انبار استفاده کرد.

انبار محصول نهایی: محصولات نهایی در این انبار با نظم و ترتیب نگهداری می شوند و برحسب نیاز ارسال می گردند .وظایف اصلی این انبار را می توان به صورت زیر برشمرد:

۱. دریافت محصول نهایی از قسمت تولید
۲. نگهداری منظم و مطمئن محصولات
۳. دریافت حواله ارسال

٤. بسته بندی برای ارسال

۵. بایگانی اسناد و اطلاعات

طبیعی است که چون قطعات متعددی با یکدیگر جمع می شوند و محصول نهایی را می سازند، لذا تنوع و تفاوت اقلام در انبار محصول نهایی به مراتب کمتر از انبار مواد و قطعات است .محصول نهایی معمولاً در کارتن یا جعبه مناسب بسته بندی می شود تا نگهداری و حمل و نقل آن آسان تر و ایمن تر باشد.

اغلب مطالبی که در مورد سایر انبار ها گفته شد در این جا صادق است و باید در هنگام طراحی انبار محصول نهایی مدنظر باشد.

ارسال

فعالیت ارسال شامل جابجایی، بسته بندی، و بارگیری محصولات برای تامین سفارشات است .قسمت ارسال هم با انبار محصول نهایی و هم با قسمت دریافت ارتباط زیادی دارد، و معمولاً این سه قسمت همراه با یکدیگر بررسی می شوند .فعالیت ارسال عکس دریافت است، عوامل موثر و مسایل آن اغلب همان هایی هستند که در مورد دریافت و انبار محصول نهایی گفته شد، و لذا از تکرار آنها صرف نظر می شود.

روابط متقابل قسمت های دریافت، انبار مواد و قطعات، انبار محصول نهایی و ارسال

روابط مهم این قسمت ها باید در طرح ریزی منظور گردد. در کنار همه عوامل، دو عامل هستند که نقش مهمی در تعیین محل این قسمت ها دارند، یکی محل تسهیلات عمومی حمل و نقل، و دیگری توسعه. در واقع چون هزینه تغییر محل این قسمت ها زیاد است، لذا نباید در محلی قرار گیرند که کارخانه درآینده از آن جهت توسعه می یابد.

ارتباط فروشنده و خریدار: در مورد دریافت و ارسال دپارتمان های خرید و فروش باید با فروشندگان مواد و قطعات و خریداران محصول نهایی نظر کرده و در تعیین روش های بسته بندی و اندازه و شکل بارهای واحد به راه حل های مطلوبی برسند .دریافت و ارسال محموله هایی که با تجهیزات و روش های انتقال مواد هماهنگی داشته باشند موجب صرفه جویی در زمان، انتقال، زحمت کار، و هزینه ها خواهد شد.

انبار ابزار

تهیه، نگهداری، صدور، و کنترل موجودی ابزار، قید و قرار ها، قالب ها، سر مته و قلاویز و مرغک و بیشتر ابزار آلات دستی و مکانیکی ا ز وظایف انبار ابزار است، انبار ابزار ممکن است با توجه به عواملی نظیر نظارت و کنترل، هزینه ها، ضرورت سرعت انجام خدمات، تعداد طبقات ساختمان، تعداد ساختمان های کارخانه، و تمرکز یا پراکندگی قسمت هایی که به ابزار آلات احتیاج دارند، در یک محل متمرکز یا در محل های مختلف پراکنده باشد.

در انبار ابزار معمولاً ماشین ابزارهایی هم برای ساخت و نگهداری ابزار آلات خاص و قید و قرار ها وجود دارند.

انبار ابزار کارخانه های کوچک معمولاً در کارگاه تعمیرات و نگهداری است.

اداره نظارت تولید

در موسسات تولیدی علاوه بر ادارات عمومی، محل هایی هم برای نظارت بر اجرای برنامه زمان بندی تولید و سایر کارهای اداری تولیدی منظور می شود .این اداره بسته به اندازه موسسه، از یک اطاقک تا چند مرکز در قسمت های مختلف تولیدی تغییر می نماید، برای ایجاد آن معمولاً از مصالح پیش ساخته استفاده می‌شود و گاهی هم در بالکن یا نیم طبقه قرار می گیرد .مزیت بالکن و نیم طبقه این است که علاوه بر صرفه جویی در فضاهای تولیدی، نظارت را آسانتر می کند.

سایر فعالیت های خدماتی

محل سایر خدمات هم مثل کنترل تولید، کنترل کیفیت، بازرسی، مهندسی، صنایع و تعمیرات و نگهداری باید مشخص گردد.

انبار تجهیزات حمل و نقل

در صورتی که تجهیزات حمل و نقل زیادی در کارخانه وجود داشته باشد، بهتر است به جای رها شدن در انبارها در محل مشخصی مستقر شوند .وجود این انبار یا توقفگاه به کنترل بهتر وسایلی مثل لیفت تراک، تراکتور، تریلی، و پالت ها و جایگاه های اضافی کمک می کند.

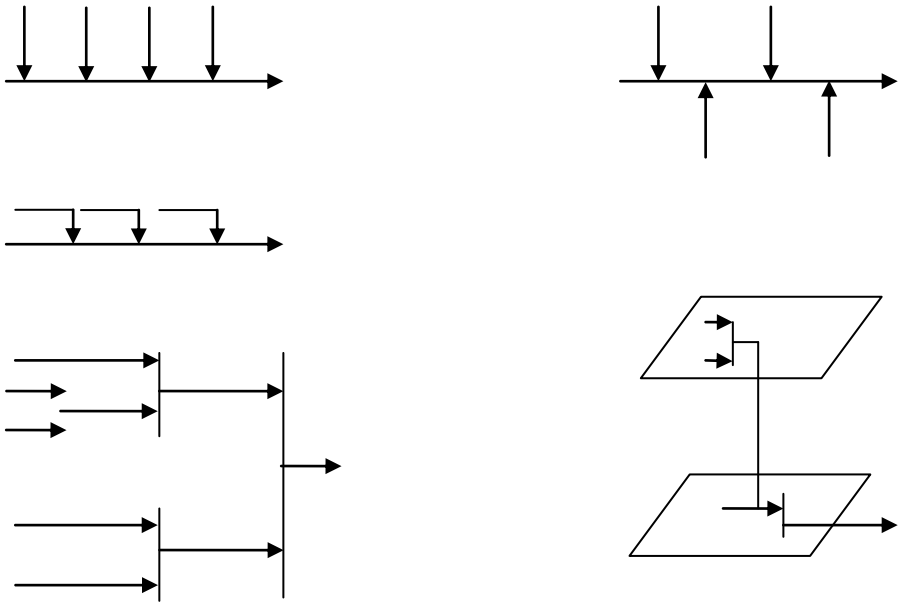
پارکینگ

در کارخانه ها محلی هم برای پارکینگ وجود دارد .معمولاً بازاء هر n نفر یک محل پارک منظور می شود، که n از کارخانه به کارخانه فرق می کند .این موضوع در مورد کارخانه های خارج شهر که وسایل حمل و نقل عمومی و سرویس های اختصاصی کارخانه هم چنان کافی نباشد اهمیت پیدا می کند.

خط مونتاژ

برای طراحی خط مونتاژ باید تعداد ایستگاههای کاری از طریق بالانس خط مشخص گردد، سپس تجهیزات مورد نیاز و مساحت هر ایستگاه تعیین و سپس کل مساحت موردنیاز خط مونتاژ تعیین گردد.

الگوهای پایه خط مونتاژ



دفتر نظارت تولید:

جهت نظارت بر اجرای برنامه‌ریزی تولید و سایر کارهای اداری ایجاد می‌شود. برای ساخت آن معمولاً از مصالح پیش‌ساخته استفاده می‌شود و گاهی هم در بالکن یا نیم طبقه قرار می‌گیرد. مزیت بالک و نیم طبقه در اینجا علاوه بر صرفه‌جویی در فضاهای تولیدی این است که نظارت بر خط تولید را آسان‌تر می‌کند و کلیه مزایای ناشی از آن از قبیل افزایش بهره‌وری نیروی انسانی و افزایش تولید و ... را خواهد داشت.

فصل نهم: خدمات اداری و کارمندی

در این فصل درباره خصوصیات و مشخصات و نقش و وظایف خدمات اداری و کارمندی و نیز احتیاجات محوطه های خدماتی گفتگو خواهد شد. شاید تعجب کنید که کارهای خدماتی غالباً حدود ۵۰ درصد فعالیت‌های کارخانه ها را تشکیل می دهند، از این رو باید در هنگام طرح ریزی به جنبه های مختلف آنها توجه شود .به علاوه به واسطه احتیاجات ساختمانی، معمولاً هزینه ساختمان آنها حدود ۲ تا ۳ برابر هزینه ساختمان قسمت های تولیدی است.

فعالیت های خدماتی اداری و کارمندی

این فعالیت ها را می توان به ترتیب زیر دسته بندی نمود:

۱. ادارات
۲. بهداشت و درمان
۳. غذا خوری
٤. رختکن، دستشویی و غیره

ادارات

برای افراد مختلف و منظورهای مختلف به فضاهای اداری احتیاج است .در کارخانه های کوچکتر ، تمام قسمت های اداری در کنار یکدیگر مستقر می‌شوند و محوطه اداری معمولاً در قسمت جلوی کارخانه قرار می گیرد .در کارخانه های بزرگ تر، ممکن است ادارات عمومی در جلو ساختمان اصلی و ادارات مربوط به خدمات تولیدی و کارمندی در داخل محوطه تولیدی قرار گیرند.

طرح ریزی فضاهای اداری تقریباً متکی به همان تحلیل ها و کارهایی است که در مورد فرایند های ساخت انجام می شود، در این جا هم باید تمام فعالیت ها را تشخیص داد، و احتیاجات خاص آنها را معلوم نمود . بدین ترتیب، روابط کاری بین افراد و نحوه همکاری آنها مشخص می گردد و در طرح دخالت داده می‌شود .برای این کار می توان از نمودار سازمانی کمک گرفت و کار کردهای مربوط به هم را به طریقی منطقی دسته بندی نمود .می‌توان از اغلب روش هایی که در فصل های گذشته به آنها اشاره شد در این جا نیز استفاده کرد، به خصوص از نمودار رابطه فعالیت ها و نمودار از به.

فضا سازی اداری یکی از طرح هایی که امروزه بسیار بر آن تاکید می شود فضا سازی اداری است .مقصود از فضا سازی اداری این است که به جای اطاق های اختصاصی و دیوار های ثابت، سعی شود تا یک محوطه بزرگ، با فضا سازی مناسب به بخش های نسبتاً خصوصی برای هر یک یا چند کارمند تقسیم گردد . در این جا، میزها و صندلی ها به صورت غیرمنظم قرار می گیرند و از تخته و پرده و گل و گیاه و امثال این ها به جای دیوار برای مجزا کردن قسمت ها استفاده می شود .بر خلاف اطاق ها و اطاقک های معمولی، این فضا سازی باعث می‌شود که جریان کار و ارتباطات به طرز بهتری انجام گیرد .به علاوه به جای آنکه محل قسمت‌های مختلف اداری تنها بر اساس نمودار سازمانی تعیین شود، بر مبنای روابط متقابل افراد و جریان اطلاعات تعیین می‌گردد .یعنی در واقع، خط های مرسوم سازمانی شکسته شده و مثلاً محل کار یک

حسابدار و یک مهندس به واسطه ارتباط شغلی، در کنار یکدیگر قرار می گیرد .ترتیب تخته ها، پرده ها و گل و گیاه ها باید چنان باشد که از یک محل بتوان در صورت لزوم محل های دیگر را دید .از موکت، قالی و کف پوش های مناسب به منظر پایین آوردن میزان سروصدا و بهتر انجام شدن کارها استفاده می شود. یکی از مزایای اصلی اداری قابلیت انعطاف آن است.

سرو صدا در طرح ریزی قسمت های اداری، باید وسایل پر سروصدا را حتی‌الامکان مجزا نگاه داشت .با توجه به عوامل انسانی، وسایل اداری باید طوری طرح شوند که کار در محیطی آرام انجام گیرد، و از قالی و کف پوش های صدا گیر استفاده شود.

بهداشت و درمان

در هر کارخانه باید محلی برای خدمات درمانی و بهداشتی وجود داشته باشد .در واحدهای صنعت کوچک از ساده ترین وسایل استفاده می شود، که ممکن است از جعبه کمک های اولیه، تا یک اطاق با تخت و یک یا دو صندلی و تجهیزات کمک های اولیه تغییر یابد .اینها حداقل وسایل مورد نیاز برای مواقع سانحه و بیماری هستند. از طرف دیگر، در کارخانه های غول پیکر معمولاً بیمارستانی بسیار مجهز حتی شامل بخش های رادیولوژی، جراحی، و دندان پزشکی وجود دارد، به طور کلی امکانات اغلب واحد های صنعتی بین این دو منتهی الیه است.

تغذیه

در بسیاری از کارخانه ها، مکان هایی برای صرف غذا در محیطی مناسب و دور از محل کار وجود دارد. مزایای این امکانات در زیر آمده است:

۱. دور نگه داشتن افراد از محیط کار برای مدتی به منظور استراحت.
۲. دور نگه داشتن محل تهیه غذا از محیط کار.
۳. ایجاد محیطی بهداشتی، سالم، و مناسب برای صرف غذا.
٤. امکان تهیه غذای کامل یا نسبتاً کامل، به جای غذای سردی که کارمندان با خود می آورند.

در مواردی که ایجاد سالن غذا خوری مجزا امکان پذیر نباشد، و یا اساساً لازم نباشد، می توان امکانات دیگری که در زیر به آنها اشاره می شود را برای تغذیه ایجاد نمود.

بوفه

در کارخانه های کوچک که غذا خوری مرکزی وجود ندارد، چای، شیر، شیرینی، لوبیا، و بعضی ساندویچ ها، نوشابه، بستنی، و غیره در بوفه به قیمت ارزان یا مجانی عرضه می گردد .بوفه به فضا و وسایل کمی نظیر اجاق گاز، ظرف شویی، پیشخوان، یخچال و قفسه احتیاج دارد .بوفه معمولاً در موقع نهار و یا استراحت باز است.

ممکن است قسمتی از آن نیز برای استراحت و تفریحات منظور گردد.

چرخ های گردان

یک واگن متحرک با بدنه ای به صورت گنجه است که مقداری غذای سرد و گرم از نوشابه گرفته تا ساندویچ و سالاد در آن قرار می گیرد .این چرخ ها در مسیر های معین حرکت می کنند، و غذای سبکی فراهم می آورند.

غذا خوری: وقتی که تعداد کارکنان زیاد باشد، بهترین راه این است که یک آشپزخانه مرکزی ایجاد گردد، و غذای کامل عرضه شود .محل غذاخوری علاوه بر صرف غذا می تواند برای استراحت و منظور های دیگر هم مورد استفاده قرار گیرند .تجهیزات آشپزخانه به تعداد افراد و غذای مورد نظر بستگی دارد .غذا خوری باید حتی‌الامکان در یک محل مرکزی قرار گیرد، تا دسترسی به آن برای همه کارکنان آسان باشد. در ساختمان‌های چند طبقه، غذا خوری باید در آخرین طبقه قرار گیرد، تا از پخش شدن بوی غذا در داخل ساختمان جلوگیری شود. غذا خوری معمولاً شامل قسمت های زیر است:

۱. فضای غذا خوری
۲. آشپزخانه
۳. ظرفشویی
٤. انبار
۵. پیشخوان
٦. سایر امکانات

رختکن و دستشویی

این تسهیلات در کارخانه های کوچک معمولاً در یک جا، و در کارخانه ای بزرگ در چندین محل مختلف قرار دارند. غالباً رختکن ها در محلی نزدیک به قسمت ورودی و بعد از محل نصب ساعت ورود و خروج قرار می گیرند. البته رختکن و ساعت ثبت کارت ورود و خروج نباید کاملاً به یکدیگر نزدیک باشند، زیرا این مسئله موجب ازدحام در هنگام شروع و خاتمه کار می گردد.

رختکن‌ها معمولاً در کنار دیوار قرار داده می شوند. در بسیاری از کارخانجات، ترکیبی از رختکن، میز،دستشویی، توالت، دوش، و آبخوری ایجاد می گردد.

خدمات متفرقه کارمندی

علاوه بر این ها ممکن است امکانات ورزشی نظیر میز پینگ پنگ،زمین والیبال، بسکتبال، و فوتبال، اتاق استراحت و حتی پارکینگ نیز فراهم گردند. در بعضی کارخانه ها نیز گردشگاه و حتی تعمیرگاه مخصوص کارمندان نیز وجود دارد.

فصل دهم: تعیین اندازه ها

مقدمه

در فصل های گذشته پیرامون فعالیت های مختلف کارخانه و روابطی که بین آنها وجود دارد تا حدودی صحبت شد .در این فصل راجع به اطلاعات مورد نیاز و رویه های تعیین فضای موجود، فضای مورد نیاز، و فضایی که به هر فعالیت یا قسمت تخصیص می یابد گفتگو خواهیم کرد .به طور کلی، فعالیت های عمده ای که به فضای قابل ملاحظه ای احتیاج دارند عبارت اند از:

۱. ادارات	۵. بهداشت و درمان	۹. تعمیرات و نگهداری
۲. در یافت	٦. تغذیه	۱۰. انبار محصول نهایی
۳. انبار مواد و قطعات	۷. رخت کن ها و دستشویی ها	۱۱. ارسال
٤. تولید	۸. اطاق ابزار	۱۲. پارکینگ

عوامل موثر در طرح ریزی فضا ها

طراح کارخانه باید نسبت به همه عوامل موثر در طرح‌ریزی فضا آشنایی کافی و شناخت کلی داشته باشد، تا بر این اساس بتوان تمام ابعاد مسئله را به درستی بررسی کند.

روشهای تعیین فضا

برای محاسبه مساحت بخشهای تولیدی و غیر تولیدی روشهای مختلفی وجود دارد:

روش مرکز تولید: در این روش ابتدا محاسبه فضای لازم برای هر ایستگاه کاری صورت گرفته و سپس فضای هر بخش محاسبه می‌گردد.

(۱+α٪)× (فضای ایمنی+ فضای نگهداری و تعمیرات+ فضای عملیاتی+ ابعاد ماشین)= فضا

روش استاندارد فضا: در موارد خاصی می‌توان از استانداردهای صنعتی برای تعیین فضا بهره برد. این استانداردها می توانند بر اساس تجربیات موفق قبلی به دست آیند. البته این استانداردها بدون دقت در جزئیات آن توصیه نمی‌شود.

روش روند نسبت و تصویر: از این روش در موارد خاصی استفاده می‌گردد و احتمالاً از کم دقت‌ترین روشها است. برای استفاده از این روش نسبتی از مترمربع به فاکتورهای خاصی را محاسبه و از روی آن مساحت را تخمین می‌زنند. استفاده این روش بیشتر در مورد بخشهای اداری و غیرتولیدی است و بیشتر در برنامه‌ریزی توسعه و درازمدت مورد استفاده قرار می گیرد.

روش تبدیل معکوس: در این روش مساحت محل جدید به تناسب افزونی مقدار تولیدات یا خدماتی که انجام می‌دهد محاسبه می‌شود. یعنی اگر حجم تولیدات دو برابر تولیدات قبلی باشد، فضای آن نیز حدوداً ۲ برابر در نظر گرفته می‌شود. به دلیل خطایی که در این روش وجود دارد از آن در محاسبه فضاهای تولیدی استفاده نمی‌شود بلکه بیشتر برای انبارها و محل‌های خدماتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

روش الگویی (ماکتی، روش سرانگشتی استقرار): در این روش از ماکت ماشین‌آلات، تجهیزات، پالت‌ها و غیره استفاده شده و با چیدن متناسب آن‌ها فضای لازم را تخمین می‌زنند.

تعیین فضای مورد نیاز

میزان فضای مورد نیاز بستگی مستقیم به تجهیزات، مواد، افراد، و خصوصیات فعالیت ها دارد .در این فصل درباره نحوه تعیین فضای مورد نیاز فعالیت هایی که حالت عمومی تری دارند توضیحاتی داده می شود.

ادارات

در فصل های گذشته پیرامون قسمت های اداری و مشخصات آنها مطالبی مطرح شد و تا حدی به فضای مورد نیاز آنها اشاره گردید .برای تعیین فضای مورد نیاز قسمت های اداری راه های مختلفی وجود دارد . گاهی به طور کلی گفته می شود که فضای ناخالص مورد نیاز هر کارمند حدود ۲۰۰ فوت مربع است. بنابراین، فرضاً بازاء پنجاه کارمند به حدود ده هزار فوت مربع زیر بنای اداری احتیاج است. با این حال، برای تعیین دقیق تر فضای مورد نیاز قسمت های اداری می‌توان از تجارب کارشناسان معماری داخلی و فروشندگان وسایل اداری کمک گرفت.

روش دقیق برآورد فضای اداری به شرح زیر است:

۱. با توجه به چارت سازمانی تعداد افراد هر شغل مشخص می‌شود.
۲. احتیاجات اداری هر شغل مشخص می‌شود.
۳. فضای مورد نیاز هر یک از امکانات فوق تعیین می‌گردد. (A_i)
٤. کل فضای اداری را محاسبه می‌کنیم.
۵. ممکن است به مقدار محاسبه شده در مرحله قبل درصدی نیز جهت اطمینان و یا طرح توسعه اضافه گردد.

فضای موردنیاز برای شغل i ام:

$B_i = A_i \times$ تعداد افراد شغل

با در نظر گرفتن راهروها، راه‌پله‌ها، آبدارخانه، سرویس‌ها و ...

$$B=(\sum B_i)\times(1+\alpha\%)$$

دریافت

در طراحی محل تخلیه بار باید مسایلی نظیر تعداد محل های توقف، طول محل تخلیه بار، فاصله بین ستون ها، ارتفاع سکوی تخلیه بار، سقف یا سایبان، محوطه دور زدن، جاده دسترسی، ارتفاع سقف، محل و نوع درها، روشنایی، سطوح شیب دار و نظایر این ها را بدقت مشخص نمود. محل تخلیه بار قطار و احیاناً قایق و کشتی را نیز در صورت وجود باید به دقت طراحی نمود .چنانچه حجم کار و یا تنوع مواد و محصولات خیلی زیاد باشد، شاید بیش از یک محل دریافت یا ارسال به صرفه تر گردد.

انبار

هر چند که انواع مواد و قطعات مختلفی در انبار نگهداری می شوند، اما روش تعیین فضای مورد نیاز همه آنها تقریباً یکسان است . به طور کلی، ابتدا انواع مختلف مواد و قطعات را فهرست کرده و سپس سطح یا حجم مورد نیاز هر قلم از آنها را مشخص می سازیم .با استفاده از برگ تحلیل انبار با چند محاسبه ساده می توان فضای مورد نیاز را معلوم نمود.

فرض کنید قسمت تولید به دو هفته از مصرف یک قطعه احتیاج دارد، و نرخ مصرف این قطعه در ساخت محصول نهایی معادل ۵۰ واحد در ساعت باشد .چنانچه در هفته ٤٠ ساعت کار داشته باشیم، تعداد قطعات مورد نیاز برای دو هفته تولید مساوی ٤٠٠٠ واحد خواهد بود. اگر ابعاد هر قطعه فرضاً ٦*٦*٦ اینچ باشد، پس هر ۸ قطعه به فضایی معادل یک فوت مکعب احتیاج دارد .فرض کنید که این قطعات در جایگاه هایی به ابعاد ۲.۵*۵*۳ فوت نگهداری شوند، بنابراین در هر جایگاه ۳۰۰= ۸*(۲.۵*۵*۳) قطعه جای می گیرد، پس به ۱۳.۳۳= ٤٠٠٠/۳۰۰ یا ١٤ جایگاه احتیاج است.

