طرح ریزی واحدهای صنعتی

تألیف:

عبدالرسول انتظاری هروی

عضو هیئت علمی دانشگاه امام حسین (ع)

www.saie.ir

انتظاری هروی، عبدالرسول ، ۱۳۳۹-
طرحریزی واحدهای صنعتی / گردآوری وتألیف عبدالرسول انتظاری هروی.- تهران : مؤسسه انتشارات جهان جام جم ،۱۳۸۳.
۳۲۰ ص. : جدول ، نمودار.
ISBN 964-95030-8-0
فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیپا .
واژه نامه .
۱. کارخانه ها... طرح وساختمان. ۲. کارخانه ها... طرح وبرنامه ریزی.
۳.مواد صنعتی... حمل ونقل.
الف.عنوان.
TS۱۷۷/الف۱۸ط۴ ۷۲۵/۴
کتابخانه ملی ایران ۸۳-۳۵۸۷م

طرحریزی واحدهای صنعتی

مؤلف : عبدالرسول انتظاری هروی
حروف چینی : قادر شجاعی _ هادی زندیه
طراحی جلد: مهدی مغان
لیتوگرافی: بهنور پرداز
چاپ : نگرش
نوبت چاپ : اول
شمارگان : ۳۱۰۰
تاریخ انتشار :۱۳۸۳
قیمت :۲۷۰۰ تومان
ناشر: مؤسسه انتشاراتی جهان جام جم
نشانی : تهران- جنت آباد شمالی - خ گلزارغربی - کوچه شهید محسنی بُعد - پلاک ۱۳
تلفکس :۴۸۲۹۲۳۱

حق چاپ برای ناشر محفوظ است .

بسمه تعالی

پیشگفتار

در راستای بازسازی کشور وخاصّه احیاء و شکوفایی صنعت ،نیاز به داشتن علم، هنر و فن طرحریزی واحدهای صنعتی از ضروریات به نظر می رسد . بررسی های آمایش کشور،جایابی صحیح، سرمایه گذاری متناسب و به موقع ، طراحی بهینه مراکز صنعتی و... همه وهمه نیازمند کارشناسان و متخصصان خبره و متعهدی است که می بایست دراین زمینه تربیت و پرورش یابند. بدین جهت تهیه کتب آموزش فنی، صریح و مفید یکی از جمله وظایف جامعه تحصیل کرده و دانشگاهی است که توجه وجدیّت ایشان را دراین امرمی طلبد . باید توجه داشت که پرکردن خلاء علمی و فنی کشور جز با تلاش و مداومت این گروه وهمکاری وهمراهی صاحبان صنعت به انجام نمی رسد.

بدین منظور کتاب حاضر در زمینه طرحریزی واحد های صنعتی گردآوری وتألیف شده است که در آن موضوعاتی همچون جایابی کارخانه، طراحی محصول وفرآیند، انتخاب و محاسبه ماشین آلات و تجهیزات، انتخاب ومحاسبه نیروی انسانی، محاسبه فضا، طرح جریان مواد، حمل و نقل و چیدمان (جانمایی) و... بحث گردیده که در بهبود وضیعت فعلی کارخانه ها و طراحی بنیادی مراکز صنعتی جدید موثر می باشد .

باید یادآور شوم که از مدتها قبل اینجانب دغدغه چاپ چنین کتابی را در ذهن داشتم، اما هر بار به عللی این امر به تأخیر می افتاد تا آنجا که با مراجعه و اصرار بسیاری از علاقمندان و دانشجویان (به خصوص دوستانی که قصد شرکت در کنکور کارشناسی ارشد مهندسی صنایع را داشتند)، برآن شدم که مطالبی را که در این زمینه سالها در دانشگاههای مختلف کشور تدریس می کردم را با اضافات و تغییراتی به صورت کتاب درآورم، لذا به همت وسعی و تلاش تعـدادی از دوسـتان دانشجوی خودم در دانشگاه امام حسین(ع) این امر محقق گردید که باید عرض کنم آماده شدن کتاب حاضر نتیجه پیـگیری ها و زحـمات این دوستـان می باشـد وجـا دارد همین جا از زحـمات و تـلاش

www.saie.ir

بی شائبه آقایان **قادر شجاعی** و **هادی زندیه** در زمینه تایپ، صفحه بندی و تکثیر و آقای **مهدی مغان** در زمینه طراحی روی جلد تشکر ویژه نمایم که اگر زحمات این عزیزان نبود شاید این کار به انجام نمی رسید.

درخاتمه توجه خاطر خوانندگان عزیز و دانشجویان گرامی را به این نکته جلب می نمایم که برای هر موضوع مطالب به طور خلاصه و در حدّ نیاز ارائه گردیده به طوریکه از بحث های پراکنده و حاشیه ای به شدت پرهیز شده است . همچنین قابل ذکر است که کتاب حاضر خالی از اشکال و نقص نبوده که انشاء ا.. سروران عزیز با راهنمایی و ارشاد خود ما را در تصحیح و تکمیل آن یاری می فرمایند.

والسلام

عبدالرسول انتظاری – تیرماه ۸۳

فهرست

فصل۱: مقدمه

۱-۱ تاریخچه ۲
۱-۲ تعریف ۲
۱-۳ اهمیت طراحی کارخانه ۴
۱-۴ اهداف طراحی کارخانه ۵
۱-۴-۱ موارد کاربرد طراحی کارخانه ۵
۱-۵ دامنه طراحی کارخانه ۶
۱-۶ سطوح طراحی کارخانه ۶
۱-۶-۱ تشخیص مسائل طراحی کارخانه ۷
۱-۷ ارتباط طراحی کارخانه با دیگر بخش‌ها ۹
۱-۸ کلید منابع اطلاعاتی طرحریزی ۱۱
۱-۹ جایگاه بخش طراحی کارخانه در تشکیلات سازمانی ۱۱
۱-۱۰ رویه طراحی کارخانه و مراحل طرحریزی واحدهای صنعتی ۱۳
۱- ۱۱ مراحل ایجاد واحدهای صنعتی دریک نگرش کلی ۱۴
۱-۱۲ خصوصیات مهندس طراح کارخانه ۱۶

فصل دوم : جایابی

۲-۱ تعریف ۱۷
۲-۲ سطوح جایابی ۱۸
۲-۳ اهمیت بحث جایابی ۱۸
۲-۴ تنوع مسائل جایابی ۱۹
۲-۵ جایابی به طریق امتیازدهی ۲۰
۲-۵-۱ جایابی احداث کارخانه ۲۱

www.saie.ir

۲-۵-۲ صنایع معطوف ۲۳
۲-۶ مدلهای ریاضی جایابی ۲۴
۲-۶-۱ جایابی تکی ۲۴
۲-۶-۱-۱ مسائل جایابی تکی در حالت مسافت خطی شکسته ۲۷
۲-۶-۱-۲ مسائل جایابی تکی در حالت مجذور فاصله مستقیم..... ۴۴
۲-۶-۱-۳ مسائل جایابی تکی در حالت فاصله مستقیم ۴۸
۲-۶-۲ جایابی مرکب ۵۳
۲ -۶-۲-۱ مسائل جایابی مرکب در حالت مسافت خطی شکسته ۵۵
۲-۶-۲-۲ مسائل جایابی مرکب در حالت مجذور فاصله مستقیم..... ۵۹

فصل سوم: مطالعه و طراحی محصول، فرآیند، ظرفیت

۳-۱ مطالعه و طراحی محصول ۶۷
۳-۱-۱ تعریف یاشناخت محصول ۶۹
۳-۱-۲ دوره عمر محصول ۶۹
۳ -۱-۳ مهندسی محصول ۷۲
۳-۱-۴ آنالیز ارزش ۸۱
۳-۲ مطالعه و طراحی فرآیند ۸۲
۳-۲-۱ تعیین محدوده کاری فعالیت کارخانه وتصمیم گیری در مورد ساخت یا خرید ۸۳
۳-۲-۲ رویه طراحی فرآیند ۸۹
۳-۲-۳ تجزیه و تحلیل عملیات به طریق پرسشی ۱۱۶
۳-۲-۴ اتوماسیون ۱۱۷
۳-۳ طراحی برنامه ۱۱۹
۳-۴ ظرفیت ۱۲۰
۳-۴-۱ برآورد حجم بازار (تخمین تقاضا) ۱۲۳
۳-۴-۲ سهم قابل کسب از بازار ۱۲۴

فصل چهارم: استقرار ماشین آ لات

۴-۱ تکنیک های ترسیمی برای انتخاب روش استقرار ۱۳۳
۴-۲ تکنولوژی گروهی ۱۳۶

فصل پنجم :جریان مواد وطراحی آن

۵-۱ اثر جریان مواد در موقعیت طرح واهمیت الگوی جریان مواد ۱۴۶
۵ -۲ سطوح فعالیت ۱۴۸
۵-۳ معیارهای برنامه ریزی جریان مواد ۱۵۱
۵-۴ الگوی عمومی جریان مواد ۱۵۳
۵-۵ تکنیکهای تجزیه وتحلیل جریان مواد ۱۶۰

فصل ششم: محاسبه تعداد ماشین آلات، نیروی انسانی و مساحت

۶-۱ انتخاب و محاسبه تعداد ماشین آلات ۱۸۱
۶-۲ محاسبه تعداد نیروی انسانی ۱۹۶
۶-۳ محاسبه مساحت ۲۰۵

فصل هفتم: حمل و نقل

۷-۱ روش تجزیه وتحلیل سیستماتیک حمل ونقل ۲۲۴
۷-۲ الگوی برنامه ریزی سیستماتیک حمل ونقل ۲۲۸

www.saie.ir

فصل هشتم: جانمایی

۸-۱ طرحریزی سیستماتیک جانمایی ۲۴۶

۸-۲ تکنیکهای طرحریزی و تعیین استقرار بخشها ۲۴۹

۸-۳ روشهای دستی ۲۵۳

۸-۳-۱ روش مارپیچی ۲۵۵

۸-۳-۲ روش جدولبندی سفر ۲۵۹

۸-۳-۳ روش الگویی ۲۶۵

۸-۴ طرحریزی جانمایی به کمک کامپیوتر ۲۷۰

۸-۴-۱ کرافت ۲۷۱

۸-۴-۲ کوفاد ۲۸۴

۸-۴-۳ پلنت ۲۸۷

۸-۴-۴ کورلپ ۲۹۸

۸-۴-۵ آلدپ ۳۰۴

۱

مقدمه

موضـوع طرحریـزی واحدهای صنعتی از قدیمی ترین موضوعات مهندسی صنایع [۱] است، که بیشتر برای نحوه استقرار تجهیزات است .این موضوع با نام‌های :

- طرحریزی تسهیلات
- طراحی کارخانه
- **PLANT LAYOUT**
- **LAYOUT PLANNING**
- **FACILITIES DESIGN**
- **FACILITIES PLANNING**
- **FACILITIES LOCATION**
- **FACILITIES LAYOUT**

شناخته می‌شود.

۱- Industrial Engineering

www.saie.ir

۱-۱ تاریخچه

با بوجود آمدن انقلاب صنعتی و تخصصی شدن کار کارگران مطالعه و بررسی طرح استقرار واحدهای تولیدی برای صاحبان آن اقتصادی نمود. اولین دست آورد این مطالعه مکانیزه کردن وسایل ودستگاههایشان بود. آنها دریافتند که نظم وترتیب و همچنین کارگاههای منظم و تمیز عامل مهمی در افزایش راندمان است . قبل از پایان قرن نوزدهم تخصصی نمودن کارکارگران آنقدر اهمیت یافت که حمل ونقل مواد بین مراحل ساخت مورد توجه خاص واقع گردید. در این زمان بود که صاحبان صنعت متخصصین را برگزیدند، تا مسائل طرحریزی واحدهایشان را مطالعه نمایند. بدین ترتیب اصول، روشها وتکنیکهایی که تا امروز می‌شناسیم بوجود آمدند.

اصول اولیه طرحریزی طلب می کرد که ماشینهای مشابه با هم گروه بندی شوند وبه طور منظم ردیف گردند به طوریکه از یک طرف مواد واز طرف دیگر محصول را خارج کرد، اما امروزه این اصول کامل نیستند وحتی در بعضی حالات با یک استقرار خوب در تناقضند. این موارد واقعیات آن شرایط بودند ، و با تغییر این شرایط، این واقعیات نیز تعدیل شدند. امروزه مفاهیم یک طرح خوب و استقرار مناسب هم در حال تغییر و تکامل است.

لازم به تذکر است آنچه که امروزه با عنوان دستورالعمل، روشها و اصول طرحریزی واحدهای صنعتی مطرح است مجموعه ای است از اصول و روشهای عملی که در قالب تجارب طراحین واحدهای صنعتی شکل فرآیند طرحریزی واحدهای صنعتی به خود گرفته است. چنانکه جزئیات ودستورالعمل ها بین طراحین مختلف با هم متفاوت است.

۱-۲تعریف

تعاریف مختلفی برای طرحریزی واحدهای صنعتی می‌شود. به طور کلی طرحریزی تسهیلات[1] که یک جنبه کلی تر نسبت به طرحریزی واحدهای صنعتی می‌باشد تعیین

1- Facilities Planning

می‌کند که "چگونه دارائیهای ثابت مربوط به یک فعالیت بهترین پشتیبانی و حمایت را برای اهداف آن فعالیت فراهم آورد ". باید توجه داشت که هر جا سخن از تسهیلات می‌شود، آن می‌تواند یک ماشین ،مجموعه ای از ماشین‌آلات، تجهیزات، دپارتمان، واحد صنعتی، واحد خدماتی مثل یک بانک، بیمارستان، فرودگاه و ...باشد.

به عنوان مثال :

- در یک کارخانه، طرحریزی تسهیلات تعیین می‌کند که چگونه تجهیزات تولیدی بهترین پشتیبانی را از محصول به عمل آورد.
- در بیمارستان، طرحریزی تسهیلات تعیین می‌کند چگونه امکانات بیمارستان بهترین خدمات معالجاتی و درمانی را برای بیماران فراهم کند.
- در فرودگاه طرحریزی تسهیلات تعیین می کند چگونه امکانات فرودگاه و تجهیزات آن به بهترین وجه در خدمت مسافران قرار گیرد.

به زبان ساده تر طرحریزی واحد های صنعتی زمینه مشترکی از تعیین نحوه چیدمان تجهیزات و انتخاب سیستم حمل ونقل[۱] می باشد، که در آن نحوه چیدمان عبارتست از " انتخاب مؤثرترین ترتیب چیدن و هماهنگی تجهیزات یک واحد تولیدی به طوریکه حداکثر کارایی از تلفیق منابع (ماشین آلات ، مواد، نیروی انسانی) لازم برای عملیات تولیدی ممکن شود" و سیستم حمل ونقل عبارتست از "تعیین سیستمی که با حداقل هزینه[۲] ، جریان کالا (افراد یا اطلاعات) را طوری برقرار نماید که مطلوبیت مکانی لازم برای انجام عملیات تولیدی براساس نحوه تجهیزات میسر گردد" .

به عبارتی دقیقتر می‌توان گفت که "طرحریزی واحدهای صنعتی ترتیب قرار گرفتن سالن ها،بخش ها،ایستگاه های کاری ،ماشین‌آلات و تجهیزات، مواد، نیروی انسانی به نحوی است که حداکثر راندمان[۳] در تولید محصول بدست آید.آنچه که در این کتاب

۱- Handling system

۲- Least Cost

۳- Efficiency

www.saie.ir

بیشتر مد نظر است طراحی کارخانه می‌باشد که از این به بعد بر روی این مطلب تأکید می‌شود.

۱-۳ اهمیت طراحی کارخانه

طراحی کارخانه اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد و استخوان بندی عملیات تولیدی می‌باشد. همچنین ستون فقرات هر واحد تولیدی جریان مواد[۱] یست که باید بدقت برنامه‌ریزی شود یعنی :

۱. اولین شرط لازم برای داشتن یک تولید اقتصادی ،دارا بودن طرح مفید برای جریان مواد است.

۲. شرط لازم برای داشتن یک طرح خوب جریان مواد، وجود ترتیب مناسب فیزیکی از همه ماشین‌آلات و تجهیزات(استقرار) است.

۳. شیوه صحیح حمل ونقل دو مورد فوق را کامل کرده و منجر به عملکرد کارآمد و مؤثرتر فرآیندهای مختلف مربوط به هم می‌شود.

۴. عملکرد کارآمد و مؤثرتر هزینه تولید را حداقل می کندکه در نتیجه حداکثر سود را بدنبال خواهد داشت.

علاوه بر این باید توجه داشت که هزینه حمل ونقل رقم بالایی بین ۲۵٪ تا ۱۰۰٪ به قیمت کالاها اضافه می نماید، که باید فکری برای تقلیل آن به عمل آورد که طرحریزی صحیح حلّال این مشکل است. همچنین امروزه در اغلب جوامع صنعتی سالانه درصد قابل توجهی از درآمد ناخالص ملی صرف ایجاد واحدهای تولیدی و تعویض ماشین آلات می شود که خود مبین اهمیت طرح مؤثر واحدها وتغییرات لازمه در آنهاست .به موجب آمار دیگر سالانه تقریبا ۲۵ ٪ سطح کارگاههای موجود تغییر استقرار داده می‌شود که این همه به خوبی بیانگر اهمیت طراحی کارخانه می‌باشد.

۱- Material Flow

۱-۴ اهداف طراحی کارخانه

از مهمترین اهداف طرحریزی کارخانه " توسعه بهترین طرح ممکن " است که در قالب معیارها و اهداف زیر مطرح می‌شود:

۱. آسان سازی فرآیند تولید[۱] و ایجاد جریان مواد مناسب و برقراری جریان سریع کالاهای در دست ساخت
۲. کوتاه کردن زمان تولید و به حداقل رساندن حمل ونقل ها[۲]
۳. به حداقل رساندن سرمایه گذاری روی ماشین آلات وتجهیزات[۳]
۴. حفظ انعطاف پذیری در ترتیب قرار گرفتن ماشین آلات وعملیات[۴]
۵. حداکثر استفاده از زمین ، وسایل ونیروی انسانی [۵]
۶. فراهم نمودن محیطی امن وسالم همراه با آرامش برای کارکنان[۶]

۱-۴-۱ موارد کاربرد طراحی کارخانه

اغلب موارد زیر منجر به طراحی کارخانه می شود:

۱. تغییر در طرح یا نوع محصول
۲. تغییر در روش تولید
۳. ایجاد کارخانه
۴. کوچک (محدود) یا بزرگ (گسترده) کردن بخش ها
۵. تعویض وسایل قدیمی
۶. ازبین بردن مشکلات تولید (وجود ضایعات، بی‌نظمی، شرایط بد محیطی و ...)

۱- Facilitate the manufacturing Process
۲- Minimize Overall production time and minimize Material Handling
۳- Minimize investment in equipment
۴- Maintain flexibility of arrangement and operation
۵- Effectively utilize people .equipment and space
۶- Provide for employee convenience .safety and comfort

www.saie.ir

۷. اضافه کردن محصول یا محصولات جدید
۸. انتقال یک قسمت به محل دیگر با تعویض محل قسمتهای مختلف
۹. ایجاد یک بخش یا کارگاه جدید
۱۰. تغییر در نوع مواد اولیه

۱-۵ دامنه طراحی کارخانه

طراحی کارخانه فقط در برنامه ریزی دقیق ترتیب استقرار ماشین آلات تولیدی خلاصه نمی‌شود. یعنی در طراحی کارخانه نه تنها ما با فعالیتهای درون واحد(دریافت[۱]، بازرسی[۲]، انبار[۳]، تولید، مونتاژ[۴]، کنترل کیفی[۵]، بسته بندی[۶]، حمل ونقل مواد[۷]، خدمات پرسنلی، خدمات جنبی تولید، انبار کالای ساخته شده، ارسال[۸]، قسمتهای اداری وتاسیسات) روبرو هستیم، بلکه فعالیتهای (فروش، بازاریابی[۹]،خرید[۱۰]، حسابداری، حمل ونقل خارج کارخانه، حمل ونقل داخل محوطه کارخانه) را نیز شامل می‌شود. به عبارتی "هر وظیفه ای که در یک واحد صنعتی انجام می‌شود تأثیراتی در طراحی کارخانه دارد.

۱-۶ سطوح طراحی کارخانه

طراحی کارخانه را می توان در سه سطح زیر خلاصه کرد:

۱- Receiving
۲- Inspection
۳- Warehousing
۴- Assembly
۵- Quality Control
۶- Packaging
۷- Material Handling
۸- Shipping
۹- Marketing
۱۰- Purchasing

۱. سطح کلان یا شمای کلی[۱]: طرحی است که داخل کارخانه و همه عناصر اصلی آن مثل سالن تولید، مراکز خدماتی و غیر تولیدی، خیابانها، فضای سبز، و عناصر جنبی مثل خط آهن وغیره را نشان می‌دهد.
۲. سطح میانی[۲]: که درآن داخل سالن های کاری وکارگاههای مربوط به هرسالن رانشان می دهد.
۳. سطح جزیی[۳]: در این سطح ایستگاههای کاری داخل هر کارگاه ومحل ماشین ها، ابزار آلات، قفسه ها وغیره را نشان می دهد.

۱-۶-۱تشخیص مسائل طراحی کارخانه

مسائل طراحی کارخانه به دو شکل عنوان می‌شود:

الف- صریح

ب- ضمنی

که درحالت (الف) صورت مسأله روشن‌تر است و اغلب این حالت وقتی مطرح می‌شود که در نظر داشته باشیم :

- تغییراتی در نوع محصولات
- اضافه شدن یا حذف محصولات
- تغییرات عمده در تقاضای محصولات
- تغییرات اساسی در پروسه تولید
- تعویض یا جایگزینی ماشین آلات وتجهیزات
- تغییر در سازماندهی وتشکیلات و...

وحالت (ب) وقتی مطرح است که:

- وجود کارگاههای تولیدی

۱-Site plan or Plant plan

۲- Production Department

۳- Work Station

www.saie.ir

- ازدحام عملیات
- تأخیرات وبیکاری های غیرقابل توجیه
- عملیات برگشتی در جریان مواد
- ازدیاد حجم انبارهای نیمه ساخته
- موانع در حمل ونقل
- بالا بودن زمان حمل ونقل و...

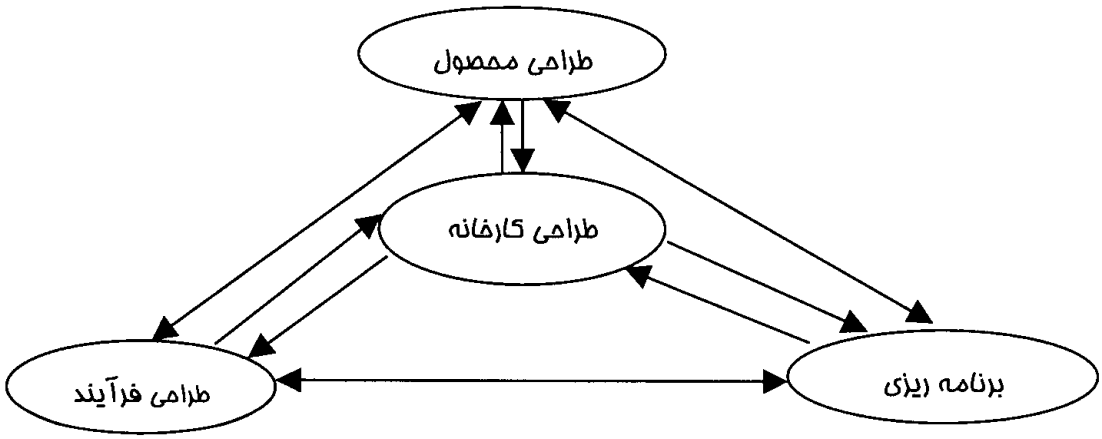
در اینجا شاید این سؤال مطرح شود که این مسائل چگونه و از چه کانالی در یک واحد تولیدی طرح می‌گردد، که در جواب باید گفت سه بخشی که لازم است در یک واحد صنعتی با یکدیگر تماس مداوم داشته باشند عبارتند از:

الف - بخش طراحی محصول[۱]

ب - بخش طراحی فرآیند یا پروسه تولید[۲]

ج - بخش برنامه ریزی[۳]

که به صورت شماتیک زیر نشان داده شده است :



شکل (۱-۱) بخش های اصلی درگیر طراحی کارخانه

---

۱ - Product Design

۲- Process Design

۳- Schedule Design

البته حاکم بر اینها سیاست و استراتژی مدیریت واحد صنعتی است که نقش عمده‌ای ایفا می‌کند.

۱-۷ ارتباط طراحی کارخانه با دیگر بخش ها (مراکز تهیه اطلاعات)

بخش هایی که در طرحریزی واحد های صنعتی همکاری می‌نمایند عبارتند از :

۱. بخش فروش
   - تعیین میزان فروش
   - تعیین نوسانات وتغییرات فروش
۲. بخش خرید
   - پیدا کردن تجهیزات مورد نیاز شرکت
   - تهیه تجهیزات مورد نظر با حداقل قیمت
۳. بخش مهندسی محصول
   -تهیه نقشه و لیست قطعات
   - تهیه اطلاعات در مورد ساخت
۴. بخش پرسنلی
   - آموزش پرسنل متخصص
   - منظور نمودن امکانات رفاهی وخدماتی کارمندی
۵. بخش مالی
   - تعیین هزینه‌های طرح و قیمت تمام شده
۶. بخش مهندسی تولید
   - طراحی فرآیندها و روشهای تولید
   - طراحی تجهیزات و ابزارآلات محصول
   - تعیین ترتیب عملیات
   - تعیین ماشین‌آلات و تجهیزات مورد نیاز
   - تهیه مشخصات ابزارآلات

www.saie.ir

- تحلیل امکانات و توانایی‌های تولید
- توسعه فرآیندها و تجهیزات جدید
- خودکار کردن عملیات

۷. بخش مهندسی صنایع

- تعیین روشهای کار در ایستگاههای کاری
- تعیین استاندارد های تولید
- تعیین ظرفیت ماشین‌آلات و تعداد مورد نیاز
- زمانسنجی
- انتخاب اقتصادی طرح
- پیشنهاد آلترناتیوهای مختلف طرحریزی

۸. بخش کنترل تولید

- تهیه فهرست عملیات و مسیرهای تولید
- تعیین برنامه زمانبندی تولید
- همکاری در طراحی جریان مواد
- پیشنهاد در مورد روشهای انتقال مواد

۹. بخش مهندسی طراحی ساختمان

-همکاری در طراحی تأسیسات آب، برق، انرژی وغیره

- همکاری در تغییر ساختمانها
- انتقال ماشین‌آلات و تجهیزات

۱۰. بخش بازرسی و کنترل کیفی

- جلوگیری از ضایعات
- استفاده مجدد از ضایعات

۱۱. بخش مدیر عامل

- خط مشی ها وسیاست‌گذاری‌ها در زمینه‌های مختلف

- همکاری در برنامه‌ریزی تولید

۱-۸ کلید منابع اطلاعاتی طرحریزی (P.Q.R.S.T)

اطلاعـات کلـیدی مـورد نیاز جهت طرحریزی واحدهای صنعتی به طورخلاصه از قرار زیر است:

۱) محصول[۱] (**P**): چه چیزی قرار است تولید شود.

۲) مقدار[۲](**Q**) : چه مقدار از هر یک از اقلام باید تولید شود.

۳) روش تولید[۳](**R**): محصول چگونه ساخته شود. (فرآیند وترتیب عملیات)

۴) خدمات پشتیبانی[۴](**S**) : چه ماشین آلات وتجهیزات مورد نیاز است .

۵) زمان[۵](**T**) : طی چه زمانی باید محصول تولید شود.

۱-۹ جایگاه بخش طراحی کارخانه در تشکیلات سازمانی

موقعیـت بخـش طرحریـزی واحد صنعتی بستگی به اندازه سازمان، مقدار وسایل، نوع و خصوصیات محصول و اهمیتی که مدیریت برای طرحریزی قائل می‌شود دارد. واحدهای کوچـک و متوسـط معمولاً دارای قسمتی با عنوان طرحریزی نیستند. وظیفه طرحریزی معمولاً به عهده افرادی با عناوین زیر گذارده می‌شود:

۱) مهندس کارخانه

۲) مهندس طرحریزی

۳) مهندس تولید

۴) مهندس صنایع

۵) مهندس ساخت

۶) مدیر مهندسی تولید

۷) سرپرست تعمیر ونگهداری

۸) مدیر طراحی مهندسی و ساخت

۹) مهندسی ارشد

۱۰) سرپرست برنامه ریزی

۱- Product

۲- Quantity

۳- Routing

۴- Supporting Service

۵- Time

www.saie.ir

از دو آمارگیری که در مورد کارکرد مهندسی صنایع انجام گرفته چنین نتیجه شده است که در ۶۲٪موارد گروه طرحریزی واحد صنعتی قسمتی از دپارتمان مهندسی صنایع است و به نظر می‌رسد که محل صحیح آن نیز همین جا باشد. شکل (۲-۱) نمودار سازمانی نمونه برای یک مؤسسه صنعتی با حدود ۲۵۰۰ کارگر توسط اپل[۱] پیشنهاد شده است که وظیفه طرحریزی را برعهده یکی از قسمتهای مهندسی صنایع یا مهندسی کارخانه واگذار می کند. در این نمودار وظایف وفعالیتهای زیر برای هر یک از دو بخش در نظر گرفته شده است:

الف) مهندسی صنایع

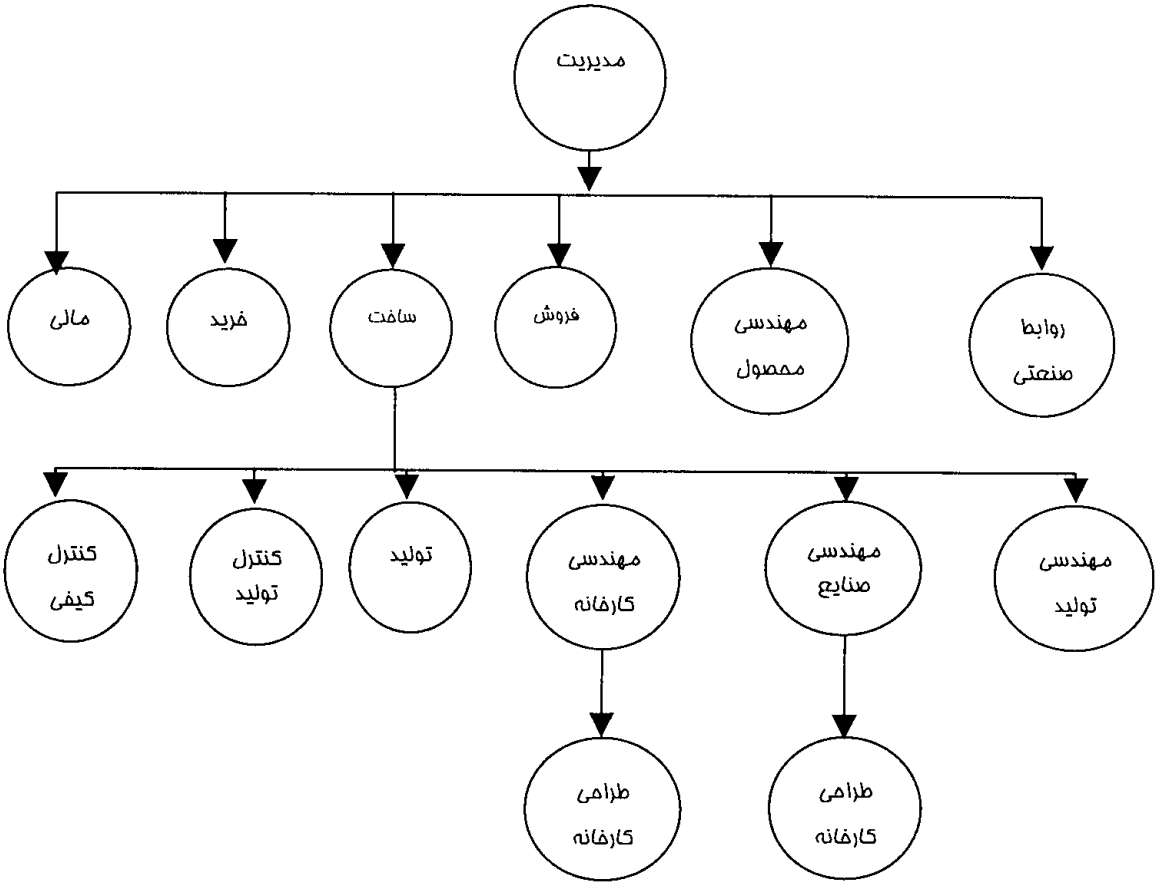
- مطالعات اقتصادی وهزینه ای
- طراحی کارخانه
- طراحی سیستم های اطلاعاتی وکنترل
- طراحی سازمان وتشکیلات
- تحقیق در عملیات[۲]
- مهندسی تولید و مهندسی سیستم
- سیستم های پرداخت حقوق و دستمزد
- روشهای انجام کار
- استانداردهای کاری
- مطالعات وطرح های ویژه

ب) مهندسی کارخانه

- کارهای ساختمانی
- نظافت وخدمات
- تعمیر ونگهداری
- حمل ونقل
- طراحی کارخانه
- کنترل آلودگی
- ایمنی وحفاظت
- حمل ونقل بیرونی
- تأسیسات
- کارگاهها

۱- Apple

۲- Operation Research



شکل (۲-۱) محل سازمانی بخش طراحی کارخانه

۱-۱۰ رویه طراحی کارخانه ومراحل طرحریزی واحدهای صنعتی

به طور خلاصه مراحل طرحریزی شامل قدم‌های زیر است:

۱) جمع‌آوری اطلاعات شامل : نوع محصول، قطعات متشکله[۱]، جنس، نحوه ساخت یا خرید، مقدار تولید، روش تولید، نقشه های فنی، مشخصات عملکردی محصول، مقدار تقاضا و بازار محصول، قیمتها و...

۲) طراحی روش ساخت وطرحریزی اولیه جریان مواد[۲]: بررسی اطلاعات مربوط به شیوه های مختلف تولیدمحصول با توجه به تلرانسها[۳] و مشخصات عملکرد آن

۱- Components

۲-Flow Material

۳- Tolerance

www.saie.ir

تصویر کلی از نوع ماشین‌آلات مورد نیاز، بررسی فرآیندهای مختلف ، انتخاب فرآیند و ...

۳) تعیین تجهیزات[۱]، نیروی انسانی[۲]، بخش های مورد نیاز و مساحت مورد نیاز

۴) طرحریزی ایستگاههای کاری[۳]، طرحریزی روشهای حمل ونقل[۴] و طرحریزی نهایی جریان مواد

۵) تعیین محل دپارتمانها با توجه به روابط فیمابین آنها و ارائه طرح کارخانه(لی اوت[۵] کلی وجزیی)

۶) ارزیابی واجرا

۱-۱۱ مراحل ایجاد واحدهای صنعتی در یک نگرش کلی

مراحل ایجاد یک واحد صنعتی به طور خلاصه شامل موارد زیر است:

۱) مطالعه بازار[۶] : بررسی نیاز مصرف‌کنندگان

۲) پیش بینی فروش[۷]: تعیین میزان فروش و تغییرات آن

۳) طراحی محصول[۸]: تعیین و ترسیم جزئیات و مشخصات محصول

۴) طراحی فرآیند[۹] : تعیین نحوه ساخت محصول

۵) طراحی عملیات[۱۰] : تعیین روشهای انجام فرآیندها وتعیین ماشین‌آلات ونیروی انسانی مورد نیاز

۶) طرحریزی واحد های صنعتی

۱- Equipment
۲- Man Power
۳-Work Station
۴- Handling Methods
۵- Layout
۶- Study of Market
۷-Sales Forecast
۸-Product Design
۹- Process Design
۱۰- Operation Design

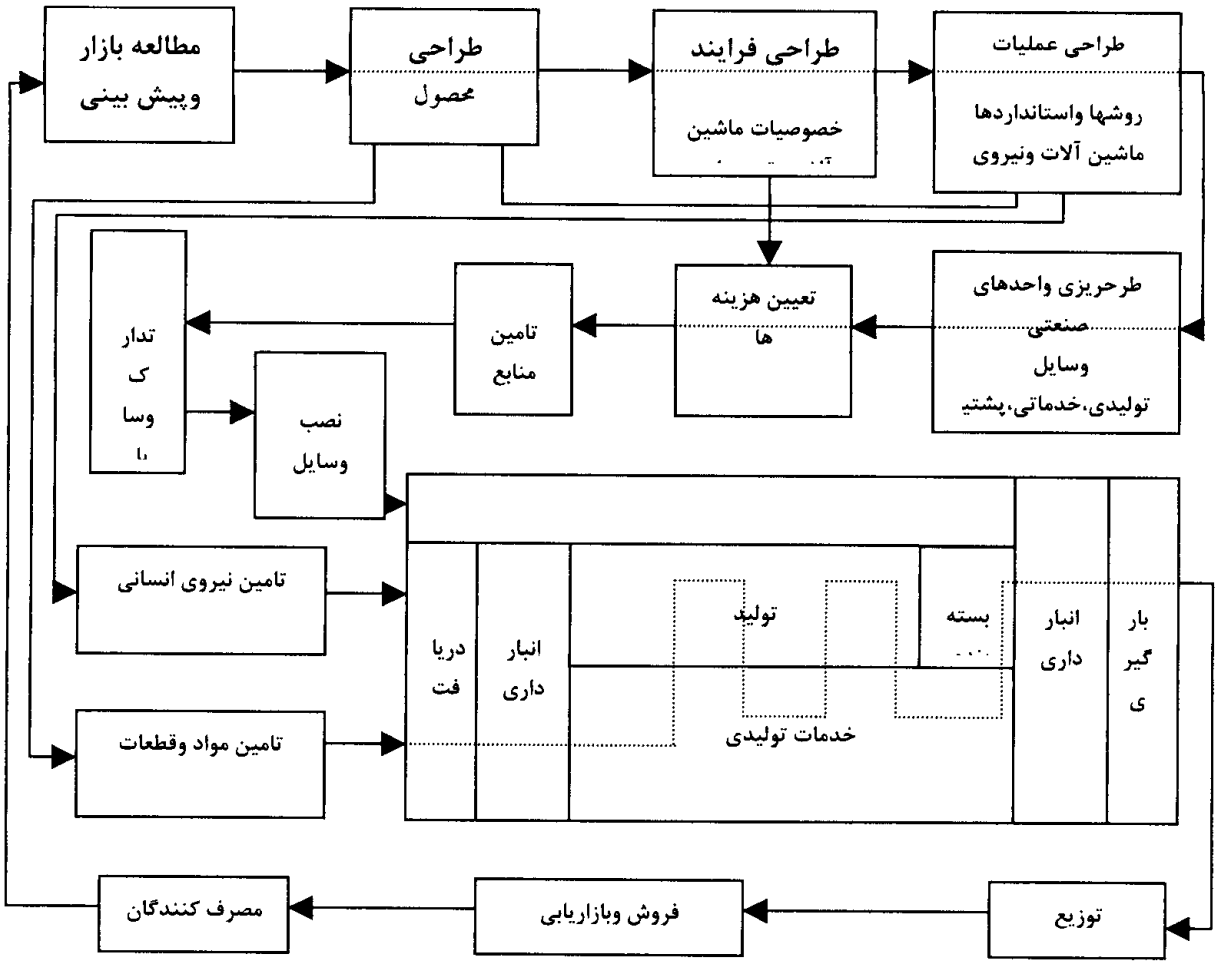
۷) طرح تجهیزات
۸) طرح ساختمان
۹) تهیه بودجه[۱]
۱۰) تدارکات[۲]: شامل ساختمان، ماشین آلات وتجهیزات، نیروی انسانی، مواد و قطعات
۱۱) نصب وسایل[۳]
۱۲) فرایند تولید و ساخت، بهره‌برداری
۱۳) انبارداری محصولات نهایی
۱۴) توزیع محصولات[۴]
۱۵) بازاریابی و فروش[۵]
۱۶) مصرف کنندگان[۶]: که ارزیابی ها، شکایات، و پیشنهادات آنها از طریق مطالعه بازار به مؤسسه بازخور[۷]شده وباعث تکرار کلیه مراحل فوق می‌گردد.

این کتاب به بررسی مرحله (۶)می‌پردازد ومراحل دیگر تا آنجا که به این مرحله مربوط می‌شود بررسی می‌گردد.

شکل (۳-۱) مراحل ایجاد کارخانه را نشان می‌دهد.

۱- Budgeting
۲- Procurement
۳- Installation
۴- Distribution
۵- Marketing and Sale
۶- End Users
۷- Feed back

www.saie.ir



شکل (۳-۱)مراحل ایجادواحدهای صنعتی

۱-۱۲ خصوصیات مهندس طراح کارخانه

با توجه به اینکه طبیعت طرحریزی عبارتست از علم ، هنر، تجربه و صرفاً دارای طبیعت کاملاً علمی محض نیست (البته باید به سمتی پیش رفت که کاملا علمی شود)، لذا یک مهندس طراح باید دارای خصوصیات زیر باشد:

۱) پایه مهندسی و فنی
۲) دانش مهندسی و مدیریت صنعتی
۳) توانایی تجزیه و تحلیل
۴) داشتن خلاقیت، ذوق و ابتکار
۵) داشتن خصوصیات هنری

۲

جایابی[1]

۲-۱ تعریف

بـه طـور کلـی جایابـی به معنی پیدا کردن محلی مناسب برای نصب واستقرار ماشین یا کارخانه می باشد به گونه‌ای که :

۱) دسترسی به منابع مورد نیاز راحت باشد. (مثلاً مواد اولیه)

۲) مشکلی برای محیط اطراف ایجا نکند. (رعایت مقررات ایمنی و غیره)

۳)حمل ونقل حتی‌الامکان کم و ارتباط امکان‌پذیر باشد.

۴) دسترسی منابع مصرف کننده به راحتی صورت گیرد.

۵) نیاز ماشین یا کارخانه حتی‌الامکان در محیط برآورده شدنی باشد.