چنانچه بتوان جایگاه ها را تا سه طبقه رویه هم چید، آنگاه برای انبار کردن تعدادی از این قطعات که کفاف دو هفته تولید را بدهد به سطحی برای استقرار ٤.٦٦= ١٤/٣ یا ۵ جایگاه احتیاج است .توجه داشته باشید که در این مسئله ساده، ابعاد جایگاه مضرب صحیحی از ابعاد قطعه بود . هر چند که همخوانی ابعاد قطعه و جایگاه یکی از مهمترین جنبه های طراحی جایگاه هاست، اما اگر چنین نباشد، ابتدا تعداد قطعاتی که در سطح هر جایگاه قرار می گیرند محاسبه شده و سپس تعداد قطعاتی که می توانند در هر جایگاه روی هم قرار گیرند مشخص گردد. به این ترتیب ظرفیت هر جایگاه معلوم شده و محاسبات بعدی ادامه می یابد. حال به همان مثال ساده خود بر می گردیم .در آنجا باید ۵ جایگاه در سطح داشته باشیم، و چون ابعاد هر جایگاه ۳*۵ فوت است، لذا به ۷۵ فوت مربع سطح انبار احتیاج است.

برای اقلامی که به فضای ناچیزی احتیاج دارند و یا به صورت فله و انباشته و یا در قیف های مخصوص نگهداری می شوند می توان به یک تخمین کلی اکتفا نمود .با وجود این، نام همه آنها باید در فهرست اقلام ثبت گردد تا مطمئن شویم هیچ قلمی که به هر حال به قسمتی از انبار احتیاج دارد فراموش نشده است.

فضای لازم برای راهروها و فضایی که توسط ستون ها اشغال می شود نیز باید به رقم حاصل اضافه گردد، این مقدار اضافی معمولاً حدود ٤٠ درصد فضای خالص است .بنابراین، سطح مورد نیاز برای پایه ریز گیر معادل ۱۸٤۸=۱۳۲۰*۱٤۰٪ فوت مربع خواهد بود، که این مقدار در کار برگ کل فضای مورد نیاز وارد می گردد. از همین شکل می توان برای بررسی انبار سایر اقلام مواد اولیه، محصول نیم ساخته، و محصول نهایی نیز استفاده کرد.

نتیجه آنالیز ABC می‌گوید: برای قطعات دسته A به صورت دقیق تعیین فضا شود. برای این کار از برگ تحلیل انبار جهت تعیین فضا استفاده می‌شود. برای قطعات دسته B و C تعیین فضا به صورت تخمینی انجام می‌گردد.

محاسبه فضای انبار به عوامل زیر بستگی دارد:

۱. انواع کالاهای موجود در انبار
۲. میزان کالاهای مواد
۳. ابعاد کالاها و محصولات
٤. نحوه و متد انبار کردن کالا
۵. فضای لازم برای جداسازی بین کالاها و کالاهای مختلف انبار شده
٦. تجهیزات مورد استفاده در انبار
۷. ارتفاع مفید انبار
۸. ارتفاع ایمن چیدن کالا
۹. نحوه حرکت مواد و کالا در انبار
۱۰. نور، تهویه و هوا
۱۱. امکان چیدن یا روی هم قرار دادن کالاهای مختلف

تولید

برای تعیین فضای مورد نیاز فعالیت های تولیدی ابتدا فضای مورد نیاز هر یک از ایستگاه های کار محاسبه می‌گردد، سپس این فضا ها با هم جمع شده و به این جمع درصدی به عنوان فضای بین ایستگاه اضافه می‌شود. این مقدار در واقع برای راهروها و فعالیت های تولیدی فرعی منظور می گردد .منظور از ایستگاه کار محلی است که در آنجا فردی (یا افرادی) مشغول انجام کاری باشد.

ایستگاه کار چیست؟

ایستگاه کار محلی است که توسط یک ماشین یا نیمکت کار، تجهیزات و ابزار آلات لازم، و یک کارگر اشغال شده باشد، البته ایستگاه کار ممکن است شامل چندین ماشین مشابه و بیش از یک کارگر بوده، یا صرفاً قسمتی از سطح کارخانه، یا فردی در کنار یک نقاله باشد.

طراحی روش های کار و جریان مواد

چون هر ایستگاه کار نشان دهنده محلی در الگوی کلی جریان مواد است، لذا باید طوری طراحی شود که با جریان کلی مواد سازگاری و هم خوانی داشته باشد .

عوامل موثر در طراحی روش های کار

طراح کارخانه در چارچوب وظایف اصلی خود و به منظور پیدا کردن بافت مناسب واحد صنعتی باید عوامل موثر در طراحی روش های کار را به دقت بررسی نماید .با توجه به این عوامل متوجه می شویم که طراحی ایستگاه های کار، مسئله ساده ای نیست.

نکاتی پیرامون طراحی ایستگاه های کار

ایستگاه های کار باید بر پایه اصول اقتصاد حرکت طراحی شوند.

طراحی صحیح ایستگاه کار

هر ایستگاه کار به سهم خود یک کارخانه کوچک است که به دریافت، تولید، و ارسال اشتغال دارد، و محل‌های مناسبی باید به این قسمت ها اختصاص یابد .مراحلی که در زیر فهرست شده اند می توانند به عنوان راهنمای طراحی ایستگاه های کار در نظر گرفته شوند.

۱. تعیین جهت جریان مواد در کارخانه و دپارتمان ها با توجه به الگوی کلی جریان.
۲. تعیین جریان مطلوب در ایستگاه های کار در رابطه ا جریان کلی مواد در سطح کارخانه، مثلاً از چپ به راست، راست و چپ، جلو به عقب و غیره.
۳. تعیین وسایلی که در ایستگاه کار قرار می گیرند، نظیر ماشین، نیمکت، جایگاه و نقاله.
٤. ترسیم کروکی نحوه تقریبی استقرار وسایل در ایستگاه کار و نشان دادن جریان مواد در ایستگاه.
۵. مشخص کردن مبداء حرکت مواد به ایستگاه کار و نشان دادن جهت ورود آنها.
٦. مشخص کردن مقصد حرکت مواد از ایستگاه کار و نشان دادن جهت خروج آنها.
۷. تعیین روش و جهت انتقال ضایعات.
۸. کروکی وسایل انتقال مواد که به ایستگاه کار خدمت می دهند.
۹. ارزیابی طرح ایستگاه کار بر اساس اصول اقتصادی در حرکت
۱۰. تعیین فاصل بین اقلام مختلف.
۱۱. ترسیم طرح و اندازه گذاری آن در نمودار تحلیل و طراحی عملیات
۱۲. تعیین روش انجام عملیات.

با پیروی از مراحل فوق می توان ایستگاه های ار را طرح کرد و با الگوی کلی جریان پیوند داد.

استاندارد های انجام کار

زمان استاندارد انجام کار پس از تعیین محل وسایل مورد نیاز ایستگاه کار محاسبه می گردد .این محاسبات معمولاً توسط قسمت زمان سنجی انجام می شود، و نتیجه آن به صورت زمان لازم انجام عملیات هر قطعه یا تعداد قطعاتی که در واحد زمان (مثلاً یک ساعت) تولید می شود در برگ مسیر تولید ثبت می گردد. پس از تعیین زمان استاندارد هر یک از عملیات و با توجه به میزان تولید مورد نیاز، تعداد ایستگاه های کار و ماشین آلات و تجهیزات و نیروی انسانی لازم محاسبه شود.

فضای مورد نیاز قسمت های تولیدی پس از آنکه تعداد ایستگاه های کار و ماشین آلات و تجهیزات و نیروی انسانی هر یک از عملیات معلوم شدند، وقت آن می رسد که کل فضای عملیات تولید محاسبه گردد. این کارها از طریق تخمین فضای مورد نیاز هر یک از عملیات تولیدی و یا تخمین کل فضای مورد نیاز تولید انجام می شود .در حالت تفصیلی، معمولاً از برگ احتیاجات فضای تولیدی استفاده می گردد. این برگ به ترتیب زیر پر می شود:

۱. با استفاده از برگ مسیر تولید ستون های ۱ تا ٤ را پر کنید.
۲. تخمین فضای مورد نیاز را در ستون های ۵ تا ۸ وارد نمایید.

ستون ۵= حداکثر عرض ماشین × حداکثر طول

ستون ٦= حداکثر عرض تجهیزات کمکی مثل میز و نیمکت × حداکثر طول

ستون ۷= یک متر برای کارگر × سطحی به اندازه طول ماشین

ستون ۸= اندازه جایگاه قرار دادن مواد.

۳. ستون های ۵ تا ۸ را جمع کرده در ستون ۹ بنویسید.
٤. ستون ۹ را در ۱۵۰ درصد ضرب کنید، تا فضای کافی برای حرکت مواد، حرکت افراد، تعمیر و نگهداری، ستون ها، و سهم ایستگاه کار از راهروها را منظور کرده باشید .حاصل را در ستون ۱۰ وارد کنید.
۵. مورد نیاز از هر دستگاه را که قبلاً محاسبه کرده اید در ستون ۱۱ بنویسید .ستون های ۱۰-۱۱ را در هم ضرب کرده در ستون ۱۲ بنویسید.
٦. همین محاسبات ساده را در مورد تمام عملیات تکرار کنید، و حاصل جمع مربوط به هر قسمت را در ستون ۱۳ وارد نمایید.

به این ترتیب فضای مورد نیاز هر فعالیت، قسمت، و منطقه تولیدی محاسبه می شود، و می توان کل فضای حاصل را در عددی بزرگتر از یک ضرب نمود، تا محوطه ای برای توسعه نیز منظور شده باشد .به علاوه، به واسطه امکان کم کردن فضای پیشنهادی(خواه برای دپارتمان خواه برای کل کارخانه) در مراحل بعدی، چه در مرحله تصویب طرح و چه در مرحله برآورد هزینه ها، بهتر است مقادیری نیز به اصطلاح برای احتیاط به رقم فوق اضافه گردد.

انبار محصول نهایی

فضای لازم برای انبار محصول نهایی هم معمولاً بر اساس همان رویه تعیین انبار مواد اولیه و قطعات دریافتی در صورت لزوم همراه با تغییراتی محاسبه می گرد.

ارسال

در مورد قسمت ارسال(بار گیری) هم از همان رویه محاسبات قسمت دریافت(تخلیه بار) پیروی می شود . در واقع، تا آنجا که به تعیین فضا مربوط می شود، تفاوت محسوس بین قسمت های دریافت و ارسال وجود ندارد.

توقفگاه(پارکینگ)

با گسترش شهر ها و انتقال کارخانجات به خارج از محدوده مسکونی و بیشتر شدن استفاده از وسایل نقلیه

خصوصی، طراحی توقفگاه هم به یکی از مسایل طرح ریزی واحد های صنعتی بدل شده است .در مورد توقفگاه می توان به مسایل زیر اشاره کرد:

۱. پهنای محل توقف بستگی به زاویه پارک دارد.
۲. هر چه زاویه توقف بیشتر شود،به فضای بیشتری برای عبور و مرور و در زدن احتیاج است.
۳. هر چه پهنای محل توقف بیشتری باشد، به فضای کمتری برای دور زدن احتیاج است.
٤. چنانچه پهنای محل توقف ثابت باشد، هر چه زاویه توقف بیشتر شود تعداد اتومبیل بیشتری در یک ردیف جای خواهد گرفت.

در صورتی که زاویه توقف ۹۰ درجه باشد، به ازاء هر اتومبیل کمی بیش از ۳۰۰ فوت مربع(۱۹۲۲/٦٤) لازم خواهد بود ، در حالی که با زاویه ٦۰ درجه حدود ۳٦۰ فوت مربع برای هر اتومبیل لازم است. از همین ارقام می توان به منظور تخمین فضای توقفگاه استفاده کرد.

نکته: در مسائل چنانچه ذکر شود α٪ فضای کل مربوط به راهروها می‌باشد، بنابراین کل فضا به صورت زیر محاسبه می‌شود:

کل فضا $= S/(۱-\alpha٪)$

نکته: در مسائل چنانچه ذکر شود α٪ از فضا، راهروها باشد معادل این است که α٪ فضای موجود مربوط به راهروها می‌باشد، بنابراین کل فضا به صورت زیر محاسبه می‌شود:

کل فضا $= S\times(۱+\alpha٪)$

سایر فعالیت های خدماتی و کمک تولیدی

برای تعیین فضای مورد نیاز اغلب قسمت های پزشکی و درمانی، غذا خوری، رختکن ها، اطاق ابزار، قسمت تحویل ابزار، و بخش نگهداری و نوسازی کارخانه می توان از همان رویه های کلی که تا کنون مطرح شده اند استفاده نمود .در صورت تمایل می توان از برگ طرح ریزی تفصیلی فعالیت های خدماتی و کمک تولیدی به منظور محاسبه هر یک از اجزاء این فضا ها و رسیدن به جمع کل استفاده کرد .برای این منظور باید تمام اقلام مربوط به هر یک از فعالیت ها محاسبه گردد، مثلاً در مورد قسمت بهداشت و درمان باید فضای مورد نیاز برای:

۱. تخت و تخت روان
۲. پرتونگاری
۳. دستشویی
٤. محل معاینه
۵. میز
٦. صندلی
۷. گنجه دارو و وسایل پزشکی
۸. جالباسی

محاسبه گردیده و با جمع کردن آنها فضای مورد نیاز این قسمت را بدست آورد.

کل فضای مورد نیاز

در بخش های گذشته راجع به نحوه تعیین فضای اغلب فعالیت های کارخانه صحبت شد .فعالیت هایی هم که در این فصل ذکری از آنها به میان نیامد می توانند به همین طریق بررسی شوند .از برگ طرح ریزی فعالیت های خدماتی و کمک تولیدی می توان به منظور محاسبه فضای مورد نیاز کلیه فعالیت هایی که در برگ طرح ریزی محوطه های خدماتی کارخانه آمده اند استفاده نمود.

حال وقت آن می رسد که کل فضای مورد نیاز کارخانه بر اساس محاسباتی که تاکنون انجام گرفته است برآورد گردد . برای این منظور از اطلاعات برگ طرح ریزی تفصیلی فعالیت های خدماتی و کمک تولیدی کارخانه و سایر برگ های محاسباتی استفاده می شود ، و کل فضای مورد نیاز کارخانه در کاربرگ کل فضای مورد نیاز برآورد می گردد.

فصل یازدهم: تخصیص محوطه

مقدمه

با آنچه که در فصل های گذشته گفته شد، اکنون به مرحله ای رسیدیم که محوطه کارخانه را با توجه به فضای مورد نیاز هر یک از فعالیت ها و روابط متقابل آنها به فعالیت های مختلف اختصاص دهیم.

در تخصیص محوطه سعی بر این است که فضای مورد نیاز فعالیت های مختلف به ترتیب مناسبی در کنار یکدیگر قرار گیرند، به طوری که این فعالیت ها به طرز صحیحی با همدیگر ارتباط پیدا کنند و به صورت واحد منسجمی عمل نمایند .در هنگام تعیین نحوه قرار گرفتن فعالیت ها باید روابط بین آنها را حتی‌الامکان در نظر داشته و سعی شود که فضای مورد نیاز هر یک تا حد قابل قبولی تامین گردد.

پاره ای از فواید مطالعات و بررسی های مربوط به تخصیص محوطه در زیر آمده است:

۱. تخصیص نظام گرای محوطه فعالیت ها.
۲. آسان شدن فرایند تولید.
۳. بیشتر شدن صحت و دقت طرح ریزی.
٤. برآورد کل محوطه مورد نیاز.
۵. پیدا کردن یک را حل مقدماتی و قابل فهم برای ترتیب قرار گرفتن قسمت ها.
٦. حداقل کردن فضای بلا استفاده.
۷. تصویر کردن شکل های مختلف قرار گرفتن قسمت ها.
۸. امکان بررسی جامع فعالیت ها.
۹. مقایسه اندازه نسبی فعالیتها.
۱۰. پیدا کردن مبنایی برای آینده.

عوامل موثر در تخصیص محوطه

در تخصیص محوطه نیز عواملی وجود دارند که باید بررسی شوند، این عوامل که به بعضی از آنها در فصل های گذشته اشاره شده است عبارتند از:

- رابطه بین جریان در داخل و خارج از کارخانه
- برنامه‌های توسعه
- انعطاف‌پذیری در مقابل تغییرات آتی
- مشخصات ساختمان
- خصوصیات ویژه دپارتمانها
- در نظرگرفتن مقادیر مجاز اضافی
- امکان استفاده از نیم‌طبقه، بالکن، زیرزمین، پشت‌بام
- محل ستونها و فاصله بین آنها
- الگوی جریان مواد
- تسهیلات خارج از کارخانه و ارتباط آنها با فعالیت‌های داخلی
- محل ساختمانها در محوطه کارخانه
- روابط متقابل فعالیتها
- محوطه موردنیاز فعالیتها
- هزینه فضاها

- احتمال ایجاد تغییراتی در محصول یا در فرآیند تولید
- محل و اندازه راهروها
- اهمیت نسبی هر یک از ایستگاه‌های کار
- صلاح دید و سلیقه شخصی افراد
- محدودیت‌های ساختمانی
- احتیاجات انبار
- استفاده مشترک از تجهیزات
- محل جغرافیایی
- فضای موجود
- امکانات حمل و نقل
- وسایل انتقال مواد در خارج از کارخانه
- منابع مالی موجود
- محل فعالیتهای خدماتی و کمک تولیدی

توسعه

توسعه یکی از مسایل پیچیده ای است که همواره به عنوان بخشی از طراحی کارخانه مطرح می گردد .وقتی فعالیت‌های موسسه ای رونق می گیرد، و نرخ رشد آن رو به افزایش می نهد، خواه ناخواه میل توسعه نیز رخ می نماید.با وجود این، پیش بینی آینده گاهی بیش از حد خوشبینانه، و زمانی به همین نسبت بدبینانه است .در حالت اول کارخانه ای با ظرفیتی بیشتر از ظرفیت لازم ایجاد می شود، و در حالت دوم عکس آن پیش می آید.

دلایل توسعه:

۱. ظرفیت فعلی تولید پایین باشد و نتواند تمامی تقاضا را بر آورده نماید.
۲. قطعات جدیدی به محصول اضافه شده باشند.
۳. به فرایند جدیدی احتیاج باشد.
٤. به عملیات یا خدمات جدیدی احتیاج باشد.
۵. قطعاتی که قبلاً از سایر کارخانجات خریداری می گردید در خود کارخانه ساخته شود.

چه فضا هایی را اضافه کنیم

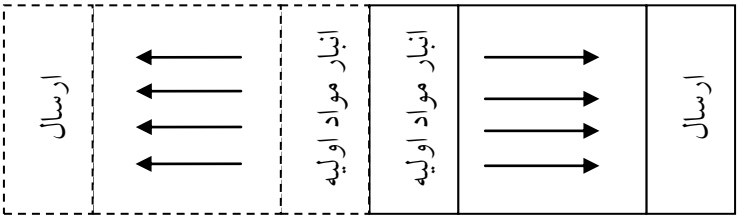
علاوه بر پیش بینی میزان فضای لازم برای توسعه، باید محل آن را نیز مشخص ساخت. محل برنامه توسعه عمدتاً با توجه به جریان فعلی مواد و برخی ملاحظات جنبی دیگر مشخص می گردد .در واقع، محل و ترتیب قرار گرفتن قسمت هایی که به طرح توسعه مربوط می شوند نیز مانند نحوه قرار گرفتن و الگوی جریان مواد طرح اصلی مشخص می گردند.

به طور کلی، شش الگو برای توسعه کارخانجات وجود دارد:

۱. تصویر آینه ای
۲. جریان خط مستقیم
۳. توسعه در فضای محدود
٤. جریان U
۵. جریان C
٦. جریان T

تغییر و تبدیل و ترکیب این الگوها نیز امکان پذیر است.

الگوی آینه‌ای: در این الگو فضای اصلی به صورت کاملاً مشابه در طرف مقابل پیاده و بازسازی می‌شود، طرح اصلی کپی می‌شود.



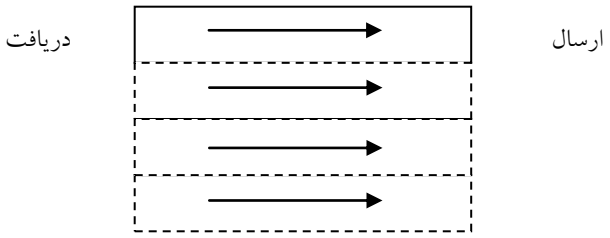
مزایا:

- نیازی به تغییر محل انبار نیست.
- اجرای آن ساده است.
- فضای تولید دو برابر می‌گردد.
- محل تخلیه در همان محل فعلی بوده و یک انبار مرکزی برای مواد اولیه حاصل می‌گردد.
- در جریان مواد ایجاد گلوگاه نمی‌شود.

معایب:

- توسعه به طریق آینه‌ای فقط یک بار قابل انجام است، بنابراین با این الگو می‌توان کارخانه را حداکثر دو برابر کرد.
- با توجه به این الگو دو قسمت ارسال به وجود می‌آید.

الگوی خط مستقیم: مطابق با جریان مواد که به صورت خط مستقیم است، در کنار واحد اصلی، واحد بعدی شکل می‌گیرد.



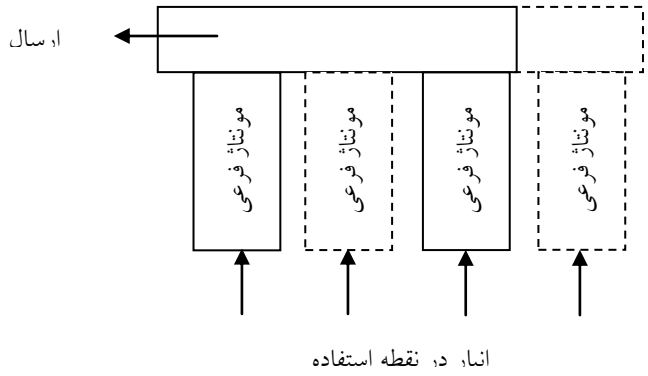
مزایا:

- از نظر تئوریک به تعداد بینهایت بار می‌توان با الگوی خطی توسعه انجام داد.
- برای جرثقیل‌های سقفی مناسب است.
- از نظر اجرایی از راه‌های دیگر ساده‌تر است.
- هزینه‌های ساختمانی نسبتاً پایینی دارد.

معایب:

- زمین باید مسطح باشد، چون امکان انتخاب کارگاهها و بخشها در بعضی مواقع مشکل است.
- توسعه یک یا چند دپارتمان مشکل است.

الگوی Tشکل: بخشها و قسمتهای مختلف طرح توسعه را می‌توان به صورت ستونی در میان قسمتها قرار داد، در مواردی که جریان مواد T شکل است از این الگو استفاده می‌شود:



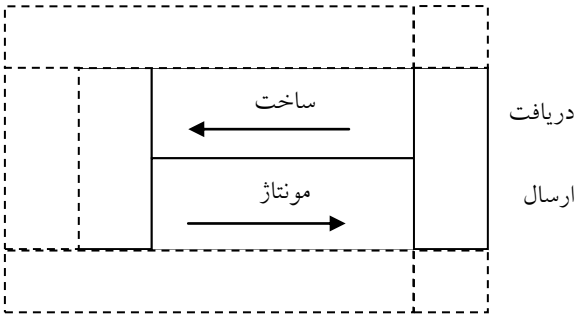
مزایا:

- برای مواقعی که قرار است یک زیر مجموعه که قبلاً خریداری می‌شده، مونتاژ یا ساخته شود مناسب است.
- بدون قطع جریان مواد می‌توان یک یا چند دپارتمان اضافه کرد.
- از ستونهای ساختمان مجاور استفاده می‌شود.
- قطعات و مواد مستقیماً در نقطه استفاده انبار می‌شوند.
- انتقال مواد کاهش می‌یابد.
- با وجود قسمتهای دریافت و انبار در یک محل از هزینه حمل و نقل کاسته می‌شود.