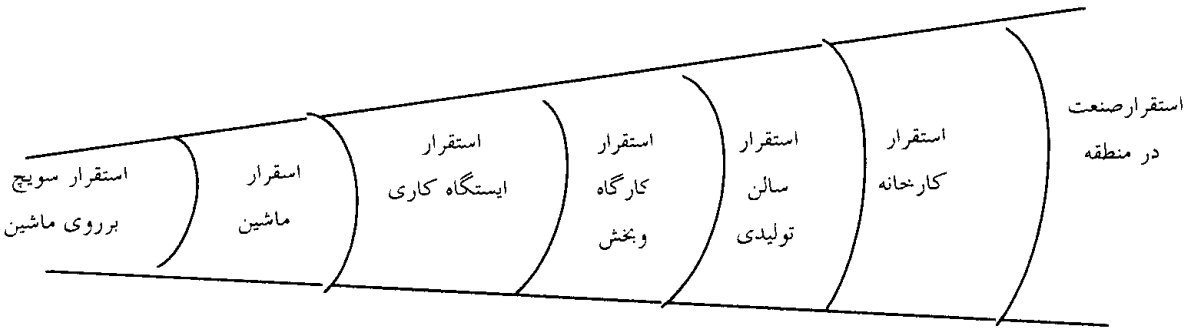
۶) پارامترهای هزینه را حذف یا کم اثر نماید.

1- Location

www.saie.ir

۲-۲ سطوح جایابی

جایابی در اندازه های مختلفی مطرح است بطوریکه از استقرار یک سوئیچ بر روی یک ماشین تا استقرار صنعت خاص در یک کشور را شامل می شود(شکل ۱-۲). به عبارت دیگر جایابی در مقیاس کوچک با موضوع انتخاب مکان مناسب برای یک یا چند وسیله ودر مقیاس بزرگ با موضوع آمایش سرزمین ارتباط پیدا می کند .منظور از طرح آمایش سرزمین در زمینه صنعت در مقیاس کلی کشور قرارگرفتن منطقی رشته های مختلف صنعت درفضا، رشد موزون ومتناسب ومتعادل استانهای مختلف کشورکه رشته‌ها و شاخه‌های مختلف صنعت توأم با استفاده کامل از منابع طبیعی به منظور بدست آوردن حداکثر کارایی است.



شکل (۱-۲)

۲-۳ اهمیت بحث جایابی

چگونگی جایابی تسهیلات تأثیر عمده‌ای بر روی موفقیت سرمایه گذاری انجام شده دارد. به طور کلی کارخانه چیزی نیست که بعد از مدتی آن را بسته و به جای دیگری منتقل کرد، کم نبوده‌اند کارخانه‌هایی که بدلیل احداث در محل نامناسب موجب بروز مشکلاتی برای خود و یا شهروندان شده‌اند که نهایتاً به تعطیلی یا بسته شدن آن منجر شده است. مشکلاتی نظیر عدم دسترسی به مواد اولیه، بازار، عدم وجود زمین کافی

برای توسعه، هزینه‌های سرسام‌آور حمل و نقل و عدم تطابق با محیط‌زیست و یا فرهنگ مردم وغیره .

۲-۴ تنوع مسائل جایابی

مسائل جایابی را میتوان به شکل زیر دسته بندی نمود:

۱. از نظر تعداد وسیله‌ای که باید مکان‌یابی شود:

الف) تکی (انفرادی) ب) چندتایی یا مرکب

۲. از نظر تعداد مکانهای کاندید شده:

الف) انگشت شمار و محدود: نقاطی که می توانند جای وسیله (وسایل) جدید باشند محدود و انگشت شمارند.(جایابی گسسته)

ب) نا محدود: این نقاط تمام صفحه را شامل می شود و چنانچه روی وسایل قبلی قرار گیرد دوباره حل میکنیم. (جایابی پیوسته).

۳. از نظر تعداد پارامتر های مؤثر:

الف) تک پارامتری (مثلا مسافت طی شده) ب) چند پارامتری

۴. از نظر وجود وسایل فعلی:

الف) وجود دارد ب) وجود نداشته یا ارتباطی ندارد

۵. از نظر ارتباط بین وسایل جدید:

الف) وجود ارتباط با یکدیگر ب) عدم ارتباط با یکدیگر

۶. از نظر نوع مسافت:

الف) خطی شکسته[1] (متعامد) ب) خط مستقیم[2] (اقلیدسی)

1-Rectilinear Distance
2-Straight Line Distance

www.saie.ir

۲-۴-۱ روشهای حل مسائل جایابی

روش حل مسائل جایابی یا کیفی است و یا کمی که بعضی از این روش ها عبارتند از :

۱- جایابی به روش امتیازدهی ۲- جایابی تکی [1] ۳- جایابی مرکب [2]
۴- جایابی با مدل تخصیص [3] ۵- جایابی با مدل Minimax و ...

۲-۵ جایابی به طریق امتیازدهی

طرز عمل این روش به صورت زیر است :

۱- تهیه لیستی از پارمترهای مؤثر برعمل و فعالیت وسیله یا کارخانه

۲- تهیه لیستی از اماکن کاندید شده جهت محل وسیله یا کارخانه

۳- تعیین حدود امتیاز پارامترها(مثلا ۱۰-۰)

۴- تعیین ضرایب وزنی هر پارامتر برای هم وزن کردن پارامترها(مثلا پارامتر اول در ۳ و پارامتر دوم در۵ ضرب شود.)

۵- جمع کل امتیاز پارامترها با توجه به ضرایب آنها

۶- اعلام دو یا سه مورد از محل هایی که به ترتیب بیشترین امتیاز را دارند به عنوان برنده وجایگزین برای انجام جایابی به طریق امتیازدهی بهتر است جدولی رسم و در ستونهای آن نام اماکن کاندید شده و در سطرهای آن پارامترهای مؤثر را ثبت کرد، سپس امتیاز هر پارامتر را با توجه به اماکن کاندیدشده درجلوی آن نوشت. درمورد ضریب وزنی (ضریب اهمیت) می‌توان با مقایسه پارامترها با یکدیگر و با تحلیل مقدار تاثیرشان، مقدار ضریب را تعیین نمود.(این در صورتی است که دامنه امتیازات برای همه پارامترها برابر هم باشند.) درهر دو مورد تخصیص امتیاز وتعیین ضریب وزنی

1-Single- Location

2-Multi-facility Location

3-Assignment Model

لازم است با افراد ذیصلاح مشورت و به کتب و جزواتی که دراین زمینه موجود است، مراجعه کرد.

چنانچه در میان پارامترهای مؤثر برکارخانه تعدادی پارامتر کمی (مثلاً هزینه یا مسافت و...) وجود داشته باشد، اینها را میتوان در جدولی دیگر برای هر یک از اماکن کاندید شده محاسبه نمود و سپس با مقایسه نتایج اماکن برنده و جایگزین را مشخص کرد. پس از آن نتایج دو جدول کمی و کیفی با هم مقایسه شده و چنانچه نتایج متفاوت باشد به طریقی باید نتایج کیفی را به کمی (یا بالعکس) تبدیل کرد.(راه حل استانداردی دراین زمینه وجود ندارد.)

دامنه امتیاز	ضرایب وزنی	پارامتر	محل های کاندیدشده		
			۱	۲	۳
۰-۱۰	۳	**A**	۴	۱	۷
۰-۱۰	۵	**B**	۳	۵	۲
۰-۱۰	۴	**C**	۸	۴	۳
جمع			۵۹	۴۴	۴۳

جدول (۱-۲) نمونه ای برای حل به روش امتیازدهی

۲-۵-۱ جایابی احداث کارخانه

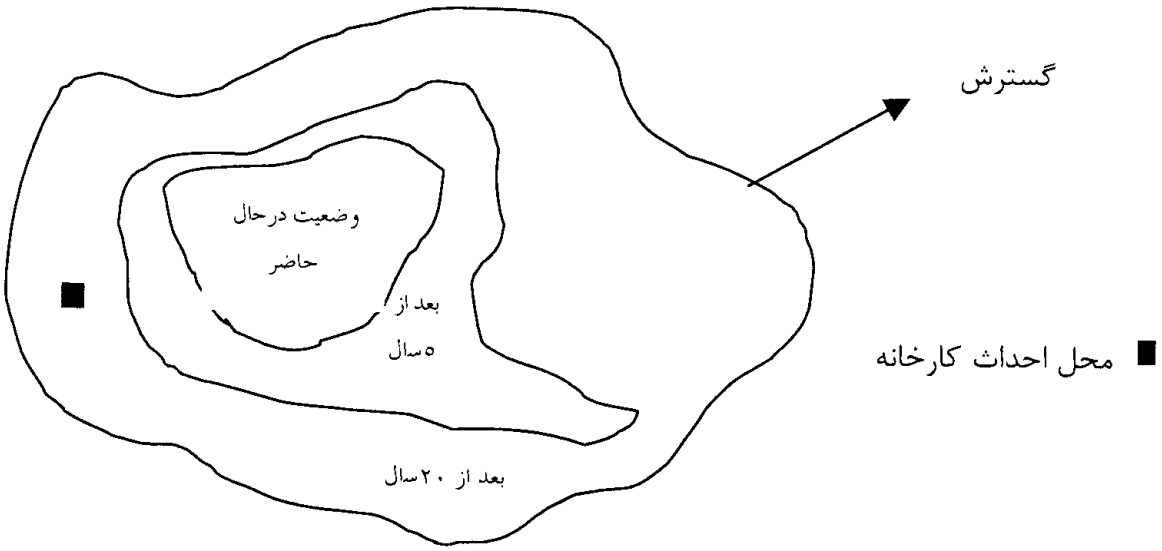
جایابی به طریق امتیازدهی روش خوبی برای اینگونه مسائل است. بدین منظور ابتدا تمامی پارامترهای مؤثر برمحل کارخانه را شناسایی می کنیم. برخی از پارامتر های مهم عبارتند از:

www.saie.ir

۱) نزدیکی ودسترسی به مواد اولیه: باعث کم شدن حمل و نقل وقیمت تمام شده میگردد. به عنوان مثال کارخانجات ذوب آهن در اطراف معادن ساخته شود.

۲) نزدیکی به بازار مصرف: باعث کم شدن حمل‌ونقل و قیمت تمام شده میگردد.

۳)زمیـن مورد نیاز کارخانه وامکان توسعه آن درآینده: در مسأله جایابی کارخانه، اهداف آینده وطرح گسترش کارخانه حتما باید در نظر گرفته شود. بدنبال این موضوع نقشه جامع شهر وطرحهای گسترش شهر نیز باید بررسی شوند. مثلا شکل(۲-۲)



شکل (۲-۲) مثال جایابی

۴) دسترسی به نیروی انسانی ومناسب بودن ترکیب آن از لحاظ تخصیص: بیشتر منابع انسانی در شهرها هستند، بنابراین کارخانجات بیشتر در اطراف شهرها ساخته می‌شوند. کارخانجات فصلی بیشتر در اطراف روستاها جهت استفاده از نیروی کار فصلی بنامی‌شوند. در بعضی از کشورها کارخانه های بزرگ در اطراف شهرهای دانشگاهی ساخته می شوند.

۵) تسهیلات ترابری: راه شوسه، اتوبان، راه آهن، بندرگاه، فرودگاه و ...

۶) آب وهـوا وپارامـترهای اقلیمـی : الـف) بـرای جـذب افراد ب)بسته به نوع صنعت ومحصول (مثلاً آب بر و...)

۷) انرژی: برق، سوخت، گاز، وغیره

۸) آب: بسیاری از منابع آب‌بر هستند و به آب فراوان نیاز دارند.

۹) ارتباطات : تلفن، تلکس: فاکس، وغیره

۱۰)سیاستهای دولت: قوانین ومقررات مربوط به مالیات، محیط زیست و غیره

۱۱)شرایط زندگی و فرهنگی مردم و سطح بهداشت و آموزش و غیره

۱۲)مسائل دفاعی و امنیتی: استتار، پراکندگی و...

۱۳)خواست وپذیرش مردم: از جهات سیاسی و اجتماعی و غیره

بـرای یافتـن جـواب می‌توان ابتدا مسأله جایابی را برای انتخاب استان حل کرد و سپس برای بار دوم در استان منتخب بهترین شهر را برگزید.

۲-۵-۲ صنایع معطوف

صنایع مختلف را میتوان با توجه به اینکه تحت تأثیرشدید یک پارامتر باشند بصورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

۱)صـنایع معطـوف بـه بازار: صنایعی که در آنها پارمتر نزدیکی به بازار مصرف از اهمیت عمـده‌ای بـرخوردار است و سایر پارامترها را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. به عنوان مثال بـرای محصـولات فاسـد شـدنی و یـا کارخانجات تولید اسید که محصولات خطرناک تولید می‌کنند.

۲) صـنایع معطـوف بـه مـواد اولـیه: صنایعی که نزدیکی ودسترسی داشتن مواد اولیه از اهمیـت فـوق‌العـاده‌ای برای آنها برخوردار است. به عنوان مثال کارخانجات مربوط به استخراج و ذوب مواد معدنی.

۳)صنایع دو یا چند طرفه: در این صنایع یک پارامتر به گونه‌ای نیست که سایر پارامترها را تحت‌الشعاع قرار دهد، که اغلب صنایع از اینگونه‌اند و اینها معطوف نمی‌باشند.

www.saie.ir

۲-۶ مدلهای ریاضی جایابی

مدلهای ریاضی خود به دو دسته مسائل جایابی تکی[1] ومسائل جایابی مرکب[2] تقسیم می شوند، که در ادامه به شرح هر یک می پردازیم :

۲-۶-۱جایابی تکی

جایابی تکی یعنی پیداکردن محل یک وسیله جدید[3](هرگونه تسهیلات تولیدی، خدماتی، تجهیزات و..) درمیان وسایل فعلی[4] به شرطی که وسایل فعلی جابجا نشده ودر مجموع هزینه‌ها حداقل گردد. برخی از موارد استفاده آن به شرح زیر است:

۱) تعین محل یک ماشین تراش در یک کارگاه

۲) تعین محل یک اتاق ابزار در یک کارگاه

۳) تعین محل یک انبار مرکزی با توجه به محل‌های تولیدی در سطح شهر یا کشور

۴) تعین محل یک بیمارستان یا واحد آتش‌نشانی یا کتابخانه در یک شهر

۵) تعین محل یک کلاس یا آزمایشگاه در یک دانشگاه

۶) تعین محل یک پمپ در مجموعه تجهیزات یک پالایشگاه

۷) تعین محل یک المان (عنصر) الکتریکی دریک مجموعه الکتریکی

۸) تعین محل یک آب‌سردکن در یک اداره

۹) تعین محل یک ماشین زیراکس در یک کتابخانه و غیره

برای فرموله کردن مسائل جایابی تکی پارامترهای زیر را تعریف می کنیم :

m=تعداد وسیله (تسهیلات) فعلی که درنقاط $P_1(a_1,b_1),P_2(a_2,b_2),...,P_m(a_m,b_m)$ مستقرشده‌اند.

1-Single Location problem

2 - Multi –Facility Location problem

3-New Facility

4-Existing Facilities

$P_i(ai,bi)$ =مختصات محل وسیله (تسهیلات) فعلی

$\underline{X}$ =(x,y) مختصات محل وسیله جدید (مجهول مسأله)

$d(\underline{X},\underline{P_i})$ =مسافت بین وسیله جدید و وسیله فعلی i

W_i = وزن[۱] (شدت جاذبه)بین وسیله فعلی i و وسیله جدید (که از حاصلضرب هزینه واحد مسافت طی شده در تعداد سفری[۲] که در واحد زمان انجام می‌گیرد بدست می‌آید).

$f(\underline{X}) = f(x,y)$ =تابع هزینه کل

در نتیجه کل هزینه حمل‌ونقل[۳] مربوط به تردد بین وسایل فعلی و وسیله جدید به صورت زیر بود :

$$Minimize\ f(\underline{X}) = \sum_{i=1}^{m} W_i d(\underline{X},\underline{P_i}) \quad (۱)$$

محل بهینه جهت استقرار وسیله جدید یعنی $\underline{X} \approx (x^*, y^*)$ بگونه‌ای است که $f(\underline{X})$ را حداقل میکند، یعنی هدف عبارتست از $Minimizef(\underline{X})$ وچون هزینه وابسته به مسافت است در واقع می‌خواهیم عامل مسافت را حداقل نمائیم.

تذکر: یکی از معیارهای عمده در تعیین محل استقرار یا جایابی یک محل هزینه حمل ونقل می‌باشد که هزینه هنگفتی را شامل می‌شود در بررسی‌هایی که آقای اپل در تحقیق روی یک سیستم صنعتی کرده بود متوجه شد که بین ۷۰٪ الی ۸۰٪ از زمانیکه یک قطعه در جریان ساخت دارد مربوط به حمل ونقل و یا انتظار برای عملیات می‌باشد.

هزینه متغیر[۴] (کارگری، انرژی، ...) + هزینه ثابت[۵] (سرمایه‌ای) = هزینه حمل‌ونقل

۱- Weight

۲-Trip

۳- Handling Cost

۴- Variable cost

۵- Fixed cost

www.saie.ir

هزینه های متغیر کلاً هزینه‌هایی هستند که متناسب با فواصل حمل‌ونقل و یا زمان حمل‌ونقل تغییر می‌کند و به صورت زیر تعیین می‌گردد.

واحد فاصله × هزینه متغیر برای واحد فاصله = هزینه متغیر حمل‌ونقل

هشدار:کورکورانه استفاده کردن از معیار و یا هر معیار دیگری ممکن است جوابهای خنده‌دار و دور از واقعیت بدهد. به عنوان مثال در تعیین محل یک مدرسه در یک شهری می‌خواهیم مدرسه را طوری جایابی کنیم که "مجموع فواصلی که دانش‌آموزان می پیمایند تا به مدرسه برسند " را حداقل کند؟

(فاصله۵۰۰۰متر)(۱دانش‌آموز)+(فاصله صفر)(۴۹۹دانش‌آموز) = (۱۰کیلومتر)(۵۰۰دانش‌آموز)

این نشان می‌دهد که ممکن است که جوابهای یک مدل اینچنین دور از واقعیت باشد و در نتیجه معیار مناسبی انتخاب نکرده‌ایم و شاید بهتر بود که معیار با دقت بیشتری انتخاب می شد مثلاًمعیار:

$$Minimize(\text{فاصله دانش آموز بامدرسه})_{Max}$$

برای مسائل جایابی تکی دو نوع مسافت تعریف می شود:

۱- مسافت خطی شکسته[1] (متعامد)

۲- مسافت خطی مستقیم[2] (اقلیدسی[3])

علاوه برآن حالت سومی مطرح است که در آن هزینه جایابی با مسافت طی شده رابطه خطی نداشته که در این حالت با توان دوم مسافت ارتباط دارد یعنی:

۳- مجذور فاصله مستقیم (مجذور فاصله اقلیدسی[4])

مثال های واقعی برای هر یک از این حالات عبارتند از:

۱- Rectiliner Distance

۲- Straight Line-Distance

۳- Euclidean - Distance

۴- Squared Euclidean - Distance

الـف- مسـافت خطی شکسته(متعامد): جایابی در راستای راهروهای عمودبرهم، وضعیت جابجایی شهری در خیابانهای متعامد، رفت و آمد در ادارات و دانشگاه ها و..

ب – مسافت خط مستقیم(اقلیدسی): جایابی نقاله ای،جایابی های تجهیزات حمل ونقل هوایی ،شبکه خطوط انتقال برق ،طراحی خطوط لوله و ...

ج – مجذور فاصله مستقیم :جایابی یک ماشین آتش‌نشانی نسبت به محل آتش‌سوزی، جایابی یک آمبولانس اورژانس نسبت به محل حادثه و...

رابطه ریاضی مسائل جایابی برای هریک ازاین حالات عبارتست از:

۱- مسافت خطی شکسته (متعامد)

$$d(\underset{\rightarrow}{X},\underset{\rightarrow}{P_i}) = |x-a_i| + |y-b_i|$$

۲- مسافت خط مستقیم(اقلیدسی)

$$d(\underset{\rightarrow}{X},\underset{\rightarrow}{P_i}) = \sqrt{(x-a_i)^2+(y-b_i)^2}$$

۲- مجذور فاصله مستقیم

$$d(\underset{\rightarrow}{X},\underset{\rightarrow}{P_i}) = (x-a_i)^2+(y-b_i)^2$$

مسائل جایابی تکی در هر یک ازحالات فوق بررسی می شود.

۲-۶-۱-۱ مسـائل جایابـی تکـی درحالـت مسـافت خطـی شکسته (متعامد)

رابطه ریاضی مسائل جایابی بامسافت خطی شکسته به صورت زیراست:

$$MinF(\underset{\rightarrow}{X}) = \min f(x,y) = \sum_{i=1}^{m} W_i(|x-a_i| + |y-b_i|) \qquad (۲)$$

که می‌توان آنرا به شکل زیر نوشت:

$$MinF(\underset{\rightarrow}{X}) = \min f(x,y) = \min \sum_{i=1}^{m} W_i|x-a_i| + \min \sum_{i=1}^{m} W_i|y-b_i| \qquad (۳)$$

www.saie.ir

و یا می‌توان هر عبارت را به طورجداگانه (باتوجه به شرط استقلال خطی مسافتهای طی شده روی دو محور) به صورت یک مسأله بهینه نوشت. یعنی:

$$M \inf_1(x) = \min \sum_{i=1}^{m} W_i \mid x - a_i \mid$$

(۴)

$$M \inf_2(y) = \min \sum_{i=1}^{m} W_i \mid y - b_i \mid$$

و لذا می‌توان هر الگوریتم و روشی که برای حل $f_1(x)$ به کار می بریم برای $f_2(y)$ نیز در نظر گرفت.

دو خاصیت حل بهینه[۱] مسئله جایابی تکی بامسافت خطی شکسته(متعامد) عبارتند از:

- خاصیت اول : X^* بهینه با بعضی از طولهای نقاط موجود(x های موجود) و y^* بهینه بابعضی از عرضهای موجود (y های موجود) برابر است.

- خاصیت دوم : همیشه نقطه X^* بهینه و نقطه y^* بهینه نقاط میانی هستند. (به این معنی که نصف حمل‌ونقل و حرکات درسمت راست X^* بهینه و نصف حمل‌ونقل در سمت چپ آن قرار دارد وبه همین ترتیب نصف حمل‌ونقل دربالای y^* بهینه و نصف حمل‌ونقل در پایین آن قرار دارد که به این موضوع اصل جاذبه[۲] یا اصل تعادل گویند.)

حال به روش حل اینگونه مسائل می‌پردازیم. برای حل مسائل جایابی تکی با مسافت خطی شکسته پنج روش وجود دارد:

۱- روش میانه[۳] ۲- روش تجمع اوزان[۴] ۳- روش خطوط تراز[۵] ۴- روش ترسیمی ۵ - روش برنامه‌ریزی خطی[۶]

۱) روش میانه :

اساس این روش منطق "محل میانی"[۷] واصل تعادل است. خلاصه روش میانه به شرح زیر است:

گام اول: مرتب کردن مختصات تسهیلات موجود به ترتیب صعودی برای هر یک از x ها وyها

تبصره: اعداد فوق را به اندازه وزنشان (W) تکرار می‌کنیم.

گام دوم: میانه اعداد فوق را به عنوان جواب بهینه اعلام می‌کنیم .

۱- Optimum Solution

۲- Gravity

۳- Median Method

۴- Cumulative Weight Method

۵- Contour linear Method

۶- Linear Programming Method

۷- Median Location

www.saie.ir

تبصره : محل میانی محلی است که نیمی از اعداد در سمت راست آن ونیمی درسمت چپ آن واقع شوند. در صورتیکه تعداد اعداد زوج باشد یک فاصله اعداد بین دو عدد میانی به عنوان جواب اعلام می‌شود.

مثال (۱) – مطلوبست محل یک دستگاه کامپیوتر جدید در یک مرکز کامپیوتر در حالیکه ۴ دستگاه از کامپیوترهای مرکز با این کامپیوتر جدید ارتباط دارند. ماشینهای موجود در نقاطی به مختصات (۴،۲) ، (۸،۵) ، (۱۱،۸) ، (۱۳،۲) مستقر می‌باشند. فرض می‌شود هزینه هر واحد مسافت جابجایی بین ماشین جدید و ماشین‌های موجود برابر باشند و تعداد سفر در واحد زمان بین ماشین جدید وماشینهای موجود به ترتیب برابر $\frac{1}{6},\frac{1}{3},\frac{1}{3},\frac{1}{6}$ باشند.

حل: W_i ها را به اعداد صحیح[۱] تبدیل می کنیم:

ماشین	(a_i,b_i)	W_i	W_i
۱	(۴،۲)	$\frac{1}{۶}$	۱
۲	(۸،۵)	$\frac{1}{۳}$	۲
۳	(۱۱،۸)	$\frac{1}{۳}$	۲
۴	(۱۳،۲)	$\frac{1}{۶}$	۱

x_i هایا a_i ها : $4,8,8,11,11,13 \Rightarrow X^* = [11,8]$

چنانچه اگر مقادیر بین ۸ و ۱۱ وحتی خود ۸ و ۱۱ را امتحان کنیم تابع هدف را مینیمم خواهد کرد.

y_i هایا b_i ها : $2,2,5,5,8,8 \Rightarrow y^* = [5,5]=5$

وتابع هدف عبارتست از:

۱- Integer

$$f(\underline{X}) = \frac{1}{6}[|x-4|+|y-2|]+\frac{1}{3}[|x-8|+|y-5|]+\frac{1}{3}[|x-11|+|y-8|]$$
$$+\frac{1}{6}[|x-13|+|y-2|]$$

برای بدست آوردن $f(\underline{X^*})$ می توان برای x هر عددی بین ۸ و ۱۱ را قرار داد که تفاوتی در جواب مسأله نمی‌کند یعنی:

$$f(\underline{X^*}) = \frac{۲۷}{۶} \qquad \forall(x^* = ۸،۱۱ \text{و} y^* = ۵)$$

چنانکه هزینه ای نمی توان یافت که کمتر از $\frac{۲۷}{۶}$ باشد.

روش میانه نارسایی‌هایی دارد مثلاً درمواردیکه تعداد تسهیلات موجود زیاد است و یامقادیر W_i ها بزرگ می‌باشند.

۲) روش تجمع اوزان :

این روش کاربردی‌تر بوده و با یک سری تغییرات مشابه روش فوق است.خلاصه روش تجمع اوزان که در قالب یک مثال نشان خواهیم داد به شرح زیر است:

گام اول: مختصات x یا y تسهیلات فعلی را به ترتیب صعودی در یک ستون می نویسیم. (ستون مختصات)

گام دوم: در مقابل هر یک ازمختصات، وزن (W) مربوطه را در ستون دیگر می‌نویسیم. (ستون وزن‌ها)

گام سوم: درستون آخرمجموع وزن ها را به صورت تجمعی از بالا به پایین محاسبه می کنیم. (ستون تجمع اوزان)

گام چهارم: جمع نهایی اوزان راتقسیم بردو نموده ، محل مقدار خارج قسمت را در ستون تجمع اوزان می‌یابیم، دراین صورت با دو حالت مواجه می‌شویم:

الف) عدد خارج قسمت برابر مقادیر یکی از اعداد ستون تجمع اوزان است که دراین صورت x یا y نقطه بهینه برابربا x یا y متناظربا همین عدد و عددبزرگتر در ستون تجمع اوزان است.

www.saie.ir

ب) عـدد خارج قسمت درمیان دو عد دستون تجمع اوزان واقع می شود،که در این حالت x یاy نقطه بهینه برابر با x یا yمتناظر با عدد بزرگتر در ستون تجمع اوزان است.

مـثال (۲)- یـک شـرکت اجـاره دهنده اتومبیل دارای پنج شعبه در یک شهر بزرگ می باشـد، مشـتریانی که ماشینها را اجاره می‌کنند قادر به تحویل یا دریافت ماشین‌ها در هر یک از شعب شرکت مزبور می‌باشند.کمپانی تعهد دارد یک تعمیرگاه مرکزی احداث نماید کـه بـتواند اتومبـیلها را سرویس نماید. مختصات محل پنج شعبه و نیز تعداد اتومبیلهای تـردد کـنـنده بیـن محـل سـرویس وشـعبه‌هـا بـه قرار زیر است. مطلوبست محل احداث تعمیرگاه به نحوی که کل مسافت طی شده حداقل باشد.

i	۱	۲	۳	۴	۵
(a_i,b_i)	(۰،۰)	(۳،۱۶)	(۱۸،۲)	(۱۸،۸)	(۲۰،۲)
w_i	۵	۲۲	۴۱	۶۰	۳۴

حل :

بـرای تعییـن X^*بهیـنه، x نقـاط موجود را به ترتیب صعودی مرتب نموده ،سپس وزن هـایw_i مـربوطه را مقابل هر یک می‌نویسیم .آنگاه مجموع وزن ها را به صورت تجمعی در ستون دیگری از بالا به پایین محاسبه می کنیم:

i	a_i	w_i	C.w	
۱	۰	۵	۵	
۲	۳	۲۲	۲۷	< ۸۱
۳	۸	۶۰	۸۷	> ۸۱
۴	۱۸	۴۱	۱۲۸	
۵	۲۰	۳۴	۱۶۲	

$\Rightarrow X^* = ۸$

جمـع تعداد اتومبیلهای تردد کننده در روز ۱۶۲ است، لذا محل میانی برابر ۸۱=۲÷۱۶۲ خواهـد بود. که در نتیجه باتوجه به جدول فوق مقدار مختصات X متناظر برابر ۸ است. زیرا اولین عدد تجمعی بزرگتر از۸۱، دارای X برابر با ۸ می‌باشد.

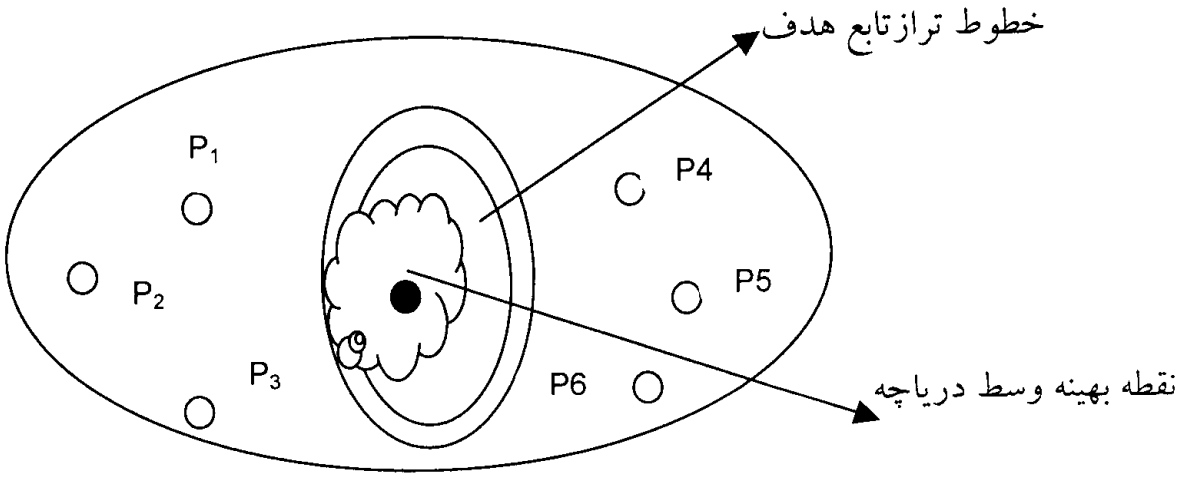
به همین ترتیب اگر برای بدست آوردن y^* بهینه عمل نماییم خواهیم داشت :

i	b_i	w_i	C.W.	
۱	۰	۵	۵	
۳،۵	۲	۴۱+۳۴	۸۰	< ۸۱
۲	۱۶	۲۲	۱۰۲	> ۸۱
۴	۱۸	۶۰	۱۶۲	

$\Rightarrow y^* = ۱۶$

۳)روش خطوط تراز:

چـنانچه در حـل مسـائل جایابـی تکـی به روشهای فوق نقطه بهینه غیر قابل دسترس باشـدو یـا بر روی یکی از نقاط فعلی (تسهیلات موجود) منطبق شود ، سؤال اینست که در این حالت چه باید بکنیم؟ (شکل۳-۲)



شکل (۳-۲) نمونه‌ای جهت درک خطوط تراز

www.saie.ir

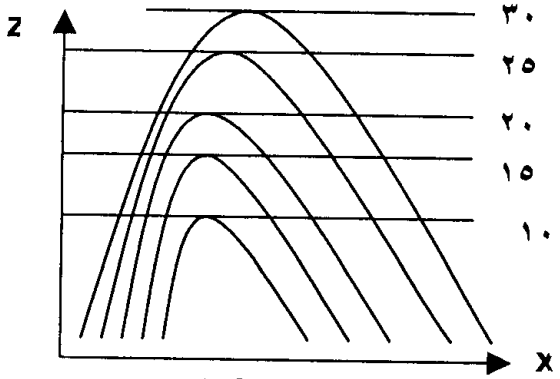
پاسخگویی به این سوال از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا احتمال بروز چنین مشکلاتی در واقعیت وجود دارد. راه حلی که در این موارد می توان به کار برد رسم خطوط تراز (هم ارز یا هم هزینه) می‌باشد.

تعریف :

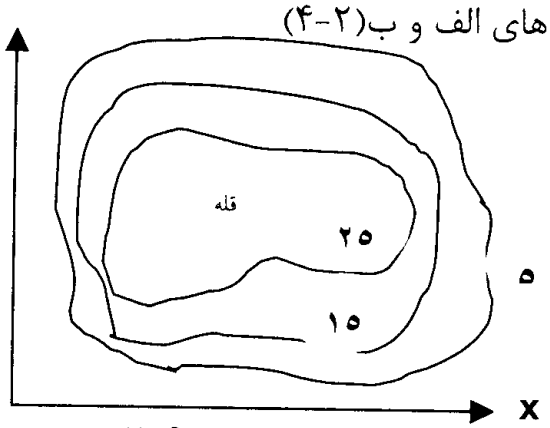
یک خط یا منحنی تراز، خط یا منحنی است که تمام نقاط واقع برآن هم هزینه باشند لذا استقرار وسیلهٔ جدید در هر نقطهٔ این خط یا منحنی تفاوتی نمی کند. به عبارت دیگر خطوط تراز هم هزینه را نشان می‌دهند.

برای درک بهتر مفهوم خطوط تراز به مثال زیر توجه کنید:

اگردر صفحه xz به ارتفاع قلّه ای نگاه کنیم ،چنانچه نوک قلّه نقطه بهینه مسأله مورد نظر فرض شود،با درنظر گرفتن سطوح مختلف برش در دامنه این قله وسپس نگاه از بالا در صفحه xy یک سری منحنی های بسته حول نقطه بهینه دیده می شود که در آن تمام نقاط واقع بر هر منحنی هم ارتفاع بوده وارتفاع مشخصی را بیان می کنند .شکل های الف و ب(۲-۴)



شکل الف (۲-۴)



شکل ب(۲-۴)

کاربرد خطوط تراز از دو جنبه قابل بررسی است:

الف – دسترسی به محل بهینه امکانپذیر نباشد.

ب - بهترین جایگزین برای نقطهٔ بهینه کدام است.

و اجمالاً بیان می‌دارد که در صورت انتخاب محل‌های غیربهینه چه مقدار جریمه باید پرداخت نمود. همچنین راه‌حل‌های مشابه بسیاری را با حداقل هزینه‌های اضافی در مقابل محدودیت‌ها، به ما نشان می‌دهد.

طریقهٔ رسم خطوط تراز :

برای رسم خطوط تراز در حالت مسافت خطی‌شکسته به طریقهٔ زیر عمل می‌کنیم :

۱- نقاط (a_1,b_1) تا (a_m,b_m) را مشخص نموده و از هر کدام دو خط عمود به موازات محور xها و y ها رسم نمایید.

خطوط عمودی را از چپ به راست به ترتیب (P و ... و ۲ و ۱= j) و خطوط افقی را از پایین به بالا (q و ... و ۲ و ۱=i) شماره‌گذاری نمایید.

محل تقاطع محور xها با jامین خط عمودی را C_j و محل تقاطع محور yها را با iامین خط افقی را d_i بنامید و ناحیهٔ محدود شده توسط خطوط عمودی $j+1, j$ و خطوط افقی $i+1, i$ را به صورت $[i,j]$ نشان دهید. (شکل ۵-۲)

تبصره : برای اینکه تمام نقاط واقع بر صفحه داخل شبکه ایجاد شده قابل تعریف باشند،خطوط فرضی عمودی صفر و $p+1$ را در طرفین چپ وراست خطوط عمودی وخطوط فرضی افقی صفر و $q+1$رادربالا وپایین خطوط افقی در نظر بگیرید.

برای هر خط عمودی و هر خط افقی مقدار W_iهای روی خط را جمع نموده و مقادیر آنها را به ترتیب D_i, C_j بنامید.

۲- محاسبات زیر را انجام دهید.

$$
\begin{aligned}
&M_0 = -\sum_{j=1}^{P} C_j = -\sum_{i=1}^{m} W_i \\
&M_1 = M_0 + 2C_1 \\
&\cdots \\
&M_p = M_{p-1} + 2C_p = \sum_{i=1}^{m} W_i
\end{aligned}
\qquad (۶)
$$

www.saie.ir

$$
\begin{aligned}
N_0 &= -\sum_{i=1}^{p} D_i = -\sum_{i=1}^{m} W_i \\
N_1 &= N_0 + 2D_1 \\
&\cdots \\
N_q &= N_{q-1} + 2D_q = \sum_{i=1}^{m} W_i
\end{aligned}
\qquad (۷)
$$

۳- ضریب زاویهٔ (شیب خط) S_{ij} را برای خطوط تراز به صورت زیر محاسبه کرده و در داخل سلول [i,j] قرار دهید :

$$S_{ij} = -\frac{M_j}{N_i}, \forall N_i \neq 0 \qquad (۸)$$

خطوط عمود بر محور افقی $\forall N_i = 0$

تبصره : اگر Ni صفر باشد حرکت کاملاً عمودی و اگر Mj صفر باشد حرکت کاملاً افقی است.برای تعیین نقاط x^*, y^* که در حقیقت تابع هدف را مینیمم می‌کند از چهار حالت زیر کمک بگیرید.

$$
(1)\begin{cases}
M_{j-1} < 0 \\
\Rightarrow x^* = c_j \\
M_j > 0 \\
N_{i-1} < 0 \\
\Rightarrow y^* = d_i \\
N_i > 0
\end{cases}
$$

$$(2)\begin{cases} M_{j-1} < 0 \\ \Rightarrow \quad c_j \le x^* \le c_j + 1 \\ M_j = 0 \\ N_{i-1} < 0 \\ \Rightarrow \quad y^* = d_i \\ N_i > 0 \end{cases}$$

$$(3)\begin{cases} M_{j-1} < 0 \\ \Rightarrow x^* = c_j \\ M_j > 0 \\ N_{i-1} < 0 \\ \Rightarrow d_i \le y^* \le d_{i+1} \\ N_i = 0 \end{cases}$$

$$(4)\begin{cases} M_{j-1} < 0 \\ \Rightarrow c_j \le y^* \le c_{j+1} \\ M_j = 0 \\ N_{i-1} < 0 \\ \Rightarrow d_i \le y^* \le d_{i+1} \\ N_i = 0 \end{cases}$$

۴- با داشتن اطلاعات فوق یک خط تراز می‌تواند از هر نقطه‌ای به جز نقطهٔ بهینه رسم شود. به عنوان آزمایش صحت عمل لازم است بدانیم که خط تراز دوباره به جای اولش بر می‌گردد یعنی یک منحنی بسته را تشکیل می‌دهند. بدیهی است که:

«هر خط تراز متناظر با هزینهٔ خاصی است و یا برای همهٔ هزینه‌های بیشتر از هزینهٔ نقطهٔ بهینه خط ترازی را می‌توان نسبت داد.»

مثال (۳) – مثال ۱ را دوباره در نظر بگیرید : شکل (۷-۲) ضریب زاویه‌ها را برای نواحی مختلف نشان می‌دهد. شکل (۶-۲) نیز تعدادی خطوط تراز را برای این مسأله نشان

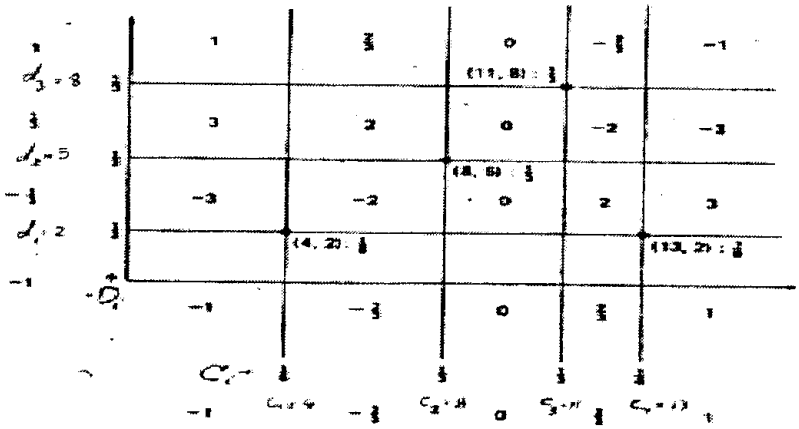
www.saie.ir

مـی‌دهد. هر نقطهٔ (x , y) که x آن بین ۸ و ۱۱ و y آن برابر ۵ باشد یک محل با حداقل هزینه است. قبلاً داشتیم:

$$P_1(4,2), P_2(8,5), P_3(11,8), P_4(13,2)$$

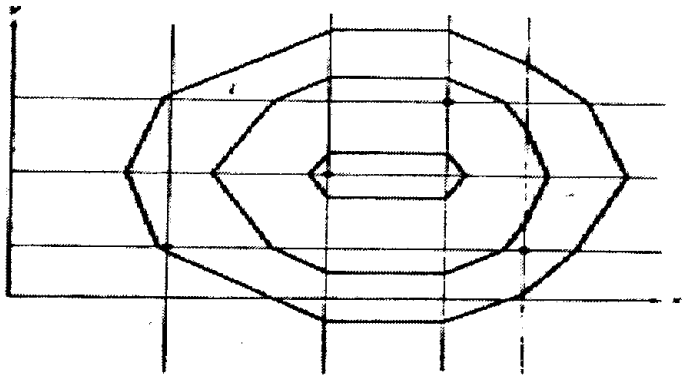
$$W_1 = \frac{1}{6}, W_2 = \frac{1}{3}, W_3 = \frac{1}{3}, W_4 = \frac{1}{6}$$

شکل(۵-۲)



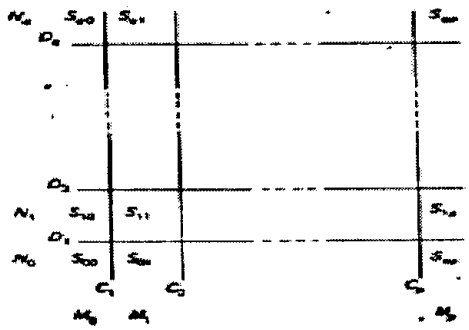
Data required for the construction of contour lines.

شکل(۶-۲)



Sample contour lines for the example problem.

شکل(۷-۲)



Procedure for constructing contour lines.

$$
\begin{cases}
M_0 = -\sum_{j=1}^{4} c_j = -(\frac{1}{6}+\frac{1}{3}+\frac{1}{3}+\frac{1}{6}) = -1 \\
N_0 = -\sum_{i=1}^{q} D_i = -1 \\
M_1 = M_0 + 2C_1 = -1 + 2(\frac{1}{6}) = -\frac{2}{3} \\
N_1 = -\frac{1}{3} \\
M_2 = M_1 + 2C_2 = -\frac{2}{3} + 2(\frac{1}{3}) = 0 \\
N_2 = \frac{1}{3} \\
M_3 = M_2 + 2C_3 = 0 + 2(\frac{1}{3}) = \frac{2}{3} \\
N_3 = 1 \\
M_4 = M_3 + 2C_4 = \frac{2}{3} + 2(\frac{1}{6}) = 1
\end{cases}
$$

همچنین برای پیدا کردن ضریب زاویه‌ها داریم:

$$
\begin{cases}
S_{0,0} = -\frac{M_0}{N_0} = -\frac{(-1)}{(-1)} = -1 \\
S_{2,4} = -\frac{M_4}{N_2} = -\frac{(1)}{(\frac{1}{3})} = -3 \\
S_{1,0} = -\frac{M_0}{N_1} = -\frac{(-1)}{(-\frac{1}{3})} = -3 \\
S_{2,0} = 3 \\
S_{2,1} = -\frac{M_1}{N_2} = \frac{\frac{2}{3}}{\frac{1}{3}} = 2 \\
S_{3,0} = 1
\end{cases}
$$

www.saie.ir

حال با توجه به رابطهٔ فوق خواهیم داشت:

$$c_2 \le x^* \le c_3 \Rightarrow x^* = \quad [۸،۱۱]$$

$$\Rightarrow f(x^*) = \frac{۲۷}{۶}$$

$$y^* = d_2 \Rightarrow \quad y^* = ۵$$

بنابرایـن منطقهٔ بهینه بر روی فضای دوبعدی مشخص گردید حال هر خط تراز با هزینهٔ خاص خود (که از نقطهٔ بهینه بیشتر است) را می‌توان در اطراف منطقهٔ بهینه رسم نمود که شکل (۶-۲) صفحهٔ قبل چند خط تراز را نشان می‌دهد. ممکن است این سؤال پیش آیـد که خط ترازی را رسم کنید که متناظر با هزینهٔ a باشد. برای حل باید (x,y) را پیدا نمایـیم کـه مقـدار تابع هدف را برابر این مقدار نماید. پس یک مقدار x اختیاری به تابع f(x,y) مـی‌دهـیم و j را به دست می‌آوریم. (با توجه به مقدار a برای تابع هدف). سپس با در نظر گرفتن ضریب زاویهٔ هر سلول [i,j] این خط را رسم می‌کنیم.

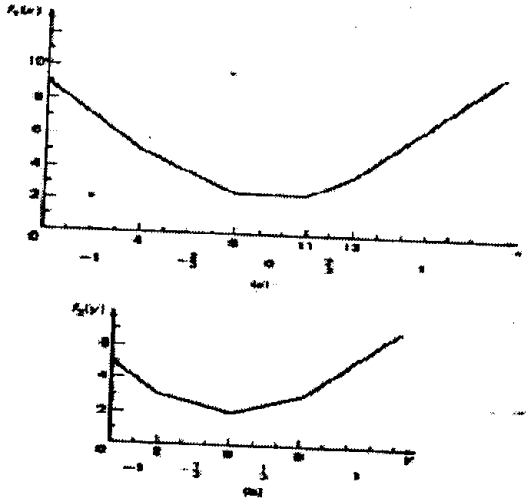
۴- روش ترسیمی :

ایـن روش را بـا ذکـر مثال (۱)قبلی بیان می‌کنیم. توابع هزینهٔ ای $f_2(y)/f_1(x)$ را به صورت زیر می‌توان نوشت:

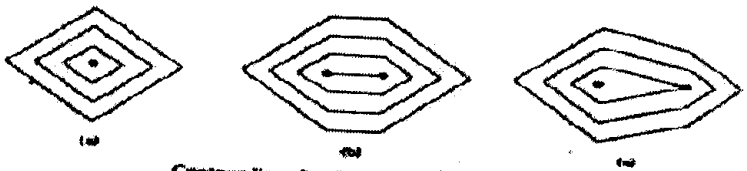
$$f_1(x) = \frac{1}{6}|x-4| + \frac{1}{3}|x-8| + \frac{1}{3}|x-11| + \frac{1}{6}|x-13|$$

$$f_2(y) = \frac{1}{3}|y-2| + \frac{1}{3}|y-5| + \frac{1}{3}|y-8|$$

نمودارهای $f_2(y)/f_1(x)$ به ترتیب بر حسب x, y طی شکل (۸-۲) نشان داده شده‌اند.



Plots of $f_1(x)$ and $f_2(y)$ for the example problem.



Contour lines for these simple rectilinear location problems.

شکل (۸-۲)

www.saie.ir

چنانکه از نمودارها پیداست فاصلهٔ $8 \le x^* \le 11$ تابع $f_1(x)$ و نقطهٔ ۵ = y^* تابع $f_2(y)$ را حداقل می‌کند. این روش به سادگی نقطه بهینه وهزینه مینیمم آن را مشخص می کند.

تبصره : برای توجیه گام ۷ روش خطوط تراز، از این روش هم می‌توان بهره گرفت. چنانچه به نمودارها توجه نمایید جائیکه ضریب زاویه از منفی به مثبت تغییر علامت داده است محل بهینه برای توابع هزینه‌ای است و کمترین هزینه را داریم.

۵- روش برنامه ریزی خطی :

از آنجا که تابع هدف در این حالت یک مدل ساده از بهینه‌سازی ریاضی است، لذا می‌توان از روش‌های تحقیق در عملیات[۱] برای حل آن بهره جست. در اینجا لازم است که فرم قدر مطلق تابع هدف را تغییر دهیم. چنانکه قبلاً توضیح داده شد، تابع هدف دو قسمت مستقل از هم دارد که عبارتند از:

$$f(x,y) = f_1(x) + f_2(y) \Rightarrow \min f(x,y) = \min f_1(x) + \min f_2(y)$$

در اینجا هر روشی برای مینیمم کردن $f_1(x)$ به کار ببریم همان روش را برای $f_2(y)$ می توان به کار برد. اما برای تغییر فرم قدرمطلق تابع هدف به قضیه زیر توجه نمایید :

اگر اعداد a , b , p , q شرایط زیر را دارا باشند :

$$\begin{cases} a-b-p+q=0 \\ p \ge 0, q \ge 0 \\ p.q=0 \end{cases} \Rightarrow \quad |a-b| = P+q \qquad (۹)$$

استدلال برای درستی این رابطه بسیار ساده است و می‌توان با انتخاب اعدادی که در شرایط فوق صدق کنند صحت آن را بررسی نمود.

باتوجه به قضیه فوق می توان قدرمطلق تابع هزینه را با اضافه کردن چند محدودیت جدید حذف نمود یعنی:

---

[۱]- Operation Reasearch

$$\min f_1(x) = \sum_{i=1}^{m} w_i \mid x - a_i \mid$$

تبدیل می‌کنیم به شکل :

$$\min h_1(x, p_i, q_i) = \sum_{i=1}^{m} w_i (p_i + q_j)$$

$$s.t : \qquad (۱۰)$$

$$x - a_i - p_i + q_i = 0$$

$$p_i, q_i \geq 0$$

$$p_i . q_i = 0$$

محدودیت $p_i, q_i = 0$ یک محدودیت مازاد است که حذف می شود ،زیرا در حل اساسی روش سیمپلکس[۱]،در پایه حل ،همواره از این متغیرها بیرون خواهد بودچرا که p, q وابستگی خطی دارند و هیچگاه دو متغیر وابسته به یکدیگر در پایهٔ حل ظاهر نمی‌شوند. (عناصر پایه، فقط عناصر مستقل از هم می‌باشند) پس بدین ترتیب یکی از این دو پایه ظاهر نشده و مقدارش صفر خواهد بود.

برای $f_2(y)$ نیز به همین ترتیب می‌توان عمل نمود و «معادل برنامه‌ریزی خطی» آن را نوشت.

مثال (۴) – معادل برنامه‌ریزی خطی مثال ۱ را بنویسید :

$$\min \ f_1(x) = \min \sum_{i=1}^{4} w_i |x - a_i|$$

$$\Downarrow$$

حل :

$$\min h_1(x, p_i, q_i) = \sum_{i=1}^{4} w_i (p_i + q_j)$$

$$s.t :$$

$$x - a_i - p_i + q_i = 0$$

$$p_i, q_i \geq 0$$

---

[۱]-Simplex Method

www.saie.ir

و یا می‌توانیم بنویسیم :

$$\min h_1(x, p_i, q_i) = \min[\frac{1}{6}(p_1 + q_1) + \frac{1}{3}(p_2 + q_2) + \frac{1}{3}(p_3 + q_3) + \frac{1}{6}(p_4 + q_4)]$$

$$s.t :$$

$$x - p_1 + q_1 = 4$$

$$x - p_2 + q_2 = 8$$

$$x - p_3 + q_3 = 11$$

$$x - p_4 + q_4 = 13$$

$$p_1, p_2, p_3, p_4 \geq 0$$

$$q_1, q_2, q_3, q_4 \geq 0$$

به همین ترتیب برای $f_2(y)$ عمل می‌نماییم.

۲-۶-۱-۲ مسایل جایابی تکی در حالت مجذور فاصله مستقیم (مجذور فاصلهٔ اقلیدسی)[۱]

مطالعهٔ مسائل مجذور فاصله مستقیم (مسائل جاذبه) زمینه ای را برای حل مسائل فاصلهٔ مستقیم به دست می‌دهد. بدین لحاظ اینک این نوع مسائل را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

تابع هزینه این نوع مسائل به صورت زیر فرموله می‌شود :

$$\min f(X) = \min f(x, y) = \sum_{i=1}^{m} w_i[(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2] \qquad (۱۱)$$

اگر مشتقات جزئی این تابع را در نظر بگیریم. x^*, y^* به عنوان نقطهٔ بهینه باید این مشتقات را صفر نماید. یعنی شرط لازم برای اینکه x^*, y^* بهینه باشند این است که :

---

[۱]- Squared Euclidean – Distance localtion problems

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x}|_{x^*} = 0$$
$$\frac{\partial f(x)}{\partial y}|_{y^*} = 0$$

که در آن :

$$f(\underline{X}) = f(x, y)$$

نتیجتاً چنانچه این مشتقات را برحسب x , y معادل صفر قرار دهیم خواهیم داشت :

$$x^* = \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i a_i}{\sum_{i=1}^{m} w_i}$$

$$y^* = \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i b_i}{\sum_{i=1}^{m} w_i}$$

مـی‌توان نشان داد که شرایط فوق برای x^*, y^* جهت مینیمم بودن یک نقطه، شرایط لازم و کافی است.(اثبات این موضوع از حوصلهٔ این کتاب خارج است)، لذا اینگونه مسائل جایابی یک حل بسیار ساده دارد.

مـثال (۵) – مطلـوب است حل مثال ۱ با توجه به اینکه رابطهٔ هزینهٔ جابجایی اقلام بین وسـیلهٔ جدیـد و وسـایل موجـود برابر حاصلضرب ارزش وزنها در مجذور فاصله اقلیدسی مسافت‌هاست(یعنی مسافت‌ها با حالت مجذور فاصلهٔ مستقیم در نظر گرفته شوند.)

حل :

$$f(x) = f(x, y) = \sum_{i=1}^{4} w_i[(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2]$$

$$= \frac{1}{6}[(x-4)^2 + (y-2)^2] + \frac{1}{3}.[(x-8)^2 + (y-5)^2] + \ldots$$

www.saie.ir

طبق فرمول خواهیم داشت :

$$x^* = \frac{\frac{1}{6}(4)+\frac{1}{3}(8)+\frac{1}{3}(11)+\frac{1}{6}(13)}{\frac{1}{6}+\frac{1}{3}+\frac{1}{3}+\frac{1}{6}} = \frac{\frac{55}{6}}{1} = \frac{55}{6} = 9.167$$

به همین ترتیب برای y^* خواهیم داشت :

$$y^* = \frac{\frac{1}{6}(2)+\frac{1}{3}(5)+\frac{1}{3}(8)+\frac{1}{6}(2)}{\frac{1}{6}+\frac{1}{3}+\frac{1}{3}+\frac{1}{6}} = 5$$

با توجه به اهمیت خطوط هم‌تراز، برای این نوع مسائل نیز مورد توجه است. خط تراز برای این حالت بسیار ساده به دست می‌آید. چنانکه می‌دانیم خطوط تراز منحنی‌هایی هستند که به ازاء مقادیر متفاوتی از تابع هدف حاصل می‌شوند و با توجه به شکل تابع هدف خطوط تراز برای این مسأله به صورت دوایر متحدالمرکزی خواهند شد که مرکز آن نقطهٔ بهینهٔ (x^*, y^*) می‌باشد.

اثبات :

چنانچه تابع هدف مسأله را در نظر بگیریم، می‌خواهیم مجموع نقاطی را پیدا کنیم که در رابطهٔ

$$k = \sum_{i=1}^{m} w_i[(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2] \qquad (۱۲)$$

صدق کنند. (k میزان هزینهٔ ثابت در ارتباط با یک سری از نقاط می‌باشد) با بسط دو جمله‌ای خواهیم داشت :

$$k = x^2\sum_{i=1}^{m} w_i - 2x\sum_{i=1}^{m} w_i a_i + \sum_{i=1}^{m} w_i a_i^2 + y^2\sum_{i=1}^{m} w_i - 2y\sum_{i=1}^{m} w_i b_i + \sum_{i=1}^{m} w_i b_i^2 \qquad (۱۳)$$

چنانچه فرض شود که $W = \sum_{i=1}^{m} w_i$ و طرفین رابطه فوق را بر W تقسیم نماییم، خواهیم داشت :

$$\frac{K}{W} = x^2 - 2x\frac{\sum_{i=1}^{m} w_i a_i}{W} + \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i a_i^{\,2}}{W} + y^2 - 2y\frac{\sum_{i=1}^{m} w_i b_i}{W} + \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i b_i^{\,2}}{W} \qquad (۱۴)$$

با توجه به تعاریف x^*, y^* که قبلاً اثبات شد خواهیم داشت :

$$\frac{K}{W} = x^2 - 2xx^* + \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i a_i^{\,2}}{W} + y^2 - 2yy^* + \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i b_i^{\,2}}{W} \qquad (۱۵)$$

چنانچه به دو طرف رابطهٔ $x^{*2} + y^{*2}$ اضافه کنیم :

$$\frac{K}{W} + x^{*2} + y^{*2} = (x - x^*)^2 + (y - y^*)^2 + \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i a_i^{\,2}}{W} + \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i b_i^{\,2}}{W} \qquad (۱۶)$$

و خواهیم داشت :

$$(x - x^*)^2 + (y - y^*)^2 = \frac{K}{W} + x^{*2} + y^{*2} - \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i a_i^{\,2}}{W} - \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i b_i^{\,2}}{W} \qquad (۱۷)$$

اگر طرف راست رابطه فوق را برابر r^2 فرض نماییم خواهیم داشت :

$$(x - x^*)^2 + (y - y^*)^2 = r^2 \qquad (۱۸)$$

سپس خطوط تراز این مسأله به شکل دوایری با مرکز (x^*, y^*) و شعاع r خواهد بود که در آن r از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

$$r = \sqrt{\frac{K}{\sum_{i=1}^{m} w_i} + x^{*2} + y^{*2} - \frac{\sum_{i=1}^{m} w_i (a_i^{\,2} - b_i^{\,2})}{\sum_{i=1}^{m} w_i}} \qquad (۱۹)$$

www.saie.ir

۲-۶-۱-۳ مسائل جایابی تکی در حالت فاصلهٔ مستقیم (اقلیدسی)[۱]

تابع این مسأله به شکل زیر است :

$$\min f(x,y) = \sum_{i=1}^{m} w_i [(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2]^{\frac{1}{2}} \qquad (۲۰)$$

شرط لازم برای مینیمم بودن این تابع این است که مشتقات جزئی آن به ازاء (x , y) برابر صفر شود. با فرض $(x,y) \neq (a_i,b_i)$ برای i = 1 , 2, ... , m خواهیم داشت :

$$\begin{cases} \dfrac{\partial f(x,y)}{\partial x} = \displaystyle\sum_{i=1}^{m} \frac{w_i (x-a_i)}{[(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2]^{\frac{1}{2}}} = 0 \\ \dfrac{\partial f(x,y)}{\partial y} = \displaystyle\sum_{i=1}^{m} \frac{w_i (y-b_i)}{[(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2]^{\frac{1}{2}}} = 0 \end{cases} \qquad (۲۱)$$

و شرط کافی این است که تابع محدّبconvex بوده و ماتریس هیشین این تابع PD (مثبت معین) باشد. ثابت می‌شود که این شرط برقرار است در نتیجه نقطهٔ (x,y) ای که در روابط فوق صدق کند همیشه یک نقطهٔ مینیمم خواهد بود. چنانچه

$(x,y) = (a_k,b_k)$

باشد، آنگاه چون مخرج کسر صفر می‌شود روابط فوق نامعین می‌گردند که در این حالت تعیین نقطهٔ بهینه بسیار مشکل می‌شود. لذا برای رفع این اشکال در مشتقات جزئی انحراف و تغییری ایجاد کرده و فضای مشتق به صورتی تعیین می‌شود که تمام نقاط در این فضا مشتق جدید، معین باشند. (برای اختصار بحث از آوردن این مطلب خودداری می‌شود)

برای به دست آوردن نقطهٔ مینیمم از روش جستجو استفاده می‌کنیم. به طور کلی استفاده از این روش‌ها برای دو دستهٔ کلی از مسائل مطرح می‌شود :

۱- Euclidean – Distance Location Problems

۱- مسائل با محدودیت

۲- مسائل بدون محدودیت

۲ -۱ مسایل تک متغیره (یک بعدی) :شامل روش‌های مرسوم :

۱- فی‌بی‌ناچی ۲- گلدن سرچ[۱] (جستجوی طلایی) ۳- ...

۲-۲ مسائل چند متغیره (دوبعدی) :

- روشهای جستجو مبتنی بر برادر گرادیان[۲] شامل روش استیپست دسنت[۳] و ...

- روشهای جستجوی بدون بهره‌گیری از برادر گرادیان شامل روش سیمپلکس[۴] و ...

در ایـن حالت با یک مسألهٔ دو متغیره روبرو هستیم. نتیجتاً از روش جستجوی مبتنی بر برادر گرادیان استفاده کرده و با مساوی صفر قرار دادن توابع (۲۱) خواهیم داشت :

$$x\sum_{i=1}^{m}\frac{w_i}{[(x-a_i)^2+(y-b_i)^2]^{\frac{1}{2}}}=\sum_{i=1}^{m}\frac{w_i a_i}{[(x-a_i)^2+(y-b_i)^2]^{\frac{1}{2}}} \qquad (۲۲)$$

و چنانچه فرض شود که :

$$g_i(x,y)=\frac{w_i}{[(x-a_i)^2+(y-b_i)^2]^{\frac{1}{2}}},\ \forall i=1,2,3,...m$$

آنگاه خواهیم داشت :

۱- Golden Search

۲- Gradient vector

۳- Steepest Decent

۴- Simplex Method

www.saie.ir

$$x = \frac{\sum_{i=1}^{m} a_i g_i(x,y)}{\sum_{i=1}^{m} g_i(x,y)} \qquad (۲۳)$$

$$y = \frac{\sum_{i=1}^{m} b_i g_i(x,y)}{\sum_{i=1}^{m} g_i(x,y)}$$

حال با توجه به یکی از روشهای جستجو مبتنی بر برادر گرادیان (استیپست دسنت) از روابط زیر برای تکرار و رسیدن به نقطهٔ بهینه (x^*, y^*) استفاده می‌کنیم :

$$\begin{cases} x^{(k+1)} = \dfrac{\sum_{i=1}^{m} a_i g_i(x^{(k)}, y^{(k)})}{\sum_{i=1}^{m} g_i(x^{(k)}, y^{(k)})} \\ y^{(k+1)} = \dfrac{\sum_{i=1}^{m} b_i g_i(x^{(k)}, y^{(k)})}{\sum_{i=1}^{m} g_i(x^{(k)}, y^{(k)})} \end{cases} \qquad (۲۴)$$

لذا یک مقدار شروع $(x^{(0)}, y^{(0)})$ برای تکرار و برای تعیین $(x^{(1)}, y^{(1)})$ مورد نیاز است و به همین ترتیب برای تعیین $(x^{(2)}, y^{(2)})$ از $(x^{(1)}, y^{(1)})$ که قبلاً به دست آمده استفاده می‌شود و الی آخر.

به طور خلاصه این رویه تا هنگامی تکرار می‌شود که هیچ بهبود چشمگیری در تخمین نقطهٔ بهینه به دست نیاید. نقاط اولیه می تواند $(x^{(*)}, y^{(*)})$ باشند که از روش مجذور فاصله به دست آمده باشد و سپس از معادلات فوق استفاده می‌شود.

مثال (۶) – فرض کنید که ۴ وسیله در نقاط $p_4(12,6), p_3(5,0), p_2(0,1), p_1(0,0)$ مستقر هستند. همچنین W_i ها همه باهم برابر و مساوی مقدار Z می‌باشند یعنی ($W_i = z, \forall i = 1,2,3,4$)،مطلوب است تعیین نقطهٔ بهینه وسیلهٔ جدید به شرط اینکه مسافت بین این وسیله و وسایل موجود از نوع رابطهٔ خط مستقیم (اقلیدسی) باشد.

حل : برای شروع از نقطهٔ بهینه حالت مسأله مجذور فاصله استفاده می‌کنیم :

$x^* = \frac{z \times 17}{4z} = \frac{17}{4} = 4.25, y^* = \frac{16}{4} = 4$ ← از روش مجذور فاصله

در نتیجه : $(x^*, y^*) = (x^{(0)}, y^{(0)}) = (4.25,4)$

چنانچه از روابط (۲۴) استفاده کنیم و $g_i(x^{(0)}, y^{(0)})$ را نیز از فرمول مربوطه حساب کنیم، به ترتیب خواهیم داشت :

$(x^{(1)}, y^{(1)}) = (4.023,3.111)$

$(x^{(2)}, y^{(2)}) = (3.449,2.677)$

$(x^{(3)}, y^{(3)}) = (3.935,2.358)$

....

$(x^{(8)}, y^{(8)}) = (3.987,2.028)$

$(x^{(9)}, y^{(9)}) = (3.992,2.017)$

$(x^{(10)}, y^{(10)}) = (3.995,2/011)$

با توجه به روند تغییر y^*, x^* واقعی برابر است با :

$(y^*, x^*) = (4.00,2.00) = (4,2)$

تبصره : معمولاً شرط توقف می تواند به صورت های زیر تعریف شود:

$| f(x^{(k)}) - f(x^{(k+1)}) | < \varepsilon$

ویا $\left| x^{(k)} - x^{(k+1)} \right| < \varepsilon$

خطوط تراز در حالت فاصله مستقیم (اقلیدسی)

برای رسم خطوط تراز در این حالت روش دقیقی وجود ندارد، اما در حالت‌های ساده که تسهیلات موجود یک یا دو وسیله باشد می‌توان از روش نقطه‌یابی (درون‌یابی نقاط[۱]) استفاده کرد بدینصورت که برای یک مقدار خاص $f(x,y)$ مثلاً K و با دادن مقادیر مختلفی برای x ، مقدار y متناظرش از رابطهٔ :

[۱]- Interpolating between grid points

www.saie.ir

$$K = f(x,y) = \sum_{i=1}^{m} w_i[(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2]^{\frac{1}{2}} \qquad (۲۵)$$

بـه دست می‌آوریم و این فرآیند را آنقدر ادامه می‌دهیم تا برای هر مقدار K از تابع هدف بتوانـیم یـک منحنـی بسـته پـیدا کنـیم. (در ایـن حالت خطوط تراز منحنی‌های بسته خواهند شد) (شکل‌های (۲-۱۰)a,b)

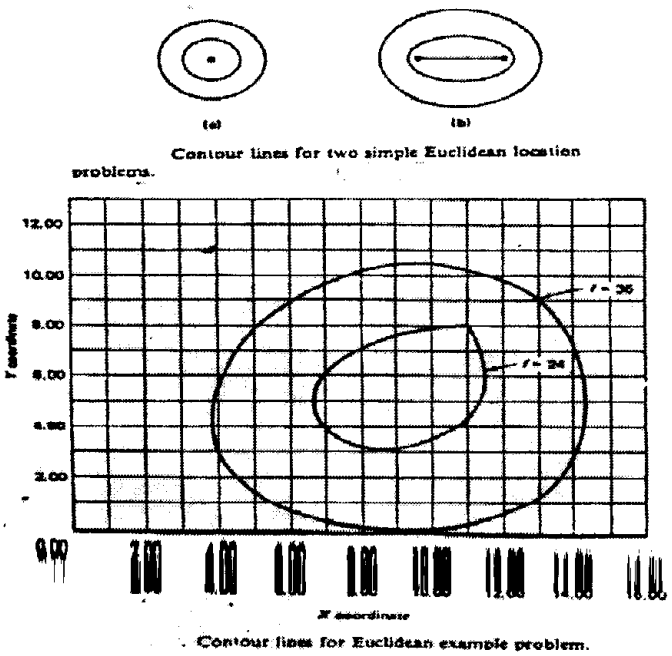
مـثال (۷) – مثال ۱ را با حالت مسافت خط مستقیم در نظر بگیرید. تابع هدف برای این مسأله به شکل زیر است :

$$f(x,y) = \frac{1}{6}[(x-4)^2 + (y-2)^2]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{3}[(x-8)^2 + (y-5)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$+ \frac{1}{3}[(x-11)^2 + (y-8)^2]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{6}[(x-13)^2 + (y-2)^2]^{\frac{1}{2}}$$

که محل بهینه برای وسیلهٔ جدید در این حالت عبارتست از :

$(x^*,y^*) = (8,5)$ و با روش نقطه‌یابی خطوط تراز نشان داده شده $f(x^*,y^*) = 3.22$ در شکل زیر را بدست می‌دهد. (شکل ۲-۱۱)



Contour lines for two simple Euclidean location problems.

Contour lines for Euclidean example problem.

۲-۱۱

۲-۶-۲ جایابی مرکب (جایابی چند تسهیلاتی[۱])

این نوع جایابی به معنی استقرار تعدادی از وسایل جدید، در میان تسهیلات و وسایل موجود می‌باشد. در واقع جایابی تکی حالتی خاص از جایابی مرکب می‌باشد. مثالی از این نوع جایابی می‌تواند پیدا کردن دو مرکز آتش‌نشانی در یک منطقه با توجه به جمعیت‌های محلات مختلف و مراکز موجود دیگر به طوریکه حداقل مسافت پیموده شده را داشته باشیم.

در این نوع مسایل فرض می‌شود که m وسیلهٔ موجود است و می خواهیم محل استقرار n وسیلهٔ جدید را مشخص نماییم به طوریکه کل هزینه‌های جابجایی کمینه[۲] شود. برای اینکه این مسأله را به صورت ریاضی فرموله نماییم پارامترهای مسأله را به صورت زیر در نظر می‌گیریم: (شکل ۱۲-۲)

m_i = تعداد وسایل موجود در نقاط $p_1,...,p_m$

n_j = تعداد وسایل جدید که در نقاط $\underrightarrow{x}_1,...,\underrightarrow{x}_n$ مستقر خواهند شد.

$d(\underrightarrow{x}_j,\underrightarrow{p}_i)$ = فاصلهٔ بین محل استقرار وسایل جدید j و وسایل موجود i

$d(\underrightarrow{x}_j,\underrightarrow{x}_k)$ = فاصلهٔ بین محل استقرار وسیلهٔ جدید j و وسیلهٔ جدید k

W_{ji} = وزن شدت جاذبه بین وسیله جدید j و وسیله موجود i

V_{jk} = وزن (شدت جاذبه)بین وسیله جدید j و وسیله جدید k

$f(\underrightarrow{x}_1,\underrightarrow{x}_2,...,\underrightarrow{x}_n)$ = تابع هزینهٔ کل

با این تعاریف تابع هدف به شکل زیر خواهد بود:

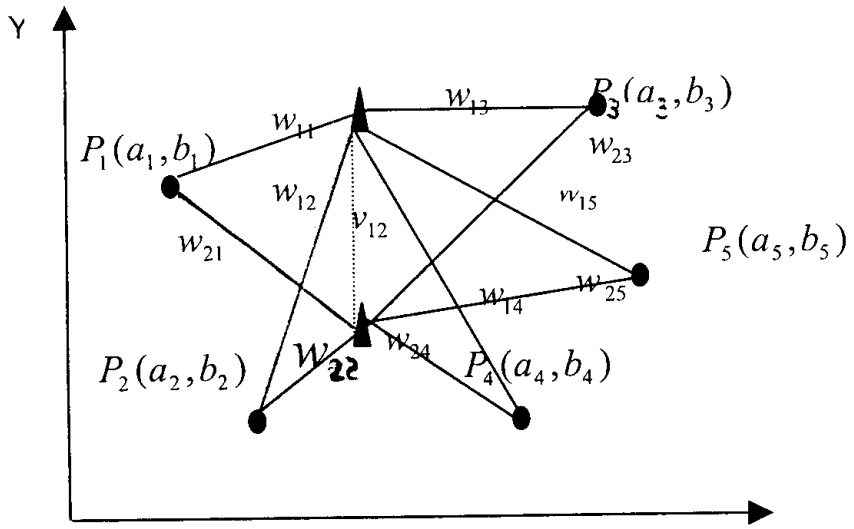
۱- Multifacility Location Problems

۲- Minimize

www.saie.ir

$$f(\underrightarrow{x_1},\underrightarrow{x_2},\ldots,\underrightarrow{x_m})=\sum_{1\le j<k\le n} v_{jk}d(\underrightarrow{x_j},\underrightarrow{x_k})+\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} w_{ji}d(\underrightarrow{x_j},\underrightarrow{p_i}) \qquad (۲۶)$$

بـاید توجـه داشـت که مقدار v_{jk} تنها برای مقادیر $j<k$ می‌باشد که k از 2 تا n است. حـل مسـائل جایابی مرکب بسیار مشکل‌تر از مسائل جایابی تکی بوده و همچنین تصور هندسـی آن کمـتر امکانـپذیر بوده و رسم خطوط تراز آن (به جز حالت خاص n=2) غیر ممکن است.



شکل (۲-۱۲) مثالی از یک مسئلهٔ جایابی مرکب

حالت خاص : $v_{jk}=0$

وقتـی فـرض مـی‌شود که بین وسایل جدید هیچ حمل و نقل و ارتباط وزنی وجود ندارد تابع هدف[1] به شکل زیر تبدیل خواهد شد :

$$f(\underrightarrow{x_1},\underrightarrow{x_2},\ldots,\underrightarrow{x_n})=\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} w_{ji}d(\underrightarrow{x_j},\underrightarrow{p_i})$$
$$=\sum_{i=1}^{m} w_{ji}d(\underrightarrow{x_1},\underrightarrow{p_i})+\sum_{i=1}^{m} w_{ri}d(\underrightarrow{x_r},\underrightarrow{p_i})+\ldots+\sum_{i=1}^{m} w_{ni}d(\underrightarrow{x_n},\underrightarrow{p_i}) \qquad (۲۷)$$

[1]- Objective Function

کـه مینیمم کردن تابع $f(\underrightarrow{x_1},\underrightarrow{x_2},...,\underrightarrow{x_m})$ معادل است با اینکه هر یک از توابع جداپذیر طـرف راست رابطهٔ فوق را مینیمم نماییم. و مینیمم کردن هر یک از این توابع جداپذیر مطـابق بـا روش‌هـای گفته شده در جایابی تکی است یعنی مسألهٔ جایابی مرکب در این حالت خاص به n بار مسأله جایابی تکی تبدیل خواهد شد.

در حالتـی کـه $v_{jk} \neq 0$ باشـد یعنـی ارتـباط وزنـی بین تسهیلات جدید برقرار باشد ما مسـألهٔ جایابـی مرکـب را در حالـتهای مخـتلف بـر اساس نوع تابع مسافت بین وسایل بررسی می‌نماییم.

۲-۶-۲-۱ مسائل جایابی مرکب در حالت مسافت خطی شکسته (متعامد)

بـرای حالتـی کـه مسـافت خطـی شکسـته اسـت، اگـر فـرض کنـیم کـه $P_i = (a_i, b_i), X_j = (x_j, y_j)$ باشد، آنگاه خواهیم داشت :

$$d(\underrightarrow{x_j},\underrightarrow{x_k}) = |x_j - x_k| + |y_j - y_k|$$

,

$$d(\underrightarrow{x_j},\underrightarrow{p_i}) = |x_j - a_i| + |y_j - b_i|$$

نتیجتاً :

$$f(\underrightarrow{x_1},\underrightarrow{x_2},...,\underrightarrow{x_n}) = f_1(\underrightarrow{x_1},\underrightarrow{x_2},...,\underrightarrow{x_n}) + f_2(\underrightarrow{y_1},\underrightarrow{y_2},...,\underrightarrow{y_n}) \qquad (۲۸)$$

بطوریکه :

$$f_1(x_1, x_2, ..., x_n) = \sum_{1 \le j < k \le n} v_{jk} |x_j - x_k| + \sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} w_{ji} |x_j - a_i|$$

, (۲۹)

$$f_2(y_1, y_2, ..., y_n) = \sum_{1 \le j < k \le n} v_{jk} |y_j - y_k| + \sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} w_{ji} |y_j - b_i|$$

www.saie.ir

از آنجا که هدف مینیمم کردن تابع $f(\underrightarrow{x_1},\underrightarrow{x_2},...,\underrightarrow{x_n})$ می‌باشد، خواهیم داشت :

$$\min f(\underrightarrow{x_1},\underrightarrow{x_2},...,\underrightarrow{x_n}) = \min f_1(x_1,x_2,...,x_n) + \min f_2(y_1,y_2,...,y_n)$$

لذا مختصات x تسهیلات یا وسایل جدید را می‌توان مستقل از مختصات y آن به دست آورد و هر رویهٔ حلی که برای مینیمم کردن تابع f1 به کار برده می‌شود، همان رویه برای تابع f2 نیز به کار برده می‌شود.

روش به کار برده شده برای مینیمم کردن متکی بر تبدیل مسألهٔ جایابی به یک مسئله برنامه‌ریزی خطی معادل است که نتیجهٔ حل آن جواب بهینه مسألهٔ جایابی مرکب خواهد بود.

برای تبدیل مسألهٔ جایابی مرکب به یک مسئله برنامه‌ریزی خطی همانند قبل فرض می‌شود که برای چهار عدد a , b, p, q شرایط زیر برقرار باشد :

$$\begin{cases} a-b-p+q=0 \\ p.q=0 \\ p,q\geq 0 \end{cases} \qquad \text{آنگاه} \Rightarrow |a-b| = p+q$$

لذا مینیمم کردن تابع f_1 معادل است با :

$$\min h_1(x_1,x_2,...,x_n,p_{jk},q_{ji},r_{ji},s_{ji}) = \min \sum_{1\leq j<k\leq n} v_{jk}(p_{jk}+q_{jk}) + \sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} w_{ji}(r_{ji}+s_{ji})$$

$$s.t:$$

$$x_j - x_k - p_{jk} + q_{jk} = 0 \qquad \forall 1 \leq j < k \leq n$$

$$p_{jk}.q_{jk} = 0 \qquad \forall 1 \leq j < k \leq n$$

$$x_j - a_i - r_{ji} + s_{ji} = 0 \qquad \begin{cases} \forall i = 1,2,...,m \\ \forall j = 1,2,...,n \end{cases}$$

$$r_{ji}.s_{ji} = 0, \qquad \begin{cases} \forall i = 1,2,...,m \\ \forall j = 1,2,...,n \end{cases} \qquad (۳۰)$$

$$p_{jk}, q_{jk} \geq 0 \qquad \forall 1\leqslant j<k\leqslant n$$

$$r_{ji}, s_{ji} \geqslant 0 \qquad \begin{cases} \forall\ i=1,2,...,m \\ \forall\ j=1,2,...,n \end{cases}$$

مسألهٔ فوق یک مسألهٔ برنامه‌ریزی خطی است که محدودیت‌های آن یک سری خطی بوده و دو دستهٔ محدودیت[۱] غیرخطی می‌باشند. چنانچه دو دستهٔ محدودیت $r_{ji}.s_{ji}=0, p_{jk}.q_{jk}=0$ را حذف کنیم مسئله به یک مسئله کاملاً برنامه‌ریزی خطی تبدیل می‌شود.

از آنجا که بردارهای p_{jk}, q_{jk} و همچنین بردارهای r_{ji}, s_{ji} دوبدو وابستگی خطی دارند. (چون همیشه حاصلضرب آنها مساوی صفر است.) در حل اساسی[۲] تنها یکی از آنها در پایه ظاهر خواهد شد و دیگری صفر است در نتیجه p_{jk}, q_{jk} و یا r_{ji}, s_{ji} به ترتیب هیچگاه در پایه حل باهم ظاهر نخواهند شد. سپس اگر این دو دسته محدودیت را حذف کنیم تغییری در حل مسأله رخ نخواهد داد.

لذا مسأله جایابی مرکب در حالت خطی شکسته (متعامد) به شکل زیر تبدیل می‌شود:

$$\min f_1(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \sum_{1\le j<k\le n} v_{jk}(p_{jk}+q_{jk}) + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} w_{ji}(r_{ji}+s_{ji})$$

$s.t:$

$$x_j - x_k - p_{jk} + q_{jk} = 0 \qquad \forall 1 \le j < k \le n \qquad (۳۱)$$

$$x_j - r_{ji} + s_{ji} = a_i \qquad \begin{cases} \forall i = 1,\ldots,m \\ \forall j = 1,\ldots,n \end{cases}$$

$$p_{jk}, q_{jk} > 0 \qquad \forall\ 1 \leqslant j < k \leqslant n$$

$$r_{ji}, s_{ji} \geqslant 0 \qquad \begin{cases} \forall\ i=1,2,\ldots,m \\ \forall\ j=1,2,\ldots,n \end{cases}$$

پس اگر مسأله برنامه‌ریزی خطی فوق را از طریق سیمپلکس حل نماییم می‌توانیم به جواب‌های بدست آمده اطمینان داشته باشیم که محدودیت‌های مسأله را ارضا کند.

به همین ترتیب برای به دست آوردن مختصات y وسایل جدید خواهیم داشت :

۱-Constraints

۲-Basic Solution

www.saie.ir

$$f_2(y_1, y_2, \ldots, y_n) = \sum_{1 \le j < k \le n} v_{jk}(p_{jk} + q_{jk}) + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} w_{ji}(r_{ji} + s_{ji})$$

$$s.t:$$

$$y_j - y_k - p_{jk} + q_{jk} = 0 \qquad \forall 1 \le j < k \le n \qquad (۳۲)$$

$$y_j - r_{ji} + s_{ji} = b_i \qquad \begin{cases} \forall i = 1, \ldots, m \\ \forall j = 1, \ldots, n \end{cases}$$

$$p_{ji}, q_{ji} \geqslant 0 \qquad \forall\ 1 \leqslant j < k \leqslant n$$

$$r_{ji}, s_{ji} \geqslant 0 \qquad \begin{cases} \forall\ i = 1,2,\ldots,m \\ \forall\ j = 1,2,\ldots,n \end{cases}$$

مثال (۸) – یک کارگاه کوچک تولیدی در نظر دارد دو ماشین ابزار جدید را برای توسعهٔ خط تولید در محل‌های مناسب مستقر نماید. این کارگاه در حال حاضر دارای تعدادی ماشین‌آلات بوده ولی از میان آنها تنها سه دستگاه با این دو ماشین جدید دارای ارتباط بوده و مواد بین آنها انتقال می‌یابد. پیش‌بینی می‌شود که روزانه دو واحد وزنی مواد بین دو ماشین جدید که در محل‌های $\underrightarrow{x_1}, \underrightarrow{x_2}$ مستقر می‌گردند حمل شود. ماشین‌های موجود در نقاط $p_1(10,15), p_2(20,25), p_3(40,5)$ استقرار یافته‌اند. همچنین روزانه ۲ واحدی وزنی بار بین $\underrightarrow{x_1}, \underrightarrow{p_1}$ و یک واحد وزنی بین $\underrightarrow{x_1}, \underrightarrow{p_2}$ و ۴ واحد وزنی بین $\underrightarrow{x_2}, \underrightarrow{p_1}$، ۵ واحد وزنی بین $\underrightarrow{p_3}$ $\underrightarrow{\ \ }_2$ در هر روز حمل می‌شود. با توجه به اینکه این اقلام در راهروهای متعامد جابجا می‌شوند، مطلوبست محل استقرار ماشین‌های جدید بطوریکه مجموع مسافتهای طی شده در طول روز را حداقل نماید.