معایب:

ممکن است لازم شود خط مونتاژ اصلی هم توسعه یابد، در نتیجه بعضی دپارتمانها تغییر محل می‌دهند.

الگوی U شکل: طرح توسعه را می‌توان در اطراف یا در سه طرف کارخانه ایجاد کرد. در مواردی که جریان مواردی که جریان مواد به صورت U شکل است از این الگو استفاده می‌شود.



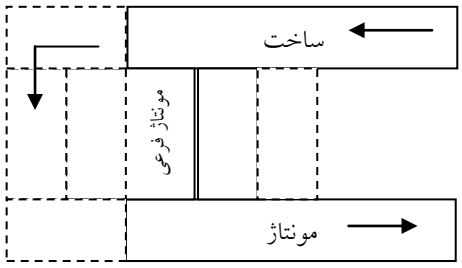
مزایا:

- توسعه به صورت لایه‌های متحدالمرکزی در اطراف هسته U شکل مرکزی صورت می‌گیرد.
- وقتی که دیوارها موقتی بوده یا برداشتن آنها ساده باشد فوق‌العاده مناسب است.
- محل‌های دریافت و ارسال تغییر نمی‌کند و در یک قسمت مرکزی قرار می‌گیرند.
- سیکل تولید کم می‌شود، تعداد ایستگاه‌ها زیاد می‌شود و در محل قبلی جای نمی‌گیرند.

معایب:

شکل آن پس از چند بار توسعه نامناسب می‌شود و انجام عملیات کند می‌گردد.

الگوی C شکل: این طرح توسعه، امکان استقرار یا اضافه کردن محل جدید را به صورت انتخابی و بدون اختلال در خطوط اصلی تولید فراهم می کند. در مواردی که جریان مواد به صورت C شکل است از این الگو استفاده می‌شود.



مزایا:

- بدون قطع جریان مواد می‌توان یک یا چند دپارتمان اضافه کرد.
- برای کارخانه‌هایی که از جرثقیل سقفی، نقاله و لیفتراک استفاده می‌کنند ایده‌آل است.
- محلهای دریافت و ارسال تغییر نمی‌کند.

معایب:

ممکن است طرح فعلی مانع استفاده از این روش گردد. معمولاً طرح اصلی کارخانه با تغییراتی که در ابتدا روی کارخانه صورت می‌گیرد ممکن است استفاده از این نوع طرح توسعه را محدود سازد.

توسعه در فضای محدود:

در این روش سعی می‌شود بدون اضافه کردن فضاها توسعه انجام شود. با اضافه کردن نقاله‌ها و مکانیکی کردن روش انتقال مواد، انبار محصول نیم‌ساخته حذف می‌شود و سرعت تولید اضافه می‌گردد. با استفاده از این سیستم های چند حلقه‌ای پیچیده می‌توان تقاطع جریان مواد را به حداقل کاهش داد و از برنامه تولید A.B.C استفاده کرد.

روشهایی برای طرح توسعه بدون اضافه کردن فضا:

- استفاده موثر از وسایل حمل و نقل

- برنامه‌ریزی تولید بر اساس آنالیز A.B.C
- استفاده از تکنولوژی بهتر مثل ماشین‌های کنترل عددی که نیاز به قسمت‌های اضافی را محدود می‌کند.

مزایا:

- معمولاً از راه‌های دیگر ارزان‌تر است.
- کارگران با محیط کار جدید بیگانه نخواهند بود.
- کنترل تولید و برنامه‌ریزی بهتر

معایب:

- ممکن است یک راه حل موقتی باشد.
- مدیران رده بالا ممکن است مقاومت کنند، چون توسعه فیزیکی باعث بزرگتر شدن و گرفتن امتیازهای اقتصادی و اجتماعی می‌شود.

نیم طبقه و بالکن

استفاده از بالکن و نیم طبقه یکی از راههای نسبتاً کم خرج برای اضافه کردن فضای کارخانه هاست که می‌توانند محل هایی که فضای بالا سری آنها بلا استفاده مانده است بر پا گردند .

انعطاف پذیری

انعطاف پذیری نیز معمولاً به دنبال یا در کنار توسعه مطرح می گردد، و منظور از آن ایجاد کیفیتی است که امکان تغییر و یا افزایش دامنه فعالیت ها را ممکن سازد .

مهندسین یک کارخانه گفته اند با وجود آنکه از ده سال پیش در همان کارخانه کار می کرده اند اما در روز اول از وجود بیش از ۸۰ درصد محصولاتی که امروزه در آن کارخانه تولید می شود بی اطلاع بوده اند .این موضوع کم و بیش در مورد اغلب کارخانه ها مصداق پیدا کند.

تکنولوژی گروهی تکنولوژی گروهی که در فصل چهارم مورد بحث قرار گرفت روش مناسبی برای بالا بردن انعطاف پذیری است، و در طول برنامه ریزی و طرح ریزی باید از این نقطه نظر به آن تکیه شود.

روش های بالا بردن انعطاف پذیری با پاره ای ملاحظات می توان انعطاف پذیری طرح را تا حدودی افزایش داد. به پاره ای از آنها در زیر اشاره می گردد.

یک راه حل کلی برای آسان شدن تغییر محل و استقرار مجدد ماشین آلات و تجهیزات این است که شبکه و انشعابات برق، آب، هوای فشرده، گاز و سایر احتیاجات تاسیساتی مشابه در اکثر نقاط کارخانه وجود داشته باشد.

استفاده از تمام سطح های کارخانه

قبلاً گفته شد که به طور کلی شش سطح مختلف در کارخانه ها وجود دارد .از سقف ساختمان معمولاً برای قرار دادن منبع آب، خشک کن، و تجهیزات برقی و تهویه ای استفاده می شود .رفت و آمد کارکنان و حرکت وسایل خدماتی در بعضی کارخانجات از زیرزمین و یا راهروهای بالا سری انجام می گیرد.

انبار در نقطه استفاده

موضوع دیگری که باید در هنگام تخصیص محوطه مدنظر باشد، بررسی " انبار در نقطه استفاده " انبار به جای مرکزی مواد و قطعات و سایر لوازم مورد نیاز است .به طور کلی، منظور از " انبار در نقطه استفاده" این است که مواد و قطعات در محل کار یا حتی الامکان در نزدیکی آن انبار شوند .به این ترتیب، انبارهای اضافی حذف می شوند و انتقال مواد تا حدودی کاهش می یابد.در واقع، تعداد حرکت ها از لحاظ نظری به دو حرکت، یکی به انبار، و دیگری از انبار به محصول، کاهش می یابد.

برخی فواید انبار در نقطه استفاده در زیر خلاصه گردیده است:

۱. برنامه ریزی تولید ساده تر می شود.
۲. حجم حمل و نقل مواد کاهش می‌یابد.
۳. از قسمتهای خالی بخش تولید می‌توان استفاده بهینه کرد.
٤. آسانتر شدن کنترل موجودی و برنامه‌ریزی تولید
۵. کنترل آسانتر شده و تهیه اطلاعات ساده تر می گردد.
٦. معیوب شدن قطعات کمتر می شود.
۷. گردش مواد سریع تر می شود.
۸. جایگزینی قطعات معیوب یا کهنه آسانتر می گردد.

راهرو ها

تعیین پهنا و محل راهروها از عوامل مهمی است که به هنگام تخصیص فضا ها باید به دقت بررسی شود . نسبت فضای راهرو ها به کل فضای کارخانه معمولاً رقم قابل توجهی است، برای مثال نسبت فضای راهرو به فضای تولید و انبار ممکن است حتی تا ۱/۲ هم برسد. دلایل اصلی احتیاج به راهرو در زیر آمده است:

۱. انتقال مواد و قطعات و محصول نهایی.
۲. حرکت افراد.
۳. انتقال ضایعات.
٤. تغییر محل و جایگزینی ماشین آلات.
۵. دسترسی به وسایل ایمنی و آتش نشانی.

راهروها را می توان به ترتیب زیر طبقه بندی نمود:

۱. اصلی
۲. عرضی

۳. دپارتمانی
٤. کارمندی
۵. خدمات و نگهداری
٦. گوناگون

در هنگام طراحی راهرو ها باید نکاتی را در نظر داشت که پاره ای از آنها در ریز آمده است:

۱. اقتصاد جریان- چون راهروها در اصل به عنوان مسیر انتقال مواد و رفت و آمد افراد مورد استفاده قرار می‌گیرند، لذا باید اصول اقتصاد جریان در طراحی آنها منظور شود.
۲. اقتصاد فضا- چون فضای قابل ملاحظه ای از کارخانجات به راهروها اختصاص می یابد، لذا طراحی مناسب آنها هزینه ها و افزایش سود آوری کمک می کند.
۳. تقدم طراحی- ابتدا راهروهای به منظور ایجاد ارتباط بین دپارتمان ها و ارتباط با خارج از کارخانه طراحی می‌شوند.
٤. اقتصاد اندازه بزرگ- در یک سالن کوچک به پهنای ۲۰ فوت، راهرویی به پهنای ۵ تا ٦ فوت حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد از محوطه را به خود اختصاص می دهد، در حالی که سه راهرو هر یک به عرض ۱۰ فوت حدود ۵ درصد از کل مساحت ساختمانی به عرض ٦۰۰ فوت اشغال می کنند، البته پس از اضافه کردن راهروهای ثانویه این رقم در واحد های صنعتی بزرگ به ۱۰ تا ۱۲ درصد کل مساحت می رسد.
۵. ستون فقرات راهروها- معمولاً باید یک راهرو اصلی به عنوان ستون فقرات راهروها در وسط کارخانه وجود داشته باشد .این راهرو باید حتی الامکان مستقیم بوده و دو طرف ورودی و خروجی را به هم متصل نماید. (راهروهای طبقات بالا ممکن است بن بست باشند)
٦. راهروهای داخلی- این راهروها معمولاً پیچ و خم دار، بن بست و باریک هستند.
۷. استفاده از محل کار به عنوان راهرو- گاهی محوطه اطراف ماشین آلات برای رفت و آمد افراد و انتقال مواد کافی است.
۸. ملاحظات تعمیراتی- چنانچه میزان خرابی دستگاه زیاد بوده و مرتباً به تعمیرات اساسی احتیاج داشته باشند، آن وقت پهنای راهروها با توجه به پهنای بزرگترین ماشین طراحی می گردد.
۹. شرایط اضطراری- راهروهایی نیز باید مخصوص شرایط اضطراری، برای آتش نشانی، کمک های اولیه و نظایر این ها وجود داشته، و سطح آنها همیشه تمیز و مرتب باشد.
۱۰. توجه به آینده- در طول عمر کارخانجات معمولاً به تدریج از فضای راهروها کم می شود تا به فضای قسمت‌های تولیدی اضافه گردد .در طرح اولیه باید احتمال و ضرورت چنین احتیاجاتی را نیز در نظر داشت.

۱۱. پهنای راهرو- پهنای راهروهای اصلی در کارخانه های بزرگ بین ۱۲ تا ۲۰ فوت نوسان دارد . معمولاً دو لیفتراک می توانند از یک گذرگاه ۱۲ فوتی عبور کنند و از ۸ فوت باقی نیز برای حرکت افراد استفاده می‌گردد .راهروهای مخصوص حرکت افراد می توانند تا ۲.۵ فوت هم باریک شوند . در هنگام تعیین پهنای راهروها باید شعاع دور زدن و ظرفیت لیفتراک را در نظر داشت .راهروهای باریک را می توان در بعضی محل‌ها از یک یا هر دو طرف تعریض نمود.

تعیین پهنای راهروها، و استفاده کامل از آنها در هنگامی که تراکتور و تریلی هم جزو وسایل انتقال مواد باشند اهمیت بیشتری می یابد، در این مواقع بهتر است قبلاً با سازندگان تجهیزات در مورد اندازه تریلی، طول آن، تعداد واگن ها و پهنای راهروها مذاکره شود.

فاصله ستون ها

اندازه دهانه ستون ها هم یکی از عواملی است که باید در هنگام اختصاص محوطه و تعیین محل راهروها مد نظر باشد .ستون ها علاوه بر تحمل سقف، استحکام لازم برای نگهداری تجهیزات بالا سری را هم فراهم می آورند.

زیاد شدن فاصله بین ستون های باعث بالا رفتن کارآیی انتقال مواد، آسان شدن استقرار تجهیزات ،و افزایش انعطاف پذیری می گردد .در طرح های امروزی، فاصله ستون ها بین ۳۰ تا ۵۰ فوت است، که گاهی به ۱۰۰ فوت و بیشتر از آن هم می رسد .امروزه فاصله ستون ها اغلب ۳۰*۵۰ یا ٤۰*٦۰ فوت و مشابه این هاست.

به طور کلی تمایل بر این است که شکل حاصل از چهار ستون به جای مربع، مستطیل باشد، تا چنانچه نتوان ماشین را در یک جهت قرار داد در جهت دیگر امکان پذیر باشد .به قولی ، فاصله گذاری ۲۰*۵۰ یا ۳۰*٤۰ فوت نسبت به ۱۰۰*٤۰ یا ۱۲۰*٦۰ با دوراندیشی کمتر همراه است .زیرا هر چند که دهانه های بزرگ تر مستلزم هزینه های بیشتری هستند، اما امکاناتی که از لحاظ استفاده اقتصادی از فضای کارخانه و انعطاف پذیری فراهم می آورند به مراتب بر هزینه ها می چربد.

رویه تخصیص محوطه

برای تخصیص محوطه ابتدا مدل هایی برای نشان دادن فضای ناخالص مورد نیاز هر یک از فعالیت ها ساخته می‌شود .سپس این مدل ها با توجه به مسایلی که در نمودار رابطه فعالیت ها منعکس شده است، و با نظر گرفتن سایر عوامل موثر، و در مجموع به منظور ایجاد مناسب ترین رابطه ممکن در کنار یکدیگر قرار داده می شوند.

تخصیص محوطه با طی قدم های زیر به انجام می رسد:

۱. کاربرگ کل فضای مورد نیاز را به ترتیب زیر پر کنید:

الف- نام فعالیت ها را در ستون چپ بنویسید.

ب- فضای مورد نیاز هر فعالیت را بنویسید.

پ- یک واحد منطقی سطح (مدول) را بر اساس دهانه ستون ها و یا ضریبی از آن انتخاب کنید (مثلاً ۲۰*۲۰، ۳۰*۳۰ یا ۵۰*۵۰ فوت) آن را در ستون مربوطه وارد نمایید .این واحد منطقی را ابتدا مربع بگیرید، که بعداً با توجه به احتیاجات دیگر به مستطیل تغییر خواهد یافت.

ت- تعداد واحد های منطقی سطح هر فعالیت را مشخص کرده و ماکت دو بعدی آن را تهیه کنید .در مثال کارخانه ریزگیر سازی، با فرض این که واحد منطقی سطح ۲۰*۲۰ فوت باشد، اندازه ماکت های دو بعدی به صورت زیر خواهد بود:

۱. دریافت و ارسال ٤۰*۲۰ فوت
۲. انبار موجودی ها ۷۰*۲۰ فوت
۳. اطاق ابزار ۲۵*۲۰ فوت
٤. تعمیر و نگهداری ۲۵*۲۰ فوت
۵. تولید ۱۰۸*٦۰ فوت
٦. دستشویی و غیره ۵۰*۲۰ فوت
۷. غذاخوری ۵۰*۲۰ فوت
۸. قسمتهای اداری٤۰*۲۰ فوت

اندازه واحد منطقی سطح باید مناسب و بزرگی یا کوچکی بیش از حد آن باعث می شود که کارآیی مطلوب را نداشته باشد.

۲. مدل ها را بر روی کاغذ یا مقوا رسم کنید.
۳. مدل ها را ببرید.
٤. مدل ها را طوری در کنار یکدیگر قرار دهید که حتی الامکان با شکل رابطه فعالیت تطابق داشته باشد.

در خلال انجام کار احتمالاً تغییرات و جابجایی هایی در شکل و اندازه مدل ها ضروری می گردد، و شکل حاصل احیاناً با اولویت ها و الزامات نمودار رابطه فعالیت ها هم خوانی کامل نخواهد داشت .معمولاً فقط می توان روابط از درجه A و برخی از E ها را تا حدودی برآورد نمود، روابط I و O معمولاً باید راه را برای روابط A و E و یا سایر دلایل مهم باز کنند.

۵. شکل مقدماتی تخصیص محوطه را با تکیه به صلاحدید و قضاوت، و با عنایت به سایر ملاک های تصمیم‌گیری اصلاح نمایید.

شکل مقدماتی معمولاً نا متقارن است و احیاناً بعضی قسمت های خالی و بلااستفاده در آن وجود دارد .به علاوه، همواره تمایل بر این است که اندازه ستون ها تبدیل گردد.

٦. تهیه شکل نهایی تخصیص محوطه.

در این مرحله فضاهای خالی را بررسی کرده و سعی کنید آنها را با تغییر محل مدل ها حذف نمایید یا بین قسمت‌های مجاور تقسیم کنید .بدین ترتیب فضای فعالیت ها بیشتر خواهد شد، که در هر حال ازا کم بودن آن بهتر است.

این تصمیم ها و تعدیل ها قاعدتاً بدون برخورد با مشکلی انجام می شوند و تغییرات جزیی تر به مراحل آخر طرح‌ریزی موکول می گردد.

۷. الگوی جریان مواد را رسم کنید.

این کار معمولاً به کمک نمودار مونتاژ، نمودار فرایند عملیات، و یا سایر ابزار های تصویری الگوی جریان مواد انجام می گیرد.

رویه ای که گفتیم، راه مناسبی برای تخصیص محوطه فعالیت هاست .گاهی واحد منطقی سطح را به واحد های کوچکتری هم تقسیم می کنند، تا بتوان محوطه های مختلف را با آزادی و انعطاف بیشتری با شکل فضاهای موجود تطبیق داد .مدل های پلاستیکی و رنگارنگ نیز وجود دارند که می توان آنها را شماره گذاری کرد .گاهی فضای مورد نیاز فعالیت ها را به کمک این مدل ها بر روی شکل رابطه فعالیت ها نشان می دهند.

شمای کلی

یکی از مهم ترین ارتباط هایی که در طرح ریزی واحد های صنعتی وجود دارد، رابطه بین جریان های داخل کارخانه و جریان های خارج آن است .این رابطه معمولاً در یک شمای کلی نشان داده می شود، که وضعیت طبیعی زمین کارخانه و ابنیه و تاسیسات آن مثل ساختمان و جاده و نظایر آن را مشخص می سازد.

عوامل موثر در تهیه شمای کلی

همان طور که قبلاً گفته شد، تعدادی از عوامل موثر در تخصیص محوطه مستقیماً با خصوصیات زمین کارخانه ارتباط پیدا می کنند.

تهیه شمای کلی

شمای کلی که در اختیار معمار و مهندس محاسب، پیمانکار، و طراح کارخانه قرار می گیرد معمولاً قسمتهای زیر را در خود دارد:

۱. محل ساختمان ها در زمین طرح.
۲. امکانات و تاسیسات خارجی مثل سقف های موقت، مخزن ها، پست های برق.
۳. راه ها و راه های دسترسی.
٤. سایر امکانات حمل و نقل مثل خط آهن و آبراه.
۵. پیاده روها.
٦. خصوصیات طبیعی مثل ارتفاعات و نهرها.

۷. مناظر طبیعی و فضای سبز و محل های ورزش و تفریحات.
۸. حصار ها و در ها.
۹. پارکینگ.
۱۰. محل قسمتهای دریافت و ارسال.
۱۱. تاسیسات برق و سیالات.
۱۲. محوطه های مربوط به مراحل اول، دوم، سوم و بعدی طرح توسعه، و شکل، محل، اندازه و ترتیبی منطقی و جهت منطقی آنها.

برنامه ریزی دراز مدت

گاهی بهتر است که یک طرح بهینه دراز مدت تهیه شود، و پیاده کردن مرحله ای آن برای یک دوره ۵ تا ۱۰ ساله برنامه ریزی گردد . این نوع برنامه ریزی ها از لحاظ هزینه و زمان ، صرفه جویی های قابل ملاحظه ای به دنبال دارند .

نتیجه

در این فصل پیرامون مسایل، عوامل، و رویه های تخصیص زمین به قسمت های مختلف کارخانه بحث شد.

تخصیص محوطه کارخانه در چارچوب این رویه ها و با توجه به روابط و اندازه قسمت ها به انجام می رسد .هر چند ممکن است این نحوه عمل قدری طولانی و مفصل به نظر آید، اما به خاطر نظمی که در بطن آن است، در عمل فواید بسیار به همراه دارد.

فصل دوازدهم: روش های دستی طرح استقرار (طراحی کارخانه)

تا کنون تمام پیش‌نیازهای کار برای طرح‌ریزی واحدهای صنعتی از قبیل طراحی محصول، طراحی فرآیند، نوع و تعداد ماشین‌آلات موردنیاز، تعداد نیروی انسانی موردنیاز واحدهای تولیدی و غیر تولیدی، سیستم حمل و نقل مواد، احتیاجات فضاها، مساحت موردنیاز دپارتمانها و ... انجام شده است و حال باید مشخص شود که ماشین‌آلات، دپارتمانها و تجهیزات کجا و چگونه قرار گیرند.

لازم به ذکر است جایابی بیشتر در مورد ماشین‌آلات و جانمایی بیشتر در مورد دپارتمانها به کار می‌رود البته از جانمایی در مورد چگونگی قرارگیری ماشین‌آلات در کنار هم پس از جایابی آنها استفاده می‌شود. جایابی عمدتاً بر روابط ریاضی استوار است و برای جانمایی از روشهای ابتکاری استفاده می‌شود. روش‌های جانمایی بر دو دسته‌اند: ۱- روشهای دستی طرح استقرار ۲- روشهای کامپیوتری طرح استقرار

در این فصل در مورد روشهای دستی طرح استقرار بحث خواهد شد.

روش‌های دستی تعیین طرح استقرار

۱. روش مارپیچی
۲. روش نمودار سفر (جدول‌بندی سفر)
۳. روش خط مستقیم
٤. روش دیاگرام ارتباطی (الگویی)
۵. روش توالی تقاضا

لازم به ذکر است از بین روشهای فوق روش الگویی یک روش کیفی و بقیه روشها، روش کمی می‌باشند.

روش مارپیچی

این روش یک روش کمی است و از نمای ترسیمی جریان مواد در تعیین طرح استقرار بهره می‌گیرد. نامهای دیگر این روش، روش اسپیرال و یا روش حلزونی است.

هدف کلی این روش حداقل کردن جریان مواد بین دپارتمانهای غیر همجوار (غیر همسایه) است یا به عبارت دیگر هدف حداکثر کردن مقدار جریان مواد بین دپارتمانهای همسایه است. هدف این روش را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

m: تعداد بخش‌ها (دپارتمانها)

f_{ij}: مقدار جریان از بخش i به بخش j

$$MaxZ=\sum_i\sum_j f_{ij}x_{ij}$$

x_{ij} یک است اگر بخش i و j همسایه باشد، در غیر اینصورت صفر است.

اطلاعات ورودی:

- جدول از-به جریان مواد (اگر ورودی بر اساس ترتیب مراحل ساخت باشد باید به جدول از-به تبدیل شود.)