حل : مدل ریاضی این مسأله را ابتدائاً می‌نویسیم :

$$\min f(\underrightarrow{x_1}, \underrightarrow{x_2}) = 2d(\underrightarrow{x_1}, \underrightarrow{x_2}) + 2d(\underrightarrow{x_1}, \underrightarrow{p_1}) + 1d(\underrightarrow{x_1}, \underrightarrow{p_2})$$
$$+ 0d(\underrightarrow{x_1}, \underrightarrow{p_2}) + 4d(\underrightarrow{x_2}, \underrightarrow{p_1}) + 0d(\underrightarrow{x_2}, \underrightarrow{p_2}) + 5d(\underrightarrow{x_2}, \underrightarrow{p_3})$$

و یا

$$\min f(\underrightarrow{x_1}, \underrightarrow{x_2}) = \min f_1(x_1, x_2) + \min f_2(y_1, y_2)$$

در نتیجه خواهیم داشت :

$$f_1(x_1,x_2)=2\mid x_1-x_2\mid+2\mid x_1-10\mid+1\mid x_1-20\mid+4\mid x_2-10\mid+5\mid x_2-40\mid$$

,

$$f_2(y_1,y_2)=2\mid y_1-y_2\mid+2\mid y_1-15\mid+1\mid y_1-25\mid+4\mid y_2-15\mid+5\mid y_2-5\mid$$

برای مینیمم کردن هر یک از توابع فوق مدل برنامه‌ریزی خطی معادل هر کدام را می‌نویسیم که عبارتند از:

$$\min f_1(x_1,x_2)=2(p_{12},q_{12})+2(r_{11},s_{11})+1(r_{12},s_{12})+4(r_{21},s_{21})+5(r_{23},s_{23})$$

$$s.t$$

$$x_1-x_2-p_{12}+q_{12}=0$$

$$x_1-r_{11}+s_{11}=10$$

$$x_1-r_{12}+s_{12}=20$$

$$x_2-r_{21}+s_{21}=10$$

$$x_2-r_{23}+s_{23}=40$$

$$p_{12},q_{12},r_{ji},s_{ji}\geq 0 \qquad \begin{cases}\forall\, i=1,2,\ldots,m\\ \forall\, j=1,2,\ldots,n\end{cases}$$

همچنین به همین صورت برای y نیز می‌توان نوشت. در نتیجه با حل این مسأله برنامه‌ریزی خطی از روشهای مرسوم، x^*,y^* های بهینه برابر خواهد شد با :

$$10\leq x_1^*=x_2^*\leq 20$$

,

$$y_1^*=y_2^*=15$$

و نتیجتاً :

$$f^*=f_1^*+f_2^*=160+60=220$$

۲-۶-۲-۲ مسائل جایابی مرکب در حالت مجذور فاصلهٔ اقلیدسی

با توجه به نمادهای تعریف شده برای مسائل جایابی مرکب و با در نظر گرفتن مسافت در حالت مجذور فاصله اقلیدسی، تابع هدف به شکل زیر خواهد شد :

www.saie.ir

$$f(\underrightarrow{x_1}, \underrightarrow{x_2}, \ldots, \underrightarrow{x_n}) = f((x_1, y_1), \ldots, (x_n, y_n))$$

$$= \sum_{1 \le j < k \le n} v_{jk}[(x_j - x_k)^2 + (y_j - y_k)^2] \qquad (۳۳)$$

$$+ \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} w_{ji}[(x_j - a_i)^2 + (y_j - b_i)^2]$$

چنانکه ملاحظه می‌گردد تابع فوق یک تابع غیرخطی است. روش عملی برای یافتن محل تسهیلات جدید به گونه‌ای که تابع فوق را مینیمم کند مشابه مسائل جایابی تکی استفاده از مشتقات جزئی برحسب هر متغیر و مساوی صفر قرار دادن آنها می‌باشد. نتیجهٔ محاسبات مشتق جزئی دو دستگاه معادلات خطی خواهد شد که یکی شامل مختصات x تسهیلات جدید و دیگری مربوط به مختصات y آن است.

برای محاسبه مشتقات جزئی بهتر است کمیت جدیدی به نام $\hat{v}_{jk}$ را به صورت زیر تعریف کنیم:

$$\hat{v}_{jk} = \begin{cases} v_{ik} & j<k \\ 0 & j = k \\ v_{kj} & j>k \end{cases} \qquad (۳۴)$$

محاسبهٔ مشتقات جزئی تابع فوق (۳۳) برحسب x_j به ازای j =1 , 2 , ... , n نتیجه می‌دهد:

$$\frac{\partial f}{\partial x_i} = 2\sum_{k=1}^{n} \hat{v}_{jk}(x_j - x_k) + 2\sum_{i=1}^{m} w_{ji}(x_j - a_i) \qquad (۳۵)$$

با معادل صفر قرار دادن این رابطه و جمع کردن جملات برای j = 1 , 2 , ... , n خواهیم داشت :

$$x_j(\sum_{k=1}^{n}\hat{v}_{jk}+\sum_{i=1}^{m}w_{ji})-\sum_{k=1}^{n}\hat{v}_{ik}\,x_k=\sum_{i=1}^{m}w_{ji}a_i \qquad (۳۶)$$

با دقت نظر در رابطه فوق و در نظر گرفتن j = 1 , 2 , ... , n ، آن را یک دستگاه n معادله و n مجهول خواهیم یافت که با حل آن یک x مینیمم به دست می‌آید. اما از رابطهٔ (۳۶) می‌توان x^*_j را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$x_j^*=\frac{\sum_{k=1}^{n}\hat{v}_{jk}x_k+\sum_{i=1}^{m}w_{ji}a_i}{\sum_{k=1}^{n}\hat{v}_{jk}+\sum_{k=1}^{m}w_{ji}} \qquad (۳۷)$$

با توجه به رابطهٔ (۳۷) می‌بینیم که شرط لازم و کافی برای اینکه محل وسیلهٔ جدید j بهینه باشد این است که محل آن در موقعیت میانگین وزنی با توجه به جاذبهٔ و تأثیر وزن‌های همهٔ تسهیلات باشد به همین ترتیب برای یافتن j مینیمم خواهیم داشت :

$$y_j(\sum_{k=1}^{n}\hat{v}_{jk}+\sum_{i=1}^{m}w_{ji})-\sum_{k=1}^{n}\hat{v}_{jk}y_k=\sum_{i=1}^{m}w_{ji}b_i \qquad (۳۸)$$

چنانچه بتوان روابط (۳۶) و (۳۸) که در حقیقت دستگاه معادلات n معادلهٔ و n مجهولی هستند را به صورت رابطهٔ ماتریسی Ay=b , AX=a در آورد که در آن A یک ماتریس n×n وهمچنین a, b ,X,y ماتریس های n×1 هستند، آنگاه با استفاده از معکوس ماتریس ضرائب متغیرها به راحتی می‌توان بردارهای y , x را به دست آورد، بدین شکل :

$$\begin{aligned}&A^{-1}AX=A^{-1}a\Rightarrow\begin{cases}X=A^{-1}a\\Y=A^{-1}b\end{cases}\\&A^{-1}AY=A^{-1}b\Rightarrow\end{aligned} \qquad (۳۹)$$

بدین منظور بردارهای X , Y , a , b و ماتریس A به صورت زیر تعریف می‌شوند :

www.saie.ir

$$X=\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad , \quad Y=\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdots \\ y_n \end{bmatrix}$$

$$a=\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{m} w_{1i}a_i \\ \sum_{i=1}^{m} w_{2i}a_i \\ \cdots \\ \sum_{i=1}^{m} w_{3i}a_i \end{bmatrix} \quad , \quad b=\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{m} w_{1i}b_i \\ \sum_{i=1}^{m} w_{2i}b_i \\ \cdots \\ \sum_{i=1}^{m} w_{3i}b_i \end{bmatrix}$$

$$A=\begin{bmatrix} \sum_{k=1}^{n}\hat{v}_{1k}+\sum_{i=1}^{m}w_{1i} & -\hat{v}_{12} & \cdots & -\hat{v}_{1n} \\ -\hat{v}_{21} & \sum_{k=1}^{n}\hat{v}_{2k}+\sum_{i=1}^{m}w_{2i} & \cdots & -\hat{v}_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ -\hat{v}_{n1} & -\hat{v}_{n2} & \cdots & \sum_{k=1}^{n}\hat{v}_{nk}+\sum_{i=1}^{m}w_{ni} \end{bmatrix}$$

مثال (۹) – می‌خواهیم محل استقرار دو ماشین جدید را با توجه به تجهیزات فعلی مشخص کنیم. بین این دو ماشین جدید ارتباط وزنی $v_{12}=2$ برقرار است. سایر ارتباطات جدید و سه ماشین فعلی از قرار زیر است :

$$W=(w_{ij})=\begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 4 & 0 & 5 \end{bmatrix}$$

همچنین محل استقرار ماشین‌های فعلی به شرح زیر است :

$$(a_1,b_1)=(10,15),(a_2,b_2)=(20,25),(a_3,b_3)=(40,5)$$

چنانچه فواصل بین این ماشین‌ها از رابطهٔ مجذور فاصلهٔ مستقیم (اقلیدسی) پیروی کند، مطلوبست محل استقرار ماشین‌های جدید به طوری که کل هزینه‌ها مینیمم گردد. (داده‌های این مثال مشابه به داده‌های مثال قبلی مربوط به مسئلهٔ جایابی مرکب خطی شکسته است).

حل:

$$m=3,n=2\rightarrow A=n\times n=2\times 2$$

$$A=\begin{bmatrix}2+2+1+0 & -2\\ -2 & 2+4+0+5\end{bmatrix}$$

$$a=\begin{bmatrix}2(10)+1(20)+0(0)\\ 4(10)+0(20)+5(40)\end{bmatrix},b=\begin{bmatrix}2(15)+1(25)+0(5)\\ 4(10)+0(25)+5(5)\end{bmatrix}$$

$$AX=a\rightarrow\begin{bmatrix}5 & -2\\ -2 & 11\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}40\\ 240\end{bmatrix},$$

$$AY=b\rightarrow\begin{bmatrix}5 & -2\\ -2 & 11\end{bmatrix}\begin{bmatrix}y_1\\ y_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}55\\ 85\end{bmatrix}$$

و یا خواهیم داشت :

$$\begin{cases}5x_1-2x_2=40\\ -2x_1+11x_2=240\end{cases}\qquad\begin{cases}5y_1-2y_2=55\\ -2y_1+11y_2=85\end{cases}$$

در نتیجه از حل این دستگاه معادلات خواهیم داشت :

$$(x_1,y_1)=(18.039,15.196),(x_2,y_2)=(25.098,10.490)$$

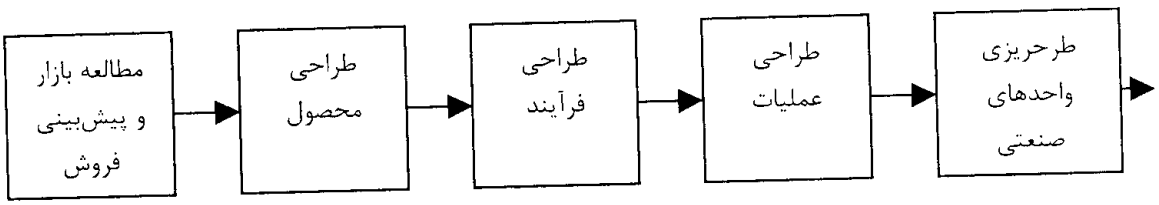
قابل ذکر است علیرغم تشابه داده‌های این مثال و مثال قبلی جواب‌های یکسانی به دست نیامده است و این خود به دلیل نوع مسافت به کار گرفته شده است. لذا لازم است در انتخاب نوع مسافت دقت کافی مبذول گردد.

www.saie.ir

۳

مطالعه و طراحی محصول، فرایند، ظرفیت[۱]

چنانچه قبلاً گفته شد اولین قدم در مراحل طرحریزی کارخانه شناخت نوع محصول است که می‌بایست تولید شود و به عبارتی اولین قدم طراحی محصول است. چنانچه گامهای ابتدایی ایجاد یک واحدصنعتی را در یک نمایش کلی نشان دهیم خواهیم داشت:



در این میان قبل از اینکه آلترناتیوهای مختلف طرحهای استقرار وطرحریزی تسهیلات را ارائه کنیم باید به سؤالات زیر جواب دهیم:

۱- چه چیزی (چیزهایی)تولید می‌شود؟

۲- چگونه تولید می‌شوند؟

۳- هریک چه موقع تولید می‌شوند؟

---

۱ - Design and study of product ,process and schedule

www.saie.ir

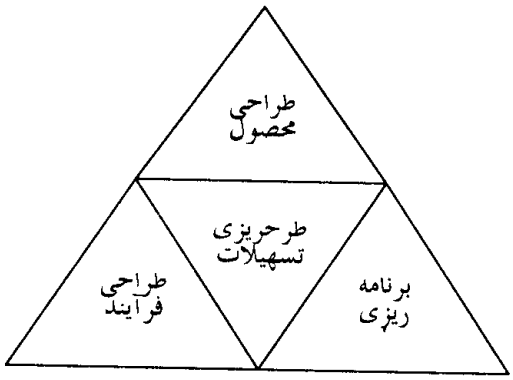
۴- هر یک به چه میزان باید تولید شود؟

۵- تولید هر کدام برای چه مدت انجام می‌شود؟

۶- این محصولات در چه محلی باید تولید شوند؟

جواب پنج سوال اول به ترتیب از طراحی محصول، طراحی فرآیند[1] وطراحی برنامه (برنامه ریزی تولید) بدست می‌آید و سؤال ششم نیز ازبحث جایابی تسهیلات یا از برنامه‌ریزی تولید هنگامیکه فعالیت تولیدی به تعدادی ازتسهیلات موجود واگذاری می‌گردد جواب می‌گیرد.

طراحان محصول، محصول نهایی رابرحسب ابعاد، ترکیب مواد وشاید نوع بسته بندی مشخص می‌کنند. طراح فرآیند تعیین می‌کند محصول چگونه باید تولید شود و طراح تولید (برنامه ریزی تولید) کمیت تولید و برنامه تجهیزات تولیدی رامشخص می‌کند. و چنانکه قبلا نیز اشاره شد طرحریزی تسهیلات ارتباط مداوم با سه بخش طراحی محصول، طراحی فرآیند وبرنامه ریزی تولید دارد. طرحریزی تسهیلات برای انجام وظایفش نیازمند به اطلاعات دقیق و به موقع طراحان محصول، فرآیند و برنامه تولید می‌باشد. شکل (۱-۳) نیاز به هماهنگی بین این سه بخش را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۳)

در این فصل ما راجع به طراحی محصول، فرآیند و برنامه(**PP&S**) از بُعدی که مربوط به طرحریزی تسهیلات است صحبت می‌کنیم و ارتباط متقابل بین آنها را بیان می‌داریم.

---

[1] Process Planner

۳-۱ مطالعه و طراحی محصول

محور اساسی هر سازمان صنعتی (بازرگانی) دو عامل عمده است:

الف) کالا (خدمات) تولیدشده ب) مصرف کنندگان

هدف سازمانها ایجاد نوعی هماهنگی بین این دو عامل اصلی یعنی محصول و مصرف کننده است که اولی قابل کنترل و دومی به خاطرسهولت امکان‌پذیر نبودن تغییرعلائق مردمی غیرقابل کنترل می‌باشد. اغلب تئورسینهای سازمانی صنعتی (بازرگانی) محصول را قلب و روح سازمان قلمداد می‌کنند.

نیازمندی انسان انگیزه اصلی در تولید کالا و تکامل محصولات در اشکال جدید است. این انگیزه‌ها در تنگاتنگ با اهداف، بقا، سودآوری و رشد سازمان باعث بوجود آمدن زنجیره ای ازفعالیتها می‌شود که منتهی به تولید محصولات و خدمات جدیدی می‌گردد.

طراحی وبرنامه‌ریزی محصول فعالیتی است که هدف از آن، تعیین ویژگیهای محصولی است که توسط یک واحد تولیدی ارائه می‌شود. این کار مستلزم جمع‌آوری اطلاعات ازنیازهای مصرف کنندگان و نتایج پژوهشهای واحد تحقیق وتوسعه (R&D)، دوره عمر محصول، عوامل عمده در تولیدمحصول، سیاستهای سازمان، قیمت فروش، رقابت، کار برد محصول، تکنولوژیهای مورد استفاده، امکانپذیری تولیدمحصول از نظر فنی و اقتصادی، تعیین شکل ترکیبی(گروهی) محصول و... می‌باشد. محصول باید طوری طراحی شود که علاوه‌بر برآوردن احتیاجات مشتریان بتواند به صورتی اقتصادی تولیدگردد تا باقیمت مناسب فروش رفته و سودی را برای سازمان حاصل گردد.

در یک محیط پویا که دارای پیشرفتهای تکنولوژیکی سریع،تغییرات الگوی مصرف، افزایش رقابت جهانی وکاهش دوره عمر محصولات می باشد،توانایی یک موسسه جهت بقا به قدرت "نوآوری"[1] اش وتوانایی‌اش درپیش بینی احتیاجات مصرف کنندگان، توجه به فرصت های تکنولوژیکی، ساخت سازمانی و بازاریابی محصولات جدید بستگی دارد که

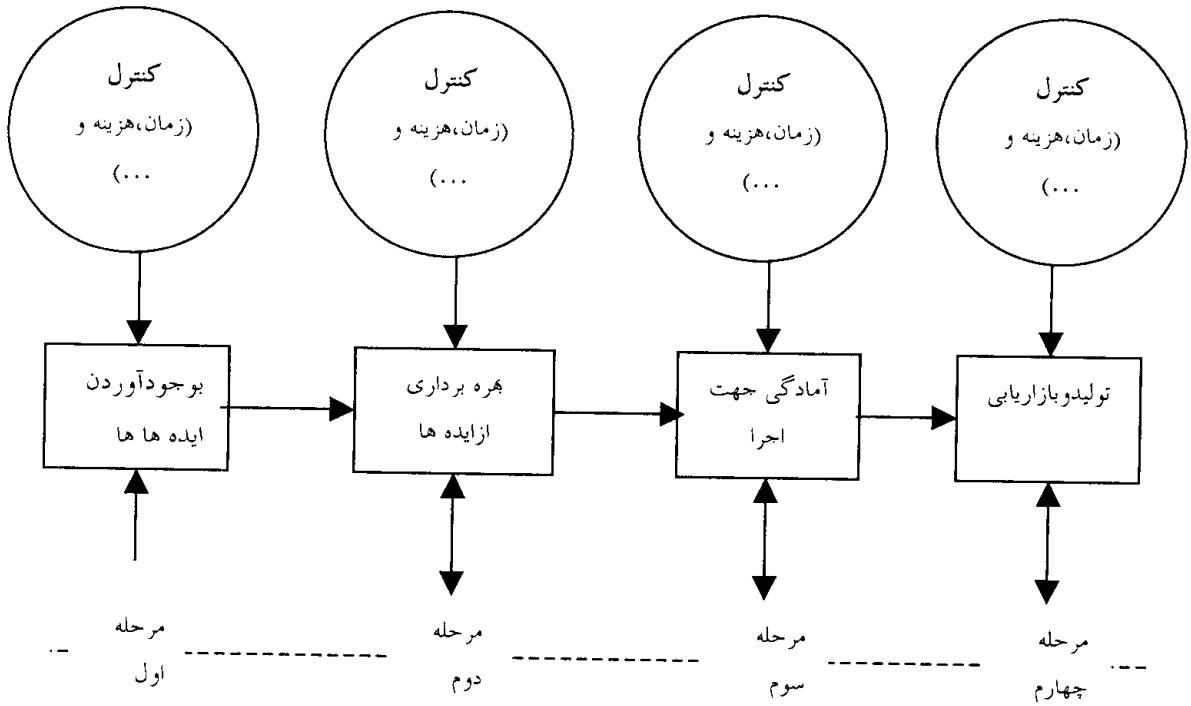
---

[1]- Inovation

www.saie.ir

ایـن امر به نوبه خود اهمیت نوآوری محصول را نشان داده، و داشتن این توانایی را برای طراح محصول لازم می‌داند.

یکـی از انـواع مدلهایـی کـه جهـت یک فرآیند نوآوری محصول دربیشتر مؤسسات قابل اعمـال می‌باشد، مدلی است که فرآیند نوآوری محصول را طی چهار مرحله و با مکانیسم بازخورد[۱] و روش آزمون وخطا[۲] بیان می‌کند و به صورت زیر است:



شکل(۲-۳) فرآیند نوآوری محصول

در این مدل اطلاعات مانند سیستم سلسله اعصابی است که تمام عملیات موجود درمدل راطـی چهارمـرحله بـه یکدیگـر متصل می‌سازد و در هر مرحله اطلاعات از مرحله قبلی بدست می‌آید.

برای مطالعه محصول لازم است که موضوعات زیر را مورد مطالعه و بررسی قرار دهیم:

۱- تعریف یا شناخت محصول ازدیدگاه های مختلف ۲- دوره عمر محصول[۳]

۱- Feed Back

۲- Try and Error Method

۳- Product Life Cycle

۳- مهندسی محصول[۱]
۴- آنالیز ارزش[۲]

۳-۱-۱ تعریف یا شناخت محصول:

محصول می‌بایست ازجنبه‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی، فنی، و... مورد شناسایی قرار گیرد که بعضی از آنها عبارتند از:

الف) کاربرد، خصوصیات فیزیکی(استحکام، دوام، وزن، ابعاد و...)و غیرفیزیکی وکارکردی، سطح کیفیت و تلرانس(نتیجه این مطالعه انتخاب فرآیناست)

ب) مصرف کنندگان، تاریخچه مصرف(که نتیجه آن مشخص کردن نوع محصول است)

ج) فرمول‌ها، روش ساخت، نقشه های فنی، مواداولیه

د) سازمان حمایت کننده، رقبا(شامل نوع و مقدار تولیداتشان)

ه) کالاهای مشابه، جانشین، مکمل و کیفیت آنها

و) فصلی بودن محصول (درتابستان کولر و در زمستان بخاری) وغیره

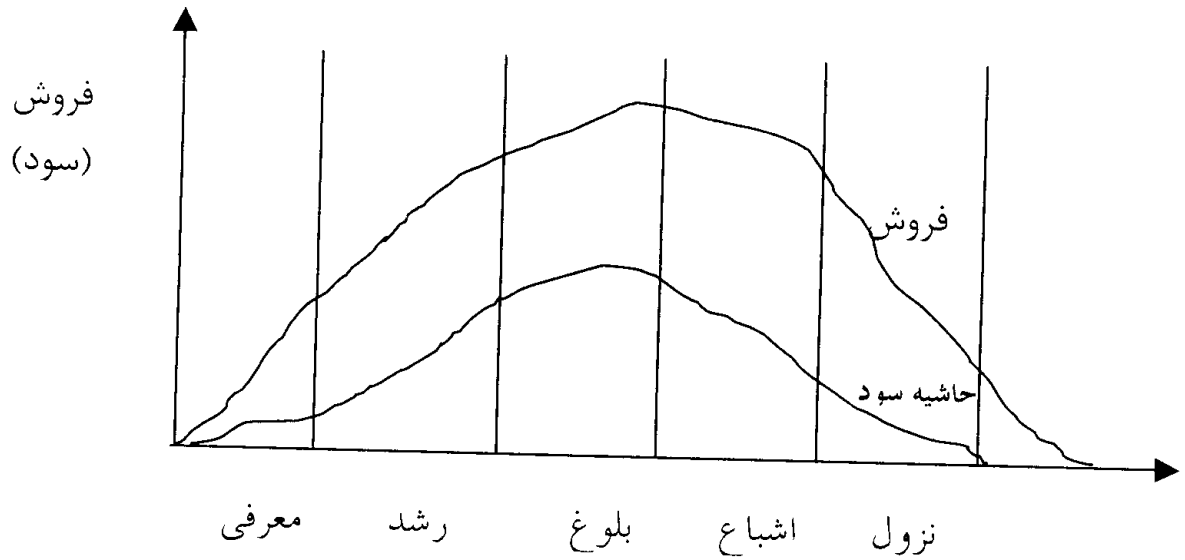
چنانچه ملاحضه می‌گردد بعضی ازجنبه ها اجتماعی و بعضی اقتصادی و بعضی فنی می‌باشند.

۳-۱-۲ دوره عمر محصول (زندگی محصول):

طبق این تئوری محصولات برای مدت محدودی در بازار می‌مانند ودر طول این دروه از مراحل معرفی[۳]، رشد[۴]، بلوغ[۵]، اشباع[۶]، و نهایتاً نزول[۷] می‌گذرند.

۱- Product Engineering
۲- Value Analysis
۳- Introduction Stage
۴- Growth Stage
۵- Maturity Stage
۶- Saturation Stage
۷- Decline Stage

www.saie.ir



شکل (۳-۳)

مرحله معرفی:

مصرف کنندگان و خریداران صنعتی در مرحله اول رغبت زیادی به مصرف کالاهای ناشناخته نشان نمی‌دهند و به دلایل متعدد در این مرحله سود در سطح پایینی است. برای بعضی از اقلام مصرفی تبلیغات زیادی مورد نیاز است و شرکت مجبور به دادن تخفیف به خرده‌فروشان است. به دلایل بالا بودن هزینه‌ها، زیان دراین مرحله بالاست وخیلی ازکالاها ممکن است دراین مرحله با شکست روبرو شوند. راز موفقیت دراین مرحله تحقیق و توسعه(R&D)، مهارت مهندسی در تولید محصول، مهارت در آزمایش و معرفی محصول است.

مرحله رشد:

اگر محصول مرحله اول را با موفقیت پشت سرگذارد، در مرحله بعد (مرحله رشد)فروش با سرعت بیشتری رشد می‌کند مصرف کنندگان و خریداران صنعتی محصول را مورد آزمایش قرار دهند و در صورت رضایت ازکالا خریدهای خود را افزایش می‌دهند. در این مرحله سود شرکت به سرعت افزایش یافته و هزینه‌های ترغیبی و تشویقی به نسبت افزایش یازده سرشکن می‌شود. همچنین در این مرحله بدلیل کسب تجربه، فشار هزینه‌ها کاهش پیدا میکند. دراین مرحله برخلاف مرحله معرفی محصول که قیمت ها

پایین نگهداشته می‌شد، قیمت ها افزایش یافته و ازهزینه تمام شده بالاتر می‌رود و بدنبال آن شرکت هم قادر به پوشاندن زیانهای گذشته است و هم قبل از ورود رقبا به بازار سود خوبی را حاصل می‌نماید. البته این بدان معنی نیست که تنها قیمت‌ها به طورکامل افزایش پیدا می‌کند بلکه کاهش هزینه‌ها خود به خود سود شرکت را افزایش می‌دهد.

مرحله بلوغ :

دراین مرحله رقابت به نحو محسوسی است. رقبا با مشاهده موفقیت محصول، شروع به داخل شدن در بازار می‌کنند. در این مرحله نرخ رشد کل بازار رو به کاهش می‌نهد، زیرا از جذابیت محصول در بازار کاسته شده و رشد نرخ فروش شرکت اصلی نیز شروع به نزول می‌کند. در این مرحله شرکت باید کلیه توان خود را برای نگهداری سطح فروش به کار برد و باید برروی توزیع کننده بیشتر سرمایه‌گذاری کند، زیرا از بازار جدید دیگر خبری نیست. در این مرحله هزینه‌های بازاریابی افزایش یافته و قیمت‌ها باید شکسته شود. نتیجتاً سود نیز رو به کاهش می‌گذارد. دراین مرحله نقش اساسی را بازاریابی ایفا می‌کند.

مرحله اشباع :

در این مرحله تقاضا برای محصول به بالاترین حد خود رسیده و برای مدتی بازار از این محصول استفاده می‌کند. دراین مرحله بدلیل افزایش تولید توسط رقبا، عرضه نسبت به تقاضا فزونی یافته و به همین منظور فروش شرکت اصلی کم می‌شود. رقابت در قیمت، کیفیت و بازاریابی افزایش یافته و تولیدکننده باید به فکر ایجاد تنوع و تغییر در محصول باشد.

مرحله نزول :

دراین مرحله فروش با سرعت بیشتری کاهش می‌یابد و ممکن است کالاهای جدید نیاز مشتریان را برآورده سازد. حیات محصول اولیه دربازار بستگی به پایین نگهداشتن هزینه‌ها دارد. این مرحله بسیار حساس است وصلاح نیست که تغییرات کوچک با

www.saie.ir

هزینه‌های زیاد در محصول بوجود آید. درچنین حالتی نقش حسابداری صنعتی درصرفه‌جویی هزینه‌ها بیش از هر مرحله دیگر احساس می‌شود.
البته بحث اینکه این تئوری چه محصولاتی راشامل می‌شود و یا اینکه چگونه مدیریت می‌تواند تشخیص دهد که یک محصول در کدام از یک مراحل این دوره قرار دارد، بحث بیشتری راطلب می‌کند که خارج از محدوده این موضوع است.

۳-۱-۳ مهندسی محصول

فعالیتی است که به منظور طراحی اولیه و یا مجدد یک محصول صورت می‌گیرد.
محصول طراحی شده حداقل باید خصوصیات زیر را دارا باشد:
الف) احتیاجات مشتریان را برآورد سازد.
ب) بصورت اقتصادی تولید شود.
ج) کیفیت آن در حد مشخصی که از قبل تعیین شده باشد.

حاصل طراحی محصول، طرح محصول پیشنهادی است که بصورت مجموعه‌ای از نقشه‌های قطعات و اجزاء[1] ارائه می‌گردد. معمولاً مدل یا ماکتی از محصول نیز تهیه می‌گردد. این نقشه ها کلیه ابعاد و مشخصات لازم برای ساخت قطعات را شامل می‌شوند.
طراحی محصول شامل دو موضوع مجزاست، یکی تعیین نوع محصولاتی که تولید می‌شوند و دیگر تعیین اجزاء آنهاست. طرح محصول تحت تاثیر نوع مواد، عملیات، عملکرد و غیره قرار می‌گیرد. همچنین وضیعت عرضه وتقاضا، مهندسی صنایع، مهندسی ساخت، مهندسی محصول و کنترل کیفیت نیز برطرح محصول اثر می‌گذارند. درروش اساسی طرح محصول عوامل متعددی باید در نظر گرفته شوند شکل (۴-۳)،که عمده آنها عبارتند از:

---

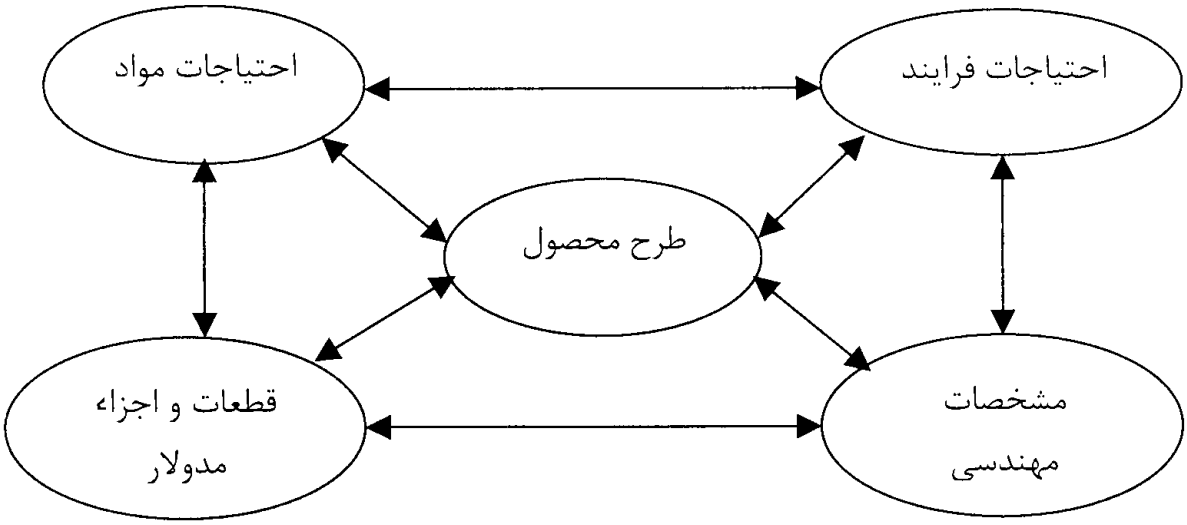
۱. Component Part Drawings

۱- مشخصات فنی محصول

۲- احتیاجات مواد و فرایند

۳- طراحی خودکفا و مدولار

۴- توجه به سهولت وبهره‌برداری، نگهداری وقابلیت اطمینان



شکل (۴-۳) تعادل بین عوامل طراحی محصول

به منظور به کاربردن عوامل فوق در طراحی، بهترین روش استفاده از فرآیند آزمون و خطا می‌باشد. برآوردهای مکرر، باید ترکیبی از جنبه‌های مختلف محصول را نتیجه دهد تا در اقتصادی‌ترین شکل نیازمصرف کنندگان را ارضاء نماید. به طور کلی خلاصه فعالیتهای مهندسی محصول[۱] به قرار زیر است:

الف) توسعه نظریات درباره محصول جدید[۲]

۱- مرور امکانات[۳] (بررسی احتمال تحقق طرح ها یا ایده‌ها)

۲- غربال نظریات و ایده‌ها[۴]

۱- Product Engineering Functions Procedures

۲- Develop New Product Idea

۳- Review Possibilities

۴- Screw Idea

www.saie.ir

۳- انتخاب شقوق امکانپذیر[۱]

ب) درک و شناخت بیشتر محصول[۲]:

۱- تجسم محصول و تعیین مشخصات ظاهری[۳]

۲- جمع‌آوری اطلاعات[۴]

۳- تحقیق بازار[۵] شامل: احتیاجات مشتریان[۶]، مشخصات عملیاتی[۷]، مشخصات فروش[۸]

ج) بررسی و طراحی‌های مقدماتی[۹]

۱- تحقیق درباره شقوق مختلف[۱۰]

۲- انجام مطالعات توجیهی به منظور امکانپذیری طرح[۱۱]

۳- تماس با فروشندگان[۱۲]

۴- بررسی وضعیت صنعت

۵- بررسی چگونگی رقابت[۱۳]

۶- پیش بینی مقدماتی فروش[۱۴]

۱- Select Those With Potential

۲- Product Conseption

۳- Visualize Product

۴- Collect Data

۵- Market Research

۶- Customer Requirement

۷- Operating Specification

۸- Sales Specification

۹- Preliminary Investiyation and Design

۱۰- Explore Alternative Design

۱۱- Conduct Feasibility Studies

۱۲- Make vender contacts

۱۳- check on Competition

۱۴- Make Preliminary Sales Forecast

د) ارزیابی مهندسی[۱]:

۱- انجام بررسی‌های تحلیلی[۲]

۲- تهیه مدل‌ها[۳]

۳- آزمون[۴]

۴- تعیین کیفیت مورد نظر[۵]

۵- تحلیل ارزش[۶]

۶- ارزیابی توانایی‌های انجام تولید[۷]

۷- تعیین سازگاری محصول جدید با خط تولید فعلی و امکانات تولیدی[۸]

ه) طرح پیشنهادی مهندسی[۹]:

۱- طرح مقدماتی[۱۰]

۲- تخمین هزینه‌ها[۱۱]

۳- ارزیابی طرح[۱۲]

۴- تصویب[۱۳]

و) طرح مدل نمونه[۱۴]:

۱- Engineering Evaluation

۲- Conduct Analytical Investigation

۳- Develop Models

۴- Test

۵- Establish Quality Goods

۶- Value Analysis

۷- Evaluate Production capability

۸- Determine Compatibility of New Product With Present Lines and Production Capability

۹- Engineering proposal

۱۰- Priliminary Design

۱۱- Cost Estimate

۱۲- Evaluation

۱۳- Approval

۱۴-Prototype Design

www.saie.ir

۱- تهیه نقشه‌های مقدماتی[۱]

۲- سفارش محدود قطعات به طور آزمایشی[۲]

۳- تهیه مشخصات اولیه مهندسی[۳]

ز) ساخت نمونه یا مدل[۴]:

۱- تهیه قطعات مورد نیاز[۵]

۲- ساخت نمونه یا مدل[۶]

ح) آزمون و ارزیابی مدل نمونه ساخته شده[۷] و تحلیل ارزش

ط) طراحی نهایی[۸]

۱- اعمال تغییرات لازم که ضرورت آن در تست و ارزیابی معلوم شده[۹]

۲- تهیه نقشه ها، مشخصات نهایی، شماره و تعداد هر قطعه[۱۰]

۳- ساخت مدل نمونه جدید (مدل اصلاح شده[۱۱])

۴- آزمایش مخصوص و بررسی‌های اقتصادی ساخت، تولید و بهره‌برداری[۱۲]

۵- تخمین هزینه‌ها[۱۳]

۶- نحوه بسته‌بندی[۱۴]

۱- Priliminary Drawing

۲- Trial Orders of Components

۳- Initial Engineering Specification

۴- Prototype Construction

۵- Obtain Components

۶- Construction of the Prototype

۷- Prototype Testing And Evaluation

۸- Final Design

۹- Incorporate Changes

۱۰- Drawing Final Specification Parts No.

۱۱- Re-Construction Prototype

۱۲- Field Test Economic Of Manufacturing And Use

۱۳- Costs Estimate

۱۴- Pakege Design

ی) تصویب طرح[۱]

ک) ارسال اطلاعات و مجوز فنی از قسمت مهندسی محصول به قسمت تولید[۲]

ل) تعیین خط‌مشی و تهیه اطلاعات مربوط به فروش و خدمات محصول[۳]

۱- تهیه کتابچه‌های راهنما (دستورالعمل)[۴]

۲- تهیه کتابچه های خدماتی[۵]

۳- تهیه اطلاعات مربوط به فروش[۶]

۴- تعیین خط مشی و شرایط تضمینی محصول[۷]

۵- تعیین خط مشی های مربوط به تامین لوازم یدکی[۸]

م) تولید محصول به صورت آزمایش و ارزیابی آن[۹]

پس از گذراندن مراحل فوق و آماده شدن طرح نهایی، نقشه های واقعی محصول ترسیم شده و لیست قطعات[۱۰] و مواد تنظیم می گردد.برای تجسم محصول نهایی از نقشه انفجاری[۱۱] محصول استفاده می‌شود. که این نقشه ها عموماً فاقد مشخصات و ابعاد بوده ولیکن با حفظ مقیاس تهیه می‌گردد. (اشکال ۵-۳ و ۶-۳) در این نقشه هر قطعه به جدا گانه شماره‌گذاری می‌شود ،که این شماره‌گذاری‌ها طبق شماره نقشه قطعات است.

۱- Design Approval

۲- Engineering Release to Production

۳- Establish Product Sales and Service Data and Policies

۴- Instruction Manual

۵- Service Manual

۶- Sales Data

۷- Warranty Data And Policies

۸- Service Parts Policies

۹- Pilot Production And Evaluation

۱۰- Part List

۱۱- Exploded Assembly Drawing

www.saie.ir

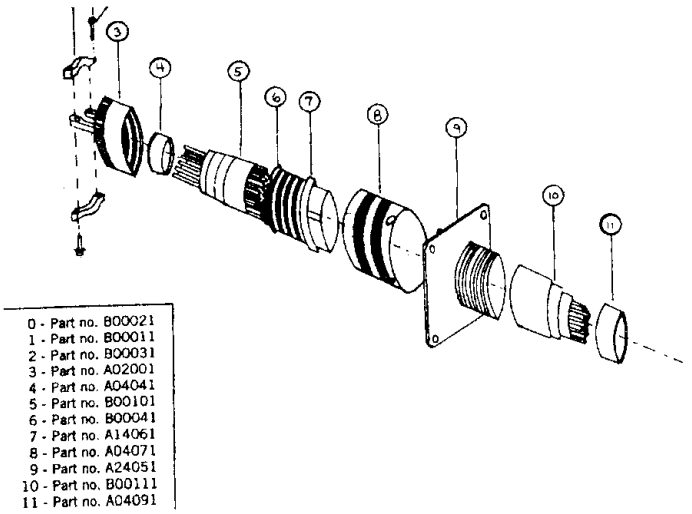
بـه عنوان جانشینی برای نقشه‌های انفجاری محصول، می‌توان از عکس محصول و اجزاء آن استفاده کرد.

شـکل (۶-۳) در ایـن حالت محصول باز شده و از تمام قطعات آن عکس گرفته می‌شود. عکـس هـا و نقشه‌ها ضمن اینکه ابزار نمایش مراحل مونتاژ به طراح هستند، یک مرجع خوب برای نشان دادن تعداد قطعات می‌باشند .

بـرای هـر جـزء از محصـول نـیز نقشه های جزئی‌تر موردنیاز است که این نقشه ها باید شامل مشخصات و ابعاد قطعات باشند تا امکان ساخت آن فراهم آید. (شکل ۷-۳ و۸-۳) مجموع نقشه های انفجاری، مونتاژ و نقشه‌های جزئی قطعات مدارک[۱] طراحی محصولات را تشـکیل مـی‌دهـد، کـه این مدارک اطلاعات ورودی مهمی برای طراح کارخانه (طراح تسهیلات[۲])می باشند.

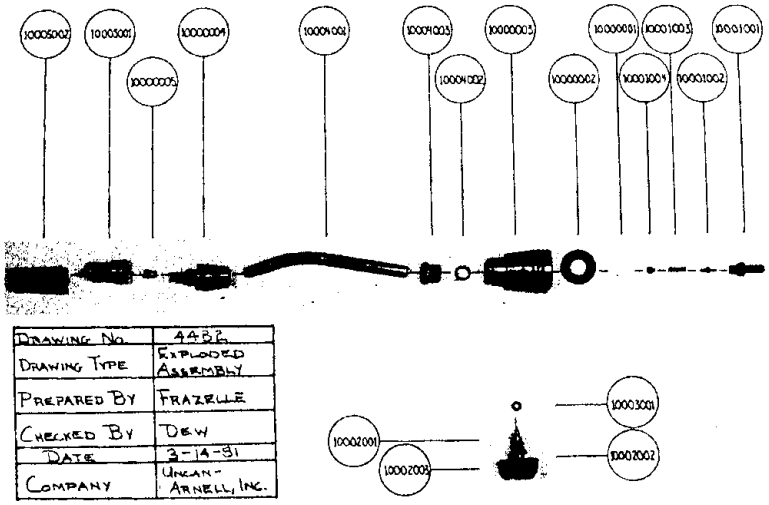
۱- Document

۲- Facilities Planner



Exploded assembly drawing.

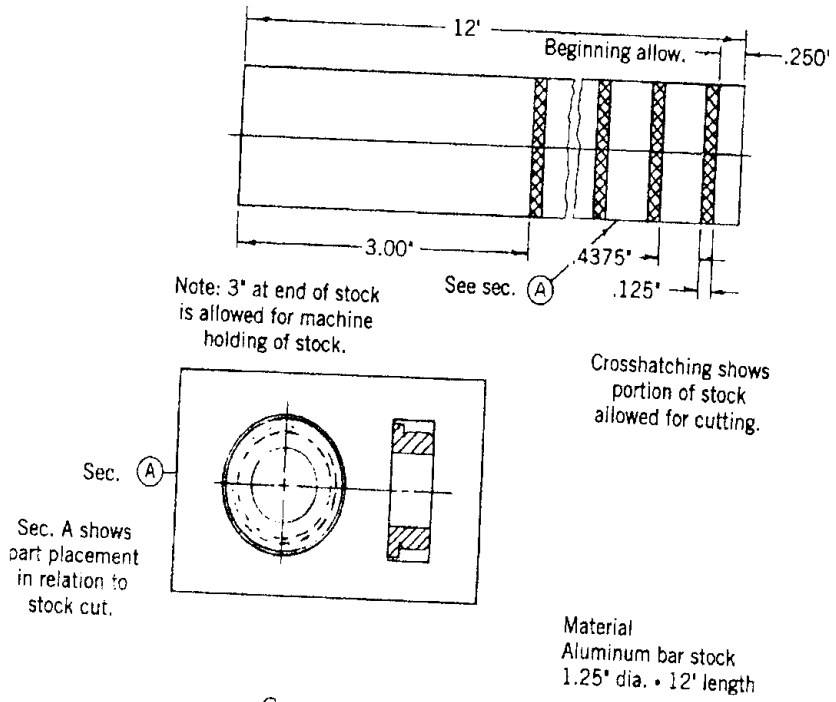
شکل (۵-۳)



Exploded parts photograph.

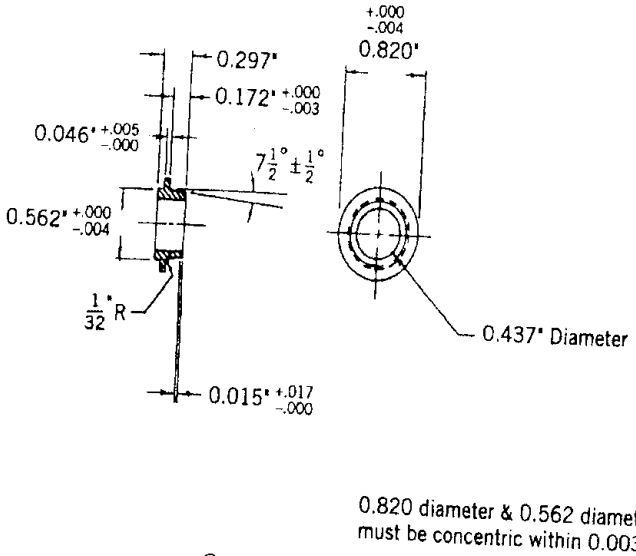
شکل (۶-۳)

www.saie.ir



Component part drawing of a plunger.

شکل (۳-۷)



Component part drawing of a seat.

شکل (۳-۸)

۳-۱-۴ آنالیز ارزش[۱] :

در مرحله ارزیابی مهندسی محصول فعالیتی وجود دارد که تحلیل ارزش خوانده می‌شود و توسط کارشناسان قسمت تولید، کنترل کیفیت، خرید و احیاناً برخی دیگر از دپارتمانها به انجام می‌رسد. این گروه محصول را از نقطه نظرساخت بدقت بررسی می‌نمایند و تغییراتی را جستجو می‌کنند که ممکن است ساخت محصول را آسانتر و یا هزینه آن را کمتر نماید. آنها قطعه محصول را بررسی نموده و در هر مورد سئوالاتی را مطرح می‌نمایند. نمونه‌ای ازاین سؤالات به شرح زیر است:

- استفاده از مواد اولیه ارزانتر
- به کارگیری روشهای بهتر جهت تولید محصول
- امکان حذف تلرانسهای اضافی در بعضی از قسمتها و اضافه نمودن در بعضی از قسمتهای دیگر
- کاهش گوشه های تیز محصول تا حد امکان
- بالا نبودن کیفیت قطعات نسبت به کارکرد مورد انتظار
- تغییر جنس قطعات در جایی که به کیفیت بالا نیاز نیست.
- طراحی به شکلی که مونتاژ ساده‌تر گردد و...

در این تجزیه وتحلیل تمرکز برافزایش ارزشهایی است که محصول به مشتری ارائه می گردد. ودر این حال هزینه مستقیم ساخت صنعتی را کاهش می‌دهد. ارزش دارایی ابعاد فنی، اقتصادی، هنری، محیطی و انسانی می‌باشد و تجزیه و تحلیل ارزش با توجه به نکات زیر انجام می‌شود :

۱- شناسایی مشخصات و کارکردهای ارزشی محصول
۲- راههای متفاوت برای بدست آوردن این ارزش ها

۱- Value Analysis

www.saie.ir

۳- انتخاب روش هایی که حداقل هزینه را دربر دارد

به عنوان یک نتیجه آنالیز ارزش، ممکن است طرح جدیدی برای محصول با هزینه‌ای کمتر ولی عملکردی معادل بدست آید که در این صورت نقشه های انفجاری مونتاژ ونقشه های اجزاء قطعات و... تغییر می‌کند.

۳-۲ مطالعه وطراحی فرآیند[۱]

در قسمت قبلی نحوه تعریف و مشخص کردن محصول و اجزاء آن به منظور استفاده در طرحریزی تسهیلات بیان شد. در مرحله بعدی از رویه طرحریزی تسهیلات طراحی فرآیند مطلوب برای ساخت محصولات و قطعات با مشخصات و خصوصیات درخواستی باید صورت پذیرد.

طراح فرآیند[۲] یا طرحریز فرآیند[۳] مسئول است که تعیین نماید محصول چگونه (HOW) باید تولید گردد. همچنین به عنوان قسمتی از این کار نشان می دهد که چه کسی (how)باید فرآیند را انجام دهد. بدین معنی که آیا خود قطعه و اجزاء قطعه یا زیر مونتاژها[۴] باید در داخل صورت گیرد یا در خارج از کارخانه و به شکل پیمانکاری انجام گیرد. این تصمیم ساخت یا خرید[۵] قسمتی از کار طرحریز تسهیلات است.

به جز تعیین اینکه چه قطعه‌ای را باید خرید وچه قطعه‌ای را باید ساخت، طرحریز تسهیلات باید تعیین نماید برای ساخت قطعه چه نوع تجهیزاتی به کار گرفته شود و انجام عملیات چه مدت زمان می‌برد. طرح فرآیندهایی به نوع ورودی‌های ناشی از طرح محصول و طرح برنامه‌ریزی تولید بستگی دارد.

۱- Design and study of process

۲- Process Designer

۳- Process Planner

۴- Subassembly

۵- Make or Buy Decision

۳-۲-۱ تعیین محدوده کاری فعالیت کارخانه وتصمیم‌گیری در مورد ساخت یا خرید:

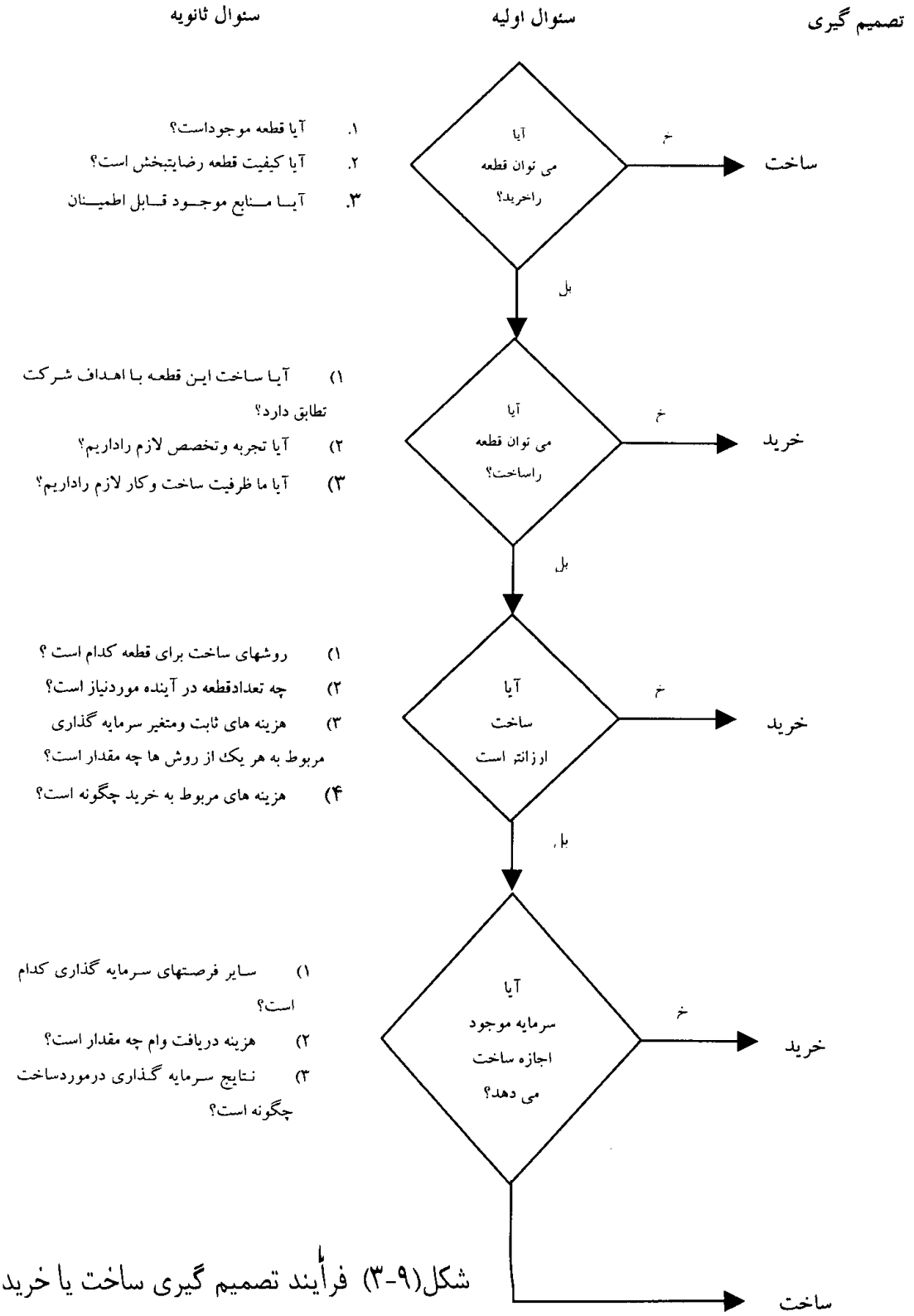
تعیین محدوده کاری تسهیلات (کارخانه)از تصمیمات اساسی که باید در ابتدای کار طرحریزتسهیلات صورت گیرد.

دامنه کاری ممکن است از نوع عمیقاً تجمع گرا (یعنی شرکتی که مواد خام را خریده و آن را طی مراحل ساخت ومونتاژ آماده می کند)تا غیر تجمع گرا (یعنی شرکتی که قطعات خریده شده را تنها مونتاژ می کند) را دربرگیرد. بنابراین بدیهی است که محدوده وحجم فعالیتها در درون کارخانه تولیدی بستگی به تصمیم‌گیری در مورد سطح تجمع گرایی[۱] دارد. اینچنین تصمیماتی اغلب به تصمیمات ساخت یا خرید بر می‌گردد. تصمیمات ساخت وخرید اغلب از تصمیمات مدیریتی بوده که اطلاعات مالی، مهندسی صنایع، بررسی بازار، مهندسی فرایند، وضعیت خرید و شاید منابع انسانی[۲] نیاز دارد. این تصمیمات پس از انجام تحلیل ارزش در محصول وبراساس نتایج آن (درر بخش قبلی توضیح داده شد) انجام میگیرد. یک دیدگاه اجمالی از سلسه سؤالاتی که منجر به تصمیمات ساخت یا خرید می‌شوند به شرح زیر است :

۱- Vertical Integration

۲- Human Resourse

www.saie.ir



شکل(۹-۳) فرآیند تصمیم گیری ساخت یا خرید

البته تصمیم گیری در مورد ساخت یا خرید قطعه چندان ساده نیست و مستلزم مطالعه دقیق بازار و وسایل و تجهیزات مورد نیاز می‌باشد. معمولاً قطعات زیر از کارخانه‌های دیگر خریداری می‌شوند:

۱- قطعات استانداردی که در بسیاری از محصولات کاربرد دارند مثل پیچ و مهره

۲- قطعاتی که شرکتهای دیگر در ساخت آنها تخصص دارند مثل چرخ دنده موتور الکتریکی

۳- قطعاتی که شرکتهای دیگر آنها را در مقیاس زیاد تولید می‌کنند ودر نتیجه ارزانتر تمام می‌شود مثل دستگاههای تقویت کننده الکتریکی

۴- قطعاتی که به فرایندهایی احتیاج دارند که کاملا با فرایندهای کارخانه در تضاد است، مثلاً قطعات پلاستیکی و لوله های‌بدون درز

وقتی تصمیم به ساخت محصولی یا ارائه خدمتی و یا انجام فعالیتی گرفته می شود، قاعدتاً باید تعدادی قدم های ازپیش تعیین شده راطی نمود. این قدم ها عموماً به نام عملیات شناخته می‌شوند. مجموعه‌ای از عملیات و فعالیتهای مربوط به هم که نتیجه آن ارائه یک خدمت یا ساخت یک محصول ویا ایجاد یک اثر است را فرآیند گویند. برای بررسی و مطالعه دقیق تر طراحی فرآیند بهتر است ابتدا رویه طراحی تولید گفته شود.

تعاریف ومفاهیم:

طراحی تولید[۱] :فعالیتهایی که شامل بررسی هایی راجع به محصول، روشهای مختلف تولید، انتخاب تجهیزات مناسب باشد.

طراحی فرآیند[۲]: بخشی از طراحی تولید است که شامل بررسی هایی راجع به فرآیند واحد، ترکیب فرآیندهای واحد و انتخاب یک فرآیند مناسب باشد.

فرآیند واحد[۱]: ساده ترین عملیاتی است که درواقع کوچکترین آجر بنای فرآیند را تشکیل می‌دهد و آن نوعی تبدیل مواد است که عملیات آن بدون وقفه انجام می‌گیرد. به

۱- Production Design

۲- Process Design

www.saie.ir

عبارت دیگر عملی است که برای ایجاد تغییر مشخصی برروی مواد، قطعات و ماشین‌آلات انجام می‌شود مثل:

- سوراخ کردن یا خم کردن در مورد قطعات فلزی
- خشک کردن یا مخلوط کردن در مورد مواد شیمیایی
- شیار کردن یا اره کردن در مورد چوب
- پختن یا کباب کردن در مورد گوشت
- چسباندن یا متصل کردن در مورد دو قطعه

فوائد تعریف یا مفهوم فرآیند واحد:

۱) بیان کننده عملیاتی می باشد که باید انجام گیرند.

۲) ایجاد و ترکیب یک فرآیند جدید آسان می‌گردد(به عنوان نمونه ساختن واشر که طی مراحل مختلف و فرایندهای واحدی بدنبال هم و بدون انقطاع انجام می‌گیرد و نوعی ترکیب فرآیندهای واحد است.)

۳) امکان جمع‌آوری اطلاعات تفضیلی در مورد فرآیند تولید را فراهم می‌کند.

۱) ارزیابی ومقایسه فرآیندهای مختلف ساده‌تر می‌گردد.(زیرا هزینه فرآیند ها را می توان با توجه به فرآیندهای واحد متشکله آنها محاسبه کرد.)

مزایای ترکیب فرآیندهای واحد:

۱) کاهش زمان برپایی: هرچه تعداد فرآیندهای واحدی که در یک ایستگاه کاری انجام می‌شود بیشتر باشد بخش بیشتری از زمان سیکل صرف عملیات واقعی ساخت و بخش کمتری از آن صرف قرار دادن و برداشتن قطعه می‌گردد. (مانند دو عمل پرس پشت سرهم که احتیاج به تنظیم دستگاه دارد بهتر است آنها را ترکیب کرد.)

۲) حذف عملیات زائد: عملیاتی همچون انتقال مواد، انبارکردن، بازرسی رامی توان کم کرد.

۱- Unit Process

معایب ترکیب فرایندهای واحد:

۱) احتمالاً به ابزار آلات وتجهیزات پیچده‌تری نیازخواهد بود.

۲) انعطاف پذیری کمتر خواهد شد.

رویه طراحی تولید[۱]

قدم های تعریف شده برای طراحی تولید به شرح زیر است:

۱) طراحی محصول (تحقیق و توسعه، طراحی، آزمون)

۲) طراحی فرآیند (تحلیل مشخصات، بررسی های لازم درمورد ساخت یا خرید قطعات، انتخاب مواد، انتخاب فرآیند ،تعیین عملیات ساخت، انتخاب ومشخص نمودن تجهیزات اصلی وجانبی، تعیین توالی عملیات، ارائه مسیرهای تولید)

۳) طراحی عملیات (تحلیل وطراحی روش ها، اندازه گیری وسنجش کار، استانداردهای کار، نیروی انسانی مورد نیاز، تجهیزات مورد نیاز)

۴) طراحی کارخانه (طراحی جریان مواد، طراحی سیستم ها، تحلیل رابطه فعالیتها، تخصیص فضاها، طراحی استقرار، طراحی انبارها و وسایل آن، تعیین خصوصیات ساختمانها، تأسیسات)

۵) آزمون وتصحیح(مطالعات، ارزیابی وکسب اطلاعات، پس خوراند اطلاعاتی)

تصویری ازمحدوده رویه کلی تولید (قدمهای فوق) در جدول (۱-۳) آمده است،که در این جدول از حرف**P** به عنوان وظیفه اصلی[۲] وحرف **J** به عنوان مسئولیت مشترک[۳] و حرف **A** به عنوان مشورت[۴] استفاده شده است. چنانچه مشاهده می‌شود طراحی تولید مسؤلیت مشترک گروههای مختلفی بوده و لازم است که وظایف این گروه ها با ایجاد روابط متقابل سازمانی و رویه های تا بالاترین حد ممکن هم آهنگ گردند.

۱- The Production Design Procedure

۲- Primary Responsibility

۳- Joint Responsibility

۴- Advisory

www.saie.ir

رویه طراحی تولید	کارکردهای مهندسی			
	مهندسی محصول	مهندسی ساخت وتولید	مهندسی صنایع	مهندسی کارخانه
۱- طراحی محصول				
تحقیق وتوسعه	P			
طراحی	P			
آزمون	J	J		
۲- طراحی فراگرد				
تحلیل مشخصات		P		
بررسی های لازم در مورد ساخت یا خرید		P		
انتخاب مواد	P	A		
انتخاب فرآیند	P		A	
تحلیل ابعادی	P	P		
تعیین عملیات ساخت	A	P		
انتخاب ومشخص نمودن تجهیزات تولید	A	A	A	A
مشخص نمودن ابزارآلات وتجهیزات جانبی	P	P		
تعیین ترتیب توالی عملیات	A	P	A	
ارائه مسیرهای تولید		P		
۳- طراحی عملیات				
تحلیل وطراحی روشها			P	
اندازه گیری وسنجش کار			P	
استانداردهای کار			P	
تجهیزات مورد نیاز		J	J	
نیروی انسانی مورد نیاز		A	P	
۴- طراحی کارخانه				
طراحی جریان مواد			P	
طراحی سیستم ها			P	
تحلیل رابطه فعالیتها			P	A
تخصیص فضاها			P	A
طراحی استقرار			P	
طراحی انبارها و وسایل آن			P	
تعیین خصوصیات ساختمانها			J	J
۵- تاسیسات				J
تاسیسات ساختمانی			J	P
تاسیسات تجهیزاتی			A	
۶- آزمون وطراحی				A
ازمون وتصحیح		P	A	
مطالعات ارزیابی	A	P	A	
کسب اطلاعات		A	P	
پس خوراند اطلاعاتی	A	P	A	

جدول ۱-۳ گروه های مسئول طراحی تولید

۳-۲-۲ رویه طراحی فرآیند[۱]

در یک دیدگاه اجمالی رویه طراحی و انتخاب فرآیند در قدم‌های زیر خلاصه می‌گردد:

۱) تعیین عملیات مورد نیاز برای تولید هر قطعه

۲) شناسایی روش ها و انواع مختلفی تجهیزاتی که قادرند عملیات جزیی را انجام دهند.

۳) تعیین زمان تولید و محاسبه کسر ماشین‌آلات برای هر روش عملیاتی

۴) بهینه کردن تعداد ماشین‌آلات واستانداردکردن روش ها

۵) ارزیابی اقتصادی روش ها

۶) انتخاب روش مناسب با توجه به معیارهای از قبل تعیین شده و توافق شده

قدم اول رویه شامل تعیین عملیات مورد نیاز برای تولید هر جزء[۲] می‌باشد که بدین منظور باید گونه‌های مختلف مواد خام و انواع ریزعملیات[۳] بررسی شود. قدم دوم شامل شناسایی انواع مختلف تجهیزاتی است که قادرند عملیات جزیی را انجام دهند که در این ارتباط باید روشهای دستی[۴]، ماشینی[۵] و خودکار[۶] بررسی شوند. قدم سوم شامل تعیین زمانهای تولید واحد[۷] وکسر ماشین مورد نیاز برای عملیات جزیی و بالاخره تعیین نوع تجهیزات است.کسر ماشین ها و میزان بهره‌جویی[۸] ورودیهای قدم چهارم هستند. قدم پنجم شامل ارزیابی اقتصادی انواع تجهیزات آلترناتیو است. نتایج ارزیابی اقتصادی

۱- the Process Design Procedure

۲- Component

۳- Elemental Operation

۴- Manual

۵- Mechainized

۶- Automated

۷- Unit Production Time

۸- Utilizations

www.saie.ir

به همراه عوامل نامحسوسی نظیر، انعطاف‌پذیری[۱]، تنوع پذیری[۲]، قابلیت اطمینان[۳] .قابلیت تعمیر و نگهداری[۴] و ایمنی[۵] به عنوان پایه‌ای برای قدم ششم عمل می کنند.

چنانچه به مسأله طراحی فرآیند عمیقتر نگریسته شود، رویه طراحی فرآیند را می‌توان درقالب قدمهای زیربیان کرد:

۱) جمع آوری اطلاعات موردنیاز شامل (نقشه های محصول و اجزاء، مشخصات کارکردی و کیفیت، صورت مواد و لیست قطعات، نرخ تولید، دسترسی به قطعات)

۲) تحلیل اسناد قطعات (مشخصات قطعات، روشهای کمکی برای تجسم قطعات، مونتاژها و زیرمونتاژها، انتخاب مواد، تحلیل ابعاد و تلرانسها، عملیات جانبی، تهیه برگ مشخصات ویژه یا بحرانی و ...)

۳) تهیه نمودارهای مربوط به فرآیند عملیات و جداول عناصر کاری برای شناسایی و تجزیه و تحلیل عملیات

۴) ترکیب فرآیندهای واحد (طرح فرآیند واحد، گروه بندی فرآیند) و قرار دادن عملیات در یک توالی منطقی با توجه به تقدم اجباری، تقدم کارکردی و زمان عملیات

۵) بررسی تجهیزات[۶] و ابزارآلات[۷] و انتخاب آنها (اطلاعات مربوط به فرآیند، اطلاعات مربوط به ابزارآلات، تعریف پارامترهای موردنظر و عوامل انتخاب مانند راندمان، زمان برپایی، زمان تنظیم، ایمنی و...، مقایسه تجهیزات خاص و چندمنظوره و انتخاب بهترین آنها)

۶) تعیین روش حمل و نقل و نوع تجهیزات آن

۱- Flexibility
۲- Versatility
۳- Reliability
۴- Maintain ability
۵- Safety
۶- Equipment
۷- Tools

۷) تخمین هزینه های تولید[۱] (هزینه های سالیانه، نرخ برگشت داخلی سرمایه گذاری، سایر معیارهای توجیهی، قیمت تمام شده محصول)

۸) درنظر گرفتن عوامل ساختمانی[۲] (فضای موجود، فضای بین ستونها، ظرفیت باری کف، ارتفاع سقف)

۹) تکمیل طراحی فرآیند(تهیه برگ برنامه ریزی عملیات تولید، دستورالعمل های اجرایی، تعداد ماشینها و اپراتورها، طراحی محل های کاری)

۱۰) تدارک تجهیزات (دریافت پیشنهاد سازندگان، تصمیم و سفارش)

۱۱) پیاده کردن (آمادگی برای نصب، نظارت نصب، پیگری)

چنانچه ملاحضه می‌گردد اطلاعات ورودی این رویه را که به آن عوامل شناسایی فرآیند[۳] گویند، برای یک محصول شامل پارت لیست قطعاتی که باید ساخته شوند، نقشه های اجزاء قطعات و توضیحات مربوطه و مقداری که باید تولید شود، می‌باشد.

همچنین خروجی این رویه انتخاب فرآیند است که شامل فرآیندها، تجهیزات و مواد خامی که برای تولید محصولات لازم است می‌باشدکه غالباً به فرم یک برگه مسیر عملیات[۴] یا برگه عملیات[۵] ارائه می‌شود. همچنین نتیجه مطالعات این رویه با تهیه یکسری مدارک فنی همراه است و عبارتند از:

روشهای نمایش فرآیند عملیات(مدارک فنی)

۱. برگه مسیرعملیات

۲. نمودار مونتاژ[۶]

۳. نمودار فرآیند عملیات[۷]

۱- Production Cost Estimat

۲- Bulding Factors

۳- Process Identification Factors

۴- Route Sheet

۵- Operation Sheet

۶-Assembly chart

۷- Operation process chart

www.saie.ir

۴. نمودار فرآیند جریان[1](جدول جریان)
۵. نمودار فرآیند چند محصولی[2]
۶. دیاگرام جریان[3]
۷. دیاگرام تقدم و تأخر[4]
۸. نقشه های فنی محصول، لیست قطعات یا مواد، تصاویر مونتاژ، نقشه های مونتاژ، نقشه های انفجاری

دراین قسمت به شرح فرم ها و نمودارهایی که به عنوان ورودی وخروجی رویه طراحی فرآیند مطرح هستند می پردازیم.

الف) لیست قطعات (پارت لیست):

لیست قطعات فهرستی از قطعات جزء را فراهم می‌کند، که درآن اطلاعاتی شامل:

۱. نام قطعه
۲. شماره قطعه(کد قطعه)
۳. تعداد قطعه درمحصول (ضریب مصرف)
۴. شماره نقشه فنی قطعه
۵. خریدنی یا ساختنی
۶. جنس
۷. منابع تهیه مواد

می آید . همچنین در سربرگ این جدول اطلاعات زیر می آید:

۱. نام جدول (لیست قطعات)
۲. نام مؤسسه
۳. نام محصول

---

[1] - Flow process chart
[2] - Multi-product process chart
[3] - Flow Diagram
[4] - Precedence Digram

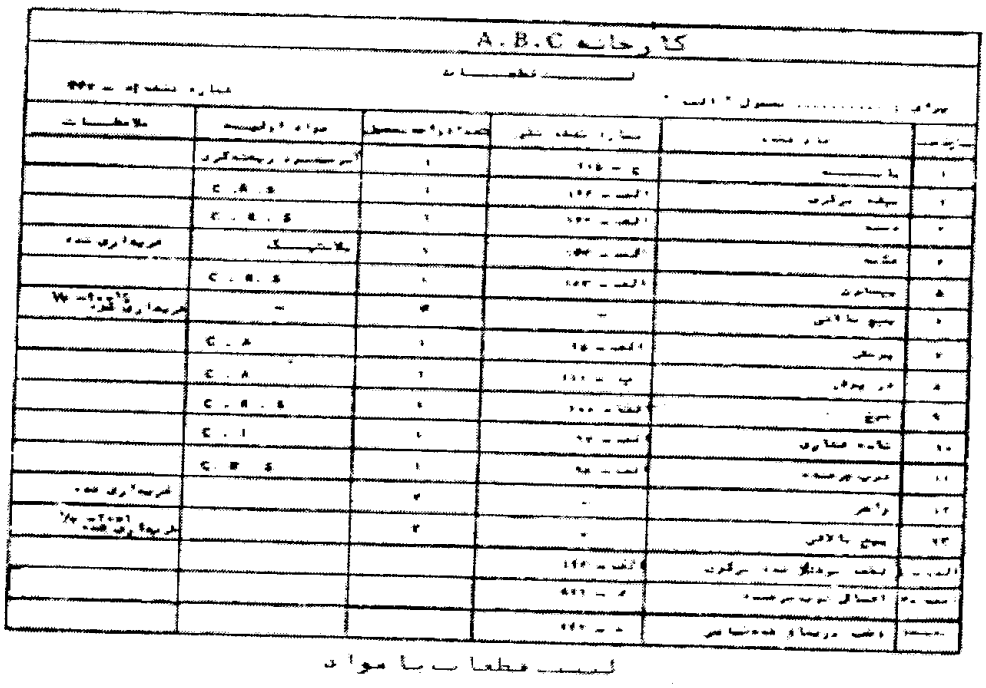
۴. تعداد تولید سالیانه محصول

۵. نام تهیه کننده

۶. تاریخ تهیه و ...

تبصره : لازم به تذکراست که این فرم ها کلیشه استانداری نداشته و بنا به نیاز تهیه می‌گردند و عناوین اطلاعاتی بنا به ضرورت کم یا زیاد خواهد شد.

نمونه ای ازلیست قطعات درشکل های(۱۰-۳)و(۱۱-۳) آمده است.



شکل (۱۰-۳)

www.saie.ir

Parts list for an air flow regulator.

PARTS LIST

Company T. W., Inc. Prepared by J. A.

Product Air Flow Regulator Date

Part No.	Part Name	Drwg. No.	Quant./ Unit	Material	Size	Make or Buy
1050	Pipe plug	4006	1	Steel	.50" × 1.00"	Buy
2200	Body	1003	1	Aluminum	2.75" × 2.50" × 1.50"	Make
3250	Seat ring	1005	1	Stainless steel	2.97" × .87"	Make
3251	O-ring	—	1	Rubber	.75" dia.	Buy
3252	Plunger	1007	1	Brass	.812" × .715"	Make
3253	Spring	—	1	Steel	1.40" × .225"	Buy
3254	Plunger housing	1009	1	Aluminum	1.60" × .225"	Make
3255	O-ring	—	1	Rubber	.925" dia.	Buy
4150	Plunger retainer	1011	1	Aluminum	.42" × 1.20"	Make
4250	Lock nut	4007	1	Aluminum	.21" × 1.00"	Buy

شکل (۱۱-۳)

ب) صورت مواد (سیاهه مواد[1])

ایـن فـرم به یک فهرست قطعات طبقه‌بندی شده اشاره می‌کند که همان اطلاعات پارت لیسـت را بـه عـلاوه اطلاعاتـی در مـورد سـاختار محصـول بدست می‌دهد. نوعاً ساختار محصول سلسـله مراتب سطوح مختلف مونتاژ

قطعـه اسـت. سـطح صـفر معمـولاً بـه محصـول نهایـی اشـاره می‌کند. سطح یک برای زیرمونتاژها واجزائی که مستقیماً به سطح یک تغذیه می‌شوند و الی آخر.

نمونه ای از این فرم در شکل (۱۲-۳) آمده است.

BILL OF MATERIALS

Company T. W., Inc. Prepared by J. A.

Product Air Flow Regulator Date

Level	Part No.	Part Name	Drwg. No.	Quant./ Unit	Make or Buy	Comments
0	0021	Air flow regulator	0999	1	Make	
1	1050	Pipe plug	4006	1	Buy	
1	6023	Main assembly	—	1	Make	
2	4250	Lock nut	4007	1	Buy	
2	6022	Body assembly	—	1	Make	
3	2200	Body	1003	1	Make	
3	6021	Plunger assembly	—	1	Make	
4	3250	Seat ring	1005	1	Make	
4	3251	O-ring	—	1	Buy	
4	3252	Plunger	1007	1	Make	
4	3253	Spring	—	1	Buy	
4	3254	Plunger housing	1009	1	Make	
4	3255	O-ring	—	1	Buy	
4	4150	Plunger retainer	1011	1	Make	

Bill of materials for an air flow regulator.

شکل(۱۲-۳)

[1]- Bill Of Materials

www.saie.ir

ج) برگه فرآیند عملیات (برگه مسیر تولید)

ایـن بـرگه مـراحـل فرآیند و عملیات لازم جهت تبدیل مـواد خـام به محصول نهایی را بـرای هـر قطعه نشان می‌دهد. اطلاعاتی که معمولا درسربرگ برگه فرآیند عملیات جود دارد به شرح زیر است:

۱. نام و شماره قطعه
۲. شماره نقشه فنی قطعه
۳. نام محصول
۴. تعداد تولید سالیانه
۵. نام تهیه کننده
۶. تاریخ تهیه
۷. نام موسسه

همچنین اطلاعاتی که درمتن برگه فرآیند عملیات می آید عبارتند از:

۱. شرح عملیات
۲. شماره عملیات
۳. نام ماشین و تجهیزات
۴. زمان استاندارد[1]
۵. تعداد ماشین مورد نیاز
۶. تعداد کارگر مورد نیاز
۷. نام بخش یا دپارتمان

مزایای برگه مسیر تولید(فرآیند عملیات) به شرح زیر است:

۱) نشان دادن توالی عملیات روی هر قطعه
۲) نشـان دادن زمـان هـای اسـتاندارد هـر عمـل جهـت محاسبات نیروی انسانی و تجهیزات مورد نیاز و ایستگاه کاری

---

1. Standard Time

۳) کمک به طرح استقرار

۴) نشان دادن روشهای تولید

۵) نشان دادن تجهیزات مورد نیاز

برگه فرآیند عملیات (مسیر تولید)را می توان برای هر قطعه جداگانه تهیه نمود. همچنین ممکن است برای کلیه قطعات یک محصول تنها یک برگه مورد استفاده قرار گیرد.

نمونه ای از برگه مسیر تولید(فرآیند عملیات)درشکل‌های (۱۳-۳)و(۱۴-۳)و(۱۵-۳) آمده است.

جدول فرآیند عملیات

نام قطعه: صفحه پیستون — مدل: الف ۲۵۶۲ الف ۱ — شماره قطعه: ۶۵۱۰۷۷۷

مواد اولیه: بلندر فرج صفحه الف ۲۵ — قالب: شماره شمش: ۹

عملیات	ماشین آلات	شماره عملیات	دپارتمان	زمان استاندارد: شماره ثبت	دقیقه	ساعت	تعداد کارگر	زمان استاندارد گروه
تراشکاری، چرخاندن، پیچیدن و فرم دادن								
(6 SWBS)		۲۷ الف	۶۲ الف ۲	۲۳۲۶		۰/۱۵۳		۰/۲۲۰۲
تراشکاری، چرخاندن طرف بزرگ (6SWBS)		۲۷ ب	۶۲ الف ۳	۲۸۰۶		۰/۰۶۲۲		
بازرسی و انبارش به گروه ۲ الف ۲۳		۲۳	۲۳	کارگرس	متفرقه			
سنه کاری(۲) سوراخ ۲۱/۲۶ و (۲) سوراخ ۷/۳۲ اینچ								
و(۲) سوراخ کوچک (4 SPB-EE)		۲۳	۲۳ ب ۱	۲۵۴۱		۰/۰۷۳		۰/۰۷۳
بازرسی و انبارش به گروه ۲۳ ب ۱		۲۳	۲۳	کارگرس	متفرقه			
ایجاد سوراخ ۲/۳۲ × ۶/۶۲ اینچ (Kent Owens)		۳۱ الف	۲۳ ب ۲	۲۸۸۳		۰/۰۲۳۷		۰/۰۲۳۷
بازرسی و انبارش به گروه ۲۳ ب ۲		۲۳	۲۳	کارگرس	متفرقه			
مرزکاری (Lees Bradner)		۳۱ ب	۲۳ ب ۵	۲۸۹۲		۰/۰۷۲۱		۰/۰۷۲۱
بازرسی و انبارش به گروه ۲۳ ب ۲		۲۳	۲۳	کارگرس	متفرقه			
سنه کاری (Burr Room)		۷ الف	۲۳ د	۲۲۵۵		۰/۰۳۲		۰/۰۲۶۲
سوراخکاری یک طرف سوراخ (Burr Room)		۷ ب	۲۳ د	۲۲۵۲		۰/۰۰۹		
شستشو (Burr Room)		۱۰	۲۳ د	۲۲۹۰		۰/۰۰۲۷		
بازرسی و انبارش به گروه ۲۳ د		۲۶	۳۰	کارگرس	متفرقه			
انتقال به انبار موقت								
(درپوشاندن پیستون بکار میرود ۶۵۰۰۳۸۶)								
جمع								

نمونه‌ای از جدول فرآیندعملیات

شکل(۱۳-۳)

www.saie.ir

جـــــدول فرآیند عملیـــــــات

نام قطعه _____ شماره نقشه ۲۸۵-ح
شماره قطعه ۱

شماره عملیات	شـــــرح عملیات	نام ماشیـــــن	قیدوبندها و ابزارها	شماره بخش	زمان استاندارد	ظرفیت ماشین در ساعت	تعداد ماشیـــن	تعداد کارگـــر	فضای مورد نیاز
۱	تراشکاری کف	14" Leblond	گیره مخصوص ابزار چرخش		۰/۰۱۶۷	۶۰	۱/۲۶		
۲	تراشکاری سقف سوراخ‌کردن	Warner& Swadey turret lathe	گیره مخصوص، ابزار صاف‌کردن و مته		۰/۰۴۲	۲۳/۸	۳/۲۵		
۳	مته‌زنی سه سوراخ پیچ	21" Cleeneman drill press	جعبه نگهدارنده		۰/۰۱۲	۸۳/۳	۰/۹۶		
۴	مته کاری سوراخ میخ	Delta drill press	صفحه نگهدارنده		۰/۰۰۴۲	۲۳۸	۳۲		
۵	مته‌زنی سوراخ $\frac{3}{4}$ اینچ	24" Fosdick 2Spindle drill press	جعبه نگهدارنده		۰/۰۱۳	۵۵/۴	۱/۱۸		
۶	بازرسی				۰/۰۱۸	۵۵/۵	۱/۳۴		
۷	تمیزکاری	Detrox			۰/۰۰۷	۱۴۲/۰	۰/۵۲		

جدول فرآیندعملیات برای یک قطعه

شکل (۱۴-۳)

ROUTE SHEET

Company *Open-Close Valve Company* Prepared by *John McFrancis*

Product *Gate valve* Date *October 31, 19xx*

Part Name *Bushing* Part Number *0901*

Material *Bronze casting* Production Quantity *1500*

Op. No.	Operation Description	Machine Type	Tooling and Supplies	Setup Time (hrs)	Oper Time (hrs
05	Cast: using green sand mold with 50 bushings per mold; pour, cool, cut-off gates and risers	Bench mold Band saw	T-shaped dry sand core for each bushing	0.50	2.00
06	Clean: grind, as needed to remove flashing, and tumble	Bench or pedestal grinder; tumbling barrel	A-24-M-8-V type grinding wheel	0.25	0.75
07	Drill hole: 3/16" x 1/2"	Turret lathe	3/16" drill	0.50	2.50
08	Bore hole: 7/16" x 1/4"	Turret lathe	7/16" bore	—	2.75
09	Turn: small end to 5/8"; large end to 3/2" and then large end to 5/4"	Turret lathe	Round-nose turning tool, cut-off tool, and right-hand facing tool	—	10.50
10	Thread: small and large ends (5/8" – (16 UNC-2A and 5/4" – 16 UNC-2A threads)	Turret lathe	Stationary, self-opening die heads for 5/8" and 5/4"	—	3.25
			TOTALS	1.25	21.75

Comments: Operations 7 through 10 are performed on the same turret lathe, using one setup. The operating times given include rechucking the workpiece. The operations are performed as follows: chuck large end, drill, bore, turn, thread, and cutoff small end to length; chuck small end, grip hexagonal surface; turn large end to 1.50" over 0.375" length, cutoff to length, turn large end to 1.25" over 0.25" length, retaining 1.50" diameter over 0.125" length.

شکل (۳-۱۵)

www.saie.ir

د)نمودار مونتاژ

ایـن نمودارتصـویری اسـت ازترتیـب مونـتاژ کلـیه قطعـات (با رعایت ترتیب مونتاژهای فرعی[۱])به خط مونتاژ اصلی و چگونگی ترکیب اجزاء محصول، نمادهایی که در این نمودار به کار می‌روند عبارتند از:

دایره نشان دهنده عمل مونتاژ

مربع نشان دهنده عمل بازرسی

طـریقه رسـم - سـاده ترین روش برای تشکیل یک نمودارمونتاژ این است که ازمحصول کـامل شروع کرده ومطابق با خط مونتاژ محصول به عقب حرکت کرده تا به اجزاء اصلی برسـیم. مـثلاً در رسـم نمـودار مونـتاژ شکل از گوشه سمت راست یعنی ازخود رگلاتور جـریان هـوای کـامل، شروع شده و اولین عمل دمونتاژ، بازکردن پوشش رگلاتور (عکس بسـته بـندی[۲]) اسـت. عمـل مـا قبل بسته بندی بازرسی رگلاتور است. اولین جزء برای دمونـتاژ از رگلاتـور، قطعـهٔ شـمارهٔ 1050 اسـت کـه با عمل A-3 نشان داده شده است. سـپس مهـره قفلـی دمونتاژ شده و بالاخره بدنه از مجموعهٔ بدنه جدا می‌شود. (مجموعهٔ بدنه در مونتاژ فرعی S A-1). تنها گامهای باقیماندهٔ قطعات متصل به SA-1 است.

شـکل (۱۶-۳) نمونـه‌ای از نمودارهـای مونـتاژ مـربوط بـه رگلاتـور جریان هوا را نشان می‌دهد.