- مساحت مورد نیاز بخش‌ها

قدمهای روش:

قدم اول: دپارتمانها را دو به دو بر حسب مقدار جریان مواد به صورت نزولی مرتب کنید.

قدم دوم: موقعیت بخش‌های دریافت و ارسال را بر اساس عواملی که قبلاً ذکر شد روی نقشه استقرار تعیین کنید.

قدم سوم: بدون در نظر گرفتن مساحت و با توجه به قدم ۱ و ۲، دپارتمانها را طوری در کنار یکدیگر قرار دهید که جریان مواد بین دپارتمانهای همسایه حداکثر شود.

قدم چهارم: با توجه به مساحت واقعی دپارتمانها، دپارتمانها را در کنار یکدیگر قرار دهید به طوری که همسایگی ایجاد شده بین دپارتمانها در گام ۳ از بین نرود.

قدم پنجم: در صورت تمایل می‌توان استقرارهای مختلفی تولید نموده و آنها را با توجه به معیار ارزیابی زیر مقایسه نمود.

جمع کل درصد جریانها/ جمع درصد جریان بین بخش‌های غیر مجاور= معیار ارزیابی

قدم آخر: طرح استقراری به عنوان بهترین طرح انتخاب می‌شود که معیار ارزیابی کمتری داشته باشد.

معیار ارزیابی-۱= معیار کارآیی

معیار کارآیی= درجه همسایگی نرمال شده $= Z = \sum_i \sum_j f_{ij} x_{ij} / \sum_i \sum_j f_{ij}$

با توجه به اینکه هدف روش مارپیچی این است که دپارتمانهایی که درجه نزدیکی بیشتری دارند نزدیک یکدیگر قرار گیرند بنابراین هرچه معیار کارآیی به یک نزدیک‌تر باشد مطلوب‌تر است.

اگر نرخ کارآیی برابر یک باشد می‌توان نتیجه گرفت که در طرح، همه جفت بخش‌ها که بین آنها جریان مثبتی وجود دارد همسایه هستند.

مزایا:

- این روش برای تجسم جریان مواد مناسب است.
- برای ارزیابی طرح‌های استقرار مختلف به کار می‌رود.

معایب:

- اشکال این روش این است که یک روش سیستماتیک برای بهبود ارائه نمی‌دهد، بلکه متکی به خلاقیت و ابتکار طراح می‌باشد.
- وقتی تعداد دپارتمانها زیاد شود، این روش کارآیی خود را از دست می‌دهد.
- ارتباطات کیفی و روابط بین فعالیت‌ها در نظر گرفته نمی‌شود.
- روش‌های دستی نمی‌توانند توامان هم طرح استقرار و هم سیستم حمل و نقل را با هم بهبود دهند.

روش نمودار سفر

این روش یک روش کمی است. هدف این روش حداقل کردن هزینه کل حمل و نقل از طریق حاصلضرب جریان در مسافت در هزینه حمل می‌باشد.

این روش برخلاف روش قبلی استقرارهای مختلفی را ایجاد کرده و آنها را بر اساس معیار مشخصی با هم مقایسه می‌کند و هدف آن کاهش کل هزینه حمل می‌باشد.

اطلاعات ورودی:

- جدول از–به جریان مواد
- مساحت موردنیاز بخش‌ها

قدمهای روش:

قدم اول: در این مرحله جدول از– به جریان تا حد امکان بهبود داده می‌شود و سپس میزان نامطلوبی محاسبه می‌شود.

قدم دوم: با توجه به جدول از– به بهبود یافته که در پایان قدم اول به دست آمد یک طرح استقرار اولیه رسم می‌شود به نحوی که مساحت بخشها در ان لحاظ شده باشد.

قدم سوم: با استفاده از استقرار به دست آمده یک جدول از– به مسافت حمل تهیه می‌شود، به این صورت که فاصله میان مراکز بخش‌ها را به صورت پله‌ای محاسبه کرده و وارد جدول از–به مسافت حمل می‌شود.

قدم چهارم: از ضرب نظیر به نظیر دو جدول جریان حمل و مسافت حمل، جدول از– به کار حمل به دست می‌آید. اعداد به دست آمده در ماتریس حاصل را با یکدیگر جمع نموده و آن را به عنوان هزینه حمل و نقل طرح استقرار فعلی در نظر بگیرید. این هزینه هر چه کمتر باشد طرح بهتری خواهد بود.

قدم پنجم: بهبود در طرح استقرار، با جابجایی دپارتمانها در طرح، طرح جدیدی به وجود آورید و به قدم سوم برگردید. لازم به ذکر است با جابجایی دپارتمانها فقط ماتریس مسافت تغییر می‌کند.

قدم ششم: قدم قبل را تکرار کنید تا به طرحی برسید که کمترین هزینه حمل و نقل را داشته باشد.

ویژگی روش اخیر این است که مرتباً سعی در بهبود دارد. مبنای همه الگوریتم‌های کامپیوتری است و سعی بر این است تا بخش‌هایی را که با هم ارتباط بیشتری دارند، کنار همدیگر قرار گیرند.

مزایا:

- طرحهای استقرار مختلفی را ارائه می‌دهد و دست طراح کارخانه را در تصمیم‌گیری باز می‌گذارد.
- روش خوبی جهت عرضه و ارائه استقرارهای مختلف است.
- بخش‌هایی که حجم جریان مواد بین آنها زیاد است در کنار هم قرار می‌گیرند.
- از دو روش مارپیچی و خط مستقیم بهتر است.

معایب:

- در مسائل بزرگ کارآیی خود را از دست می‌دهد.
- روش سیستماتیک برای بهبود ارائه نداده و به خلاقیت و ابتکار طراح وابسته است.

- شروع و ختم حرکتها (جریان مواد) از مراکز بخش‌ها واقعی نیستند.
- در این روش هزینه حمل و نقل یکسان در نظر گرفته می‌شود که خود عیب بزرگی است.

روش خط مستقیم:

این روش یک روش کمی است. روش خط مستقیم را گاهی روش ماتریس قطعات نیز می‌نامند. هدف این روش برقراری جریان در خط مستقیم است. از نظر این روش جریانی را خط مستقیم گویند که جریان برگشتی نداشته باشد.

اطلاعات ورودی:

- اطلاعات روند و مسیر ساخت برای هر قطعه
- حجم جریان مواد بین بخش ها برای هر قطعه
- مساحت مورد نیاز بخش‌ها

قدمهای روش:

قدم اول: تشکیل ماتریس قطعات: سطرهای ماتریس، قطعات مختلف، ستونهای ماتریس، بخش‌ها و عناصر داخل ماتریس میزان جریان مواد است. سطرهای این ماتریس به ترتیب از بیشترین تا کمترین جریان مرتب شده‌اند.

لازم به ذکر است ترتیب به دست آمده یک استقرار اولیه است و لزوماً استقرار بهینه نمی باشد.

قدم دوم: جریان های برگشتی را برای هر قطعه با توجه به مسیر تولید داده شده برای هر قطعه، روی ماتریس قطعات مشخص کنید.

قدم سوم: در صورت امکان با تعویض جای ستونها جریانهای برگشتی را حداقل کنید.

قدم چهارم: تهیه نمودار استقرار: ماتریس قطعات اصلاح شده را روی نقشه استقرار منتقل کنید تا نمودار استقرار به دست آید.

قدم پنجم: تهیه استقرار نهایی: با توجه به مساحت موردنیاز هر بخش، طوری نمودار استقرار را تغییر دهید که مساحت‌ها رعایت شده باشد.

معیار کارآمدی این الگوریتم: " مجموع جریانهای برگشتی" هرچه کمتر باشد بهتر است.

معایب:

- یک روش سیستماتیک برای بهبود ندارد و به خلاقیت و ابتکار طراح بستگی دارد.
- با افزایش تعداد بخش‌ها کارآیی خود را از دست می‌دهد.
- ارتباطات کیفی و روابط بین فعالیتها در نظر گرفته نمی‌شود.
- فقط یک جواب ارائه می‌دهد.
- شکل به دست آمده کاملاً مناسب نیست و نیاز به تعدیل دارد.

روش دیاگرام ارتباطی

این روش مبتنی بر داده‌های کیفی است، روش دیاگرام ارتباطی به نام‌هایی چون رو دیاگرام رابطه فعالیت‌ها و روش الگویی نیز شناخته می‌شود.

هدف این روش حداکثر کردن ارتباطات خواسته شده بین بخش‌ها بر اساس نمودار رابطه فعالیت‌ها می‌باشد. یعنی بخش‌هایی که ارتباطات قوی‌تری دارند باید به هم نزدیک‌تر باشند.

اطلاعات ورودی

- جدول رابطه فعالیتها
- مساحت مورد نیاز بخش‌ها

قدمهای روش

قدم اول: تهیه دیاگرام ارتباطات و تعیین یک الگوی کلی از استقرار و جریان مواد به دست آمده

قدم دوم: در این مرحله باید یک الگوی واحد را انتخاب نمود که بر اساس آن بتوان به راحتی ابعاد بخش‌های مختلف را ترسیم و به مقیاس نمود. اندازه این الگوی واحد معمولاً به ابعاد کل ساختمان و نیز فاصله ستونها از یکدیگر بستگی دارد.

قدم سوم: هر یک از بخش‌های به دست آمده بر حسب ابعاد ارائه شده در جدول فوق به صورت الگوهایی بریده و کنار هم قرار داده می‌شود. نحوه قرار دادن این الگوها باید حتی‌المقدور مشابه چیدمان به دست آمده در قدم اول باشد.

قدم چهارم: اگر لازم است ابعاد به دست آمده طوری اصلاح شوند که ابعاد مناسب ساختمان حفظ شده و معیارهای مورد نظر یک طرح خوب حفظ شده باشد.

مزایا

- در این روش بخش‌هایی که ارتباطات زیادی دارند به یکدیگر نزدیک‌تر خواهند بود.

معایب:

- این روش روابط کمی را در نظر نمی‌گیرد.
- با افزایش تعداد دپارتمانها کارآیی خود را از دست می‌دهد.
- یک روش سیستماتیک برای بهبود نداشته و به خلاقیت و ابتکار طراح بستگی دارد.

نکته: اگر برای درجات نزدیکی عدد معادل داده شده باشد جمع درجات نزدیکی بین بخش‌ها را برای هر طرح محاسبه و طرح با امتیاز بیشتر به عناون بهترین طرح انتخاب می‌شود.

$A=۲^{۳}=۸$ $E=۲^{۳}=٤$ $I=۲^{۱}=۲$ $O=۲^{۰}=۱$ $U=۰$ $X=-۲^{۳}=-۸$

روش توالی تقاضا(noy)

این روش یک روش کمی برای استقرار خط تولید است، البته نیازی نیست که طرح استقرار به صورت خط مستقیم باشد بلکه فقط حرکت محصول نمی‌تواند به صورت متقاطع باشد.

اطلاعات ورودی

قدم اول: ابتدا برای هر ماشین بر مبنای محل قرارگیری در پروسه تولید تولید جدولی به صورت زیر رسم می‌شود، به تعداد ماشین‌ها باید محل در نظر گرفته شود.

قدم دوم: جمع مقدار جریان (تولید) توسط هر بخش در هر محل را با توجه به مسیرهای تولید هر قطعه (محصول) بدست آورده و در جدول زیر قرار داده می‌شود.

قدم سوم: مقدار جمع وزنی بخش‌ها را از حاصلضرب مجموع جریان هر بخش- محل در شماره محل به دست می‌آید.

قدم چهارم: با تقسیم جمع وزنی هر بخش بر جمع کل هر بخش، میانگین وزنی به دست می‌آید.

قدم پنجم: اعداد میانگین وزنی به دست آمده را به صورت صعودی مرتب کرده و محل بخشها بر همین اساس تعیین می‌شود.

جدول حاصل به صورت زیر است:

محل / بخش	۱	۲	۳	...	جمع کل	جمع وزنی	میانگین وزنی	محل قرارگیری بخش
A								
B								
C								
...								

چنانچه دو عدد به دست آمده برای میانگین وزنی یکسان شد، اولویت با بخشی است که جمع کل بیشتری دارد و اگر جمع کل هم مساوی باشد انتخاب هر کدام فرقی نمی کند.

فصل سیزدهم: روش های کامپیوتری طراحی کارخانه

استفاده از روش‌هایی که جواب بهینه را ارائه می‌دهند تنها برای مسائل کوچک امکان‌پذیر است، بنابراین نمی‌توان به صورت گسترده از روش‌هایی که جواب بهینه را ارائه می‌کنند استفاده نمود. روش‌های کامپیوتری طرح استقرار همانند روش‌های دستی طرح استقرار الگوریتم‌های ابتکاری هستند و جواب بهینه را تضمین نمی‌کنند با این تفاوت که این روش ها ساختار یافته‌تر بوده و برای آنها بسته نرم‌افزاری تهیه شده است. از طرف دیگر روش‌های ابتکاری مزایای فراوانی دارند، مهم‌ترین مزیت روش‌های ابتکاری توانایی ایجاد جواب‌های خوب و نزدیک بهینه و همچنین ظرفیت آنها برای حل مسائل بزرگ با محاسبات فراوان است.

در هر نرم‌افزار طرح استقرار باید موارد زیر بررسی قرار گیرد:

- ورودی‌ها: مانند تعداد دپارتمانها، ارتباط بین دپارتمانها، مساحت هر بخش، ابعاد استقرار و ...
- خروجی‌ها: مانند چیدمان یا استقرار بخش‌ها در کنار یکدیگر، امتیاز طرح استقرار و ...
- الگوریتم: که در ارتباط با هر الگوریتم طرح استقرار معمولاً لازم است نحوه ورود دپارتمان‌ها به طرح استقرار، نحوه چیدن دپارتمانها در طرح استقرار و نحوه محاسبه امتیاز طرح مورد بررسی قرار گیرد.

تقسیم‌بندی الگوریتم‌ها

۱. از نظر اطلاعات اولیه:

- الگوریتم های بهبود دهنده: کرافت (CRAFT)، کوفاد (COFAD)

یعنی باید طرح اولیه به برنامه داده شود و سپس برنامه اثرات ناشی از تغییر بخش ها را بررسی می نماید.

- الگوریتم های ایجاد کننده: آلدپ(ALDEP)، کورلپ(CORELAP)، پلانت (PLANET)

از ابتدا یک طرح استقرار به وجود می آورند و بیشتر با پارامترهای کیفی سر و کار دارند.

۲. از نظر فرمت خروجی طرح استقرار:

- نمایش طرح به صورت گسسته:
- نمایش طرح به صورت پیوسته: اجرای آن روی کامپیوتر مشکل‌تر است.

۳. بر اساس تابع هدف:

- ارائه طرح استقرار با هدف حداقل کردن هزینه حمل و نقل
- ارائه طرح استقرار با هدف ماکزیمم کردن میزان ارتباط فعالیتها

٤. از لحاظ کمی و کیفی بودن الگوریتم:

کیفی: آلدپ و کورلپ

کمی: کرافت، کوفاد و پلانت

بعضی از الگوریتم‌ها هم نمودار از–به و هم نمودار رابطه فعالیتها را می‌پذیرند مانند: بلک پلن

الگوریتم کرافت: (CRAFT)

اولین الگوریتمی است که به منظور طراحی کارخانه به کمک کامپیوتر توسعه یافت. این الگوریتم دقیقاً مبتنی بر روش نمودار سفر است. یعنی می‌کوشد هزینه کل حمل و نقل را که حاصلضرب جریان در مسافت در هزینه واحد است را بهبود دهد.

قابلیت در نظر گرفتن چند نوع سیستم حمل و نقل مواد جزو مزایای آن محسوب می شود.

کرافت میتواند تا ٤٠ بخش از در محوطه تا ابعاد ۳۰*۳۰ بپذیرد.

هدف الگوریتم کرافت کاهش هزینه کل حمل و نقل از طریق جابجایی محل بخش ها می باشد.

اطلاعات ورودی

- جدول از- به جریان مواد
- مساحت بخش‌ها
- جدول از- به هزینه حمل و نقل(هزینه حمل و نقل یک واحد بار به ازاء یک واحد مسافت)
- طرح اولیه استقرار
- بخش هایی که محل آن ها ثابت فرض شده است.
- تعیین نوع جابجایی بخش ها

یادآوری: فضای مورد نیاز بخش های مختلف ، از طریق طرح اولیه ای که به برنامه داده می شود و مقیاسی که برای آن تعریف می گردد مشخص می شود.

روش کار الگوریتم

مثال: طرح اولیه استقرار چهار دپارتمان و جدول از- به جریان (جدول حجم حمل و نقل) و جدول از- به هزینه حمل و نقل به شرح زیر می‌باشد. با استفاده از الگوریتم کرافت، محاسبات لازم را جهت دستیابی به طرح با هزینه کل حمل و نقل انجام دهید.

طرح اولیه استقرار

A	**B**
C	**D**

جدول از ـ به جریان

	A	B	C	D
A		۲	۴	۴
B	۱		۱	۳
C	۲	۱		۲
D	۴	۱	۰	

(جدول حجم حمل و نقل)

جدول از ـ به هزینه حمل و نقل

	A	B	C	D
A		۱	۱	۱
B	۱		۱	۱
C	۱	۱		۱
D	۱	۱	۱	

گام۱: تعیین مختصات مرکز ثقل بخش ها در طرح اولیه استقرار

نکته: در صورتی که شکل بخش‌ها متقارن نباشد، ابتدا شکل نامتقارن به چند شکل منتظم شکسته می‌شود و سپس از روابط زیر برای محاسبه مراکز حقیقی این بخش‌ها استفاده می‌شود.

$$Y = \sum S_i \times Y_i / \sum S_i$$

$$X = \sum S_i \times X_i / \sum S_i$$

S: مساحت بخش منتظم i ام

(x_i , y_i): مختصات مرکز بخش منتظم i ام

حل مثال : برای این منظور شکلی(طرح اولیه استقرار) که به کامپیوتر داده شده بر روی محور های مختصات قرار داده می شود و مختصات مراکز بخش ها مشخص می گردد.

گام۲: محاسبه فاصله پله ای بین مراکز ثقل بخش ها در طرح اولیه استقرار و ترسیم جدول از- به مسافت

ادامه حل مثال : محاسبات مسافت ها:

$$A\text{-}B = B\text{-}A = |X_A - X_B| + |Y_A - Y_B| = ۲۵\text{-}۶۵ + ۳۰\text{-}۳۰ = ۴۰$$

$$A\text{-}C = C\text{-}A = |X_A - X_C| + |Y_A - Y_C| = ۲۵\text{-}۲۰ + ۳۰\text{-}۱۰ = ۲۵$$

$$A\text{-}D = D\text{-}A = |X_A - X_D| + |Y_A - Y_D| = ۲۵\text{-}۶۰ + ۳۰\text{-}۱۰ = ۵۵$$

$$B\text{-}C = C\text{-}B = |X_B - X_C| + |Y_B - Y_C| = ۶۵\text{-}۲۰ + ۳۰\text{-} ۱۰ = ۶۵$$

$$B\text{-}D = D\text{-}B = |X_B - X_D| + |Y_B - Y_D| = ۶۵\text{-}۶۰ + ۳۰\text{-}۱۰ = ۲۵$$

$$C\text{-}D = D\text{-}C = |X_C - X_D| + |Y_C - Y_D| = ۲۰\text{-}۶۰ + ۱۰\text{-}۱۰ = ۴۰$$

و جدول از- به مسافت به صورت زیر خواهد بود:

جدول از- به مسافت

	A	B	C	D
A		۴۰	۲۵	۵۵
B	۴۰		۶۵	۲۵
C	۲۵	۶۵		۴۰
D	۵۵	۲۵	۴۰	

گام۳: هر یک از عناصر جدول از- به جریان را در عنصر متناظر در جدول هزینه حمل و نقل و در عنصر متناظر در جدول از- به مسافت ضرب کرده و ضمن تشکیل جدول از- به هزینه کل حمل و نقل، این حاصلضرب را در عنصر متناظر جدول از- به هزینه کل حمل و نقل وارد می نماید.

جدول از- به هزینه کل حمل و نقل

	A	B	C	D	جمع
A		۸۰	۱۰۰	۲۲۰	٤۰۰
B	٤۰		٦٥	۷٥	۱۸۰
C	٥۰	٦٥		۸۰	۱۹٥
D	۲۲۰	۲٥	۰		۲٤٥
جمع	۳۱۰	۱۷۰	۱٦٥	۳۷٥	۱۰۲۰

گام٤: جابجایی محل بخش های هم اندازه ، یا همسایه و یا مشترکاً با بخش دیگر همسایه برای جابجایی بخش ها: انتخاب های زیر وجود دارد ، که باید یکی از آنها از طریق اطلاعات ورودی برنامه مشخص گردد:

١. جابجایی ٢بخش
٢. جابجایی ٣ بخش
٣. ابتدا جابجایی ٢بخش و سپس جابجایی ٣ بخش
٤. ابتدا جابجایی ٣ بخش سپس جابجایی ٢ بخش
٥. جابجایی دو بخش یا سه بخش(هر کدام که بهتر بود)

ادامه حل مثال : الگوریتم فرض می کند محل بخش های B و A، C و A، D و A، D و B جابجا شود.

گام٥: کرافت، صرفه جویی در هزینه کل حمل و نقل در اثر جابجایی بخش ها را ابتدا به طور تقریبی محاسبه می‌کند، بدین معنی که فرض می کند وقتی محل دو بخش با یکدیگر عوض شود، مرکز ثقل آنها دقیقاً با یکدیگر جابجا گردند. بدین ترتیب، فواصل همه بخش ها با یک بخش تبدیل خواهد شد به فاصله آنها با بخشی که با این بخش جابجا شده است .تمام جابجایی های ممکن با این فرض انجام می گیرند و صرفه جویی حاصل از آنها محاسبه می شود.

ادامه حل مثال : الگوریتم صرفه جویی حاصل را به طور تقریبی محاسبه می کند .حال این محاسبات را برای جابجایی D و B انجام می دهیم و جدول از -به مسافت را برای این جابجایی می نویسیم.

جدول از- به مسافت

	A	B	C	D
A		۵۵	۲۵	۴۰
B	۵۵		۴۰	۲۵
C	۲۵	۴۰		۶۵
D	۴۰	۲۵	۶۵	

گفتیم که کرافت کاهش هزینه را ابتدا به صورت تقریبی محاسبه می نماید ، بدین معنی که فرض می کند مرکز ثقل دو بخش دقیقاً با یکدیگر جابجا شوند .با این فرض، فاصله B با بقیه بخش ها قبلاً هر چه بوده اینک به فاصلهD با این بخش ها تبدیل می شود و بالعکس.

بخش ها	فاصله قدیم	فاصله جدید	تغییرات
A-B	۴۰	۵۵	+۱۵
C-B	۶۵	۴۰	-۲۵
B-D	۲۵	۲۵	۰
A-D	۵۵	۴۰	-۱۵
C-D	۴۰	۶۵	+۲۵
A-C	۲۵	۲۵	۰

تغییرات مسافت ها

خلاصه این تغییرات را در جدول از -به تغییرات مسافت ها وارد می کنیم.

جدول از ـ به جریان

	A	B	C	D
A		۲	۴	۴
B	۱		۱	۳
C	۲	۱		۲
D	۴	۱	۰	

(جدول حجم حمل و نقل)

جدول از ـ به هزینه حمل و نقل

	A	B	C	D
A		۱	۱	۱
B	۱		۱	۱
C	۱	۱		۱
D	۱	۱	۱	

جدول از- به تغییرات هزینه کل حمل و نقل

	A	B	C	D
A		+۳۰	۰	-٦۰
B	+۱۵		-۲۵	۰
C	۰	-۲۵		+۵۰
D	-٦۰	۰	۰	

بنابراین، خالص صرفه جویی مساوی ۷۵ واحد است.