مزایای استفاده از نمودار مونتاژ :

۱- چگونگی و ترتیب اتصال و مونتاژ قطعات

۲- نشان دادن زیر مونتاژها (مونتاژهای فرعی)

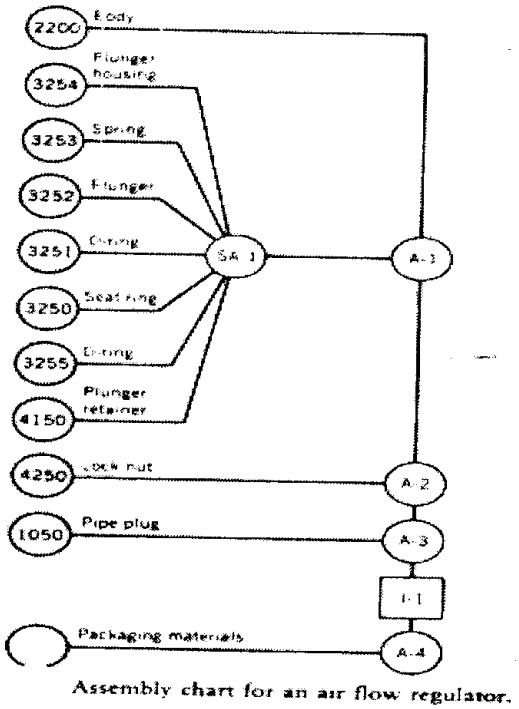
۳- جریان قطعات به سمت خط مونتاژ

۴- تصویر کلی از فرآیند محصول

۱- Subassembly

۲- Pakaging

۵- نمودار اولیه جهت طرح کلی جریان مواد[۱]



Assembly chart for an air flow regulator.

شکل (۱۶-۳)

هـ) نمودار فرآیند عملیات[۲]

[۱]- Material Flow

[۲]- Operation Process Chart

www.saie.ir

این نمودار یک دید کلی از فرآیند عملیات جهت تولید محصول را نشان می‌دهد و در آن کلیهٔ عملیاتی که بر روی هر قطعه انجام می‌گیرد، مشخص می‌شود. به عبارت دیگر می‌توان گفت نمودار فرآیند عملیات، نمودار مونتاژی است که در آن کلیهٔ عملیاتی که بر روی هر قطعه انجام می‌شود نیز در روی شکل مشخص می‌گردد. در واقع این نمودار، نمودار مونتاژی است که جداول مراحل ساخت بر روی آن تصویر شده است. نمادهایی که در این نمودار به کار می‌روند عبارتند از:

دایره نشان دهندهٔ نوع عمل

مربع نشان‌دهندهٔ عمل بازرسی

در این نمودار زمان انجام عملیاتی که معلوم و قابل اندازه‌گیری است در کنار نماد مربوطه ثبت می‌شود.

طریقهٔ رسم -برای رسم نمودار فرآیند عملیات پیشنهاد می‌گردد به روش زیر عمل شود:

قدم ۱ : مشخص نمودن قطعه یا جزء اصلی

قدم : فهرست نمودن عملیات وبازرسی‌ها به ترتیب (با شرحی خلاصه وکامل برای هر یک)

قدم ۳ : از گوشهٔ بالا و سمت راست کاغذ شروع کرده نام قطعه یا جزء اصلی و مشخصات آن را می‌نویسیم. در زیر آن یک خط افقی که در انتهای سمت راست خط یک فلش می‌باشد، رسم می‌کنیم. این خط ورود مواد به داخل فرآیند تولید را نشان می‌دهد.

قدم ۴ : از نوک فلش خط قائمی به طرف پائین برای نشان دادن توالی عملیات و بازرسی مطابق آنچه که در قدم دوم آمده است رسم می‌کنیم.

قدم ۵ : در سمت چپ هر علامت نوع کاری که انجام شده است از قبیل برش، ماشین‌کاری، اندازه‌گیری قطر و ... و در سمت راست آن زمان مجاز برای انجام آن عمل نوشته می‌شود.

قدم ۶ : روش فوق را ارائه می‌دهیم تا اینکه یک قطعه یا جزء دیگری به جزء اصلی ملحق شود. این نقطه با رسم یک خط افقی از چپ به راست که خط قائم موجود را قطع

می‌کند نشان داده می‌شود و بیانگر مشخصات جزء جدید می‌باشد. اگر این جزء خریداری شده باشد مشخصات آن در بالای خط نوشته می‌شود، ولی در صورتی که قبل از مونتاژ، بر روی این جزء، عملیاتی در کارخانه انجام شده باشد، یک خط قائم از انتهای سمت چپ خط افقی به طرف بالا کشیده می‌شود. برای این جزء نیز آنچه در قدم دوم آمد تکرار می‌گردد. با جزء جدید نیز مانند یک جزء اصلی رفتار می‌شود و روش به همین ترتیب ادامه پیدا می‌کند.

قدم ۷ : برای تمام اجزائی که به جزء اصلی و یا اجزاء دیگری ملحق می‌گردند این روش تکرار می‌شود.

قدم ۸ : عملیات به ترتیب و بر اساس جریان کلی فرآیند شماره‌گذاری می‌شوند. به همین نحو شماره‌گذاری برای بازرسی‌ها نیز انجام می‌گیرد و از هر شماره بیش از یک مرتبه در دو نمودار استفاده نمی‌شود.

یک نمونه از نمودار فرآیند عملیات مربوط به رگلاتور هوا در شکل (۱۷-۳) آمده است.

مزایای رسم نمودار فرآیند عملیات :

۱- توالی و ترتیب انجام عملیات مورد نیاز روی هر قطعه از محصول
۲- نشان دادن ترتیب ساخت و مونتاژ
۳- نشان‌دهندهٔ پیچیدگی نسبی ساخت قطعات
۴- ابزاری برای تجزیه و تحلیل ساخت محصول قطعات
۵- نشان دهندهٔ طول تقریبی خط تولید و فضای مورد نیاز
۶- نشان‌دهندهٔ نقطهٔ ورود هر قطعه به خط تولید
۷- پیدا کردن مونتاژهای فرعی
۸- تمایز بین قطعات ساخته شده و خریداری شده
۹- استفاده از آن در طرح‌ریزی مناطق کاری
۱۰- تخمین تعداد تقریبی از کارکنان مورد نیاز
۱۱- نشان دادن چگونگی تمرکز ماشین‌ها، تجهیزات، ابزار و افراد در یک محل

www.saie.ir

۱۲- تصویری از حمل و نقل مواد

۱۳- تصویری کلی از نقشهٔ جریان مواد

و - جدول جریان (نمودار فرآیند جریان[۱])

این جدول (نمودار) نشان‌دهندهٔ فرآیند جریان عملیات تولیدی می‌باشد و اطلاعات جزئی‌تر نسبت به نمودار فرآیند عملیات را نشان می‌دهد. این جدول تصویری از توالی تمام عملیات از قبیل عمل ساخت، حمل و نقل، انبار کردن[۲]، بازرسی[۳]، تأخیر[۴]ها را که در حین فرآیند اتفاق می‌افتد، مشخص می‌کند در این جدول ترتیب جریان یافتن کار با عبور محصول یا قطعه‌ای از آن در کارخانه یا بخش‌های با استفاده از علائمی ثبت می گردد. جدول جریان تولید مسیر حرکت یک محصول یا فعالیت‌های یک کارگر را دنبال می‌کند، یعنی ممکن است به دو صورت تهیه شود با فعالیت‌های روی مواد ثبت می‌گردد و یا کارهایی که توسط پرسنل انجام می‌گیرد. این جدول در حقیقت تکمیل شدهٔ نمودار فرآیند عملیات است.

نمادهایی که در این جدول به کار می‌روند ،از طرف انجمن مهندسین مکانیک آمریکا (ASME) پیشنهاد شده است که عبارتند از :

- عملیات : زمانی که خصوصیات فیزیکی یا شیمیایی یک شیء را عمداً تغییر دهند و یا آن را از شیء دیگری جدا و یا بر آن سوار کنند و یا آن را برای انجام عملیات بعدی، حمل و نقل، بازرسی یا انبار آماده یا مرتب کنند.

۱- Flow Process Chart

۲-Storages

۳- Inspection

۴- Delays

□ بازرسی : زمانی که یک شیء به منظور شناسایی مورد آزمایش قرار گیرد و یا خصوصیات آن از نظر کیفی و کمی کنترل گردد.

⇨ حمل و نقل : هنگامی که یک شیء از محلی به محل دیگر منتقل شود بدیهی است اگر این انتقال جزء یکی از عملیات باشد و یا توسط اپراتور در حین کار و یا بازرسی انجام گیرد، حمل و نقل نامیده نمی‌شود.

D تأخیر : در صورتی که تحت شرایطی اجرای مرحله‌ای از عملیات از پیش تعیین شده به تعویق افتد تأخیر رخ داده است. بدیهی است تأخیرهایی که عمداً به منظور تغییر خصوصیات فیزیکی یا شیمایی شیء صورت می‌گیرند تأخیر به حساب نمی‌آید.

▽ انبار : زمانی که یک شیء در محلی نگه داشته شده و از انتقال غیرمجاز آن جلوگیری می‌شود، آن شیء انباره یا ذخیره شده است.

○ فعالیت‌های مرکب : در صورتی که فعالیت‌ها به طور همزمان و یا توسط اپراتور در یک مرحله انجام شوند. این نماد دایره محاط در یک مربع نشان‌دهندهٔ انجام همزمان عملیات و بازرسی می‌باشد.

جدول جریان از سه قسمت تشکیل شده است :

الف : اطلاعات سربرگ جدول شامل :

۱- شرح مختصری از فعالیت ۲- نقاط شروع و خاتمه ۳- نوع جدول (جدول جریان برای پرسنل یا مواد) ۴- وضعیت موجود یا پیشنهادی ۵- نام تهیه کنندهٔ جدول ۶- تاریخ ۷- بخش (دپارتمان)

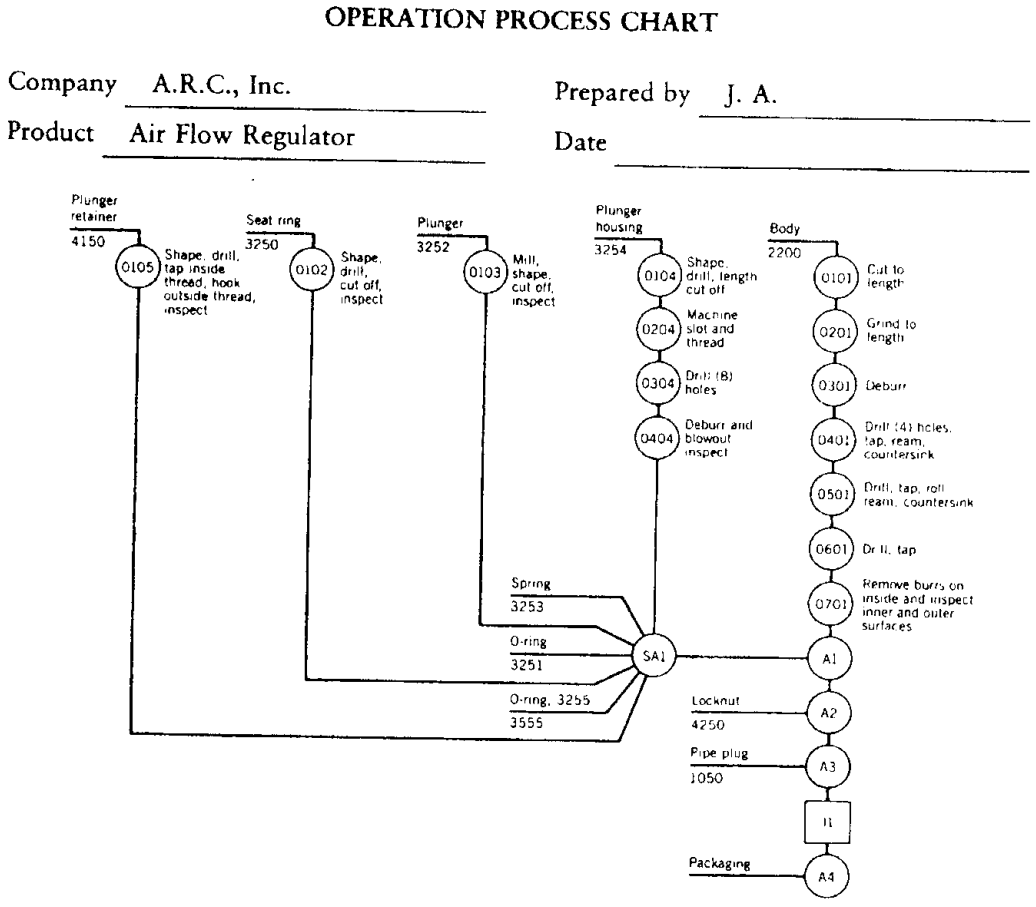
ب- اطلاعات متن جدول شامل :

۱- شرح فعالیت‌های مختلف نظیر بازرسی، عملیات، حمل و نقل، انبار و تأخیر زمان انجام فعالیت ۲- مسافت طی شده در هر فعالیت ۳- تعداد افراد مورد نظر ۴- نوع ظرف حمل و نقل ۵- زمان مورد نیاز ۶- روش حمل و نقل ۷- تعداد قطعات حمل شده ۸- شمارهٔ بخش

www.saie.ir

ج – خلاصهٔ جدول (گوشهٔ بالا و سمت چپ جدول) شامل :

۱- مقدار کل و زمان لازم برای عملیات، بازرسی، حمل و نقل، تأخیر، انبار ۲- کل مسافت پیموده شده ۳- مقایسه بین وضعیت پیشنهاد شده و وضعیت موجود در صورت لزوم همچنین قسمتی دیگر برای تجزیه و تحلیل، تغییرات حاصله وملاحظات در نظر گرفته شود. باید توجه داشت هنگامی که این جدول به منظور طراحی به کار گرفته شود، نشان‌دهندهٔ طرح آتی می‌باشد.



Operation process chart for the air flow regulator.

شکل (۱۷-۳)

مزایای استفاده از جدول جریان :

۱-ثبت کلیهٔ مراحل فرآیند ۲- بررسی جزئیات عملیات ۳- مشخص کردن کلیهٔ حرکات، انبارها، تأخیرها ۴- مبنایی برای بررسی و اصلاح و بهبود عملیات ۵- نشان‌دادن فواصل حرکت ها و تجهیزات و نیروی انسانی ۶- مبنایی برای تخمین هزینه ۷- ابزاری برای تجزیه و تحلیل جریان مواد

نحوهٔ تکمیل جدول :

۱- تهیهٔ فرم چاپی این جدول ۲- مشخص نمودن فعالیتهای لازم و تشخیص نوع نماد مربوطه و وصل نمودن این نمادها از بالا به پایین ۳- دنبال نمودن تنها یکی از عوامل (مواد، تجهیزات، افراد) ۴- نوشتن اطلاعات مورد نیاز در ستون یا ستون‌های در نظر گرفته شده شامل فواصل حرکت، تعداد افراد مورد نیاز، نوع ظروف حمل و نقل، زمان انجام هر فعالیت، مقدار قطعات حمل شده، روش حمل و نقل و شمارهٔ بخش ۵- شماره‌گذاری هریک از فعالیت‌های در سری مربوطه مثلا بازرسی‌ها از شمارهٔ ۱ الی آخر در ستون مربوطه به خود.

نمونه‌ای از جدول جریان در شکل‌های (۱۸-۳ و ۱۹-۳) آمده است.

www.saie.ir

جدول جریان روش کار	از طریق کارگر / مواد / وسایل
موضوع جدول:	خلاصه
طرح ریزی قاب روکار چهارگوش	فعالیت / کنونی / پیشنهاد / صرفه‌جویی
فعالیت:	عمل ○
روش: کنونی / پیشنهادی	انتقال ⇨
قسمت:	تأخیر D
محصول و مدل قاب روکار چهارگوش	کنترل □
تاریخ:	انبار ▽
تهیه:	فاصله
تصویب:	زمان
	هزینه: کارگر / مواد
	جمع

شرح	تعداد	فاصله	زمان	علایم	ملاحظات
ورق از انبار آورده می‌شود				▽ □ D ⇨ ○	
ورق توسط قیچی به ابعاد ۵۴×۵۴ بریده می‌شود				▽ □ D ⇨ ●	
روی پرس آورده می‌شود				▽ □ D ➡ ○	
طی دو مرحله گوشه‌های ورق بریده شده و سوراخها رده می‌شود				▽ □ D ⇨ ●	
به طرف خم کن می‌رود				▽ □ D ➡ ○	
روی خم کن چهارگوشه آن خم می‌شود				▽ □ D ⇨ ●	
به طرف نقطه جوش می‌آید				▽ □ D ➡ ○	
روی نقطهٔ جوش گوشه‌ها نقطه جوش می‌شود				▽ □ D ⇨ ●	
انبار محصول نیمه تمام A				▼ □ D ⇨ ○	
				▽ □ D ⇨ ○	
ورق از انبار بیرون می‌آید				▼ □ D ⇨ ○	
ورق توسط قیچی به ابعاد ۴۵×۴/۵ بریده می‌شود				▽ □ D ⇨ ●	
به خم کن حمل می‌شود				▽ □ D ➡ ○	
روی خم کن یک طرف آن خم می‌شود				▽ □ D ⇨ ●	
به طرف انبار محصول نیمه تمام برای نقطهٔ جوش B				▽ □ D ➡ ○	
				▼ □ D ⇨ ○	محصول A و B از انبار
به طرف نقطهٔ جوش				▽ □ D ➡ ○	در بین عملیات شستشو عامل
۴ عدد محصول B روی محصول A نقطهٔ جوش می‌شود				▽ □ D ⇨ ●	حمل و نقل نیز وجود دارد
۴ عدد بست فنری روی محصول نقطهٔ جوش می‌شود				▽ □ D ⇨ ●	که در روی نمودار نشان داده
به طرف چربی زدایی				▽ □ D ➡ ○	نشده است.
چربی زدایی می‌شود				▽ □ D ⇨ ●	
آب سرد				▽ □ D ⇨ ●	
آب گرم				▽ □ D ⇨ ●	
فسفاته کردن				▽ □ D ⇨ ●	

شکل (۱۸-۳)

	فعلی		پیشنهادی		اختلاف	
	زمان	شماره	زمان	شماره	زمان	شماره
○ عمل						
⇨ حرکت						
□ بازرسی						
D تأخیر						
▽ انبار						
جمع						

تاریخ: ۲/۲۹

شماره: صفحه: از:

موضوع عملیات:

شروع نمودار: از انبار

پایان نمودار: مغز و بدنهٔ کامل شده

تهیه کننده: ب - م

ردیف	گرفته شده از: روش پیشنهادی / فعلی	○	⇨	□	D	▽	فاصله	مقدار	زمان	توضیحات
۱	تحویل از انبار					▽				
۲	به طرف دهانهٔ برشی با چرخ دستی						۲۵	۱۳۰۰	۰/۲۵	قطعات تکمیل شدهٔ کوچکتر در جعبه‌های عددی قرار می گیرند.
۳	برش مقطعی و چهار شیار در بالا		⇨					۱۲۰۰	۳۰	یکی یکی در هر زمان در دستگاه قرار می گیرد.
٤	به طرف دستگاه مغز مداد						۲۵	۶۰۰	۰/۱۳	چرخ دستی .
۵	انتظار برای مغزگذاری				D			۶۰۰		قطعه برای تکمیل بقیهٔ اندازه‌ها معطل می‌ماند.
۶	به دستگاه داده شده							۶۰۰		در حالت دستگاه روشن کار کرده.
۷	مغزگذاری شده							۶۰۰	۲۰/۶	دستگاه فشاردهنده از پایین فشار می‌دهد.
۸	کنترل برای مغز مداد			□						در روی میز فلزی بازرسی می‌شود.
	در خلال کار ماشین									
۹	به طرف چسب زنی						۳۰	۶۰۰	۰/۱۵	چرخ دستی
۱۰	انتظار برای چسب زنی				D			۶۰۰		مراجعه به ۵
۱۱	دستگاه چسب تغذیه شده							۶۰۰	۲/۱	دستگاه چسب تغذیه شده
۱۲	چسب زده شده							۶۰۰		دستگاه فشاردهنده مغز را به طرف چرخ دستی می‌راند.
۱۳	تراشکاری							۶۰۰	۱۱/۶	مغز چسب زده بعد روی پوسته قرار می گیرد.
۱٤	مغز و بدنهٔ کامل شده							۶۰۰	۶	۲٤ بستهٔ ۲۵ عددی با هم بسته‌بندی می‌شود.

شکل (۱۹-۳)

www.saie.ir

ز- نمودار فرآیند چند محصولی[1]

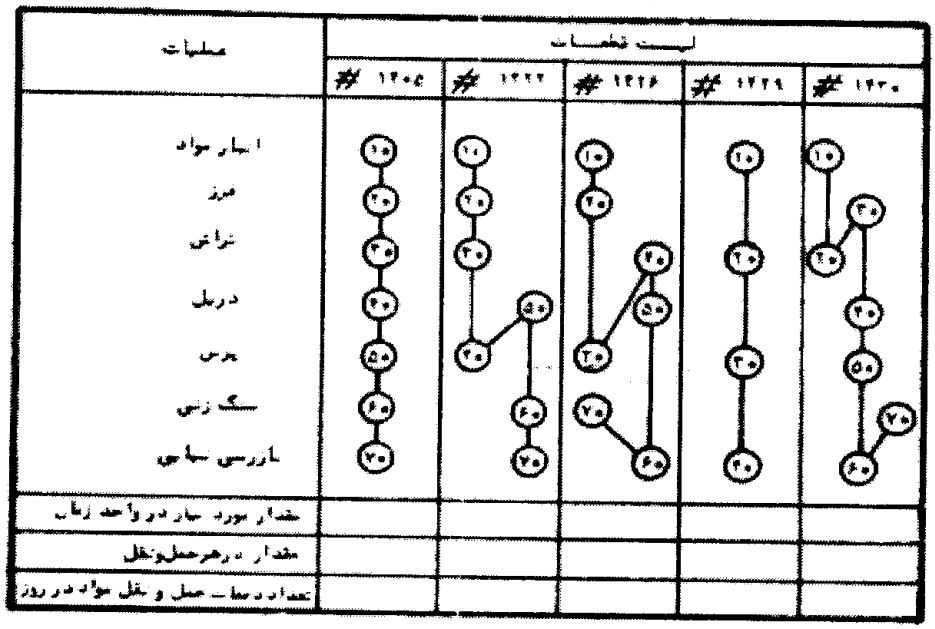
در مواردی که تنوع محصولات زیاد باشد، مطالعه تک‌تک نمودارهای فرآیندهای عملیات و یافتن رابطهٔ آنها با یکدیگر کار مشکلی است. که در این صورت از جدول فرآیند چند محصولی استفاده می‌گردد.

در قسمت بالای جدول لیست محصولات یا قطعات تولیدی مشخص شده و در ستون چپ از بالا به پایین نام عملیات نوشته می‌شود به این ترتیب می‌توان مسیر تولید قطعات مختلف یک محصول را و یا محصولات مختلف را با یکدیگر مقایسه نمود.

مزایای استفاده از این نمودار :

۱- نشان دادن مقدار برگشت‌های به عقب[2] در کل جریان مواد ۲- نشان دادن شدت ارتباط بین بخش ها ۳- کمک به تجزیه و تحلیل جریان مواد ۴- کمک به طراحی استقرار

نمونه‌ای از این جدول در شکل (۲۰-۳) آمده است.



شکل (۲۰-۳) جدول فرآیند چند محصولی

[1]- Multiproduet process chart

[2]- Backtracking

ح- دیاگرام (نقشه) جریان[۱]

از این نمودار برای دنبال کردن جریان مواد که در فرآیند تولید استفاده می‌شود و نشان دهندهٔ موقعیت همهٔ فعالیت‌هایی است که در جدول جریان می‌آید.

در حقیقت این دیاگرام جریان محصول را روی استقرار دیکته می‌کند. هر فعالیت روی این دیاگرام با نماد و شماره مربوطه در جدول جریان مشخص گردیده و جهت حرکت با پیکان نشان داده می‌شود. در واقع درآن کلیهٔ عملیات، بازرسی‌ها، حمل و نقل‌ها، تأخیرها، انبار کردن‌ها بر روی شیبی با مقیاس مناسب از منطقهٔ مورد نظرنشان داده می‌شود.

این نقشه کامل کنندهٔ جریان مواد است که مسیرهای واقعی نقل و انتقالات در آن دیده می‌شود. جهت رسم مسیرهای حرکت در صورت تنوع مواد و پیچیده بودن مسیر، پیشنهاد می‌گردد که برای هر ماده یا قطعهٔ یک رنگ بخصوص در نظر گرفته شود.

نقشهٔ جریان ممکن است به صورت دو بعدی و یا سه بعدی تهیه گردد. در مواردی که فرآیند تولید در طبقات مختلف انجام شود استفاده از نقشه سه بعدی بسیار مناسب به نظر می‌رسد.

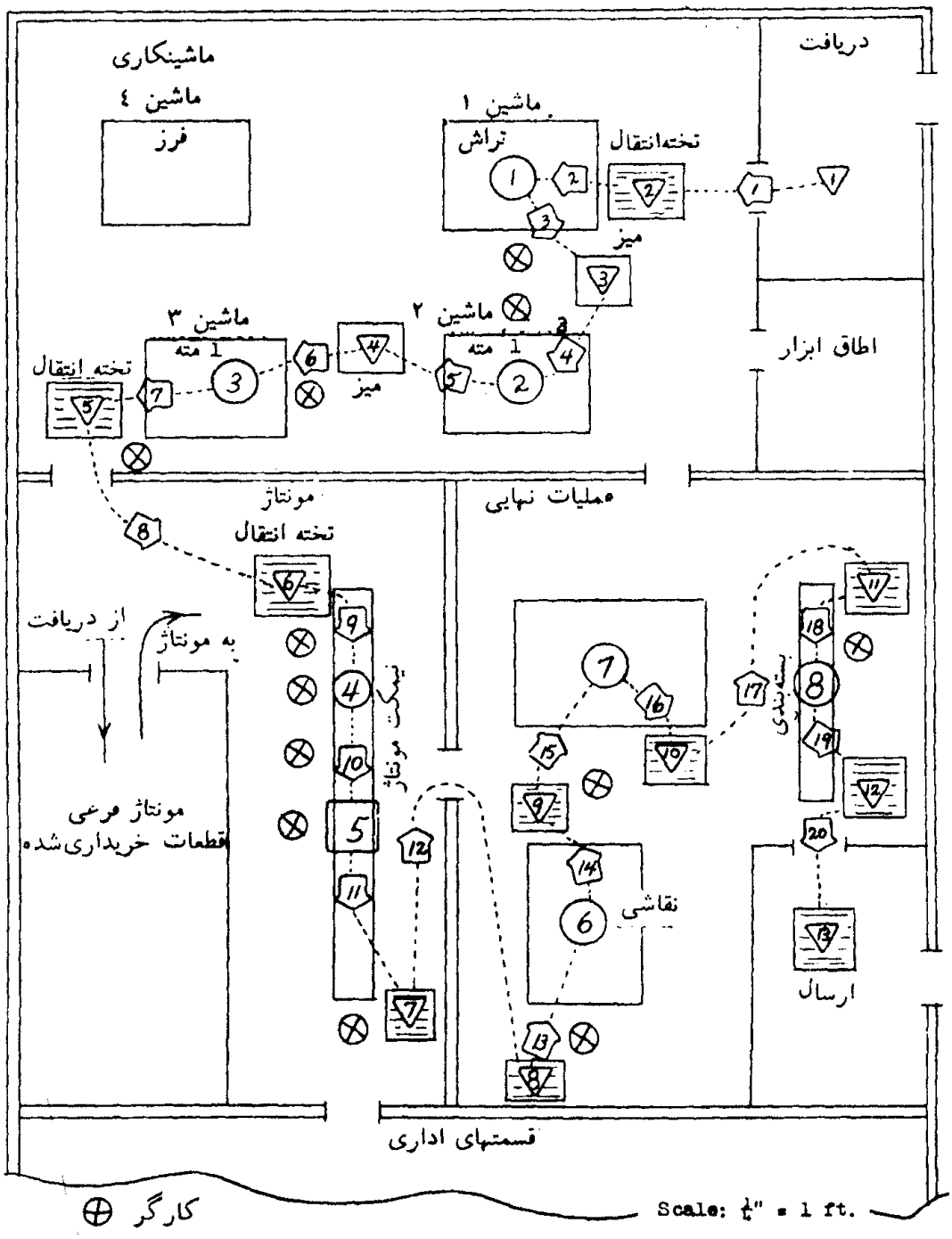
به طور کلی کاربرد این دیاگرام در موارد زیر است :

۱- نمایش مسیر قطعات ۲- نمایش ترافیک، مناسب بودن راهروها و غیره ۳- درک مشکلات موجود در استقرار بخش‌ها ۴- نشان دادن برگشت به عقب‌ها

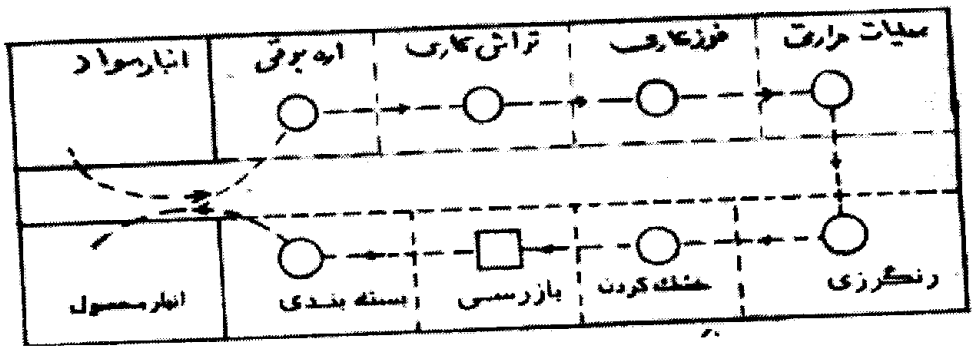
نمونه‌ای از این نقشه‌ها در شکل‌های (۲۱-۳ و ۲۲-۳ و ۲۳-۳) آمده است.

۱- Flow Diagram

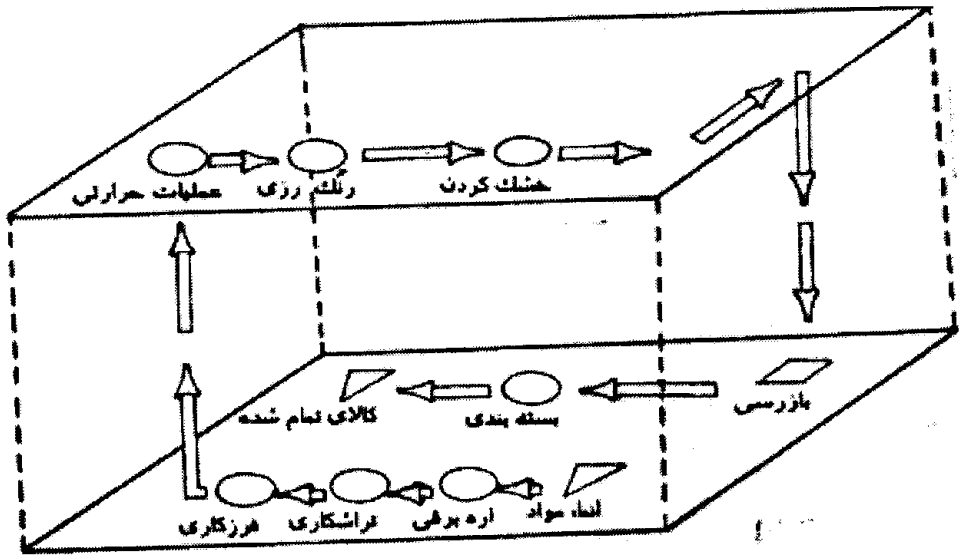
www.saie.ir



شکل (۲۱-۳)



شکل (۲۲-۳) نمودار جریان دو بعدی



شکل (۲۳-۳) نمودار جریان سه بعدی

www.saie.ir

ط - دیاگرام تقدم و تأخر[۱]

ایـن دیاگـرام کلـیهٔ عملـیات و فعالیت‌های مربوط به تولید یک محصول را در قالب یک شـبکه[۲] نشـان مـی‌دهـد. نمـایش عملـیات بـه طریق دیاگرام تقدم و تأخر، مزایای قابل ملاحظـه‌ای بـرای طرحریزی تسهیلات به دنبال دارد به طوری که تمام آلترنتیوهایی که مـورد تصـمیم‌گیری است نشان داده و به طراح آزادی عمل بیشتری برای تصمیم‌گیری آلترنتیوها می‌دهد.

در ایـن دیاگـرام تـنها محدودیـت تکنیکـی عملـیات در نظـر گرفته می‌شود یعنی هیچ محدودیـت اضـافی در نظـر گرفـته نشده و هیچ فرضی در مورد حرکت قطعات به سوی یکدیگـر وجـود نـدارد. همچنیـن تصـمیمات مربوط به جابجایی مواد و جا نمایی در آن ملحـوظ نمـی‌شـود، در حالیکه در مورد نمودارهای «مونتاژ» و «فرآیند عملیات» چنین نیست .

در ایـن دیاگـرام از دوایر برای نشان دادن عملیات و از مربعات برای نشان دادن بازرسی استفاده می‌شود و شمارهٔ عمل و بازرسی در داخل آنها نوشته می‌شود. همچنین شمارهٔ و نوع قطعات و شرح عمل بر روی پیکان‌ها ثبت می‌شود.

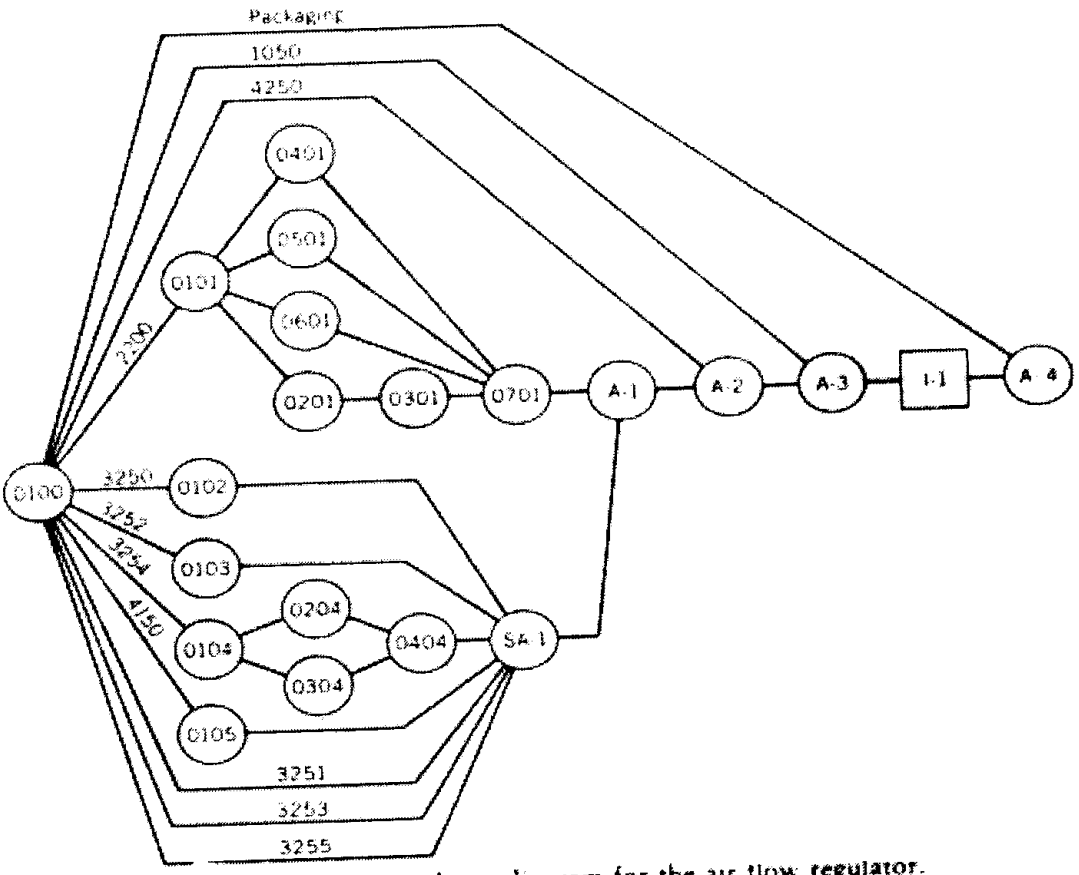
از این دیاگرام برای بالانس خط[۳] و تعیین ایستگاه کاری استفاده می‌گردد. همچنین با در نظـر قـرار دادن ایـن دیاگـرام از دیدگـاه سـاخت و دیدگاه مونتاژ و با اضافه کردن سایر محدودیت‌های مربوطه می توان نمودارهای فرآیند عملیات و مونتاژ را رسم نمود.

نمونـه‌ای از دیاگـرام تقدم و تأخر مربوط به عملیات رگلاتورهوا در شکل (۲۴-۳) آمده است.

۱- Precedence Diagram

۲- Network

۳- Line Balancing



Precedence diagram for the air flow regulator.

شکل (۲۴-۳)

www.saie.ir

۳-۲-۳ تجـزیه و تحلـیل عملیات (بررسی فرآیند عملیات)به طریق پرسشی :

در ایـن روش تمـام اجـزاء دخـیل در طـرح فرآیند را مورد سؤال قرار می‌دهیم که برای اجتـناب از شـلوغی مـی‌توان سؤالات را به همان ترتیب فهرست عوامل مؤثر دنبال کرد.

نمونه‌ای از سؤالات به شرح زیر است :

عوامل	سؤالات
مواد	- آیا اقتصادی‌ترین مواد به کار می‌رود.
محصول	- آیا محصولات به همان دقتی است که مورد نیاز است. - آیا روش ایده‌آل بازرسی به کار می‌رود
روش عمل	- آیا این عمل لازم است - آیا می‌توان عمل را به روش دیگری انجام داد. - آیـا ایـن عمـل مـی توانـد حـذف گـردد و یا با عمل دیگری ترکیب گردد. - این روش چه محدودیت‌هایی را به بار آورده است. - این روش چه عملیات اضافی را موجب شده است. - چه مقدار از کیفیت تحت تأثیر این روش است - آخرین روش‌های موفق برای تولید این محصول کدام است؟ - آیا سطح تکنولوژی روش با دانش فنی جامعه مطابقت دارد. - آیـا روش از نظـر تمـام پارامترهای موردنظر مقایسه شده‌اند (پارامترهایـی همچون کیفیت هر روش. هزینهٔ مستقیم، نیروی انسـانی، تخصـص و سـطح مکانیزاسـیون، آلودگـی و اثـرات محیطی، نوع حمل و نقل و غیره.)

ماشین‌آلات	- آیا می‌توان هنگام بیکاری ماشین کار دیگری انجام داد - آیا می‌توان درصد ضایعات را کاست و یا راندمان را افزود.
حمل و نقل	- آیا روش حمل و نقل بهتری می‌توان انتخاب کرد - آیا اگر این عمل در جای دیگر انجام شود روی حمل و نقل تأثیر مثبت دارد؟

۳-۲-۴ اتوماسیون[۱]

اتوماسیون به معنی تولید یک محصول به طریق کاملاً خودکار می‌باشد. این امر نه تنها ممکن است، بلکه در بسیاری از کارخانجات نیز عمدتاً اجرا شده است. اتوماسیون دارای درجاتی از کم اتوماتیک تا کامل اتوماتیک می‌باشند.

مزایای اتوماسیون :

۱- افزایش ظرفیت تولید
۲- کاهش هزینه‌های مستقیم کارگری
۳- بهبود کیفیت محصولات
۴- بهبود شرایط کاری
۵- انجام بهتر عملیات (کاهش ضایعات، زمان رسیدن مواد به ماشین، زمان تنظیم ماشین)

معایب اتوماسیون :

۱- مخارج زیاد طراحی
۲- مشکلات نصب و نگهداری و به کارگیری

۱- Automation

www.saie.ir

۳- اشتغال‌زدایی (بیکاری‌زایی)

۴- امکان وابستگی به قطب‌های صنعتی جهان

نوع دیگری از اتوماسیون، اتوماسیون نیمه‌کامل است که به کمک ابزار تولید انجام می‌شود. این نوع از اتوماسیون کاربرد فراوانی در صنعت دارد به عنوان مثال از موارد استفادهٔ آن در صنعت عبارتند از :

۱- تغذیهٔ اتوماتیک مواد اولیه

۲- جرثقیل یا آسانسور

۳- بازوی انتقال دهنده، زنجیر نقاله، تسمهٔ نقاله، قیفهای هدایت کنندهٔ مواد

اهمیت اثر طراحی فرآیند بر طرحریزی تسهیلات :

در مورد اهمیت اثر طراحی فرایند بر طرحریزی تسهیلات با توجه به مطالبی که بیان گردید، بیش از این نمی توان تأکید کرد. ضروری است که طراح فرآیند تأثیر تقصمیماتش را درمورد «طرح فرآیند» را بر طرح کارخانه درک کند. تجربیات گذشته نشان می‌دهند که تصمیمات «طرحریزی فرآیند» به کرات بدون داشتن هیچ درکی صورت گرفته است. مثالی در این مورد آلترنتیرهایی هستند که غالباً در انتخاب نوع فرآیند و یا انتخاب نوع توالی عملیات فرآیند وجود دارد. انتخاب نهایی باید بر اساس روابط فی‌مابین طراحی برنامه تولید و طرحریز کارخانه صورت پذیرد. متأسفانه این انتخاب اغلب بر اساس «ما همیشه این کار را اینطور انجام می‌دهیم» و یا «کامپیوتر بهترین راه را شناسایی می‌کند» انجام می‌گیرد.

در بسیاری از کارخانجات رویهٔ انتخاب فرآیند بر اساس روشی انجام می‌گیرد که سیستم‌های «طرحریزی فرآیند به کمک کامپیوتر»[1] توسعه داده‌اند. نتیجه این استانداردسازی انتخاب فرآیند، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در نیروی انسانی و

---

[1] Computer_Aided Process Planning (CAPP)

پیش‌زمان تولید[۱] است. استانداردسازی انتخاب فرآیند، ممکن است موجب معایبی برای برنامه‌ریزی تولید و طرح کارخانه گردد. در چنین موقعیتی باید مکانیزم خاص جهت مسائل استثنایی بوجود آید.