گام٦: سپس آن جابجایی که بیشترین صرفه جویی را حاصل نموده مشخص می گردد و عملاً محل دو بخش مربوطه با یکدیگر تعویض می شود.

ادامه حل مثال : صرفه جویی ۷۵ واحد خروجی گام ۵ از صرفه جویی ناشی از تغییر مکان هر دو بخش دیگری بیشتر است(که البته ما محاسبات مربوط به سه جابجایی دیگر در این جا نیاورده ایم) بنابراین، محل این دو بخش باید عملاً جابجا شود.

گام۷: پس از این جابجایی، مختصات مرکز ثقل دپارتمان ها در محل های جدید محاسبه شده، مسافت ها تعیین گردیده، و هزینه کل حمل و نقل مشخص می شود، که این مقدار واقعی در مقابل مقداری است که قبلاً تخمین زده شده بود.

ادامه حل مثال: حال مجدداً باید مرکز ثقل بخش ها مشخص شود. مرکز ثقل D به ترتیب زیر محاسبه می‌گردد.

$$XD= \frac{S1}{S1+S2} XD1 + \frac{S2}{S1+S2} XD2 = \frac{60}{80} \times 65 \frac{20}{80} \times 75= 67/5$$

$$YD= \frac{60}{80} \times 30 + \frac{20}{80} 10= 25$$

سپس مسافت بین مرکز ثقل همه بخش ها محاسبه شده و جدول زیر بدست می آید:

جدول از- به مسافت

	A	B	C	D
A		۵۰	۲۵	۴۷/۵
B	۵۰		۳۵	۲۷/۵
C	۲۵	۳۵		۶۲/۵
D	۴۷/۵	۲۷/۵	۶۲/۵	

جدول از ـ به جریان

	A	B	C	D
A		۲	۴	۴
B	۱		۱	۳
C	۲	۱		۲
D	۴	۱	۰	

(جدول حجم حمل و نقل)

جدول از ـ به هزینه حمل و نقل

	A	B	C	D
A		۱	۱	۱
B	۱		۱	۱
C	۱	۱		۱
D	۱	۱	۱	

جدول از- به هزینه کل حمل و نقل

	A	B	C	D
A		۱۰۰	۱۰۰	۱۹۰
B	۵۰		۳۵	۸۲/۵
C	۵۰	۳۵		۱۲۵
D	۱۹۰	۲۷/۵	۰	

پس کل هزینه های حمل و نقل به ۹۸۵ کاهش می یابد .یعنی صرفه جویی واقعی ۳۵ واحد است بر خلاف تقریب آن که ۷۵ واحد بود.

گام۸: تکرار گام های ٤ تا ۷ تا دیگر نتوان جابجائی پیدا کرد که موجب صرفه جویی در هزینه حمل و نقل شود.

ادامه حل مثال : حال کرافت کار خود را مجدداً از نو شروع می کند، تا مشخص سازد که جابجایی کدامیک از بخش های A و B، A و C، A و D، B و C، B وD، C و D می تواند به بیشترین صرفه جویی بیانجامد.

در صورت انجام محاسبات به این نتیجه می رسیم که جابجایی A و B بیشترین صرفه جویی را عاید می‌کند. این دو بخش با هم جابجا می شوند .سپس کرافت مجدداً از نو شروع می کند و در طرح بعدی به این نتیجه می رسد که جابجایی D و C بهترین است و آنها را جابجا می نماید .در طرح آخر هیچ دو بخشی پیدا نخواهد شد که جابجایی آنها موجب صرفه جویی در هزینه های حمل و نقل گردد.

نکته: چنانچه در الگوریتم کرفت مساحت دپارتمانها یکسان باشد، هزینه تخمینی طرح و هزینه واقعی طرح یکسان خواهند شد. زیرا در این صورت مراکز ثقل تغییری نمی‌کند.

مزایای الگوریتم کرفت:

- یک الگوریتم کمی است و هزینه طرح و کاهش هزینه را در هر مرحله ذکر می‌کند.
- این الگوریتم یک روش سیستماتیک برای بهبود ارائه داده و بر مبناب اطلاعات کمی کار می‌کند و به خوبی می‌تواند استقرارهای مختلف را ارزیابی نماید.
- در الگوریتم کرفت این امکان وجود دارد که موقعیت یک بخش را ثابت نگه داشت، این امکان فرصت ارزیابی استقرارهای مختلف را فراهم می‌آورد.
- شکل‌های ورودی‌ها می‌توانند تغییر کنند.
- زمان اجرای برنامه کوتاه است.
- مبانی ریاضی ساده‌ای دارد.

- تا وقتی که صرفه‌جویی منفی نباشد ادامه پیدا می‌کند.
- برای ارزیابی استقرارهای مختلف مناسب است.
- برای طراحی قسمت‌های اداری هم می تواند مورد استفاده قرار گیرد.
- می‌توان تکرارهای میانی را هم بررسی نمود.

معایب الگوریتم کرفت:

- طرح نهایی دارای کمترین هزینه نیست.
- کیفیت جواب نهایی بستگی به استقرار اولیه دارد.
- در بعضی مواقع طرح‌های غیر طبیعی تولید می‌کند.
- مقادیر هزینه‌های حمل و نقل غیر واقعی هستند.
- قدرت ایجاد طرح استقرار اولیه را ندارد.
- روابط نامطلوب منظور نمی‌گردد.
- ورودی‌ها باید بر طبق نظام خاصی به برنامه داده شود.

الگوریتم کوفاد: (COFAD)

این الگوریتم شکل تکمیل یافته الگوریتم کرفت است. به این صورت که علاوه بر اطلاعات ورودی کرافت اطلاعات دیگری نظیر انواع وسایل حمل و نقل ممکن و هزینه‌های ثابت و متغیر هر یک را نیز دریافت می‌کند. این الگوریتم تنها برنامه‌ای است که سیستم حمل و نقل و طرح استقرار را مشترک در نظر می‌گیرد و به دنبال استقراری است که حداقل هزینه را داشته باشد. برنامه کوفاد قادر است تا با بررسی ٦ وسیله حمل و نقل که کلیه اطلاعات و مشخصات فنی مورد لزوم آن مشخص است وسیله نقلیه یا وسایل نقلیه مناسبی را نیز پیشنهاد دهد.

اطلاعات ورودی:

- جدول از-به جریان برای وسایل مختلف حمل و نقل
- طرح استقرار اولیه
- وسایل حمل و نقلی که می‌توانند حمل‌های مختلف را انجام دهند.
- اطلاعات هزینه‌ای وسایل مختلف
- هزینه واحد حمل برای هر یک از حملها
- بخش‌هایی که احتمالاً محل آنها ثابت است.

روش کار الگوریتم

گام اول: یک استقرار مطلوب به وسیله بهبود استقرار فعلی به روش کرفت تعیین می‌شود، در این مرحله ابتدا کوفاد استقرار اولیه را به روش کرفت بهبود می‌دهد البته با این تفاوت که نحوه محاسبه فواصل علاوه بر خطی شکسته به صورت خط مستقیم هم می‌تواند باشد.

گام دوم: هزینه‌های انواع روش حمل و نقل محاسبه می‌شود، در این مرحله هزینه انجام هر حمل توسط وسایل حمل و نقلی که از قبل تعیین گردیده‌اند محاسبه می‌شود.

گام سوم: تعیین سیستم حمل و نقل و انتخاب سیستمی با کمترین هزینه

گام چهارم: تکرار مراحل فوق برای بهبود تا رسیدن به شرایط توقف.

خروجی این الگوریتم شامل موارد زیر است:

- تخصیص یکی از وسایل حمل و نقل برای هر حرکت
- هزینه سالیانه وسایل حمل و نقل انتخاب شده
- مجموع هزینه‌های سالیانه برای حرکات انجام شده توسط سیستم فوق
- تعداد تجهیزات اختصاص یافته

مزایای الگوریتم کوفاد:

۱. توانایی در نظر گرفتن فواصل به صورت خطی شکسته و خط مستقیم
۲. توانایی در نظر گرفتن ٦ نوع وسیله حمل و نقل با کلیه اطلاعات و مشخصات فنی مورد لزوم
۳. انجام آنالیز حساسیت روی سیستم حمل و نقل

جوابی هم که این الگوریتم می‌دهد لزوماً بهینه نیست.

محاسبه هزینه در روش کوفاد:

هزینه حرکت لوازم با مسیر ثابت= هزینه واحد طول× طول حرکت

هزینه حرکت لوازم با مسیر متحرک= هزینه متغیر در واحد زمان×زمان حرکت+ هزینه ثابت× درصد مطلوبیت وسیله حمل و نقل

الگوریتم آلدپ: (ALDEP)

آلدپ میتواند تا ٦٣ بخش بپذیرد و طرح را تا ابعاد ۳۰*۵۰ تهیه نماید.

همچنین میتواند تا سه طبقه ساختمان داشته باشد.

می‌توان محدودیت های در آن وارد کرد به طوری که طرح در اطراف ستون ها، راهروها، پله ها،یا قسمتها و بخش های موجود که محل آنها ثابت فرض شده ایجاد گردد. این الگوریتم بر اساس نمودار رابطه فعالیتها کار می‌کند. هدف آلدپ برقراری حداکثر ارتباط (درجه نزدیکی) بین بخش‌های مجاور است.

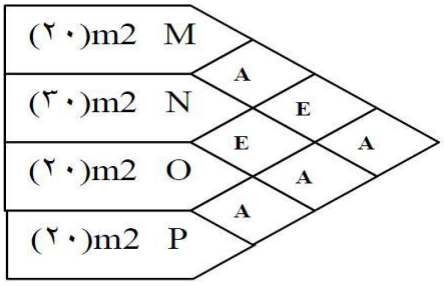
اطلاعات ورودی

- طول، عرض، مساحت هر طبقه، و مقیاس طرح.
- جدول رابطه بین بخش ها.
- تعداد دپارتمانها و بخش‌های طرح

- تعداد طرح هایی که باید تولید شود.
- حداقل درجه نزدیکی که بخش ها بر اساس آن انتخاب می شوند.
- حداقل امتیاز برای قبولی طرح(طرح هایی که امتیاز آنها کمتر از این مقدار باشد چاپ نمی شوند)
- عرض نواری که بخش ها بر اساس ان چیده می شوند.
- محل و اندازه بخش هایی که باید ثابت بمانند.

روش کار الگوریتم

مثال : چهار بخش M، N، O و P با مساحت های مندرج در جدول رابطه بین بخش های زیر داریم . حداقل درجه نزدیکی بخش های فوق الذکر به ترتیب A، E،A و I می باشد . محاسبات لازم را انجام دهید.

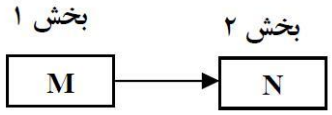


گام اول : آلدپ اولین بخش را به صورت تصادفی انتخاب می کند.

حل مثال : بخش M بصورت تصادفی انتخاب می شود.

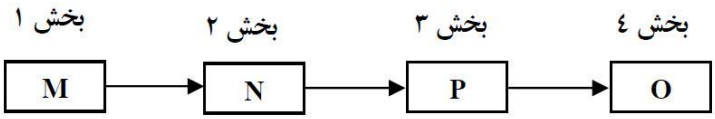
گام دوم : انتخاب بخش دوم . جدول رابطه فعالیت ها بررسی می شود و بخش هایی که درجه نزدیکی آنها با بخش اول بزرگتر یا مساوی حداقل درجه نزدیکی باشد مشخص می گردند . اگر بیش از یک بخش با بیشترین درجه نزدیکی وجود داشته باشد، آنگاه یکی از آنها به طور تصادفی انتخاب می گردد .چنانچه هیچ بخشی با این مشخصات وجود نداشته باشد، یک بخش به طور تصادفی انتخاب می شود.

ادامه حل مثال : حداقل درجه نزدیکی بخش M، A می باشد . درجه نزدیکی بخش های N و P مساوی حداقل درجه نزدیکی بخش M می باشد . بنابراین بخش N بصورت تصادفی به عنوان بخش دوم انتخاب می گردد.



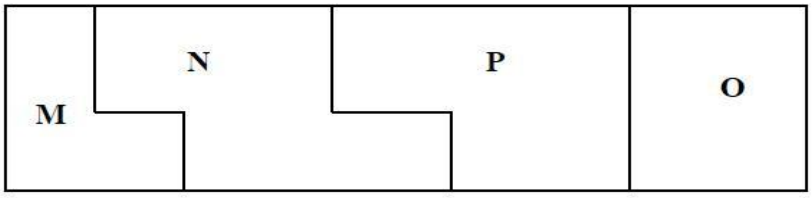
گام سوم : وقتی بخش دوم انتخاب گردید، آنگاه به جدول رابطه فعالیت ها مراجعه می شود و بخش هایی که با بخش دوم رابطه ای مساوی یا بزرگتر از حداقل درجه نزدیکی داشته باشند مشخص می گردند، و این فرایند به همین ترتیب تا انتخاب آخرین بخش تکرار می شود. به طور کلی، هر بار رابطه بین آخرین بخشی که انتخاب شده و بخشهایی که هنوز انتخاب نشده اند بررسی می گردد، و یکی از بخش هایی که درجه نزدیکی آن بزرگتر یا مساوی حداقل درجه نزدیکی باشد به طور تصادفی انتخاب و مستقر می شود.

ادامه حل مثال:



گام چهارم : استقرار بخش ها . آلدپ ابتدا اولین بخش انتخاب شده را در گوشه بالا و سمت چپ منطقه قرار می‌دهد و نواری به عرض مورد نظر(که در ورودی ها مشخص شده است) به سمت پایین امتداد می‌دهد. درصورتی که کل مساحت بخش مورد نظر در یک نوار تامین نگردد، آنگاه نوار بعدی از سمت راست نوار قبلی و از پایین به بالا کشیده می شود. در واقع سطح کارخانه با نوارهایی به عرض تعیین شده از بالا به پایین و از پایین به بالا پر می گردد.

ادامه حل مثال:



گام پنجم : امتیاز طرح . وقتی محل همه بخش ها مشخص شد، آنگاه آلدپ امتیاز طرح حاصل را محاسبه می‌نماید .به این معنی که دپارتمان های همسایه را مشخص می کند و برای هر دو همسایه، بسته به درجه نزدیکی آنها، امتیازی به شرح زیر به مجموع امتیاز طرح اضافه می نماید:

$X= -4^5$ $U=0$ $O= 4^0$ $I= 4^2$ $E=4^2$ $A= 4^3$

امتیاز هر طرح از جمع کردن مقدار عددی رابطه بین دپارتمان های همسایه به دست می آید .مثلاً اگر دو دپارتمان با هم درجه نزدیکی A داشته، و در طرح همسایه شده باشند، به مقدار ٦٤ به امتیاز طرح اضافه می‌شود. و حاصل جمع امتیاز همه دپارتمان های همسایه برای طرح محاسبه می شود و بر دو تقسیم می‌گردد، تا دوباره محاسبه نشده باشد.

ادامه حل مثال : بخش های M و N چون رابطه A دارند امتیاز ٤^3 یعنی ٦٤ می گیرند به همین ترتیب ، بخش‌های N و P و بخش های P و O نیز که با یکدیگر رابطه A دارند امتیاز ٦٤ می‌گیرند. بنا براین امتیاز طرح برابر است با: ٤^3 *۳ تقسیم بر ۲ یعنی ۹٦.

گام ششم : الگوریتم آلدپ سپس از ابتدا تکرار می شود، یعنی یک دپارتمان به طور تصادفی انتخاب شده و همه مراحل از نو تکرار می گردد تا طرح جدیدی بدست آید و امتیاز آن محاسبه گردد .سپس باز طرح جدیدی ساخته می شود تا سرانجام به تعدادی که در ورودی ها تعیین کرده ایم طرح تولید گردد .طرح هایی که امتیاز آنها از حداقل امتیاز قابل قبول که در ورودی ها تعریف شده کمتر نباشند چاپ می شوند . حداقل امتیاز برای قبول طرح ها در ابتدا مساوی صفر فرض می شود .پس از آنکه طرح هایی به تعداد تعیین شده ایجاد گردیدند، و آنهایی که امتیازشان از حداقل امتیاز قابل قبول کمتر نیست چاپ شدند، آنگاه آلدپ خود به خود حداکثر امتیاز طرح ها را مساوی با حداقل امتیاز قابل قبول قرار می دهد و دور بعدی

تولید طرح ها را آغاز می نماید .این فرایند آنقدر تکرار می گردد تا سرانجام هیچ طرحی یافت نشود که امتیاز آن از حداقل امتیاز قابل قبول کمتر نباشد.

طبیعی است که در این مسیر در هر تکرار تعدادی طرح که امتیازشان از حداقل آن دور کمتر نبوده چاپ می‌شوند.

مزایا:

- انتخاب و جایگزینی دپارتمانها به سرعت و به سادگی انجام می‌شود، به عبارت دیگر سرعت ارزیابی آن بالا است.
- نقشه‌هایی که این مدل می‌دهد نسبت به CORELAP مناسب‌تر است.
- برای طبقات مختلف می‌تواند طرح استقرار تولید کند.
- در ابتدا یک برنامه ایجاد کننده است اما می‌تواند جهت بهبود نیز بکار گرفته شود.
- قادر است محلهای ثابتی را به بخشها اختصاص دهد.
- به علت انتخاب تصادفی و وجود حداقل امتیاز قابل قبول، طرح های زیادی را تولید و با هم مقایسه می‌کند.
- با توجه به اینکه گزینه‌های متعددی را ارائه می‌دهد دست طراح در انتخاب باز است.
- دارای استقرار مستطیلی است.
- هرجا به مشکلی از جهت تصمیم‌گیری برخورد کند با استفاده از عدد تصادفی تصمیم‌گیری می‌نماید.

معایب آلدپ:

- معمولاً اشکال بخش‌ها در طرح استقرار ارائه شده نامنظم است و طرح ایجاد شده باید توسط دست تعدیل شود.
- حداکثر تعداد دپارتمانها در این برنامه ٦٣ بخش است.
- حداکثر تعداد طبقات طرح، ٣ طبقه است.
- حداکثر ابعاد خروجی ٥٠*٣٠ است و همانطور که اشاره شد مشکل ابعاد را می‌توان با انتخاب مقیاس مناسب برطرف نمود.
- روش های ارزیابی و امتیازدهی مطلوب نیست.
- نمی‌تواند فرآیندهای تولید را ارزیابی کند.
- هزینه‌های حرکت محاسبه نمی‌شود.
- فرضیاتی در مورد شکل بخش‌ها را نمی‌توان در آن وارد کرد.
- روابط نامطلوب منظور نمی‌گردد.
- بخش‌ها را به صورت تصادفی انتخاب می‌کند.

الگوریتم کورلپ

این الگوریتم بر اساس روش سیستماتیک جانمایی (S.L.P) بنا شده است. بر اساس نمودار رابطه فعالیتها دیاگرامی تهیه می‌شود که پس از ادغام و ترکیب با مساحتهای مورد نیازبخشها به نقشه استقرار تبدیل می‌شود. هدف این الگوریتم برقرار کردن حداکثر ارتباطات بین بخشها با توجه به نمودار رابطه فعالیتها می‌باشد.

اطلاعات ورودی:

- نمودار رابطه فعالیتها
- تعداد بخشها و مساحت مورد نیاز هر بخش
- وزنهای ورودی برای حروف نمودار رابطه فعالیتها که نرخ محل بر مبنای آن محاسبه می‌شود.
- نحوه ترسیم طرح نهایی

ورودیهای اختیاری برنامه:

- حداکثر یا مقدار مشخص نسبت طول به عرض طرح
- مقیاس طرح خروجی جهت چاپ
- تخصیص اولیه بخشها

قدمهای الگوریتم:

- ابتدا نحوه ورود دپارتمانها به طرح استقرار مشخص می‌گردد.
- دپارتمانها بر اساس اولویت مشخص شده چیده می‌شوند.
- امتیاز طرح (گشتاور طرح) محاسبه می‌شود.

نحوه ورود دپارتمانها به الگوریتم کورلپ

۱. محاسبه نرخ نزدیکی کل (TCR) برای هر بخش

نرخ نزدیکی کل عبارت است از مقدار عددی میزان ارتباطات بین بخش مورد نظر و سایر بخش‌ها

R(i,j): درجه نزدیکی (میزان ارتباط) بین بخش i ام و j ام

m: تعداد دپارتمانها

$$TCR_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq i}}^{m} R_{ij} \qquad i=1,2,\ldots,m$$

در الگوریتم کورلپ مقادیر درجات نزدیکی به صورت زیر است:

A	E	I	O	U	X
٦	٥	٤	٣	٢	١

۲. قرار دادن بخش با بیشترین TCR در مرکز استقرار (در صورتی که هیچ بخشی در ورودی مشخص نشده باشد.)

در صورتی که این بخش بیش از یکی باشد دپارتمانی که دارای مساحت بیشتری است انتخاب می‌شود و در صورتی که باز حالت تساوی رخ دهد بخشی که از نظر حروف الفبا جلوتر است انتخاب می‌شود.

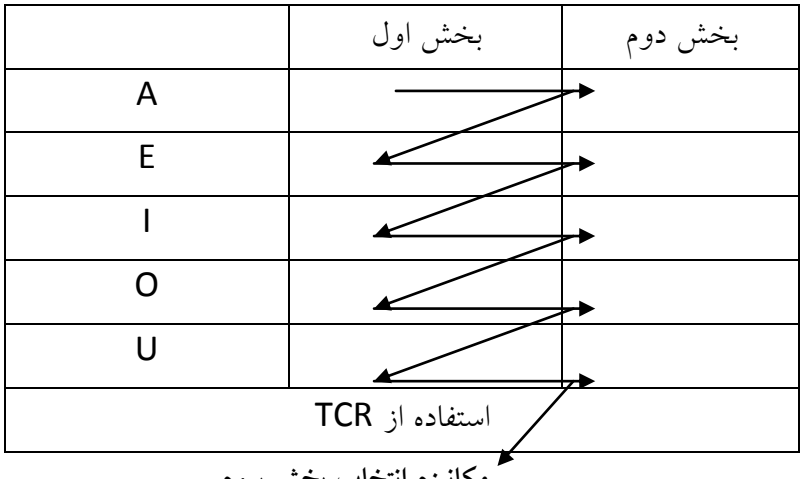
۳. برای انتخاب دپارتمان بعدی، نمودار رابطه فعالیتها بررسی شده و بخشی که با اولین بخش انتخاب شده بیشترین درجه نزدیکی را داشته باشد انتخاب می‌شود. به عبارت دیگر هر بخش که رابطه A با بخش انتخاب شده دارد انتخاب می‌شود که در اینجا دو حالت ممکن است بوجود آید:

اگر رابطه A وجود نداشت روابط I،E ،O و U مورد بررسی قرار می‌گیرد.

اگر بیش از یک بخش دارای درجه نزدیکی مشابه بود مبنای انتخاب، بخش با TCR بزرگتر خواهد بود. در صورت تساوی، بخشی انتخاب می‌شود که مساحت آن بزرگتر است و در صورتی که باز حالت تساوی رخ دهد بخشی که از نظر حروف الفبا جلوتر است انتخاب می‌شود.

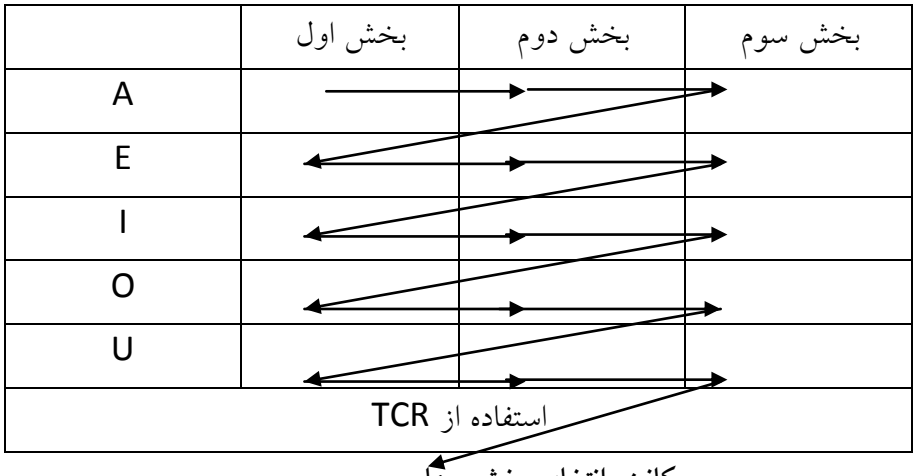
٤. سومین بخش برای ورود به طرح استقرار از طریق بررسی نمودار رابطه فعالیتها انتخاب می‌شود. بدین صورت که از بین بخشهای باقیمانده حائز شرایط بخشی انتخاب می‌شود که با بخش اول رابطه A داشته باشد و اگر از بین بخشهای باقیمانده دپارتمانی با بخش اول رابطه A نداشت رابطه A با دپارتمان دوم چک می‌شود و اگر این دو حالت امکان‌پذیر نباشد به ترتیب ذکر شده برای روابط I،E ، O و U تکرار می‌شود تا بخش بعدی انتخاب شود.

اگر باز هم بخش مطلوب پیدا نشود (یعنی اگر بخشی پیدا نشود که با یکی از بخشهای انتخاب شده حتی درجه نزدیکی U داشته باشد) آنگاه بخشی انتخاب می‌شود که TCR بیشتری داشته باشد.



مکانیزم انتخاب بخش سوم

۵. حال همین فرآیند به ترتیب اولویت برای بخش‌های اول و دوم و سوم تکرار می‌شود تا بخش چهارم انتخاب شود. این تکرار آنقدر ادامه پیدا می‌کند تا همه بخشها مستقر شوند.



مکانیزم انتخاب بخش چهارم

نحوه چیدن دپارتمانها در الگوریتم کورلپ

استقرار بخش‌های انتخاب شده در کورلپ، بر حسب دو معیار نرخ محل و طول همسایگی خواهد بود.

استقرار بخش‌ها به صورتی انجام می گیرد که علاوه بر آنکه نرخ محل حداکثر می گردد، طول همسایگی هم حداکثر باشد.

ابتدا بر اساس نرخ محل تصمیم می‌گیریم و اگر نرخهای محل برای دو مکان برابر بود، طول همسایگی در نظر گرفته می‌شود.

در کورلپ ابتدا دو دپارتمان اول پس از مقیاس‌بندی و تعیین ابعاد در مرکز طرح استقرار مستقر می گردد، دپارتمان بعدی جایی قرار می‌گیرد که نرخ محل آن بیشتر باشد در صورت برابر بودن نرخ محل چند مکان، جایی که طول همسایگی آن بیشتر باشد قرار می‌گیرد و به همین ترتیب کلیه دپارتمانها در طرح استقرار چیده می‌شوند.

نرخ محل به صورت حاصل جمع وزنهای ورودی نمودار رابطه فعالیتهای بخش مورد نظر با بخشهای همسایه آن به دست می‌آید. لازم به ذکر است وزنهای ورودی نمودار رابطه فعالیتها از اطلاعات ورودی الگوریتم بوده که در ورودیها و توسط خود طراح مشخص شده و با مقادیر درجات نزدیکی که برای A و E و ... در نظر گرفتیم فرق می کند.

طول همسایگی عبارتست از مرز مشترک بخش جدید با بخش های موجود

نحوه محاسبه امتیاز طرح (گشتاور طرح) در الگوریتم کورلپ

پس از تکمیل شدن طرح استقرار، برنامه کورلپ جواب به دست آمده را ارزیابی می‌کند. در الگوریتم کورلپ محاسبه امتیاز یک طرفه است.

ابتدا مسافت بین بخش‌ها محاسبه و در جدول مسافتها ثبت می‌شود. مسافت بین بخشها به صورت کوتاه‌ترین فاصله پله‌ای محاسبه می‌شود. در حقیقت فاصله دو بخش عبارتست از فاصله پله‌ای بین نزدیکترین دو نقطه

آنها به یکدیگر، بنابراین فاصله بین بخش‌های مجاور صفر است. به عبارت دیگر مسافت بین دو دپارتمان عبارتست از تعداد دپارتمانهای بین دو بخش.

سپس کورلپ فاصله هر بخش را در میزان ارتباط دو بخش ضرب کرده و این مقادیر را با هم جمع می‌کند و امتیاز کلی طرح را به دست می‌آورد و نهایتاً طرحی بهتر است که امتیاز کمتری دارد.

$$\text{امتیاز طرح} = ۱/۲ \sum_{\substack{\text{All i,All j} \\ i \neq j}} \sum (\text{مسافت}) \times (\text{ارتباط}) = \sum_{i>j} \sum (\text{مسافت}) \times (\text{ارتباط})$$

لازم به ذکر است مقادیر درجات نزدیکی برای محاسبه امتیاز، همان مقادیری است که برای محاسبه TCR استفاده می‌شود.

خروجی الگوریتم، طرح استقرار و متمایز (گشتاور) مربوط به آن می‌باشد.

مزایای کورلپ:

- طرح جدید را خود تولید می کند.
- این مدل استفاده ساده و راحت دارد.
- اصطلاحات مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌ها مشابهند.
- از نمودار رابطه فعالیتها استفاده می‌کند و اهمیت نسبی اغلب فعالیتها در نظر گرفته می‌شود.
- هر مرحله از توسعه را می‌توان دید یعنی اینکه هر مرحله از اجرای برنامه در برگه خروجی به راحتی قابل رویت است.

معایب کورلپ:

- این برنامه تنها یک جواب حاصل نموده و انعطاف‌پذیری ندارد، در نتیجه نمی‌تواند استقرارهای مختلف را ارزیابی کند.
- طرحی که این الگوریتم می‌دهد ممکن است خیلی شکیل نباشد، شکل و نقشه به دست آمده را معمولاً بی‌قاعده و به فرم نامنظم چاپ می‌کند. تغییر و تبدیل‌های دستی بعد از اتمام کار کامپیوتر جهت نزدیک شدن به واقعیت هنگام عمل لازم است.
- نمی‌تواند محل مشخص بعضی بخش‌ها را ثابت نگه دارد.
- هزینه‌ها را محاسبه نمی‌کند.
- کوتاه‌ترین مسیر بین دو بخش، همیشه نمی‌تواند معیار واقعی باشد. بنابراین در تفسیر امتیاز چیدمان باید این مورد دقت شود.
- حداکثر دپارتمانها ۷۰ و حداکثر ابعاد خروجی طرح ۳۹×۳۹ می‌باشد و این عامل در واقع مقیاس طرح را محدود می‌کند.

- لزوماً جواب بهینه را ارائه نمی‌دهد.

الگوریتم پلانت

این الگوریتم قوی‌ترین و کارآترین الگوریتم استقرار است که انعطاف‌پذیری بالایی دارد. هدف آن حداکثر کردن ارتباطات بین بخش‌ها یا حداقل کردن هزینه‌های حمل و نقل می‌باشد.

داده‌های اصلی ورودی آن نظیر داده‌ها کرفت است و می‌تواند مانند کرفت به منظور ایجاد و ارزیابی طرح‌ها مورد استفاده قرار گیرد. به عبارت دیگر پلانت هم استقرار را به وجود می‌آورد و هم ارزیابی می‌کند.

برنامه پلانت انعطاف‌پذیری بالایی دارد، زیرا می‌توان جریان مواد را به صورت مختلف به برنامه داد. این مدل از سایر مدلها انعطاف پذیرتر است.

اطلاعات ورودی برنامه پلانت

- اطلاعات در مورد جریان مواد

پلانت برنامه‌ای متنوع با سه روش جریان مواد است که می‌تواند سه استقرار مختلف را تولید کند. این سه روش در زیر آمده‌اند.

الف- به صورت ترتیب مراحل ساخت

ب- به صورت نمودار از- به

ج- به صورت نمودار جریمه (پنالتی)(جدول هزینه بین‌بخشی)(جدول از-به نرمالیزه شده)

- اطلاعات لازم برای تعریف بخشها: نام بخش، کد بخش، مساحت بخش، درجه اولویت در انتخاب بخش برای استقرار

خروجی الگوریتم، طرح استقرار و امتیاز بر اساس هزینه حمل و نقل می‌باشد.

دستورالعمل اجرایی برنامه پلانت:

گام اول: تبدیل اطلاعات

الف- اگر اطلاعات به صورت ترتیب مراحل ساخت باشد:

برای هر قطعه:

۱. حجم جریان در واحد زمان
۲. ترتیب عبور از بخشها
۳. هزینه حمل در واحد مسافت داده می‌شود.

پلانت در مرحله تبدیل اطلاعات، این اطلاعات را به جدول از-به تبدیل می‌کند.

گام دوم: انتخاب بخشها برای استقرار

در این مرحله درجه اولویت در انتخاب بخشها و جدول هزینه جریان متقابل بخشها مبنای انتخاب بخشها در الگوریتم پلانت است.

جهت انتخاب و چیدن بخش‌ها در این مرحله سه روش انتخاب وجود دارد که استفاده کننده می‌تواند یکی از آنها را انتخاب کند. در هر روش، در تمام مراحل ابتدا بخش‌هایی که بیشترین اولویت را دارند بررسی می‌شوند و مادامی که بخشی با درجه اولویت بالاتر هنوز انتخاب نشده باشد به بخش‌های با اولویت پایین توجهی نمی‌گردد.

گام سوم: استقرار بخش‌ها

- استقرار اولین بخش در مرکز طرح
- استقرار دومین بخش در کنار بخش اول بطوری که این دو بخش با یکدیگر همسایه باشند. (بطور کلی پلانت سعی می‌کند هر بخش را حتی‌المقدور مربع یا نزدیک مربع بسازد.)
- استقرار سومین بخش با توجه به حداقل هزینه حمل و نقل در بین مکانهای نامزد
- استقرار چهارمین بخش در بین مکانهای نامزد با توجه به حداقل هزینه، کنار بخشهای استقرار داده شده قبلی مسافت نیز به صورت خطی شکسته (مختصاتی) مرکز به مرکز محاسبه می‌شود.

در ابتدا فرض می‌شود که مرکز بخشی که جهت استقرار انتخاب شده است بتواند در هر کدام از نقاط پیرامون شکلی که دپارتمان مستقر شده، قرار گیرد. بدین ترتیب مراکز دپارتمانهای جدید در تمام نقاط پیرامون طرح فعلی قرار داده می‌َود و نقطه‌ای که کمترین هزینه اضافی حمل و نقل را داشته باشد نقطه‌ای خواهد بود که بخش انتخاب شده فعلی به دور آن شکل خواهد گرفت. مساحت طرح به این ترتیب گسترش می‌یابد و پیرامون آن در دور بعدی مجدداً به منظور یافتن نقطه‌ای که کمترین هزینه اضافی را به بار آورد جستجو می‌شود. این رویه تا استقرار همه بخش‌هایی که به ترتیب انتخاب می‌شوند ادامه می‌یابد.

مزایای الگوریتم پلانت

- از نظر انعطاف‌پذیری از کلیه مدلها بهتر است.
- در این الگوریتم می‌توان محل بعضی بخش‌ها را ثابت نمود.
- طرح اولیه را خودش تولید می‌کند.
- هزینه حمل و نقل بین بخشها می‌تواند متفاوت باشد.
- می‌تواند در هر مساله‌ای که دارای روابط عددی بین بخشها باشد مورد استفاده قرار گیرد.
- گزینه‌های مختلفی برای انتخاب و استقرار بخش‌ها دارد.
- اطلاعات ورودی و واژگان آن متداول و جاافتاده است.
- اطلاعات خروجی به شکل اعداد دو رقمی است.
- اولویت بندی در طرح استقرار

معایب الگوریتم پلانت

- بیشتر برای قسمتهای تولیدی به کار می‌رود.

- به تجربه زیادی احتیاج دارد.
- ورودی‌ها باید به طرز خاصی به آن داده شود.
- نقشه به دست آمده معمولاً مناسب نیست و احتیاج به اصلاح دارد.
- معیار ارزیابی ندارد.

نکات مربوط به الگوریتم پلانت

- فواصل به صورت خطی شکسته بین مرکز بخش جدید و مراکز طرح فعلی محاسبه می‌شود.
- هزینه حمل و نقل مساوی است با حاصلضرب جدول مسافت در جدول هزینه جریان متقابل بین بخشها.
- وقتی مساحت دپارتمان برابر با یک باشد، هزینه تخمینی و هزینه واقعی پس از استقرار دپارتمان یکسان خواهد شد، به این دلیل هزینه یکسان است که مرکز ثقل تغییری نخواهد کرد.
- بخش جدید طوری مستقر می‌شود که مرکز آن تقریباً در امتداد نقطه بهینه انتخاب شده باشد و اساساً احتمال اینکه روی آن قرار بگیر بسیار ناچیز است.
- پس از استقرار باید هزینه واقعی اضافه شده حمل و نقل با توجه به اینکه مرکز بخش جدید بر روی نقطه انتخاب شده قرار نگرفته است، محاسبه شود.
- پلانت یک الگوریتم کمی است اما برخی از ویژگیهای یک الگوریتم کیفی را نیز دارا می‌باشد.
- پلانت امتیاز واقعی طرح را محاسبه نمی‌کند.

مقایسه روش ها

الگوریتم	سازنده یا بهبوددهنده	کمی یا کیفی	هدف	در نظرگرفتن مساحت	شکل معین	جدا کردن بخش	طرح استقرار چند طبقه	اختصاص ثابت
کرفت	بهبود دهنده	کمی	کمینه‌سازی هزینه	بلی	خیر	بلی	خیر	بلی
آلدپ	سازنده	کیفی	بیشینه‌سازی همسایگی	بلی	خیر	بلی	بلی	بلی
کورلپ	سازنده	کیفی	بیشینه‌سازی همسایگی	بلی	ممکن است	خیر	خیر	خیر
پلانت	سازنده	کمی	کمینه‌سازی هزینه	بلی	شکل مربعی	خیر	خیر	بلی

فصل چهاردهم: مکان‌یابی (جایابی)

مطالعات جایابی به جهت ایجاد صرفه‌جویی‌های فراوان در هزینه و زمان، از اهمیت بسیاری برخوردار هستند.

تعریف جایابی:

به طور کلی جایابی به معنی پیدا کردن محلی برای تسهیلات جدید است به گونه‌ای که:

- دسترسی به منابع وارد شونده به سیستم به راحتی صورت گیرد.
- مشکلی برای محیط اطراف ایجاد نکند.
- دسترسی به منابع مصرف‌کننده به راحتی صورت گیرد.
- حمل و نقل حتی‌الامکان کم و ارتباط امکان‌پذیر باشد.
- پارامترهای هزینه را حذف و یا کم اثر نماید.
- نیازهای تسهیلات حتی‌الامکان در محیط برآورده شود.

کاربردهای جایابی

۱. تاسیس مراکز جدید

۲. تغییر مکان مراکز فعلی: علل تغییر مکان عموماً به شرح زیر است:

- تغییر تکنولوژی
- توسعه طرح
- ایجاد شعب
- تغییر بازار فروش
- اتمام یا کاهش منابع مواد اولیه
- تحول نیروی انسانی
- افزودن یک بخش جدید
- عدم تمدید اجاره

دسته‌بندی مسائل جایابی

از حیث تعداد وسایل:

- جایابی یک وسیله
- جایابی چند وسیله

از حیث نواحی کاندید شده:

- جایابی گسسته
- جایابی پیوسته

از حیث وسایل موجود:

- وسیله‌ای از قبل موجود نمی‌باشد.
- وسایلی از قبل وجود دارد.

از حیث ارتباط بین وسایل جدید با وسایل موجود:

- بین وسیله جدید با وسایل موجود ارتباط وجود ندارد.
- بین وسیله جدید با وسایل موجود ارتباط وجود دارد.

از حیث تعداد پارامترهای موثر:

- تک پارامتری
- چند پارامتری

از حیث روش حل:

- روشهای کمی و محاسباتی
- روشهای کیفی

از حیث تابع هدف:

- کمینه کردن هزینه کل (MiniSum)
- کمینه کردن بیشینه هزینه (MiniMax)
- سایر

از حیث نوع مسافت بین تسهیلات جدید و موجود:

- مسافت خطی شکسته
- مسافت خط مستقیم (اقلیدوسی، مورب)
- مجذور فاصله اقلیدوسی (مربع اقلیدوسی)

از حیث مساحت تسهیلات:

- نقطه‌ای
- ناحیه‌ای

مدل ریاضی جایابی تکی- مدلهای پیوسته

مدل ریاضی مساله جایابی نقطه‌ای برای یک وسیله جدید با تابع هدف حداقل کردن مجموع هزینه‌های حمل و نقل به طوری که:

- وسایلی از قبل موجود می‌باشند به شرط اینکه وسایل موجود جابجا نشوند.
- ارتباط بین وسایل جدید و موجود وجود دارد.
- فواصل می‌تواند به صورت خطی شکسته ، مجذور فاصله مستقیم و خط مستقیم باشد.

فرض کنید m وسیله موجود داریم که مختصات آنها به شرح زیر می باشد:

$$p_1(a_1,b_1), p_2(a_2,b_2),.....,p_m(a_m,b_m)$$

می خواهیم وسیله جدیدی به مختصات $\left(x^*,y^*\right)$ را وارد کنیم به طوریکه هزینه حمل و نقل را حداقل کند.

مختصات وسیله جدید $X\left(x^*,y^*\right)$

مسافت بین وسیله جدید و وسیله i ام $d\left(x,p_i\right)$

w_i: هزینه حمل و نقل بین وسیله جدید و وسیله موجود i ام

$$\min f(x)=\sum_{i=1}^{m} w_i d\left(x,p_i\right)$$

مساله فوق بدون محدودیت است و اگر محدودیتی وجود داشته باشد می‌توان وارد مساله کرد ولی در کل ذات مساله بدون محدودیت است.

حالات مختلف مسائل جایابی تکی از نظر نوع مسافت بین تسهیلات موجود و جدید:

مدل۱: مسائل جایابی تکی در حالت مسافت خطی شکسته:

$$d\left(X,p_i\right)=|x-a_i|+|y-b_i|$$

$$\min f(x,y)=\sum_{i=1}^{m} w_i\left(|x+a_i|\right)+w_i\left(|y-b_i|\right)$$

چون x و y از هم مستقل هستند:

$$\min f(x,y)=\sum_i w_i|x-a_i|+\sum_i|y-b_i|$$

مینیمم کردن تابع مذکور چون معادل دو جمع است، برای اینکه تابع f(x,y) مینیمم شود معادل این است که هر کدام از توابع سمت راست جداگانه مینیمم شود:

$$\min f(x)=\sum_i w_i|x-a_i|$$

$$\min f(y)=\sum_i w_i|y-b_i|$$

دو خاصیت مهم حل بهینه مسایل جایابی تکی در حالت مسافت خطی شکسته:

خاصیت اول: x بهینه منطبق بر یکی از x های موجود و y بهینه منطبق بر یکی از y های موجود است.

خاصیت دوم: نقطه بهینه نقطه ای است که نیمی از حملها در سمت چپ و نیمی از آنها در سمت راست آن قرار گیرد. همچنین نیمی از حملها در بالا و نیمی دیگر در پایین آن قرار بگیرد که به این موضوع اصل تعادل یا اصل جاذبه گویند.

روش‌های حل مسایل جایابی تکی در حالت مسافت خطی شکسته به صورت زیر است:

۱. روش میانه
۲. روش تجمع وزنی
۳. روش ترسیمی
٤. روش برنامه‌ریزی خطی
۵. روش منحنی‌های همتراز

روش میانه:

شرط لازم و کافی برای آنکه x^* و y^* جواب بهینه در تابع هدف باشد آن است که x^* و y^* میانه‌های a_i و b_i های تجهیزات موجود باشد.

خلاصه روش:

۱. در صورتی که w_i به صورت درصد حمل داده شده باشد، درصدهای حمل به تواتر حمل تبدیل شود.
۲. مختصات تسهیلات موجود به ترتیب صعودی برای هر دو مولفه مرتب شود.
۳. مختصات تسهیلات موجود را به اندازه وزن‌هایش تکرار کنید.
٤. میانه اعداد فوق را به عنوان جواب بهینه اعلام کنید. در حالتی که تعداد اعداد فرد است، میانه عددی است که در وسط قرار گرفته و در حالتی که تعداد اعداد زوج است دو عددی که در وسط قرار گرفته‌اند را انتخاب و فاصله بین آنها به صورت یک بازه بهینه در نظر گرفته می‌شود.

ایراد این روش این است که در مواردی که تعداد تسهیلات موجود زیاد باشد و یا مقدار w_i بزرگ باشد حل مساله وقت گیر است.

روش جمع وزنها یا تجمع اوزان:

خلاصه روش:

۱. مختصات x و y تسهیلات فعلی به ترتیب صعودی در یک ستون آورده می‌شود.
۲. در مقابل هر یک از مختصات، وزن مربوطه در ستون دیگر نوشته شود.
۳. در ستون آخر اوزان به صورت تجمعی مرحله به مرحله محاسبه می‌شود.
٤. جمع نهایی اوزان را تقسیم بر ۲ نموده، محل مقدار خارج قسمت در ستون تجمع اوزان مشخص می‌شود.

در اینصورت دو حالت رخ می‌دهد:

الف- خارج قسمت برابر مقادیر یکی از اعداد ستون تجمع اوزان است که در اینصورت x یا y بهینه، متناظر با فاصله بین این عدد و x یا y بعدی است.

ب- مقدار خارج قسمت در میان دو عدد ستون فوق واقع شود که در اینصورت x یا y بهینه برابر x یا y متناظر با عدد بزرگتر است.

روش برنامه‌ریزی خطی:

برای حل به روش برنامه‌ریزی خطی لازم است که فرم قدر مطلق تابع هدف تغییر داده شود. تابع هدف دو قسمت مستقل دارد که عبارت است از:

$$\min f(x,y) = \sum_i w_i |x - a_i| + \sum_i |y - b_i|$$

در حال حاضر تابع f(x) و f(y) خطی نیست چون قدر مطلق دارد.

برای تابع f(x) با تغییر متغیر و محدودیت‌های زیر :

$$\min f(x) = \sum_i w_i |x - a_i|$$

$$|x - a_i| = p_i + q_i$$

مدل برنامه‌ریزی خطی مساله به شکل زیر می‌شود:

$$\min f(x) = \sum_{i=1}^{m} w_i (p_i + q_i)$$

$$s.t.$$

$$\begin{cases} x - a_i - p_i + q_i = 0 \\ p_i \times q_i = 0 \\ p_i \geq 0 \\ q_i \geq 0 \end{cases}$$

محدودیت $p_i \times q_i = 0$ یک محدودیت اضافی است و می‌توان آن را حذف کرد.

$$\min f(x) = \sum_{i=1}^{m} w_i (p_i + q_i)$$

$$s.t.$$

$$\begin{cases} x - a_i - p_i + q_i = 0 \\ p_i \geq 0 \\ q_i \geq 0 \end{cases}$$

روش ترسیمی:

به منظور حداقل کردن تابع هزینه زیر بایستی تابه هزینه در محور x و تابع هزینه در جهت محور y را حداقل نمود.

$$\min f(x,y) = \sum_i w_i |x - a_i| + \sum_i |y - b_i|$$

بنابراین با رسم توابع قدر مطلق f(x) و f(y) می‌توان به نقاطی که در آن نقاط تابع هدف مینیمم می‌شود یافت.