طراح کارخانه باید در گروه تصمیم‌گیری برای انتخاب فرآیند شرکت جسته تا مطمئن شود که تصمیم نهایی بیش از اندازه طرح کارخانه را محدود نمی‌کند. باید توجه داشت که مقدار زیادی از آزادی عمل موجود برای طرح ریز کارخانه می‌تواند توسط تصمیمات انتخاب فرایند تحت تأثیر قرار گیرد.

۳-۳ طراحی برنامه

تصمیمات طراحی برنامه[۲] یا برنامه‌ریزی تولید جواب نهایی به سؤالات مربوط به حجم تولید و زمان تولید را فراهم می‌کند، یعنی اینکه

- چه مقدار باید تولید شود؟
- چه موقع باید تولید شود؟

تصمیم مقدارتولید به تصمیم نرخ خروجی مورد نیاز و تصمیم زمان تولید به تصمیم برنامه‌بندی تولید اشاره دارد. به جز چه مقدار (How much) و چه موقع (When) لازم است بدانیم که چه مدت زمان (How long) تولید ادامه خواهد داشت که این از طریق پیش‌بینی بازار[۳] تعیین می‌شود.

جهت طرح کارخانه اطلاعاتی همچون حجم تولید، روند و قابلیت پیش‌بینی تقاضای آینده محصولات لازم است.

۱- Production Lead time

۲- Schedule Design

۳- Market Forecast

www.saie.ir

۳-۴ ظرفیت[۱]

ابتدائاً یک سری تعاریف در ارتباط با ظرفیت بیان می‌شود :

تعریف ظرفیت - به طور کلی ظرفیت، نرخ توانایی تبدیل در یک سازمان می‌باشد و بیانگر حجم یا مقدار محصولاتی است که در یک دوره معینی تولید می‌شود. دو نوع ظرفیت تعریف می‌شود.

۱- ظرفیت اسمی - حداکثر ظرفیتی است که از لحاظ فنی در عالی‌ترین شرایط تولیدی قابل حصول است و معمولاً به ظرفیتی اطلاق می‌گردد که توسط سازندگان تجهیزات و ماشین‌آلات ادعا می‌شود.

۲- ظرفیت واقعی (عملی) - آن مقدار ظرفیتی است که تحت شرایط عادی کار و با توجه به مشکلات جاری تولید به دست می‌آید این مشکلات می‌تواند مواردی چون کمبود مواد اولیه، نرخ خرابی دستگاهها و ماشین‌آلات، پایین بودن تخصص لازمه، نوع مواد اولیه، عدم وجود سیستم‌های برنامه‌ریزی تولید[۲] - کنترل موجودی[۳] - تعمیر و نگهداری[۴] و از همه مهم‌تر عامل مدیریت می‌باشد. همچنین ممکن است وضعیت بازار و تقاضا عامل دیگری برای ظرفیت بازار باشد. که این عامل ممکن است عمدتاً ظرفیت را تحت تأثیر قرار دهد.

پارامترهای مؤثر در مقدار ظرفیت :

پارامترهای مؤثر بر ظرفیت عبارتند از :

۱- تقاضا

۲- برآوردهای اقتصادی و توانایی مالی سرمایه‌گذار (با توجه به میزان سرمایهٔ در دسترس)

۱- Capacity

۲- Production Planning

۳- Inventory Control

۴- Maintenance

۳- مشخصات فنی ماشین‌آلات، درجهٔ اتوماسیون و تکنولوژی
۴- محدودیت منابع اولیه
۵- سیاست‌های دولت
۶- فاکتورهای کاهنده (کمی راندمان، وجود ضایعات)
۷- تعداد شیفت کاری[۱]
که پارامترهای ششم و هفتم در ارتباط با ظرفیت عملی می‌باشند.

اندازه‌گیری ظرفیت

اندازه‌گیری ظرفیت به دو صورت انجام می‌شود:
۱- بر اساس مقدار خروجی
مثال :

– تولید کنندهٔ اتومبیل	تعداد اتومبیل
– کمپوت و کنسروسازی	تن غذا
– تولید کنندهٔ فولاد	تن فولاد
– شرکت برق	مگاوات الکتریسیته

۲- بر اساس مقدار ورودی
مثال :

– بیمارستان	تعداد تخت‌ها
– خط هوایی	تعداد صندلی‌ها
– کارگاه تولیدی	کارگر ساعت یا ماشین ساعت
– ورزشگاه	تعداد صندلی
– سینما	تعداد صندلی
– نمایشگاه	متر مربع

۱- Work Shifts

www.saie.ir

– دانشگاه	تعداد دانشجو
– انبار	متر مربع یا متر مکعب

اطلاعات بررسی بازار :

بررسی بازاربرای تعیین نیازهای (خواسته‌های) مشتریان و شناخت محیط فعالیت واحد مورد نظر انجام می‌گیرد.

این بررسی به سؤالات کلیدی در مورد انواع، وجه تنوع، مقدار، نوع بسته‌بندی و قیمت را پاسخ می‌دهد. این اطلاعات در مرحلهٔ برنامه‌ریزی (طرح برنامه) نقش مهمی داشته و در تعیین اندازهٔ کارخانه، انعطاف‌پذیری آن،سطح تکنولوژی و روشهای ساخت تأثیر می‌گذارد. اطلاعات مربوط به بازار معمولاً از قسمت فروش و بازاریابی تهیه می‌شود. اگر چه کمتر مهندس طرحریز مستقیماً برای انجام مطالعه و تحقیق بازار در مراکز صنعتی دعوت می‌شود ولی آگاهی از سؤالات زیر در ارائهٔ طراح مناسب بسیار ضروری است و دیدگاه ارزشمندی را به طرحریز کارخانه می‌دهد :

۱- مشتریان محصولات مورد نظر چه کسانی هستند؟

۲- مشتریان در کجا واقعند؟

۳- چرا مشتریان محصولات شما را خواهند خرید؟

۴- مشتریان محصولات شما را از کجا خواهند خرید؟

۵- خرید محصولات شما چگونه است؟

۶- عمر مفید محصول چقدر است؟

۷- محصولات رقیب کدامند؟ رقابت شما چقدر قوی خواهد بود؟

۸- سیاستها و قوانین و مقررات دولتی در مورد این محصولات چیست؟ و در افق آینده چگونه تصویری می‌شود؟

۹- برآورد حجم بازار (تخمین تقاضا) چگونه است ؟

۱۰- سهم قابل کسب از بازار برای این محصول چیست ؟

۱۱- قیمت عرضهٔ محصولات کدام است ؟

۱۲- سیستم توزیع محصولات چیست؟

هـر کدام از این سؤالات می تواند بر شکل طرحریزی تسهیلات اثر داشته باشد، مثلاً نوع مشتریان محصول (سؤال اول) می‌تواند بر

الف - نوع بسته‌بندی

ب- حساسیت نسبت به تغییرات محصول

ج- حساسیت نسبت به تغییرات در استراتژی بازاریابی

و یا مکان و محل مشتریان (سؤال دوم) می‌تواند بر

الف - جایابی تسهیلات

ب- روش‌های حمل و نقل

ج - طراحی سیستم‌های انبارداری و ...

تأثیر داشته باشد.

۳-۴-۱ برآورد حجم بازار (تخمین تقاضا)

دو نمونه از روشهای تخمین تقاضا عبارتند از :

۱- مصرف گذشته (بررسی مصرف‌گذشته و پیش‌بینی مصرف آینده)

۲- برآورد قشر مصرف‌کننده و پیش‌بینی رشد آن

در مـورد روش اول، مـا به اینکه چه کسی کالا را مصرف می‌نماید کاری نداریم و تنها از آمـار مصرف این تخمین انجام می‌گیرد و اما در مورد دوم باید نوع جمعیت‌هایی که این کـالا را مصـرف مـی‌نمایـند بررسـی شوند، یعنی از روی مقدار جمعیتی که در ارتباط با محصول هستند جمعیت مصرفی اینده را پیش‌بینی نمود.

به طور کلی در برآورد حجم بازار موارد زیر باید مورد برسی قرار گیرند :

- تقاضای جامعه داخلی برای محصولات (کشور، استان، منطقه)
- تقاضای جامعه خارجی برای محصولات (صادرات)

www.saie.ir

- میزان واردات، تولید داخلی، سهم هر یک نسبت به تقاضا و روند رشد هر یک (در مورد محصولات جدید می‌توان از روند مصرف در کشورهایی با اقتصاد مشابه استفاده نمود)
- روند تولید و فروش طی ۵ سال گذشته
- پیش‌بینی بازار آینده (۵ تا ۱۰ سال) بر اساس نرخ رشد مصرف در بازار داخلی و در نظر گرفتن نرخ رشد جمعیت، درآمد ناخالصی ملی، درآمد سرانه، همچنین قدرت و سرعت جانشینی محصولات به جای محصولات مشابه و مصارف جدید احتمالی.

۳-۴-۲ سهم قابل کسب از بازار D^*

سهم قابل کسب از بازار یعنی ان قسمتی از بازار که ما می‌توانیم به خود اختصاص دهیم. (بازار بالقوه)

اطلاعات زیر در مورد به دست آوردن دقیق‌تر سهم بازار قابل کسب ضروری است :

۱- بررسی شرایط کنونی موسسات رقیب و چگونگی ظرفیت و برنامه توسعهٔ آنها در آینده، وضعیت و عملکردهای آنها، کیفیت محصولات آنها و نظر مصرف‌کنندگان نسبت به آنها.

۲- قدرت رقابت محصولات مشابه وارداتی از نظر قیمت و کیفیت و سیاست‌های دولت در مورد واردات

۳- وجه تمایز محصولات مورد نظر نسبت به محصولات مشابه در بازار

برای تعیین بازار بالقوه از فرمول زیر استفاده می‌شود :

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

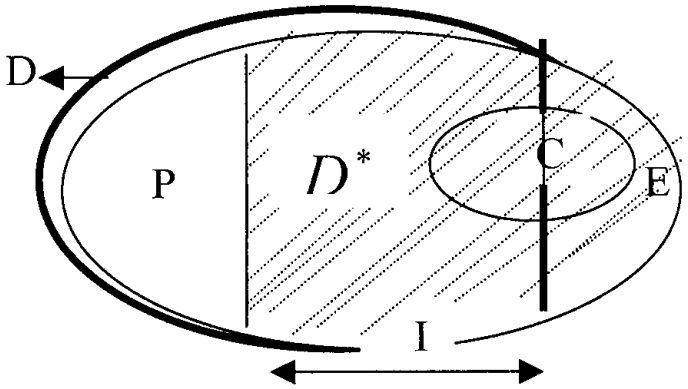
D = کل تقاضا (حجم بازار) I = واردات

E = صادرات P = تولیدات داخلی

این رابطه با این فرض صحیح است که سیاست دولت حمایت از تولید داخلی باشد و از میزان واردات به هر اندازه که تولید داخلی اضافه می‌شود، کاسته می‌گردد. در حقیقت

بـازار بـالقوه مجمـوع حجـم واردات به اضافهٔ تقاضاهای ارضا نشده و انباشته شده (یعنی تقاضا وجود دارد ولی کالا وجود ندارد) و صادرات است. (شکل ۲۵-۳)

باید توجه داشت که وقتی صحبت از صادرات می‌شود منظور پیش‌بینی صادرات(صادرات بـالقوه) مـی‌باشد. یعنی هم‌اکنون این کار انجام نمی‌شود و تصمیم به انجام آن در آینده وجود دارد.



شکل (۳-۲۵) نمودار سهم بازار قابل کسب

چـنانچه از شـکل ۳- ۲۵ پیداسـت ظرفیـت (C) عددی است که کمتر از بازار بالقوه و یا حداکثر برابر بازار بالقوه باشد. یعنی :

$$\forall \alpha \leq 1 \qquad C = \alpha D^*$$

در واقـع ظرفیـت (C) قسـمتی از بـازار کـه توسـط تولیدات کارخانه ها اشباع می‌گردد. می‌تواند شامل قسمتی از I و یا E پیش‌بینی شده و یا در ترکیب دیگری از آینده باشد.

ظریـب α بـا توجـه بـه عوامـل مؤثـر بـر ظرفیـت تعییـن مـی‌شـود. عواملـی همچون سـرمایه‌گذاری، تکنولوژی، سیاست دولت و غیره.در صورتی که D^* برابر با C گردد بازار بـالقوه تـبدیل بـه بـازار بالفعل شده و در این حالت ریسک سرمایه وجود دارد و احتمال خطـر بیشتری برای سرمایه‌گذاری انجام شده به وجود می‌آید امکان دارد محصول تولید شده در انبارها بماند . همچنین بهتر است برای اجناس فاسد شدنی فاصلهٔ بینC و D^* زیاد باشد تا خطر ماندن جنس در انبار کمتر باشد.

www.saie.ir

بطور اختصار یک مطالعهٔ بازار باید بتواند جداقل موارد زیر را مشخص سازد :

۱- محصولات مورد نظر باید چه خصوصیاتی را دارا باشد؟

۲- حجم کل بازار در آینده و حال و سهم بازار قابل کسب برای هر یک از محصولات چه میزان است؟

۳- قیمت قابل عرضهٔ محصولات چیست؟

۴- اصول، خطوط اصلی و خطمشی کسب بازار کدام است؟

۵- تعیین قدرت رقبا، موانع و مشکلات ورود به بازار و چگونگی رفع آنها.

۶- سیستم توزیع کالا در بازار و کانال‌های توزیع.

البته باید توجه داشت که مطالعه و بررسی بازار و پیش‌بینی فروش بحث بیشتری را طلب می‌کند که در قلمرو مجموعه حاضر نیست. با توجه به اهمیت این موضوع و نقش آن در طرح‌ریزی واحدهای صنعتی دانشجویان و علاقمندان می‌توانند به منابع تخصصی در این زمینه مراجعه فرمایند.

۴

استقرارماشین آلات[۱]

برای استقرار ماشین‌آلات جهت تولید یک محصول یا یک سری محصولات حداقل سه راه وجود دارد:

۱- استقرار براساس محصول[۲]

۲- استقرار بر اساس فرآیند[۳] (روش کارگاهی)

۳- استقرار بر اساس ثبات محل[۴]

در اینجا به شرح هر یک می پردازیم:

۱- استقرار براساس محصول:

در این روش ماشینها در یک جا و به ترتیب انجام عملیات چیده می‌شوند و هر قطعه از ماشین اول (ایستگاه کاری اول) به ماشین بعدی (ایستگاه بعدی)می‌رود (مثلاً از ماشین

۱- Machine Layout

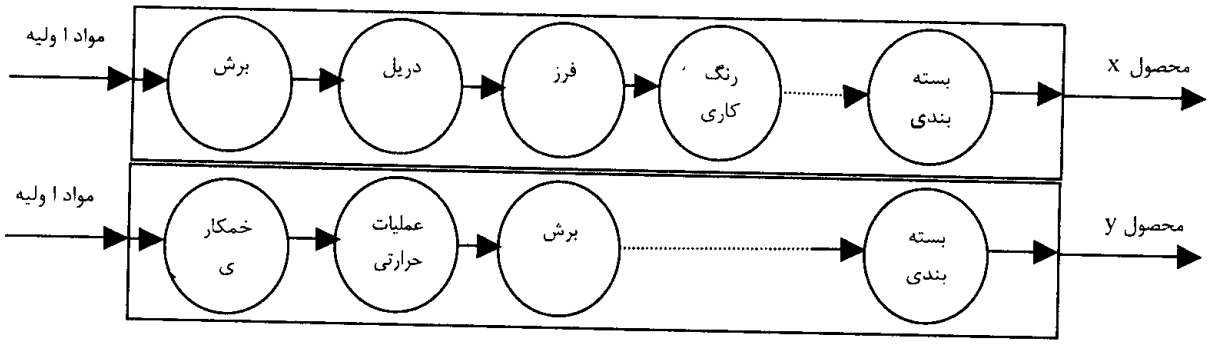
۲- Layuot by product

۳- Layuot by process

۴- Layuot by Fixed Position

www.saie.ir

برش به ماشین دریل). هر جریان تولید مسیرخود را به ترتیب عملیاتی که روی آن انجام می‌گیرد تقریبا در امتداد یک خط طی می‌کند،به صورتیکه این نحوه استقرار در شکل زیر نشان داده شده است.:



مزایای روش محصولی:

۱- جریان منطقی و پیوسته مواد و ترتیب مشخص عملیات
۲- کاهش حجم مواد در جریان ساخت
۳- کاهش حمل ونقل مواد به خاطر کوتاهی فواصل
۴- لزوم سطح مهارت پایین‌تر کارگران و کارکنان
۵- سادگی نظارت و کنترل و برنامه‌ریزی تولید
۶- جلوگیری از کاغذبازی و مشکلات بین قسمتها
۷- استفاده بهتر از فضای موجود به علت تمرکز عملیات و نیاز به فضای کمتر و جلوگیری از پراکندگی در سطح کارخانه
۸- سیکل تولیدی کوتاه
۹- کاهش زمان راه اندازی ویا بلااستفاده ماندن ماشین فلذا کاهش سیکل زمانی تولید
۱۰- کاهش زمان بیکاری پرسنل به علت یکنواخت‌تر شدن جریان عملیات تولیدی
۱۱- بالا رفتن میزان بهره‌گیری از ماشین‌ها در حجم تولید زیاد
۱۲- پایین بودن هزینه‌های متغیر تولید

معایب روش محصولی

۱- احتمال بالا رفتن میزان سرمایه‌گذاری به خاطر تکرار استفاده از یک نوع ماشین در خط
۲- افزایش قیمت تمام شده به علت بیکار ماندن ماشین در حجم تولید کم
۳- عدم انعطاف پذیری وامکان پذیر نبودن استفاده از خط تولید در صورت تغییر محصول
۴- متوقف شدن خط تولید به علت خرابی یک ماشین
۵- مشکل تعادل خط و عدم بهره‌گیری کامل از تجهیزات
۶- یکنواختی کار و عدم آموزش کارگران

موارد استفاده از روش محصولی و شرایط لازم برای انتخاب آن

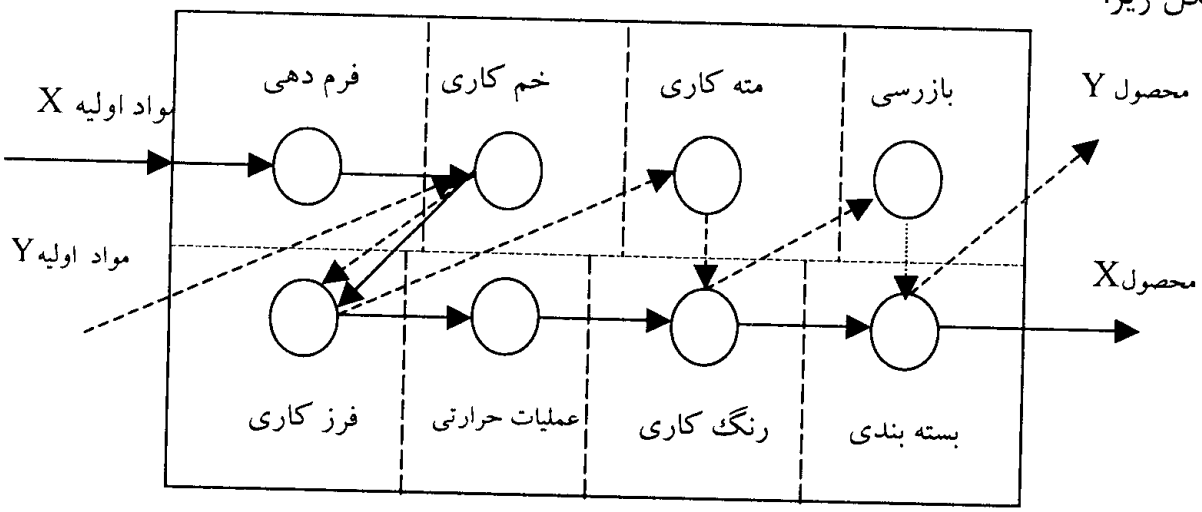
۱- وقتی میزان حجم تولید بالا باشد.
۲- وقتی که طرح محصول و قطعات آن استاندارد و یکسان باشد و تنوع محصول کم باشد.
۳- وقتی که میزان تولید ثابت و یکنواخت بوده و متعادل کردن عملیات و تداوم آن امکانپذیر باشد.

۲-استقرار بر اساس فرآیند (کارگاهی)

در این روش ماشین هایی که از نظر عملکرد مشابه هستند در یک محل جمع می شوند و کلیه عملیات مشابه در آن محل انجام می‌گیرد (مثلاً همه ماشینهای تراش در یک محل و ماشینهای پرس در یک محل دیگر و سایر ماشینها نیز به همین ترتیب در کنار هم قرار می گیرند) در نتیجه قطعه بنا به ترتیب عملیاتی که روی آن انجام می شود در

www.saie.ir

داخـل کارخانـه از بخشـی بـه بخـش دیگر و از کارگاهی به کارگاه دیگری می‌رود مانند شکل زیر:



شکل (۲-۴)مثالی از نحوه استقرار بر اساس فرآیند (روش کارگاهی)

مزایای روش استقرار بر اساس فرایند (کارگاهی):

۱- استفاده مؤثر از ماشین‌آلات در سطح تولید کم و یا متوسط
۲- سرمایه گذاری کمتر روی ماشین‌آلات به علت عدم استفاده از ماشین‌های مشابه
۳- عـدم توقـف تولـید بـا از کـار افتادن یک ماشین به علت وجود ماشین‌های مختلف تولیدی
۴- انعطـاف پذیـری بـالا در تخصـیص کـار بـه ماشین آلات و امکان تولید محصولات مختلف
۵- آموزش نیروی انسانی
۶- کـاهش تأثـیر بـر روی تغییر و تعداد ماشین‌آلات در مواقع ایجاد تغییرات محصول (انعطاف پذیری در قبال تغییر محصول)
۷- گسترش وتوسعه کارخانه با هزینه کمتر
۸- انعطاف پذیری در قبال زمان تولید هر محصول ومیزان کل تولید

معایب روش کارگاهی

۱- مشکل تر شدن کنترل تولید وبرنامه ریزی مخصوصا با در نظر گرفتن مسیر حرکتها
۲- افزایش میزان حمل ونقل به علت ثابت نبودن جریان تولید
۳- نیاز به فضای بیشتر
۴- افزایش زمان ساخت قطعه به علت افزایش میزان زمان تلف شده در ساخت یک قطعه بر اثر وجود انبار موقت کالای نیمه ساخته
۵- افزایش زمانهای آماده سازی[1] مجدد ماشین‌آلات به علت متنوع بودن محصولات وایجاد تأخیرات ناشی از آن
۶- بالا بودن هزینه های متغیر تولید
۷- نیاز به سطح مهارت بالاتر

موارد استفاده از روش کارگاهی و شرایط لازم برای انتخاب آن

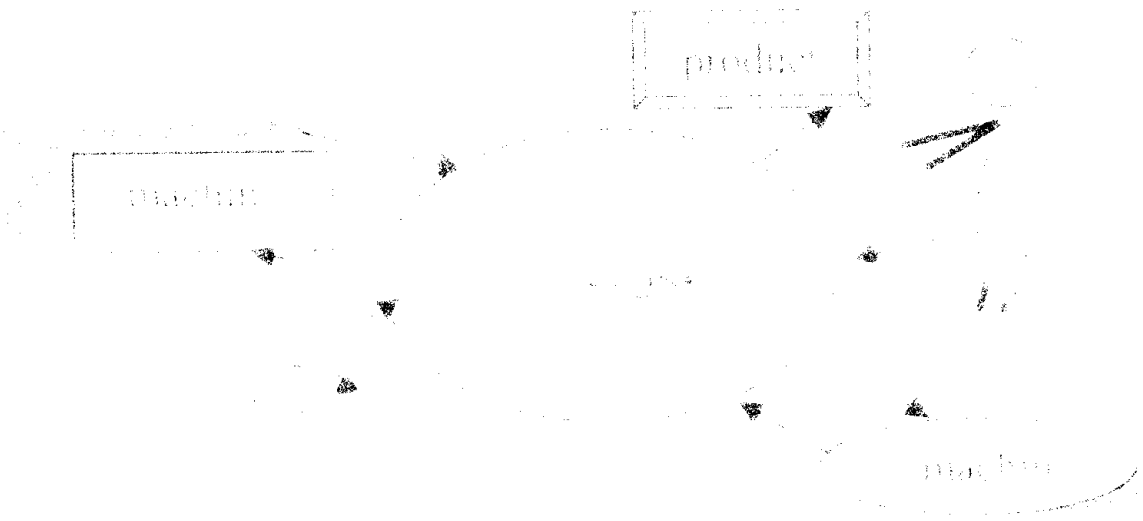
۱- محصولات متنوع با شند
۲- حجم تولید کم و یا نوسان داشته باشد
۳- ماشین‌آلات گران قیمت و سنگین وزن باشند(حرکت دادن آنها بسیار مشکل باشند)

۴-استقرار بر اساس ثبات محل

در این روش مواد و قطعات ومحصول در محلی ثابت بوده و بر روی آن عملیات انجام می‌شود. همچنین ماشین‌آلات و تجهیزات برای انجام عملیات به محل آورده می‌شود. مانند ساخت هواپیما، کشتی، پرسهای سنگین و.....

[1]-Set Up Time

www.saie.ir



۲- قطعات متشکله محصول چندان زیاد نباشند

۳- هزینه حمل و نقل گران باشد

۴- وقتیکه کارگران مهارت زیادی داشته و توانایی انجام کل کار را داشته باشند (نیازمندی شدیدی به مهارت احساس شود)

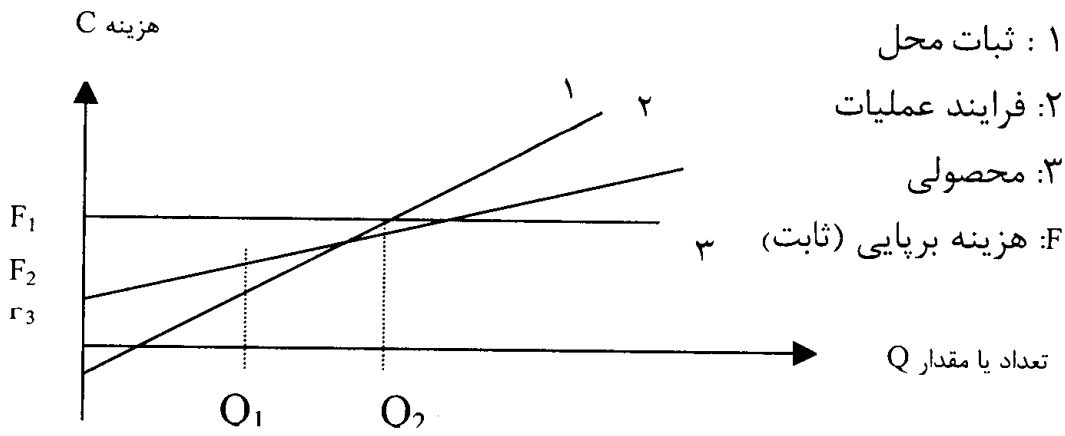
۴-۱ تکنیک های ترسیمی برای انتخاب روش استقرار

نمودارهایی که برای انتخاب نوع استقرار در حجم های گوناگونی از تولید مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از:

الف) نمودار C.Q [۱] ب) نمودار P.Q [2]

نمودار C.Q

محور افقی این نمودار نشان دهنده میزان حجم تولید ومحور عمودی آن هزینه تولید را نشان می‌دهد. (شکل زیر)



۱ : ثبات محل

۲: فرایند عملیات

۳: محصولی

F: هزینه برپایی (ثابت)

شکل (۴-۴) نمودار مقدار - هزینه C.Q

۱- Cost Quantity Chart

۲- Product Quantity Chart

www.saie.ir

بر روی نمودار هر یک از سه روش منحنی هزینه بر اساس حجم تولید رسم شده است . چنانکه ملاحظه می‌گردد بر اساس این نمودار در فواصل زیر پیشنهاد می‌گردد از روشهای ذکر شده استفاده گردد:

$0- Q_1$ از روش ثبات محل

Q_1-Q_2 از روش فرآیند

Q_2- به بالا از روش محصولی

در واقع ما یک هزینه ثابت داریم و با افزایش حجم تولید این هزینه با شیب مشخص شده در نمودار افزایش می یابد.

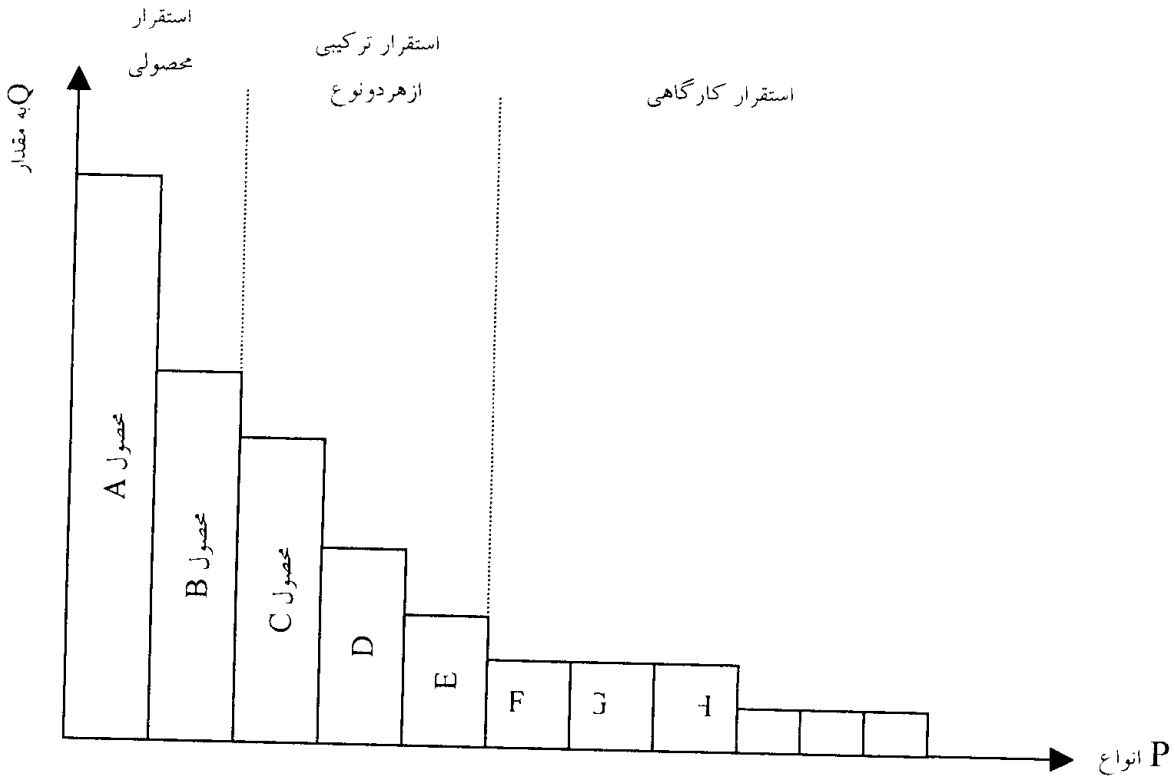
نمودار P.Q

در اغلب کارخانه ها محصولات متنوعی تولید می‌شوند و معمولاً در صد کمی از انواع محصولات در صد زیادی از میزان تولید را تشکیل می دهند. این رابطه را می توان به صورت یک نمودار (شکل ۵-۴) نمایش داد.برای این کار انواع محصولات مختلف یک کارخانه را برحسب میزان تولید آنها (وزن ،حجم یا ارزش) بصورت نزولی مرتب می نمائیم. هر یک از محصولات را برروی محور افقی و میزان وتعداد آن را بر روی محور عمودی نشان می‌دهیم. به این ترتیب یک منحنی هذلولی بدست می‌آید و از این منحنی به منظور تعیین نوع استقرار ماشین‌آلات استفاده می‌گردد.(شکل۶-۴)

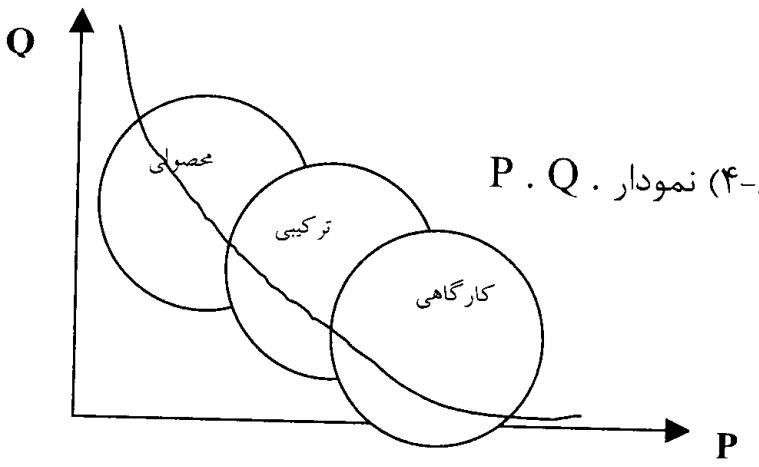
بدین معنی که برای محصولات با تنوع کم وتولید زیاد ازروش خط تولید و برای محصولات با تنوع زیاد و تولید کم از روش کارگاهی یا ثبات محل استفاده می‌گردد. به همین ترتیب برای محصولاتی که دارای تنوع و حجم تولید متوسط می‌باشند بسته به شرایط ممکن است از ترکیبی از هر دو روش استفاده گردد.

البته باید توجه داشت که این دسته‌بندی‌ها به شکل منحنی .Q. P نیز بستگی دارد. چنانچه منحنی به مرکز مختصات نزدیک باشد ضرورتاً از دو نوع روش استقرار به

طور مجزا باید استفاده کرده یعنی یکی برای محصولات با تولید زیاد وتنوع کم و دیگری برای محصولات با تنوع زیاد وتولید کم (شکل۷-۴)و اما اگر منحنی .Q . P از مرکز مختصات دور بوده وبه خط راست نزدیک باشد فقط از یک روش استقرار استفاده خواهد شد. (شکل۸-۴)

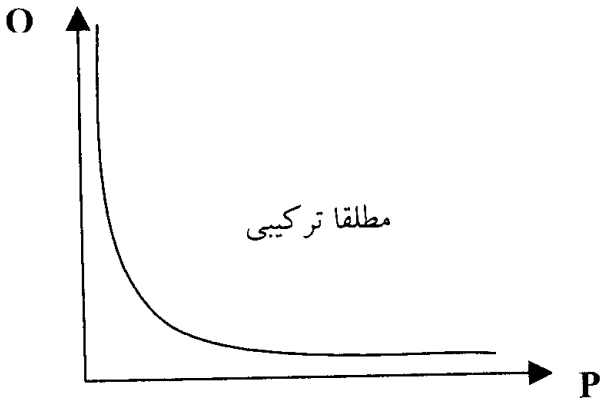


شکل(۵-۴) هیستوگرام . P . Q

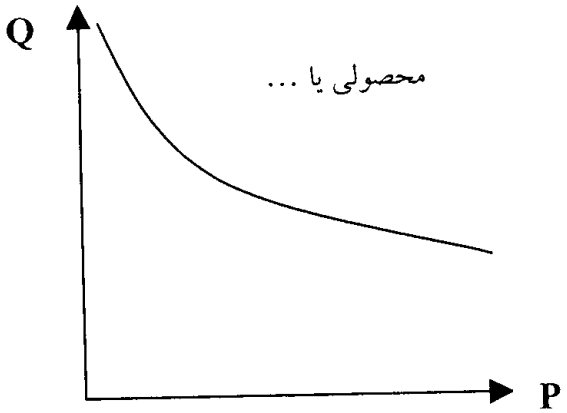


شکل(۶-۴) نمودار . P . Q

www.saie.ir



شکل (۷-۴)



شکل (۸-۴)

۴-۲ تکنولوژی گروهی[1]:

در این قسمت به روش جدیدی در طرح استقرار بر اساس محصول اشاره می‌نمائیم. این روش قطعات را بدون توجه به کاربرد وفقط براساس تشابه شکلشان و نیاز به عملیات مشابه دسته بندی می کند و برای هر دسته از آنها یک مجموعه تجهیزات (خط تولید متغیر)اختصاص می‌دهد. برای تکنولوژی گروهی تعاریف متعددی ارائه شده است که اهم این تعاریف به شرح زیر است:

الف) بسیاری از مسائل مشابه وجود دارند که با دسته‌بندی آنها می توان راه حل مناسبی جهت مجموعه‌ای از مشکلات یافت و بدین ترتیب در زمان صرفه‌جویی می‌شود .این واقعیت کار تکنولوژی گروهی است.

ب) به کاربردن تکنیکهای مهندسی تولید انبوه در فرآیندهایی به روش تولید دسته‌ای تعریف می کند و اساس آن را شناسایی تشابهات در طراحی وساخت قطعات منفردی می داند که می توانند در گروه هایی برمبنای تشابهات اصلی فوق طبقه‌بندی شوند.

---

[1]- Group Technology

ج) تکنولوژی گروهی سازماندهی تجهیزات تولیدی در گروهها و سلولهای مستقلی است که هر یک از آنها جهت تکمیل و ساخت خانواده‌ای از قطعات با مشخصه‌های تولیدی مشابه استفاده می‌شوند.

د) تکنولوژی گروهی یک فلسفه تولیدی است که در آن قطعات به منظور بهره برداری از تشابهات آنها در طراحی و ساخت، شناسایی و طبقه‌بندی می‌شوند.

برای شناخت بیشتر و بهتر این روش، دانستن تعاریف و مفاهیم زیر ضروری است:

۱- مفهوم خانواده:

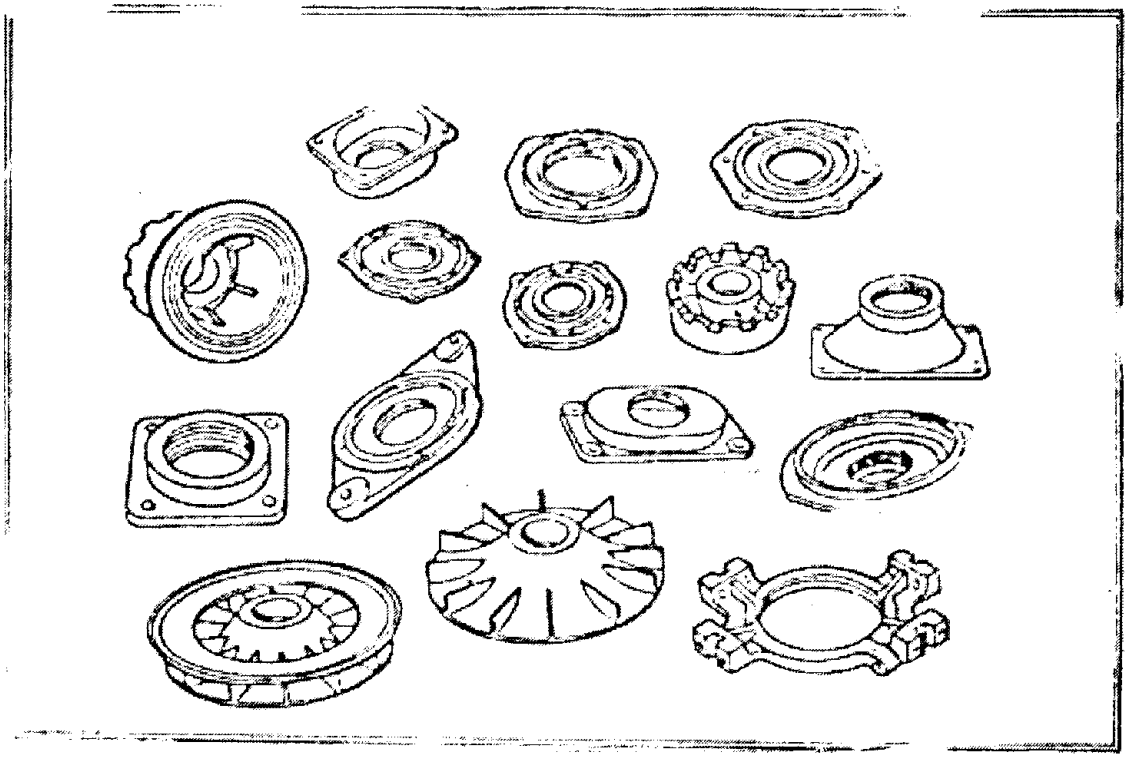
کلمه خانواده به عنوان یک اسم برای هر نوع لیست از قطعات مشابه به کار برده می‌شود و خانواده‌هایی که در جانمایی گروهی تعریف می‌شوند، لیست‌های مختلفی از قطعات هستند که بواسطه تولید همگی آنها برروی یک گروه از ماشینهایی مشابه می باشند. این نوع از خانواده به خانواده تولیدی موسوم است. امکان دارد تعدادی از قطعات به خاطر تشابه شکلی در یک خانواده تولیدی باشند که آنها توسط ماشین‌های مشابه یکسان ساخته می شوند. لزوماً کلیه قطعات مشابه از نظر شکل در یک خانواده جای نمی گیرند. یعنی ممکن است تفاوت‌های اساسی در تلرانس های ساخت، مقادیر مورد نیاز، مواد و مشخصه‌های مخصوص داشته باشند. همچنین بسیاری از قطعات ممکن است که به خاطر شکل مشابه نبوده ولی در یک خانواده تولیدی جای گیرند. مثلاً همگی دارای اندازه های تقریباً یکسان بوده و از ماشین‌های مشابه برای تولیدشان استفاده می‌شود. بعضی از قطعات نیز به واسطه یک مشخصه خاص و نیازمندی به استفاده از یک ماشین مخصوص می توانند در یک خانواده تولیدی جای گیرند، مانند زبانه ها، دندانه های چرخ دنده و...(شکل۹-۴)

۲- مفهوم گروه:

گروه لیستی ازماشین‌هایی است که در یک محل استقرار می یابند تا کلیه نیازمندیهای ضروری جهت تکمیل فرآیند ساخت خانواده معینی از قطعات را برآورده سازد. همانطوری که ملاحظه می‌گردد، تعاریف گروه و خانواده یک چرخه را تشکیل می‌دهد.

www.saie.ir

یـک خـانواده از قطعات را فقط در ارتباط باگروه خاصی از ماشین آلات می‌توان تعریف کرد،گـروه هـا در نـوع و اندازه متفاوتند، آنها همچنین به لحاظ تعداد ماشین ها از یک ماشین تا بیست وپنج ماشین متفاوت هستند.