روش خطوط نقاط هم‌تراز(خطوط کانتور، خطوط هم ارزش)

چنانچه نقطه بهینه انتخاب شده از نظر اجرایی مناسب نباشد چاره‌ای نیست جز اینکه چن نقطه که از نظر اجرایی ممانعتی ندارد انتخاب، سپس نقاط نامزد شده مورد ارزیابی کمی قرار گرفته بهترین نقطه انتخاب شود. یکی دیگر از روش‌ها این است که نسبت به ترسیم خطوط نقاط هم‌ارزش اقدام و نقطه‌ای مناسب بر روی خطوط برگزیده شود.

تعریف خطوط همتراز: عبارت است از یک خط بسته که دارای هزینه ثابتی در تمام نقاط متعلق به آن خط است، لذا استقرار وسیله جدید در هر نقطه این خط هزینه کل یکسانی را نتیجه می‌دهد به عبارت دیگر خطوطی هستند که تمام نقاط هم هزینه را با هم نشان می‌دهد.

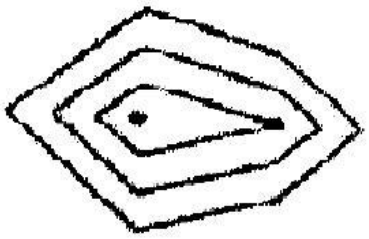
موارد کاربرد خطوط همتراز:

۱. به دست آوردن نقطه بهینه
۲. دسترسی به محل بهینه امکان‌پذیر نباشد.
۳. بهترین جایگزین برای نقطه بهینه را مشخص می‌کند.
٤. بیان می‌دارد که در صورت انتخاب محل‌های غیربهینه چه مقدار جریمه باید پرداخت.
۵. خطوط همتراز ایده خوبی به طراح کارخانه می‌دهد تا نقاط هم ارزش را بیابد.

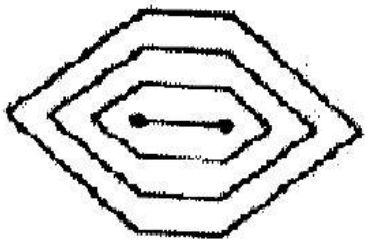
نکته: وقتی تنها یک وسیله وجود دارد، خطوط تراز در این حالت به صورت لوزی است.

نکته: وقتی دو وسیله موجود با گردش مواد یکسان بین وسیله جدید و هر کدام از تسهیلات موجود وجود دارند، در این حالت خطوط تراز به صورت یک چند ضلعی متقارن هستند.

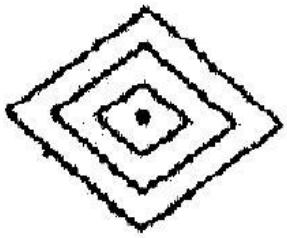
نکته: وقتی دو وسیله موجود باشند که گردش مواد بین وسیله جدید و و سیله موجود۱، دو برابر گردش مواد وسیله جدید و وسیله موجود ۲ است. لذا خطوط تراز به وسیله ۱ نزدیکتر است تا فاصله کمتر جریان مواد بیشتر را جبران کند. در این حالت خطوط تراز به صورت یک چند ضلعی نامتقارن هستند.



خطوط تراز برای دو وسیله موجود، وزنها غیر یکسان



خطوط تراز برای دو وسیله موجود، وزنها یکسان



خطوط تراز برای یک وسیله موجود

طریقه رسم خطوط همتراز:

۱. مختصات وسایل موجود را بر روی یک دستگاه مختصات به صورت نقطه مشخص کنید.

۲. از هر یک وسایل موجود خطوط عمودی و افقی به موازات محورهای مختصات رسم کنید.

۳. خطوط عمودی را از چپ به راست ۱ و ۲ و ... تا p و خطوط افقی را از پایین به بالا ۱و۲ و ... تا q شماره‌گذاری کنید.

٤. محل تلاقی خطوط عمودی با محور xها را C_j، ($j=1,2,...,p$) و محل تلاقی خطوط افقی با محور yها را D_i، ($i=1,2,...,q$) بنامید.

۵. فضای محدود بین دو خط عمودی i و i+1 و نیز دو خط افقی j و j+1 را فضای [i,j] بنامید.

٦. مقادیر w_i روی خطوط عمودی را جمع زده و به ترتیب آنها را با c_j نشان داده و همچنین مقادیر w_i روی خطوط افقی را جمع زده و آنها را با D_i نشان دهید.

۷. مقادیر زیر را محاسبه کنید:

$$M_0 = -\sum_{j=1}^{P} C_j = -\sum_{i=1}^{m} W_i$$

$$M_1 = M_0 + 2C_1$$

...

$$M_p = M_{p-1} + 2C_p = \sum_{i=1}^{m} W_i$$

$$N_0 = -\sum_{i=1}^{P} D_i = -\sum_{i=1}^{m} W_i$$

$$N_1 = N_0 + 2D_1$$

...

$$N_q = N_{q-1} + 2D_q = \sum_{i=1}^{m} W_i$$

۸. برای هر سلول [i,j] شیب خطوط همتراز به صورت ذیل محاسبه می‌شود:

برای هر $N_i \neq 0$ $\quad S_{ij} = -M_j/N_i = \tan\alpha$

برای هر $N_i = 0$ عمود بر محور Xها خواهد بود.

تذکر: رابطه ارائه شده برای M_j معادل این است که مجموع وزن نقاط قبلی بر روی محور X منهای مجموع وزن نقاط بعدی شود. (نسبت به موقعیت j فعلی) و رابطه ارائه شده برای N_i معادل این است که مجموع وزن نقاط قبلی بر روی محور y منهای مجموع وزن نقاط بعدی شود. (نسبت به موقعیت i فعلی)

۹. برای پیدا کردن جواب بهینه ممکن است یکی از چهار حالت زیر رخ دهد:

$$(1)\begin{cases} M_{j-1} < 0 \\ \Rightarrow x^* = c_j \\ M_j > 0 \\ N_{i-1} < 0 \\ \Rightarrow y^* = d_i \\ N_i > 0 \end{cases}$$

$$(2)\begin{cases} M_{j-1} < 0 \\ \Rightarrow c_j \le x^* \le c_j + 1 \\ M_j = 0 \\ N_{i-1} < 0 \\ \Rightarrow y^* = d_i \\ N_i > 0 \end{cases}$$

$$(3)\begin{cases} M_{j-1} < 0 \\ \Rightarrow x^* = c_j \\ M_j > 0 \\ N_{i-1} < 0 \\ \Rightarrow d_i \le y^* \le d_{i+1} \\ N_i = 0 \end{cases}$$

$$(4)\begin{cases} M_{j-1} < 0 \\ \Rightarrow c_j \le y^* \le c_{j+1} \\ M_j = 0 \\ N_{i-1} < 0 \\ \Rightarrow d_i \le y^* \le d_{i+1} \\ N_i = 0 \end{cases}$$

بنابراین برای رسم خطوط تراز، از نقطه‌ای داخل محور مختصات و درون یکی از نواحی شروع کرده (هر نقطه غیر از نقطه بهینه) خطی با شیب مربوط به آن ناحیه رسم کنید.

وقتی $N_i=0$ است یعنی S_{ij} برابر بینهایت است، خطوط کانتور در فضای مربوطه به صورت یک خط عمودی و موازی محور yها ترسیم شود.

وقتی $M_j=0$ است یعنی S_{ij} برابر صفر است، خطوط کانتور در فضای مربوطه به صورت یک خط افقی و موازی محور xها ترسیم شود.

خطی که ابتدا ترسیم شد ناحیه دیگری را قطع می‌نماید. از محل تقاطع خط با ناحیه در ادامه خط دیگری با شیب مربوط به ناحیه جدید رسم می‌گردد تا مجدداً خط جدید ناحیه دیگری را قطع نماید.

۱۰. رسم خطوط را آنقدر ادامه می‌دهیم تا آنکه به نقطه شروع برسیم. در آن صورت یک منحنی بسته چند ضلعی بر روی محور مختصات رسم شده که همگی نقاط بر روی آن دارای یک ارزش هستند.

لازم به ذکر است در هر مرحله شعاع منحنی را کوچکتر کرده تا به نقطه یا نقاط بهینه برسیم.

مدل۲: مساله جایابی تکی در حالت مجذور فاصله مستقیم (مجذور فاصله اقلیدوسی، مربع اقلیدوسی):

فرضیات مانند مدل اول است فقط نوع تابع مسافت تغییر کرده است.

$$\min f(x)=\sum_{i=1}^{m} w_i\left[\left(x-a_i\right)^2+\left(y-b_i\right)^2\right]$$

روش‌های حل مساله جایابی تکی در حالت مجذرو فاصله مستقیم:

۱. مشتق‌گیری از تابع هدف
۲. منحنی‌های هم‌تراز

روش مشتق‌گیری از تابع هدف:

برای حل مدل فوق از تابع هدف مساله مشتق گرفته می‌شود:

$$\min f(x)=\sum_{i=1}^{m} w_i\left[\left(x-a_i\right)^2+\left(y-b_i\right)^2\right]$$

شرط لازم آن است که مشتقات جزئی مساوی صفر قرار گیرد و اثبات محدب بودن تابع شرط کافی است.

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x}=0$$

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x}=0$$

$$x^{*}=\frac{\sum w_i a_i}{\sum w_i}$$

$$y^{*}=\frac{\sum w_i b_i}{\sum w_i}$$

روش منحنی‌های هم‌تراز:

همانطور که قبلاً اشاره شد چنانچه در حل مسائل جایابی تکی نقطه بهینه در دسترس نباشد و غیر قابل استقرار واقعی باشد با رسم منحنی هم تراز (هم هزینه) مساله را حل می‌کنیم، در روش مجذور فاصله مستقیم در حالت جایابی تکی منحنی‌های هم‌تراز به صورت زیر به دست می‌آید.

چنانچه تابع هدف مساله را در نظر بگیریم، می‌خواهیم مجموع نقاطی را پیدا کنیم که در رابطه زیر صدق کند:

$$k = \sum_{i=1}^{m} w_i[(x - a_i\ )^2 + (y - b_i)^2]$$

با بسط دوجمله‌ای خواهیم داشت:

$$k = x^2\sum_{i=1}^{m} w_i - 2x\sum_{i=1}^{m} w_i a_i + \sum_{i=1}^{m} w_i {a_i}^2 + y^2\sum_{i=1}^{m} w_i - 2y\sum_{i=1}^{m} w_i b_i + \sum_{i=1}^{m} w_i {b_i}^2$$

چنانچه فرض شود که $W=\sum w_i$ و طرفین رابطه فوق را بر W تقسیم نماییم، خواهیم داشت:

$$\frac{K}{W} = x^2 - 2x\frac{\sum_{i=1}^{m} w_i a_i}{W} + \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i {a_i}^2}{W} + y^2 - 2y\frac{\sum_{i=1}^{m} w_i b_i}{W} + \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i {b_i}^2}{W}$$

با توجه به تعاریف x^* و y^* که قبلاً اثبات شد خواهیم داشت:

$$\frac{K}{W} = x^2 - 2xx^* + \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i {a_i}^2}{W} + y^2 - 2yy^* + \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i {b_i}^2}{W}$$

چنانچه به دو طرف رابطه $x^{*^2} + y^{*^2}$ اضافه کنیم:

$$\frac{K}{W} + x^{*^2} + y^{*^2} = (x - x^*)^2 + (y - y^*)^2 + \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i {a_i}^2}{W} + \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i {b_i}^2}{W}$$

خواهیم داشت:

$$(x - x^*)^2 + (y - y^*)^2 = \frac{K}{W} + x^{*^2} + y^{*^2} - \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i {a_i}^2}{W} - \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i {b_i}^2}{W}$$

اگر طرف راست رابطه بالا را برابر r^2 فرض نماییم خواهیم داشت:

$$(x - x^*)^2 + (y - y^*)^2 = r^2$$

پس خطوط همتراز این مساله به شکل دوایری با مرکز نقطه بهینه و شعاع r خواهد بود که در آن r از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$r = \sqrt{\frac{K}{\sum_{i=1}^{m} w_i} + x^{*^2} + y^{*^2} - \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i (a_i^{\,2} - b_i^{\,2})}{\sum_{i=1}^{m} w_i}}$$

مدل۳: مسائل جایابی تکی در حالت خط مستقیم:

فرضیات مانند مدل اول است فقط نوع تابع مسافت تغییر می‌کند.

$$\min f(x,y) = \sum_{i=1}^{m} w_i [(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2]^{\frac{1}{2}}$$

شرط لازم برای مینیمم کردن تابع فوق این است که مشتقات جزیی آن برای x و y برابر صفر شود:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial f(x,y)}{\partial x} = \displaystyle\sum_{i=1}^{m} \frac{w_i (x-a_i)}{[(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2]^{\frac{1}{2}}} = 0 \\ \dfrac{\partial f(x,y)}{\partial y} = \displaystyle\sum_{i=1}^{m} \frac{w_i (y-b_i)}{[(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2]^{\frac{1}{2}}} = 0 \end{cases}$$

اگر فرض شود:

$$g_i(x,y) = \frac{w_i}{[(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2]^{\frac{1}{2}}}, \forall i = 1,2,3,...m$$

داریم:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^{m} a_i g_i(x,y)}{\sum_{i=1}^{m} g_i(x,y)}$$

$$y = \frac{\sum_{i=1}^{m} b_i g_i(x,y)}{\sum_{i=1}^{m} g_i(x,y)}$$

حال با توجه به یکی از روش‌های جستجو مبتنی بر بردار گرادیان از روابط زیر برای تکرار و رسیدن به نقطه بهینه استفاده می‌کنیم:

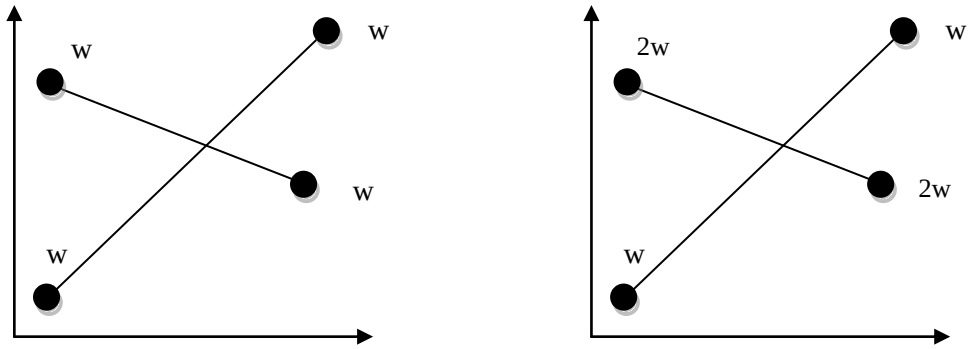
$$\begin{cases} x^{(k+1)} = \dfrac{\sum_{i=1}^{m} a_i g_i(x^{(k)}, y^{(k)})}{\sum_{i=1}^{m} g_i(x^{(k)}, y^{(k)})} \\ y^{(k+1)} = \dfrac{\sum_{i=1}^{m} b_i g_i(x^{(k)}, y^{(k)})}{\sum_{i=1}^{m} g_i(x^{(k)}, y^{(k)})} \end{cases}$$

طبق روش گفته شده برای حل ابتدا باید یک نقطه شروع داده شود ولی به چه صورت نقطه شروع پیدا شود، راههای متعددی وجود دارد، می‌توان از همان روش مجذور فاصله مستقیم نقطه شروع را بدست آورد یا از روش دیگر، یعنی در اینکه به جواب برسیم مشکلی نیست ولی در اینکه در چند تکرار به جواب برسیم تأثیر خواهد داشت.

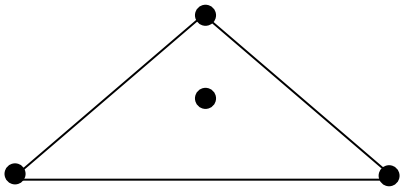
نکات مربوط به مسائل خط مستقیم برای بدست آوردن جواب بهینه مساله:

۱. در حالت کلی در مسافت به صورت خط مستقیم، ولی ارتباطات یکسان باشد، نقطه بهینه، نقطه‌ای است که مجموع فواصل آن نقطه تا وسایل موجود کمترین مقدار ممکن گردد.

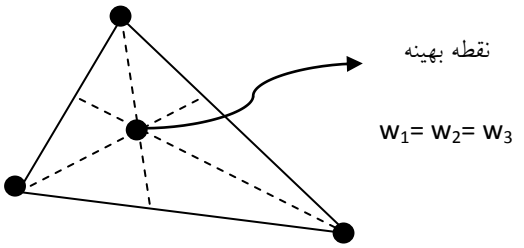
۲. اگر چهار ماشین موجود باشد n=4 و تجهیز جدید با ماشین‌آلات موجود ارتباط یکسانی داشته باشد (وزنها با هم مساوی باشد و یا وزنها دو به دو به صورت متقابل با یکدیگر برابر باشند.) محل بهینه ماشین جدید محل تلاقی خطوطی است که این ٤ ماشین را دو به دو به هم متصل می کند.



۳. اگر از ٤ وسیله، سه وسیله آن روی سه رأس یک مثلث قرار داشته باشند و وسیله چهارم در داخل مثلث قرار داشته باشد و تجهیز جدید با ماشین‌آلات موجود ارتباط یکسانی داشته باشد، محل وسیله جدید پنجمی درست روی وسیله‌ای قرار می‌گیرد که داخل مثلث است.



٤. اگر سه ماشین موجود با وزنهای مساوی داشته باشیم به طوریکه ۳ ماشین یک مثلث با زوایای حاده ایجاد کنند نقطه بهینه ماشین جدید در محل برخورد نیمسازهای مثلث است.



۵. اگر سه ماشین روی سه رأس یک مثلث قرار داشته باشند به طوریکه یکی از زوایای این مثلث منفرجه کمتر از ۱۲۰ درجه باشد و بخواهیم ماشین چهارمی احداث کنیم و تجهیز جدید با ماشین‌آلات موجود ارتباط یکسانی داشته باشد، محل وسیله جدید محلی در داخل مثلث بوده به طوری که اگر از آن نقطه به رئوس مثلث وصل کنیم زوایای بین آن خطوط ۱۲۰ درجه باشد.

٦. اگر سه ماشین روی سه راس یک مثلث قرار داشته باشند به طوریکه یکی از زوایای این مثلث منفرجه بزرگتر یا مساوی ۱۲۰ درجه باشد و بخواهیم ماشین چهارمی را احداث کنیم و تجهیز جدید با ماشین‌آلات موجود ارتباط یکسانی داشته باشد، محل ماشین جدید درست روی وسیله‌ای است که در راس منفرجه قرار دارد.

۷. اگر ماشین آلات موجود همه در یک خط قرار گیرند محل بهینه ماشین جدید هم در راستای همان خط قرار می‌گیرد. این وضعیت برای حالتی که خط مذبور با یکی از محورهای مختصات یا به موازات یکی از محورها باشد جالب‌تر است زیرا نقطه بهینه محور دیگر را می‌توان از روش متعامد به دست آورد.

۸. همواره جواب در فضای محدب وسایل موجود قرار دارد، یعنی در کوچکترین چند ضلعی محدب که تمام وسایل موجود را شامل شود.

ارتباط جواب بهینه متعامد (خطی شکسته) و اقلیدوسی (خط مستقیم):

با استفاده از نامساوی مثلث، حدهای بالا و پایین زیر برای حل با فاصله اقلیدوسی می‌تواند به دست آید:

$$E(x^*, y^*) \geq E(x^0, y^0) \geq \left[R^2(x^*) + R^2(y^*)\right]^{\frac{1}{2}}$$

(x^0,y^0)= حل بهینه با فاصله اقلیدوسی

(x^*,y^*)= حل بهینه با فاصله متعامد

$E(x,y)$= مقدار تابع هدف برای مساله با فاصله اقلیدوسی در نقطه (x,y)

$f(x)=R(x)$= برای مساله با فاصله متعامد

$f(y)=R(y)$= برای مساله با فاصله متعامد

منحنی همتراز در حالت فاصله مستقیم:

متاسفانه روشهای دقیقی برای ترسیم خطوط همتراز در این حالت به جز برای ساده‌ترین موارد با فقط یک یا دو وسیله موجود در دسترس نیست. خطوط همتراز برای یک وسیله موجود و برای ۲ وسیله موجود با گردش مواد مساوی با وسیله جدید، وجود دارند. لازم به ذکر است در مواقعی که یک یا دو وسیله موجود باشد می‌توان از روش نقطه یابی استفاده کرد و به این صورت است که برای یک مقدار خاص $f(x,y)$ و با دادن مقادیر مختلفی برای x، مقدار y متناظرش از رابطه زیر به دست می‌آید. این کار تا جایی ادامه می‌یابد که برای هر مقدار از $f(x,y)$ بتوان یک منحنی بسته پیدا نمود.

نکته: وقتی تنها یک وسیله موجود باشد با وزنهای یکسان، منحنی‌های همتراز روش مربع اقلیدوسی با روش اقلیدوسی یکسان است.

نکته: وقتی دو وسیله موجود باشد با وزنهای یکسان، منحنی‌های همتراز به صورت بیضی می‌باشد.

نکته: خطوط تراز در حالت خط مستقیم در حالت کلی به صورت منحنی بسته حاصل می‌شود. (شکل هندسی مشخصی ندارد.)

مسائل جایابی مرکب (چند وسیله)

در اینگونه مسائل بیش از یک تسهیل جدید قرار است بین تسهیلات موجود استقرار یابد. در واقع جایابی تکی حالت خاصی از جایابی مرکب است.

مسایل جایابی مرکب را می‌توان به دسته‌های زیر تقسیم کرد:

الف- مسائل مکانیابی

ب- مسائل تخصیص

ج- مسائل مکانیابی- تخصیص

مسائل مکانیابی:

چنانچه بخواهیم چند وسیله جدید را بین ماشین‌آلات موجود جایابی کنیم، در مسائلی که وسایل جدید هیچگونه ارتباطی بین آنها وجود نداشته باشد می‌توانند مانند چند مساله جایابی تکی مستقل در نظر گرفته شوند. به عنوان مثال اگر بنا باشد ۳ تسهیل جدید را به یک شبکه توزیع اضافه کنیم و هیچ رابطه متقابلی بین این ۳ تسهیل وجود نداشته باشد آنگاه می‌توانیم ۳ مساله جایابی تکی مستقل با معیار فاصله مناسب مطرح کرده و هر یک را با استفاده از تکنیک‌های گفته شده حل نمود و به سادگی جوابهای حاصل را با هم مخلوط کرده و به جوابی برای مساله اول دست یافت.

در حالتی که بخواهیم چند وسیله جدید را جایابی کنیم (مسایل جایابی مرکب) و بین وسایل جدید و موجود ارتباط وجود داشته باشد که بیشتر نمایانگر دنیای واقعی هستند، حل مساله متفاوت خواهد بود که از حوصله این درس خارج است. علاقه‌مندان می‌توانند به کتابهایی در زمینه جایابی تسهیلات مراجعه نمایند.

روشهای حل مسائل جایابی- مدلهای گسسته

مساله تخصیص

در مدلهای گسسته، تعداد محدودی نقطه برای استقرار وسیله یا وسایل جدید وجود دارد. در اینجا یک حالت خاص این مسائل، مساله تخصیص را بررسی می‌کنیم، مساله تخصیص یک حالت خاص مساله جایابی مرکب است. در اینگونه مسایل چند ماشین جدید را می خواهیم بین ماشین‌آلات موجود جایابی کنیم البته به تعداد ماشین‌الات جدید، مکان برای استقرار ماشین‌آلات جدید در نظر گرفته شده است و می خواهیم هر ماشین در یک مکان و به هر مکان نیز یک ماشین تخصیص یابد. در اینگونه مسائل باید ماشین‌آلات جدید به مکانها به نحوی اختصاص یابند که معیار کارآمدی کلی بهینه شود.

n: تعداد ماشین‌آلات موجود

m: تعداد ماشین‌آلات جدید

C_{ij}: هزینه استقرار وسیله i در مکان j

x_{ij} برابر یک است اگر بخش i به بخش j اختصاص یابد و در غیر اینصورت برابر صفر است:

مدل ریاضی مساله به صورت زیر است:

$$MinZ = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} C_{ij}x_{ij}$$

$$S.t.$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} = 1$$

$$x_{ij} = 0,1$$

تابع هدف سعی در کمینه کردن مجموع هزینه استقرار دارد. محدودیت اول بیانگر این است که در مکان j تنها یک وسیله می‌تواند مستقر شود. محدودیت دوم نشان می‌دهد که وسیله i تنها در یک مکان می‌تواند قرار بگیرد.

برای حل اینگونه مسایل ابتدا ماتریس کارآمدی را از طریق حاصلضرب ماتریس حجم حمل و نقل در ماتریس مسافت به دست آورده و سپس ماتریس کارآمدی به دست آمده از روش تخصیص مجارستانی حل شده تا بهترین تخصیص ممکن بدست آید.

مسایل مکانیابی- تخصیص

در مسایل مکانیابی- تخصیص موارد ذیل مد نظر است:

- چند تسهیل جدید باید در بین تسهیلات موجود قرار داده شود؟
- تأسیسات جدید کجا باید قرار گیرند؟
- ظرفیت هر یک از تسهیلات جدید باید چقدر باشد؟

- مشتریان باید چگونه به تسهیلات جدید و موجود تخصیص داده شوند؟
- آیا ممکن است بیش از یک تسهیل به یک مشتری سرویس بدهد؟

مدلی که بتواند به همه یا تعدادی بیشتری از این سوالات پاسخ دهد مطلوبیت بیشتری خواهد داشت. لازم به ذکر است که هر چه قابلیت‌های بیشتری به یک مدل اضافه شود حل آن مشکل‌تر خواهد شد.

حل مساله فوق از حوصله این درس خارج است. علاقه‌مندان در این زمینه می‌توانند با کتابهایی در زمینه جایابی تسهیلات مراجعه نمایند.

مکانیابی کیفی

تصمیم‌گیری برای مکان راه‌اندازی یک شرکت مساله پیچیده‌ای است، چرا که فاکتورهای زیادی قبل از تصمیم‌گیری نهایی باید مد نظر قرار گیرند. تصمیم گیری برای انتخاب مکان، معمولاً از جنس تصمیم‌گیری چند معیاره است.

محققان در ارزیابی مزایا و معایب گزینه‌های موجود برای تعیین مکان، عواملدخیل را به کمی و کیفی تقسیم بندی کرده‌اند. لازم به ذکر است تبدیل معیارهای کیفی به کمی در اتخاذ تصمیم صحیح ضروری است. در همین راستا معیارهای کیفی بایستی به معیارهای کمی تبدیل شوند و نهایتاً بی‌مقیاس‌سازی شوند و پس از آن محاسبات مربوطه در خصوص انتخاب بهترین طرح سرمایه‌گذاری با استفاده از برخی روشها مشخص گردد.

روش رتبه دهی وزنی

این روش یکی از ساده‌ترین روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره است برای استفاده از این روش مراحل زیر باید طی شوند:

۱. تهیه لیستی از معیارهای موثر بر وسیله، فعالیت کارخانه
۲. تهیه لیستی از محلهای کاندید شده
۳. تعیین حدود امتیاز معیارهای ماتریس تصمیم گیری
٤. تعیین ضرایب وزنی هر معیار (برای تعیین وزنها از روش آنتروپی شانون می‌توان استفاده کرد.)
۵. ماتریس تصمیم‌گیری قدم ۳ کمی می‌شود.
٦. ماتریس تصمیم‌گیری بی‌مقیاس می‌شود.
۷. ماتریس بی‌مقیاس شده در اوزان معیارها ضرب می‌شود. حاصل جمع مقادیر برای هر آلترناتیو محاسبه می‌شود.
۸. انتخاب بهترین طرح

فصل پانزدهم: تهیه طرح

مقدمه

هدف کلی در این مرحله، هماهنگ ساختن کارهای قبلی و تبدیل کردن طرح اولیه به یک طرح مادر است. این کار با تبدیل کردن نمودار تخصیص محوطه به یک طرح مادر در یک صفحه شطرنجی، و سپس ترسیم جزییات بخش های تولیدی، خدماتی، و ایستگاه های کار همراه با سیستم های انتقال مواد به انجام می رسد .معمولاً قبل از آنکه کار بر روی جزییات طرح نهایی آغاز شود، ابتدا چند طرح اولیه تهیه می گردد و مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. پس از آنکه نمودار تخصیص محوطه به تصویب رسید می توان کار بر روی طرح مادر را آغاز نمود.

طرح های اولیه ممکن است پس از ساختن نمودار تخصیص محوطه تهیه گردند.

راه های تهیه طرح

راه های عمومی زیر برای تهیه طرح وجود دارند:

۱. تهیه نقشه معمولی بر روی کاغذ کالک یا شطرنجی.
۲. تهیه مدل های دو بعدی به شکل ماشین آلات با مقیاس یکسان و چسباندن آنها بر روی یک صفحه شطرنجی که ساختمان را نشان می دهد.
۳. تهیه مدل های سه بعدی.
٤. ترکیبی از مدل های دو بعدی و سه بعدی.

برای ساخت طرح ها عموماً روش چهارم مشروط بر آنکه بتوان هزینه های آنرا توجیه نمود توصیه می گردد.

مدل ها ابزار کار طراحان کارخانه ها هستند، مثل آچار برای کارگر، آیا می توان از کارگر خواست که بدون آچار کار کند یا خودش آچار را بسازد؟

از نقشه های معمولی قاعدتاً در موارد زیر استفاده می شود:

۱. برای طرح های کوچک.
۲. برای تهیه کروکی های اولیه.
۳. وقتی که فرصت کافی نداشته باشیم.
٤. وقتی که امکانات ساخت مدل ها را نداشته باشیم.

فنون و ابزارهای طرح ریزی واحدهای صنعتی

وسایل اساسی طرح ریزی واحدهای صنعتی به شرح زیر هستند

مواد اساسی که طرح به کمک آنها ساخته می شود:

۱. کاغذ شفاف پلاستیکی شطرنجی به ضخامت حدود ۰.۰۱ اینچ.

۲. تخته پلاستیکی شفاف به ضخامت ۰.۲۵ اینچ که پشت آن شطرنجی باشد.
۳. تخته چند لایی با روکش فلزی مناسب.
٤. ورق فلزی که سطح آن کاملاً صاف باشد.
۵. کاغذ نقشه کشی.

نوارها و سمبل ها برای نشان دادن جزییات معماری و امثال آن شامل:

۱. خط ها- خط پر، خط چین، شکسته به رنگ های مختلف
۲. دیوارها- بر طبق قرارداد های معماری
۳. راهروها- هاشور خورده و یا با بر چسب در رنگ های مختلف
٤. پیکان ها- به صورت پیوسته برای نشان دادن جریان مواد
۵. ستون های ساختمان، پست ها، پله ها
٦. کارکنان- به صورت دایره یا طرح های ساده
۷. نقاله ها- غلطکی، چرخی، الواری، تسمه ای، بالا سری، زنجیری و غیره
۸. خط آهن
۹. سمبل ها- اعداد، حروف، نقاط اتصال و ارتباط تلفن، برق، وسایل هیدرولویکی و پنوماتیکی
۱۰. پالت ها، واگن ها، غلطک ها، جعبه ها، میز ها، نیمکت ها و غیره

مدل های دو بعدی برای نشان دادن وسایل . اینها میتوانند روی ورق یا پلاستیک کشیده شده یا برگردان شده باشند .به علاوه، عموماً به صورت تجارتی شبیه فیلم مثبت یا منفی یا رنگی تهیه می شوند .این ورق ها یا فیلم ها را می توان به وسیله نوار چسب، خمیر، یا خود چسب که در پشت ورقه قرار دارد به صفحه شطرنجی محوطه مورد نظر چسباند .علاوه بر اینها، ورقه های پلاستیکی سیاه و سفید یا رنگی با آهنربا در پشت آن، و ورقه های پلاستیکی به ضخامت ۰.۱۲۵ اینچ با آهنربا در بطن آن نیز در دسترس هستند و مدل های سه بعدی نیز به صورت پیش ساخته و تجارتی وجود دارند و دست ساز آنها را هم می توان بر حسب مورد تهیه کرد.

استاندارد های مدل های دو بعدی و سه بعدی

جامعه مهندسین مکانیک آمریکا در سال ۱۹٤۹ استانداردهایی را برای طراحی کارخانه تدوین نمود که بعداً به تدریج به کار گرفته شد. این استاندارد ها مشخصات مدل های دو و سه بعدی پیش ساخته و دست ساز را شامل می گردند .مقیاس پیشنهادی در این استاندارد ها ۰.۲۵ اینچ به ازاء هر فوت(حدود ۱/۵۰) است. گاهی برای نشان دادن جزییات بیشتر از مقیاس های بزرگتر، و برای نشان دادن کلیات طرح، نظیر شمای کلی کارخانه،از مقیاس کوچکتر استفاده می شود.

رویه تهیه طرح

تهیه طرح نهایی مستلزم آن است که کلیه جزییات انجام شده قبلی و تصمیم هایی که در مراحل گذشته اتخاذ گردیده است سرانجام در یکدیگر حل شوند، با هم پیوند بخورند، و در طرح مادر منعکس گردند . برای انجام یک کار منسجم، رویه قدم به قدم زیر به عنوان راهنما توصیه می گردد.

۱. جمع آوری اطلاعات کارهای مقدماتی

أ. فهرست قطعات	ح. نمودار تخصیص محوطه
ب. نمودار مونتاژ	خ. نمودار های عملیات
ت. نمودار فرایند عملیات	د. نمودار های طرح ریزی محوطه
ث. نمودار از– به	ذ. شکل های جریان
ج. نمودار رابطه فعالیت ها	ر. مساحت ها

۲. تعیین اندازه تقریبی طرح با استفاده از نمودار های تخصیص محوطه.

۳. تعیین مقیاس مورد نظر، معمولاً ۱/۵۰ و برای طرح های بزرگ تر ۱/۱۰۰ یا ۱/۲۰۰

٤. تهیه کاغذ شفاف شطرنجی و رسم نقشه ها بر روی سطحی که خط ها در پشت آن کشیده شده است.

۵. تهیه مدل های دو بعدی یا سه بعدی.

٦. تعیین اندازه دهانه ها و فاصله ستون ها.

۷. برآورد تعداد دهانه ها (طول و عرض) و تعیین وضعیت آنها بر روی کاغذ شطرنجی.

۸. قرار دادن یک گوشه ثابت یا محل دیگری (نظیر ارسال، دریافت، مراکز اداری) و کشیدن دو نوار در دو طرف مجاور آن برای قرار دادن این محل بر روی کاغذ شطرنجی، محل دو دیوار دیگری پس از تکمیل طرح مشخص می گردد.

۹. تعیین آزمایشی محل ستون ها که ممکن است پس از تکمیل طرح تغییر یابد .طبیعی است که اگر ساختمان در حال حاضر ساخته شده باشد آنگاه قدم های ٦ تا ۹ حذف می گردند، و صرفاً دیوار ها و ستون ها روی کاغذ شطرنجی ترسیم می شوند.

۱۰. در صورت امکان نشان دادن محل احتمالی راهروها به کمک نوار یا دو خط موازی.

۱۱. انتقال تدریجی طرح های اولیه به کاغذ شطرنجی به کمک مدل های دو بعدی و سه بعدی و نوارها و مانند این ها با استفاده از نمودار تخصیص محوطه، شکل های جریان، و طرح های ایستگاه کار.

۱۲. تصحیح و منسجم کردن تدریجی طرح اولیه برای باز چینی ستون ها و راهروها، و یا انجام تغییراتی که به مرور با تکمیل طرح ضرورتشان احساس می شود.

۱۳. تهیه طرح نهایی مراکز خدماتی و کمک تولیدی با جزییات کامل.

۱٤. نوشتن توضیحات لازم برای تشریح طرح.

۱۵. آماده کردن طرح برای تکثیر.

تکمیل طرح

با وجود همه کارهایی که تا کنون انجام گرفته، طرح کارخانه هنوز باید فرایند پیچیده جانمایی نهایی، جابجایی، جایگزینی و سایر اصلاحات لازم را از سر بگذراند .مدل ها را باید آنقدر جابجا نمود تا سرانجام به طرحی که از هر لحاظ قانع کننده باشد دست یافت .درست است که کروکی ها و طرح های اولیه تهیه شده اند، لیکن عاقبت باید آنها را به صورتی که قطعاً بتوانند در عمل پیاده شوند درآورد .دلیل این همه کارهای تفصیلی آن است که از خطا ها و صرف وقت هایی که قاعدتاً به هنگام پیاده کردن طرح پیش می آید تا آنجا که ممکن است پرهیز شود، و مرحله طراحی همه مشکلات و راه حل های مرحله افرازش و نصب را از پیش ببیند.

خط های جریان

همانطور که طرح به پیش می رود و تکمیل می گردد، این گرایش بیشتر می شود که خطوط جریان نیز به آن اضافه شود تا مسیر حرکت مواد و قطعات مشخص گردد .خطوط جریان باید مسیر ساخت و مونتاژ محصول از زمان ورود تا ترک کارخانه را نشان دهند .چنانچه چند قطعه یا مواد مختلف از یک ماشین یا ایستگاه کار عبور کنند، بهتر است در صورت امکان برای هر کدام یک خط جداگانه رسم شود.

خط های جریان یک جزء مهم از طرح کارخانه هستند، زیرا کمک می کنند تا متوجه شویم که چقدر مفاهیم و مبانی یک طرح خوب را علی الخصوص در ارتباط با مستقیم بودن خط های جریان، برنگشتن به عقب، و نبود ازدحام در راهروها و ایستگاه های کار را رعایت کرده ایم .گذشتن تعداد زیادی خط های جریان از یک راهرو یا محل کار به روشنی بیانگر ترافیک سنگین و مشکلات عملیاتی احتمالی ناشی از آن است.

بررسی طرح

پس از آنکه کارخانه آماده شد(و قبل از آنکه برای مرور به دیگران ارائه شود) مهندس طراح کارخانه باید به دقت همه جزییات را بررسی کند تا مطمئن شود که هیچ نکته کلیدی که ممکن است در مراحل بعدی مشکلاتی به بار آورد از چشم بدور نمانده است.

پس از آنکه مهندس طراح کارخانه طرح را به دقت و به طور کامل بررسی کرد، آنگاه باید از دیگران بخواهد تا جنبه های خاصی از طرح را که به کار آنها مربوط می گردد بررسی نمایند .به دنبال پیاده شدن طرح، علی القاعده زندگی کاری افراد زیادی در آن خواهد گذشت. از این رو، تا آنجا که عملاً ممکن باشد باید افراد هرچه بیشتری شانس آن را داشته باشند که طرح را قبل از تصویب ببینند و در مورد آن نظر دهند.

فصل شانزدهم: ارزیابی و پیاده کردن طرح

مقدمه

پس از آنکه طرح تکمیل شد، باید توسط طراحان و سایر صاحب نظران ارزیابی شود، تصویب گردد، و سرانجام نصب و پیاده شود .در فصل حاضر، ما این آخرین قدم های طراحی کارخانه را بررسی می کنیم .با وجود همه هیچ تضمینی وجود ندارد که طرح حاصل بهترین باشد، یا همه هدف ها، معیارها، و نظرات را در بطن خود داشته باشد .از این رو، طرح کارخانه باید در ارتباط با یک یا چند روش که در این فصل ارائه می گردند مورد ارزیابی قرار گیرد.

ارزیابی طرح

ارزیابی طرح ممکن است در دو مورد انجام گیرد.

۱. ارزیابی وضع موجود یک کارخانه به منظور پیدا کردن نقاط ضعف و راه های اصلاح آنها.
۲. ارزیابی طرح های مختلفی که برای یک کارخانه یا پروژه مشخص جدید تهیه شده و انتخاب بهترین آنها.

روش های کیفی ارزیابی

عمومی ترین و ساده ترین راه برای ارزیابی طرح این است که نقاط قوت و ضعف طرح موجود و گزینه های مورد نظر را مشخص نماییم. می توان به هر کدام از عوامل نمره داد، مثلاً نمره ای بین ۱ تا ۱۵ انجام گیرد .می توان به هر کدام از عوامل نمره داد، مثلاً نمره ای بین ۱ تا ۱۰ سپس معدل نقاط قوت و معدل نقاط ضعف گزینه های مختلف را مشخص نمود.

برخی از تکنیک‌های انتخاب طرح‌ها عبارتند از:

۱. لیست کردن معایب و مزایای هر طرح
۲. روش رتبه دهی وزنی
۳. روش فرآیند سلسله مراتبی (AHP)

این شکل ها به منظور مشخص کردن عوامل زیر طراحی شده اند:

۱. مشکلات طرح
۲. علل مشکلات
۳. راه حل های مشکلات

ارزیابی هزینه ای طرح ها

شاخص هایی مثل قیمت تمام شده، نقطه سر به سری، و نرخ بازده سرمایه گذاری ابزارهای مناسبی برای مقایسه طرح ها از نقطه نظر هزینه ها هستند.

روش های کمی ارزیابی

روش هایی که در فصل هفتم مورد بحث قرار گرفتند ، همچنین مدل های کامپیوتری طراحی کارخانه که در فصل سیزدهم مطرح شدند به عنوان روش های کمی می توانند برای ارزیابی مورد استفاده قرار گیرند.

رویه های ارزیابی

ارزیابی توسط افرادی که به نحوی درگیر طرح ریزی بوده اند انجام می گیرد، افرادی مثل:

۱. سرپرست ها و ناظرین
۲. مدیر اداری
۳. مسئول ایمنی
٤. سرپرست کنترل تولید
۵. سرپرست انتقال مواد
٦. مهندس کارخانه
۷. مسئولین آتش نشان و شهربانی
۸. مشاورین

یکی از کارهای مهم در مرحله ارزیابی، شناخت و ثبت نکات اصلی نظرات موافق و مخالف، تایید ها، و انتقادهای افرادی است که مورد مشاوره قرار می گیرند .طراح باید این نظرات را به درستی بررسی نماید تا بتواند طرح خود را به مراحل بعدی برساند.

شاخص‌های کارآیی طرح:

۱. شاخص حمل و نقل غیر مستقیم
۲. شاخص حمل و نقل مستقیم
۳. شاخص استفاده از جاذبه
٤. شاخص اولیه بارگذاری خودکار ماشین
۵. شاخص ثانویه بارگذاری خودکار ماشین
٦. شاخص انعطاف‌پذیری خط تولید
۷. شاخص انعطاف‌پذیری محوطه تولید
۸. شاخص تراکم سطح تولید
۹. شاخص فضای راهروها
۱۰. شاخص فضای انبارها
۱۱. شاخص استفاده از حجم انبار

انجام تغییرات

انجام آخرین تغییرات در این مرحله که آخرین قدم فرآیند ارزیابی است صورت می پذیرد .نظرات افراد مختلف بررسی می شود، نظراتی که مناسب تشخیص داده می شود مشخص می گردد، تغییرات لازم انجام می گیرد، ارزیابی مجدد به عمل می آید، و سرانجام طرح برای تصویب به مدیران ارائه می گردد.

ارائه طرح به مدیریت

ارائه طرح به مدیریت یکی از آخرین قدم ها و از قدم های بسیار مهم طرح ریزی واحدهای صنعتی است.

ارائه طرح به مدیریت به ترتیب زیر انجام می شود:

۱. ارائه تصویری طرح: الف- طرح نهایی، ب- جزییات و حقایق کمکی، پ- نمودار ها و شکل های کمکی
۲. گزارش شفاهی
۳. گزارش کتبی

ارائه تصویری طرح

در این برنامه موارد زیر به مدیریت ارائه می شوند:

۱. طرح های نهایی
۲. نمودار های جریان مواد
۳. فرم های ارزیابی
٤. نتایج مقایسه هزینه ها
۵. خلاصه منافع نا محسوس

گزارش کتبی این گزارش شامل موارد زیر است:

الف- عنوان پروژه

ب- نامه ای که گزارش به ضمیمه آن ارسال می شود

پ- فهرست مطالب

ت- شرح پروژه

۱. مقدمه

الف- هدف پروژه

ب- اطلاعات اساسی کارخانه

- محصول
- روش های تولید
- فروش
- تعداد کارکنان
- ظرفیت کارخانه
- نوع ساختمان ها و اندازه آنها
- محل کارخانه

۲. خلاصه پروژه
۳. فعالیت های اصلی

- دریافت و ارسال

- انبار ها
- نگهداری و تعمیرات
- امکانات رفاهی
- ادارات
- تولید، شامل بیان هر فعالیت، جریان مواد، مسایل انتقال مواد، و مانند اینها
- سایر فعالیت های اصلی

٤. تشریح هزینه های سرمایه گذاری طرح
٥. تشریح صرفه جویی های ناشی از پیاده کردن طرح
٦. تشریح میزان تغییر در هزینه های بهره برداری
٧. تحلیل هزینه ها همراه با محاسبه شاخص های اقتصاد مهندسی و مقایسه وضع موجود با وضع پیشنهادی از نقطه نظر این شاخص ها
٨. بیان اصلاحاتی که در زمینه های مختلف انجام می گیرد
٩. برنامه پیاده کردن طرح
١٠. رویه های پیاده کردن طرح
١١. نتیجه گیری
- نظرات
- توصیه ها

١٢. پیوست ها

الف- اطلاعات مربوط به تولید
- پیش بینی فروش
- نقشه ها
- صورت مواد یا فهرست قطعات
- محاسبات تولید
- مسیرهای تولید

ب- طراحی جریان مواد
- نمودار مونتاژ
- نمودار فرایند عملیات
- شکل جریان

پ- سایز اطلاعات مورد نیاز
- نمودار و جدول رابطه فعالیت ها

- محاسبات فضا های تولیدی
- محاسبات انبارها
- محاسبات سایر مراکز خدماتی و کمک تولیدی
- نمودار تخصیص محوطه
- شمای کلی
- طرح نهایی
- شاخص های کارآیی طرح و سایر ارزیابی ها

باید توجه داشت که هر چه تصور کامل تری از طرح به مدیریت ارائه شود، به همان نسبت نیز امکان تصویب طرح بیشتر می شود .در همین جا باید اشاره کنیم که تهیه مدل ها بسیار به درک طرح توسط مدیریت کمک می کند.

نمایش طرح

طرح نهایی باید همواره به هنگام نگهداری گردد و به خوبی بتواند به تماشا گذاشته شود .مدیران، مهندسین، و پیمانکاران همواره احتیاج دارند تا به طرح هایی که با استفاده از مدل های دو بعدی یا سه بعدی ساخته شده است مراجعه نمایند، لذا این طرح ها باید به طور مناسبی تهیه، نصب، نگهداری و به هنگام گردند.