شکل (۹-۴) قطعات مشابه بر اساس تولید

۳- جانمایی گروهی :

اولین مشخصه کلیدی تکنولوژی گروهی ،جانمایی گروهی است. در جانمایی گروهی هر سرپرست و گروه کارگرانش در تولید لیستی از قطعات تخصص می یابند و در تکمیل یک وظیفه مشترک در درون هر سلول با یکدیگر همکاری می نمایند. سازماندهی ماشینها درون سلولها بصورت یکی از الگوهای عمومی زیر انجام می شود:

الف- سلول با یک ماشین (نگرش ماشین منفرد)

ب- جانمایی گروه ماشینها(سیستم جانمایی گروهی)

ج- طرح خط تولید (سیستم جریان خطی گروهی)

درسیستم ماشین منفرد ،خانواده های مشابه به لحاظ شکل قطعات دسته بندی شده، و عناصر هر خانواده بر روی یک ماشین منفرد ماشینکاری می شود. این نگرش برای قطعاتی است که مشخصه هایشان، اساساً امکان تولید آنها،توسط یک نوع فرآیند مثل مته کاری یا تراشکاری رامی دهد.

جانمایی گروهی ماشینها در واقع طرح یک سلول است که درآن چندین ماشین بایکدیگر وبدون نیاز به تمهیداتی جهت حرکت روی تسمه نقاله ها بین ماشین ها، به کاربرده می شود. هرسلول جهت تولید خانواده معینی از قطعات است و ماشینها به همراه فیکسچرهای دقیق، ابزار و اپراتورها جهت تولید مؤثر خانواده قطعات سازمان یافته‌اند.

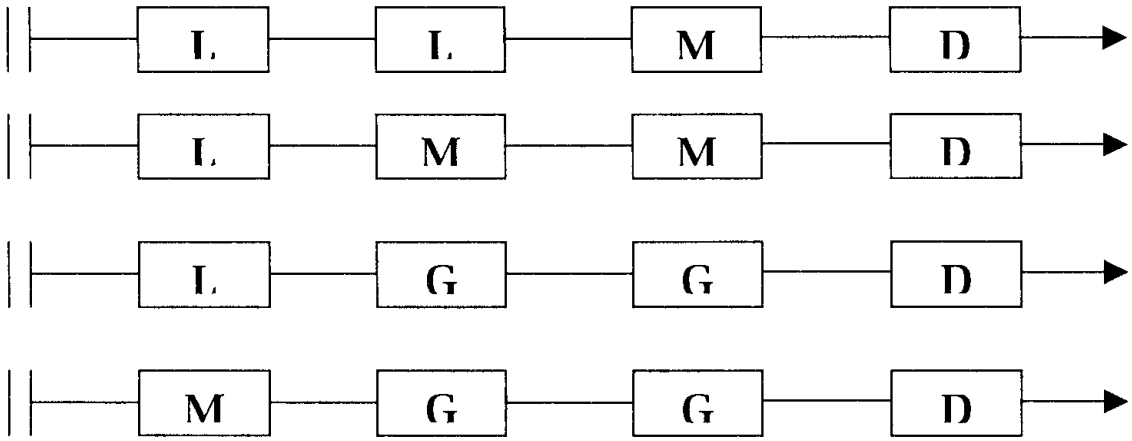
طرح سلول جریان خطی ،به صورت گروهی از ماشین‌ها می‌باشد که به وسیله نقاله به هم مرتبط می‌شوند. تناوب این سیستم با سیستم جانمایی گروهی ماشین ها در این است که در این سیستم ماشین‌ها براساس توالی مورد نیاز چیده شده‌اند ومعمولاً بوسیله یک نقاله متحرک به هم مربوط می‌شوند و هر قطعه در خانواده مربوطه می‌بایستی از ماشین های با همان توالی استفاده نماید.

با کاربرد جانمایی گروهی که مبتنی برتخصصی نمودن محصول است(برخلاف جانمایی کارگاهی که فرآیند تخصصی می‌شود)صرفه‌جویی براساس ساده نمودن جریان مواد

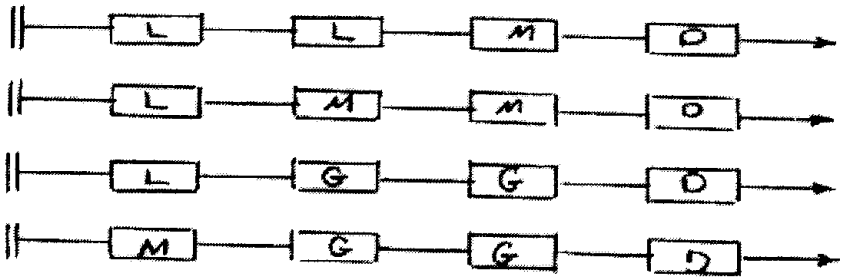
www.saie.ir

حاصل می شود. همانطوریکه قبلاً توضیح داده شد جانمایی معمول به دوشکل جانمایی براساس محصول (استقرار محصولی)و جانمایی براساس فرآیند (استقرار کارگاهی)می‌باشد .اشکال (۱۰-۴)و(۱۱-۴)و(۱۲-۴)تفاوت بین سه جانمایی را نشان می‌دهد.

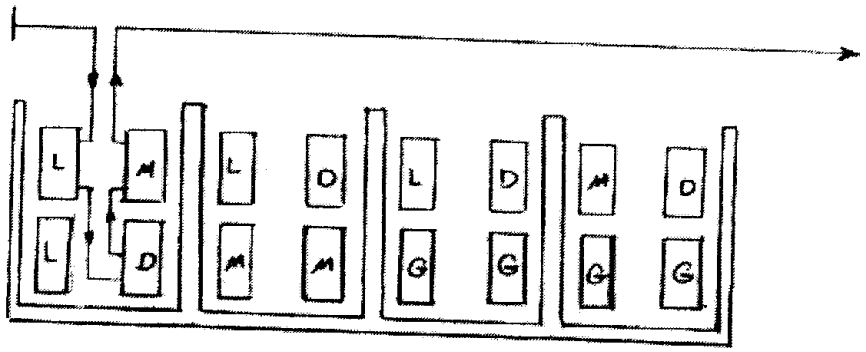
L :ماشین تراش **M** :ماشین فرز **G** :ماشین سنگ زنی **D** :ماشین مته



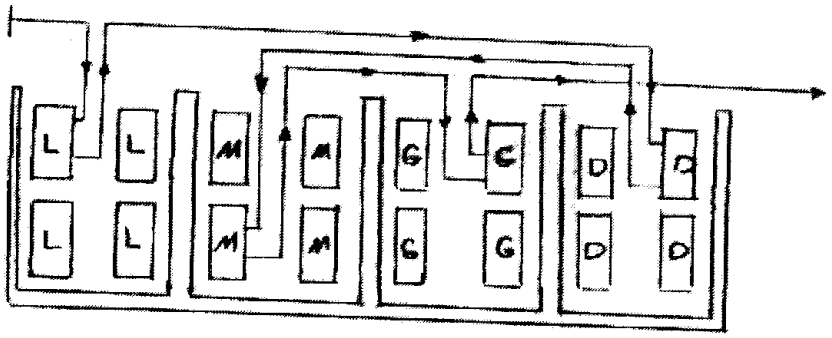
شکل (۱۰-٤) جانمایی خطی(براساس محصول)



شکل (۱۰-٤) جانمایی خطی(براساس محصول)



شکل (۱۱-٤) جانمایی گروهی(براساس محصول)

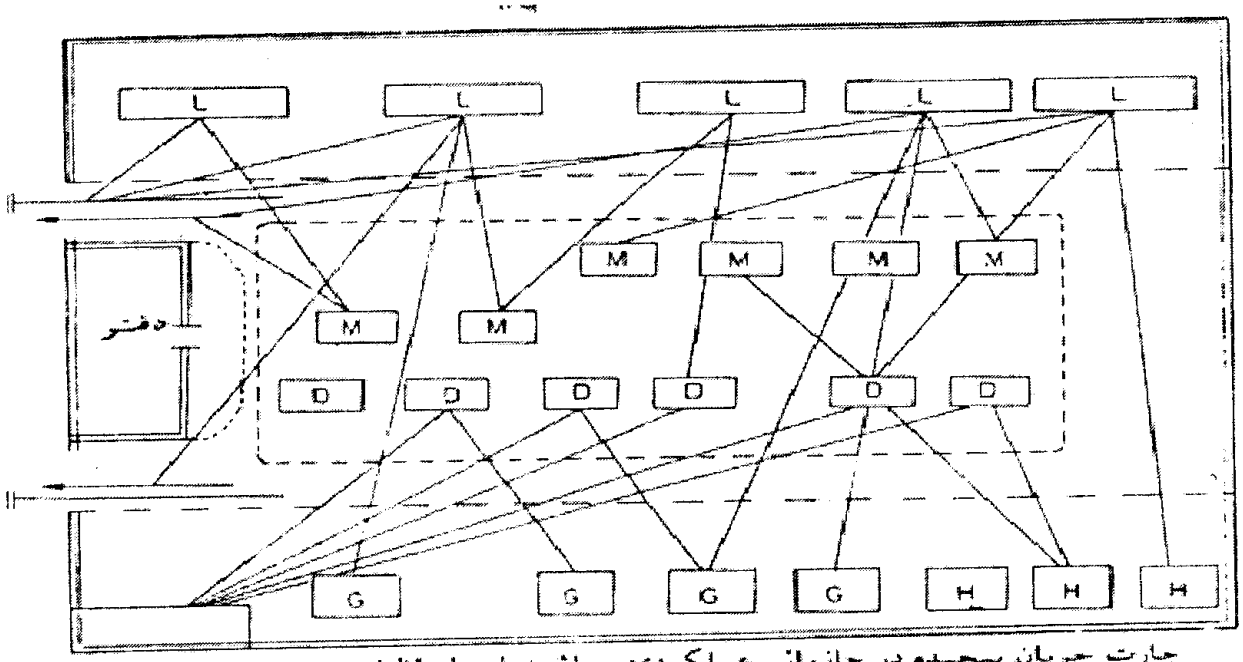


شکل (۱۲-٤) جانمایی کارگاهی(براساس فرآیند)

www.saie.ir

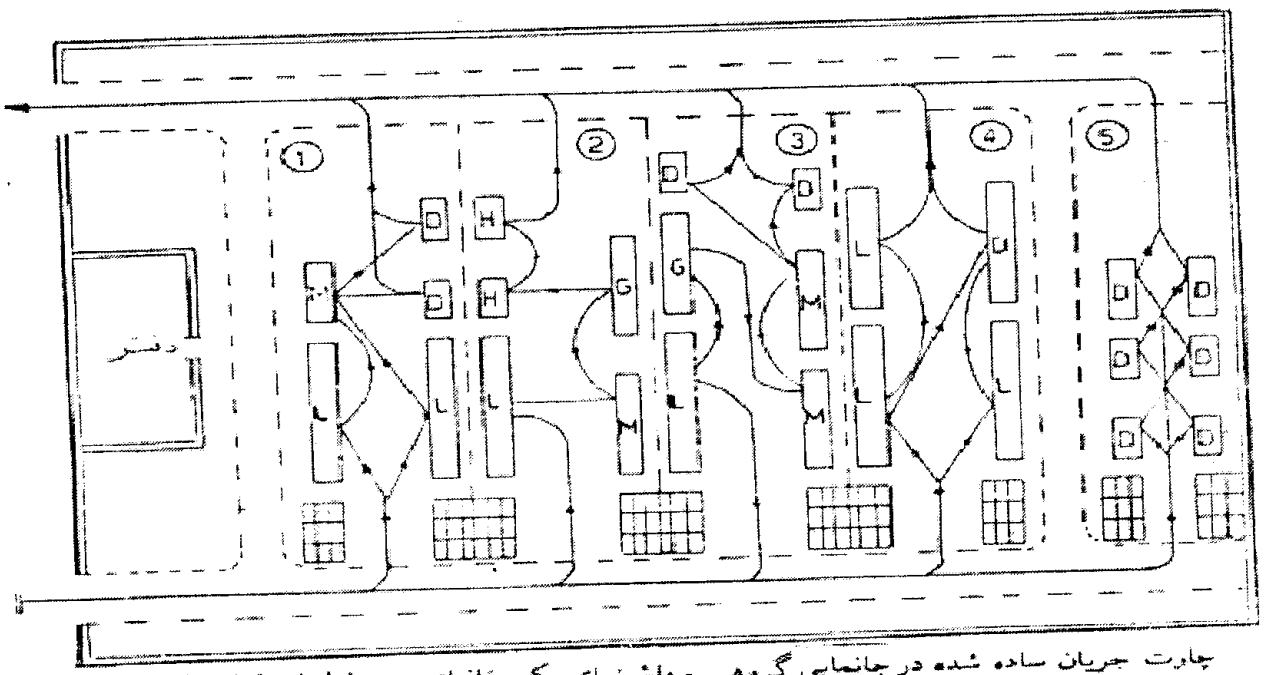
چـنانکه از شـکلها پیداسـت، در جانمایـی خطی براساس محصول، ماشین ها در هرخط همواره دریک توالی به کاربرده می شوند ولی جانمایی گروهی ماشینها در هر سلول در توالی یکسانی به کاربرده نمی‌شوند. همچنین در جانمایی خطی وگروهی یک سرپرست ویـک تـیم ازکارگـران هـرقطعه را تکمـیل مـی‌نمایـند ولـی درجانمایـی کارگاهـی چهارسرپرست و افراد آنها درتکمیل قطعات مشارکت دارند. باید توجه داشت که طراحی وکنترل جریان مواد دریک واحدتولیدی باجانمایی گروهی به مراتب ساده تراز آن دریک واحد تولیدی با جانمایی عملکردی (کارگاهی)می‌باشد.

اشکال (۱۳-۴)و(۱۴-۴)نشان دهنده این واقعیت می‌باشند .



چارت جریان پیچیده در جانمائی عملکردی - ماشینها به لحاظ نوع پروسه استقرار یافته‌اند.

شکل (۱۳-٤)



چارت جریان ساده شده در جانمایی گروهی - ماشینهای یک خانواده در سلول استقرار یافته‌اند

شکل (۱۴-٤)

www.saie.ir

۵

جریان مواد و طراحی آن

تعریف- جریان مواد مسیری است که مواد ، قطعات، افراد، اطلاعات و تجهیزات در امتداد آن حرکت کرده تا عملیات تولیدی انجام گرفته و محصول نهایی ایجاد شود.کل مسأله جریان مواد در این موضوع خلاصه میشود که عناصر (مواد، قطعات،ا فراد و ...)در شروع کار (قسمت دریافت)تا خاتمه آن (قسمت تحویل)در بهترین مسیرهای ممکن (از نظر اقتصادی، ایمنی ، مسافت جابجا شده و غیره)حرکت نمایید. به طور کلی جریان صحیح و مناسب مواد از میان وسایل تولید در همه کارخانه‌ها باعث بالا رفتن کار آیی میشود این موضوع در یک کتابخانه، فروشگاه، اداره پست، بیمارستان و رستوران و ... نیز صادق است در هر کدام از این حالات عنصری وارد یک سیستم شده و فرایندهایی بر روی آن انجام گرفته و در حالتی تغییر یافته سیستم را ترک می‌کنند. بنابراین به جای آنکه جریان مواد یا گذشت زمان بطور خود به خودی در مسیرهای *مختلف* پراکنده شود لازم است که

www.saie.ir

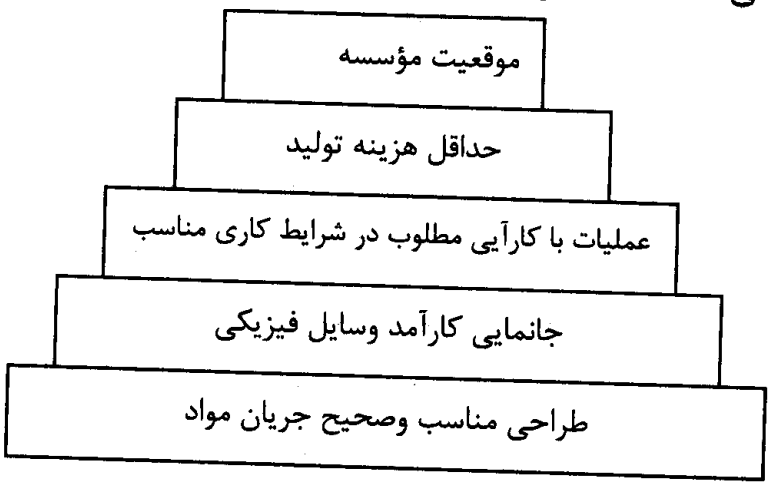
الگـوی آن از ابـتدا طراحـی شـده باشد. در واقع الگوی جریان مواد نه تنها در طرحریزی کارخانـه بلکـه در کارایـی آن تأثـیر فـوق‌العاده‌ای دارد، در واقع انتظار داریم که مسیر جریان مواد در داخل کارخانه برگشت به عقب نداشته وکوتاهترین مسیر بوده باشد شاید به جرأت بتوان گفت که موقعیت یک کارخانه و همچنین سرعت تولید و سودآوری آن بستگی کامل به جریان مواد دارد.

۵-۱ اثر جریان مواد در موقعیت طرح و اهمیت الگوی جریان مواد

شاید به جرأت بتوان گفت که موقعیت یک کارخانه و یا دست کم تولید زیاد و سودآوری آن بستگی کامل به جریان مواد دارد. شکل (۱-۵) اهمیت الگوی جریان مواد را به خوبی نمایش می‌دهد.

فواید و برنامه‌ریزی جریان مواد

عـدم وجـود طـرح مؤثری برای جریان مواد یکی از کمبودهای مهمی است که در اغلب واحدهای صنعتی مشاهده میگردد.



شکل(۱-۵) اهمیت الگوی جر یان مواد

در اغلب آنها ابتدا ساختمان کارخانه ساخته شده و سپس ماشین‌آلات و تجهیزات به طریقی در آن نصب شده‌اند، در حالیکه باید عکس این کار انجام گیرد.

برخی از فواید طراحی جریان مواد به قرار زیر است:

۱-افزایش کارآئی تولید
۲-استفاده بهتر از کارخانه
۳-ساده کردن انتقال مواد
۴-استفاده بهتر از ماشین‌آلات و تجهیزات و کمتر شدن زمان بیکاری
۵-کاهش زمان در جریان فرآیند
۶- کاهش موجودی در جریان فرایند
۷-استفاده بهتر از نیروی انسانی
۸-کاهش خسارات وارده به محصول
۹-کم کردن احتمال حادثه
۱۰-کم کردن رفت آمدهای بیهوده
۱۱-کاهش ترافیک در راهروها[۱]
۱۲-ساده کردن نظارت و کنترل تولید
۱۳-حداقل کردن بازگشت به عقب[۲]
۱۴-هموار و پیوسته نمودن جریان تولید

عوامل مؤثر بر جریان مواد[۳]

عوامل مؤثر بر جریان مواد به طور عمده عبارتند از :
۱-نحوه حمل و نقل خارج از محوطه و بررسی تجهیزات ویژه آن

۱- Aisles
۲- Backtrack
۳- Some Of Factors That Effect The Flow Pattern

www.saie.ir

۲-تعداد محصول
۳-تعداد قطعات تشکیل دهنده محصولات
۴-تعداد عملیات تولیدی هر قطعه شامل ساخت و مونتاژ
۵-ترتیب عملیات تولیدی هر قطعه شامل ساخت و مونتاژ
۶-حجم تولید
۷-میزان حمل و نقل بین بخش های مختلف
۸-میزان فضای موجود و شکل آن
۹-الگوی جریان مواد
۱۰-استقرار تجهیزات وماشین‌آلات و بخش ها
۱۱-محل تستهای تولیدی و خدماتی و نیازهای عمده آنها
۱۲-انبارهای مواد اولیه قطعات نیمه ساخته و محصول نهائی
۱۳-انعطاف‌پذیری مورد نیاز
۱۴-شکل و نوع ساختمانها

از میان عوامل فوق دو عامل الگوی جریان مواد و طرح استقرار از همه مهمتر می‌باشند (چگونگی طرح استقرار ماشین‌آلات و تجهیزات درفصل قبلی بطور مفصل شرح داده شد.)

۵-۲ سطوح فعالیت[۱]

در هنگام طراحی الگوی جریان مواد باید توجه داشت که منطقه فعالیتها فقط به سطح زمین محدود نمی باشد .به طور کلی شش سطح فعالیت در کارخانه ها وجود دارند. (شکل ۲-۵).

۱-سطح زیر زمینی[۲] : در این سطح معمولاً وسایل گرمایش، تهویه، آب و انرژی، فاضلاب و ضایعات قرار می‌گیرند.

۱- Levels Of Design An Industrial Plant

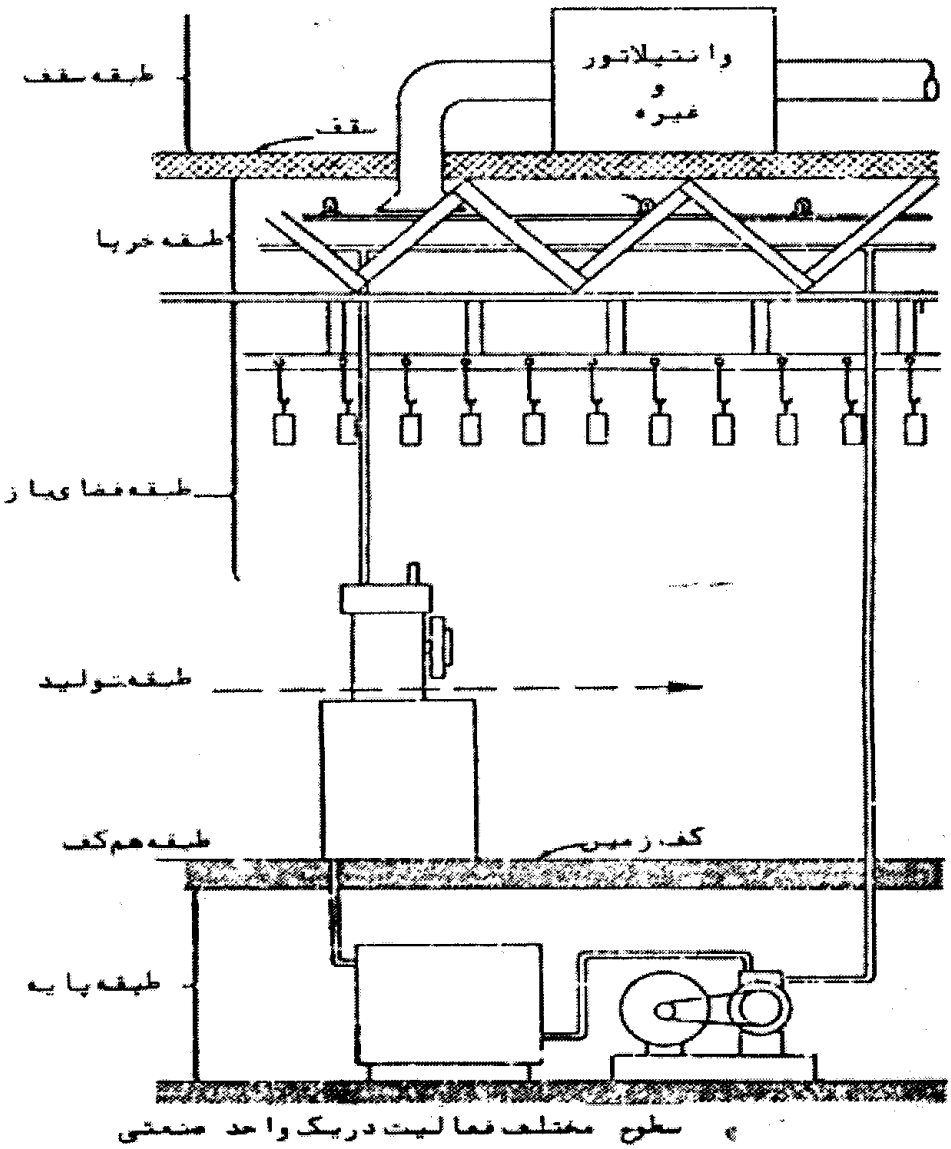
۲- Base Level

۲-سطح هم کف[۱] : در این سطح تجهیزات،انبار ها و افراد قرار می‌گیرند.
۳-سطح حرکت محصولات[۲]: سطح فرضی است که حدود یک متر بالاتر از سطح زمین قرار داردکه مواد دراین سطح از ماشین‌آلات عبور می‌کنند.
۴-سطح آزاد[۳]: از بالاترین سطح ماشین تا پایین خرپای نگهدارنده سقف را شامل می‌گردد، معمولاً از این سطح برای نقاله‌های بالاسری استفاده می‌شود.
۵-سطح اسکلت فلزی[۴]: ازپایین ترین قسمت اسکلت فلزی تا زیر سقف تشکیل شده است از این سطح برای وسایل تهویه، گرما، سیم‌کشیها و لوله های آب‌پاش استفاده می‌شود .
۶-سطح پشت بام[۵]: برای وسایل تهویه، تانکرهای آب و کوره استفاده می‌گردد.

لازم به ذکر است که در طراحی جریان مواد فقط استفاده از سطح هم کف و مساحت مورد نظر نبوده بلکه باید ازکل حجم موجود استفاده کرد.

۱- Floor Level
۲- Flight of Product
۳- Clear Space
۴- Truss Enclosed
۵- Roof Level

www.saie.ir



شکل (۳-۵)

۵-۳ معیارهای برنامه ریزی جریان مواد

نتیجه‌گیری‌های کلی که در مورد بعضی از جنبه های جریان مواد توسط کسانی که سالها با این مسأله در گیر بوده‌اند، بدست آمده را می توان به عنوان معیارهای برنامه‌ریزی مواد منظور نمود. در نظر داشتن این معیارها کمک خواهد کرد تا طرحریزی الگوی جریان مواد به شکل بهتری انجام گیرد. این معیارهاعبارتند از:

۱-جریان بهینه مواد

۲-جریان پیوسته (دریافت تا انتقال)

۳-جریان مستقیم (تا حد ممکن)

۴-حداقل جریان بین فعالیتهای مربوطه

۵-بررسی کامل در مورد طرحریزی بر اساس محصول، براساس فرآیند،محل ثابت و یا گروهی

۶-حداقل فاصله انتقال مواد بین فعالیتها

۷-مواد سنگین کمترین فاصله را طی کنند

۸-حرکت کارکنان حداقل باشد با در نظر گرفتن : الف-تعداد نفرات ب-فراوانی رفت و آمدها ج-فضای مورد نیاز

۹- بازگشت به عقب حداقل شود

۱۰-چنانچه شرایط مناسب باشد از خط تولید استفاده شود.

۱۱-عملیات ترکیب شوند، تا انتقال بین آنها حذف (حداقل) شود.

۱۲-انتقال مجدد حداقل شود.

۱۳-انجام فرآیند با انتقال مواد قطعات توام شود.

۱۴- مقدار مواد در محلهای کار حداقل باشد.

۱۵-مواد در محل استفاده عمود قرار گیرند.

www.saie.ir

۱۶-مواد بعد از انجام عملیات در محلی قرار داده شوند.که حمل آنها برای عملیات بعدی ساده باشد.

۱۷-با ساختمان سازگاری داشته باشد: الف-پیکربندی (شکل) ب- محدودیتها: مقاومت، ابعاد، محل ستونها

۱۸- راهروهای لازم : الف- مستقیم ب- از قسمت دریافت به قسمت انتقال ج- تعداد آنها حداقل باشد د-پهنای آنها بهینه باشد.

۱۹-فعالیتهای مربوط به طور مناسب در نزدیک یکدیگر باشند.

۲۰-در نظر گرفتن انبار مواد نیمه ساخته، جریان ضایعات

۲۱-انعطاف پذیری در رابطه با:

الف- تغییر سطح تولید

ب- محصول جدید

ج- فرآیند جدید

د- دپارتمانهای جدید

۲۲- توسعه در جهت‌هایی که از قبل پیش‌بینی شده‌اند.

۲۳- رابطهٔ مناسب با زمین کارخانه: الف- جهت‌ها ب- پستی و بلندی‌ها ج- توسعه کارخانه و پارکینگ و قسمتهای جانبی

۲۴- رابطهٔ مناسب بین قسمتهای دریافت و انتقال: الف- جریان‌های داخل کارخانه ب- امکانات حمل و نقل خارجی فعلی و در آینده

۲۵- فعالیت‌هایی که از نظر مکان احتیاجات ویژه‌ای دارند تا در محل‌های مناسب قرار گیرند: الف- عملیات تولیدی ب- خدمات تولید ج- خدمات اداری د- خدمات کارمندی

۲۶- نظارت ساده باشد: اندازهٔ ، شکل و محل دپارتمان‌ها

۲۷- کنترل تولید به سادگی امکانپذیر باشد.

۲۸- در کنترل کیفیت مشکلی وجود نداشته باشد.

۲۹- برای امکان استفاده از ساختمان چند طبقه الف- در حال حاضر ب- در آینده

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

۵-۴ الگوهای عمومی جریان مواد[۱]

منظور از الگوی جریان مواد یک طرح کلی است که می‌خواهیم مواد، قطعات، افراد، اطلاعات، تجهیزات و ... در آن انتقال پیدا می‌کنند. الگوی جریان مواد ممکن است به دهها شکل مختلف باشد که به دو دسته : الف- افقی ب- عمودی تقسیم می‌شوند. اغلب جریان‌های مواد به طور افقی با یکی از چند الگوی عمومی جریان مواد به شرح زیر همخوانی دارند:

الف- الگوهای افقی جریان مواد[۲]:

۱- خط مستقیم[۳] : وقتی که فرآیند تولید کوتاه و ساده باشد، تعداد اجزاء تشکیل دهندهٔ محصول کم و یا تعداد ماشین‌آلات کم باشد از شکل خط مستقیم استفاده می‌شود. (شکل (a) ۳-۵)

۲- زیگزاک[۴] : وقتی که خط تولید نسبت به فضای موجود طولانی باشد از این شکل استفاده می‌گردد. (شکل (e) ۳-۵)

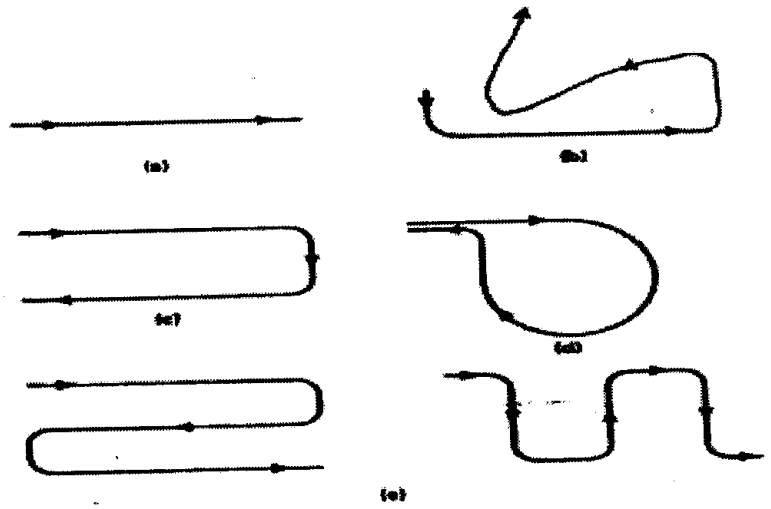
۳- U شکل[۵]: چنانچه تسهیلات عمومی حمل و نقل در یک طرف کارخانه باشند و یا لازم باشد که در مراحل اول و آخر تولید از وسایل مشترکی استفاده شود و در نتیجه محصول در پایان عملیات تولید، تقریباً به همان محل شروع عملیات برگردد. برای خط تولید نسبتاً طولانی نیز از شکل U استفاده می‌شود. البته این امکان نیز وجود دارد که از این شکل به همان دلایل شکل زیگزاک نیز استفاده شود. (شکل (c) ۳-۵)

۱- General Flow Pattern
۲- Basic Horizontal flow pattern
۳- Straight Line
۴- Serpentine or Zig Zag
۵- u-Shaped

www.saie.ir

۴- شکل دایره[۱] : وقتی که لازم باشد محصول دقیقاً به محل شروع عملیات باز گردد و تستهای دریافت و تحویل درست در یک محل باشند و یا از یک ماشین برای بار دوم استفاده شود، از شکل دایره استفاده می‌گردد. (شکل (d) ۳-۵)

۵- مختلط[۲] : هر چند که شکل هندسی مشخصی ندارد اما در کارخانه‌ها عمومیت دارد، هدف از این الگو ایجاد کوتاهترین فاصله بین قسمت‌های مربوط به هم می‌باشد.استفاده از این شکل ممکن است به دلیل محدود بودن فضای کارخانه نیز باشد. (شکل (b) ۳-۵)



Basic horizontal flow pattern: (a) straight, or I flow; (b) L flow; (c) U flow; (d) circular, or O flow; (e) serpentine, or S flow.

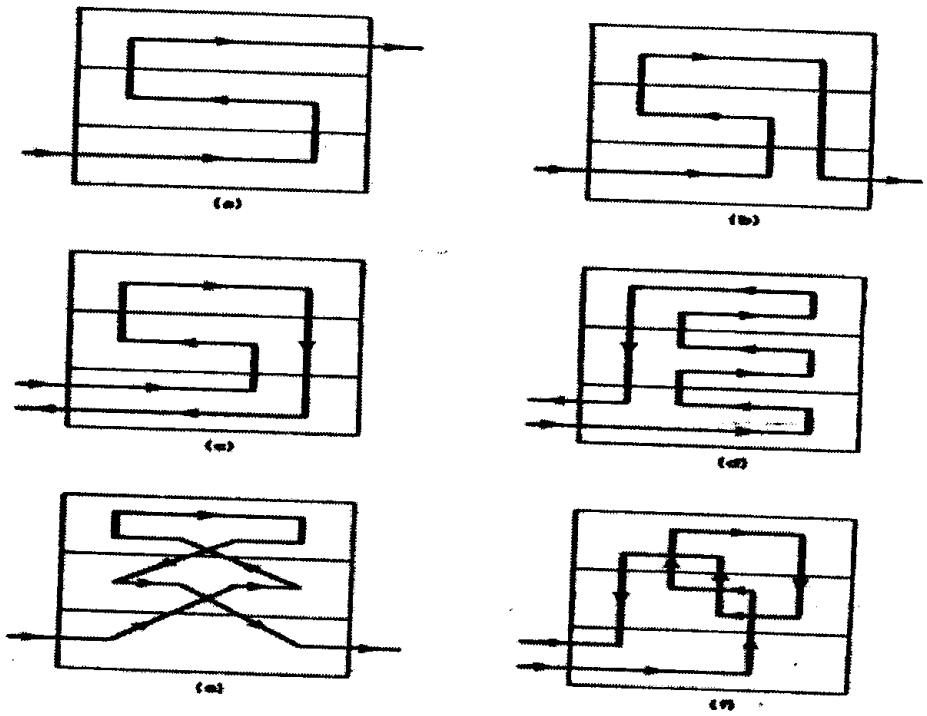
شکل ((b) ۳-۵)

۱- Circular or O-Flow

۲- Code Angle

ب- الگوهای عمودی جریان مواد[۱] :

ایـن الگوهـا در سـاختمان‌هـای یـک یـا چـند طـبقه به کار می‌رود. استفاده از فضاهای بالاسـری بـه شـکل جریان نقاله‌ای مواد،احتیاج به تمرکز بیشتری روی طراحی الگوهای جریان عمودی دارد. چند نمونه از این الگوها در شکل (۴-۵) آمده است که در آن:



Vertical flow pattern.

شکل (۴-۵)

[۱]- Vertical Flow Patterns

www.saie.ir

- الگـوی a (ورودی و خروجـی در طبقات مختلف) : وقتی به کار می‌رود که یک جریان مواد بین ساختمان‌ها و یک ارتباط بالا رونده وجود داشته باشد.

- الگـوی b (ورودی و خروجـی دو طـرفه و در یـک طـبقه) : وقتـی لازم باشد ورودی و خروجی مواد در طبقهٔ همکف کارخانه ایجاد می‌شود.

- الگـوی c (ورودی و خروجـی از یک طرف و در یک طبقه) : وقتی لازم باشد ورودی و خروجی مواد در طبقهٔ همکف و در یک طرف ساختمان اتفاق افتد.

- درالگو های a , b , c صعود غیر متمرکز وجود دارد زیرا رفت و آمد بین طبقات در هر طرف ساختمان می‌تواند صورت بگیرد.

- الگوی d سیستم مرکزی حمل و نقل (آسانسور مرکزی) – صعود متمرکز وجود دارد و حرکت بین طبقات فقط در یک طرف ساختمان انجام می‌گیرد.

- الگـوی e ورود و خـروج از چـپ و پاییـن به صورت زیگزاگ - جریان شیب‌دار وجود دارد. وجـود تعـدادی جعـبه‌هـای حمـل مـواد، بسـته نقاله‌ها و پیکان متحرک نتیجه به کارگیری این الگو خواهد بود.

- الگـوی f ورودی خروجـی یـک طـرفه و در یـک طبقه و حرکت به صورت تصادفی – برگشت به عقب در این طرح وجود دارد .

وقتی که در یک واحد صنعتی در یافت و یک قسمت تحویل وجود داشته باشد، الگوهای جـریان مـواد کـه این دو قسمت را به یکدیگر متصل می نمایند، چندان متعدد نیستند . اغلـب الگـو هـای جـریان شبیه حالات فوق هستند. برخی کاربردها انطباق در ترکیبات حالات فوق در شکل (۵ – ۵) آمده است.

بـاید توجـه داشـت که الگوهای عمومی جریان در اثر عوامل زیر به الگوهای مطابق شکل های (۵ – ۵) و (۶ –۵)تغییر می‌یابند:

۱- محل قسمت‌های دریافت و تحویل

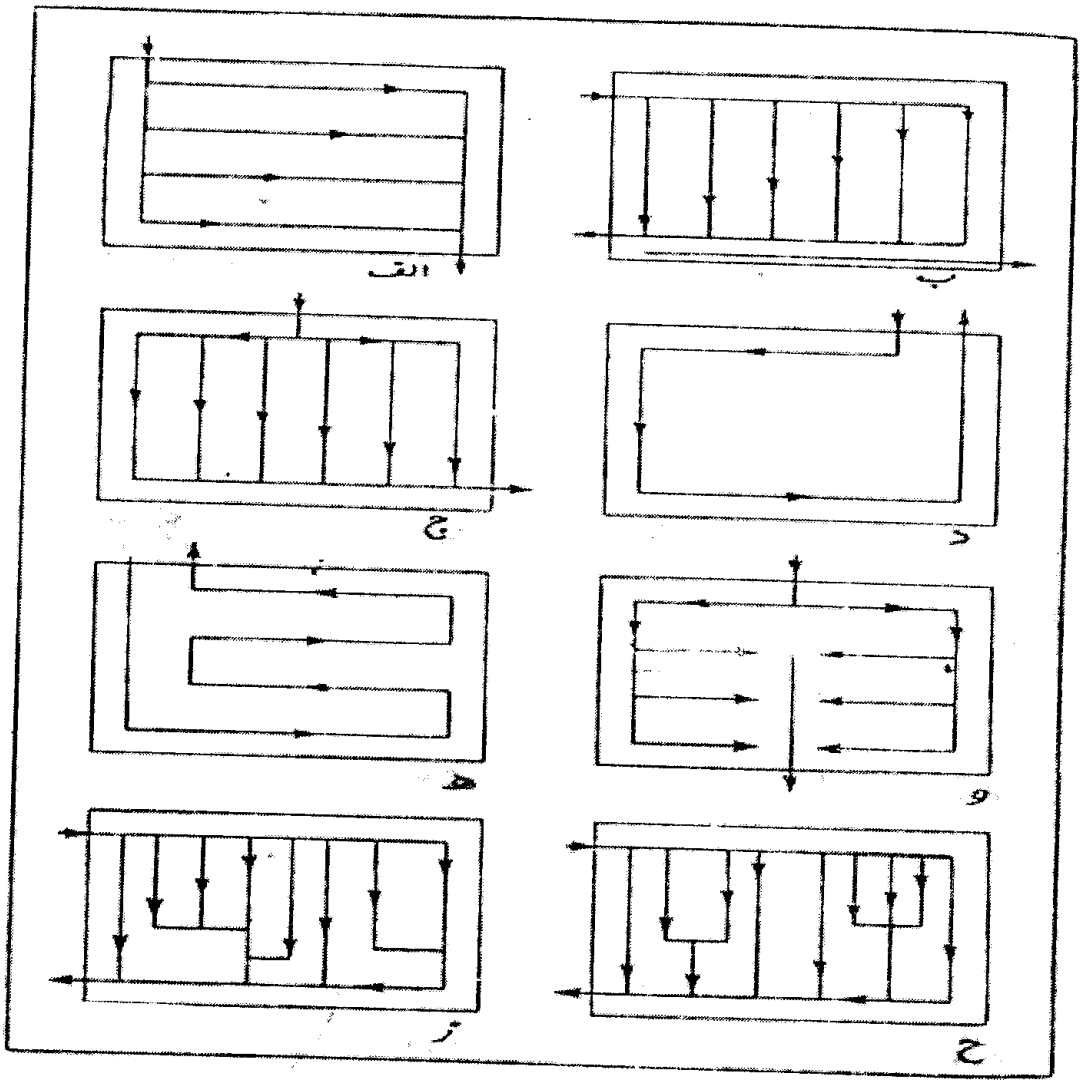
۲- تعداد اجزاء محصول یا متغیر بودن آنها

۳- تعداد دپارتمانها، فرآیندهاویا متغیر بودن آنها

٤- تنوع روشهای حمل و نقل

٥- لی‌اوت کارخانه

در شکل‌های الف و ب از شکل (۵ – ۵) فرض بر این است که این امکانات در کنار کارخانه وجود دارد.

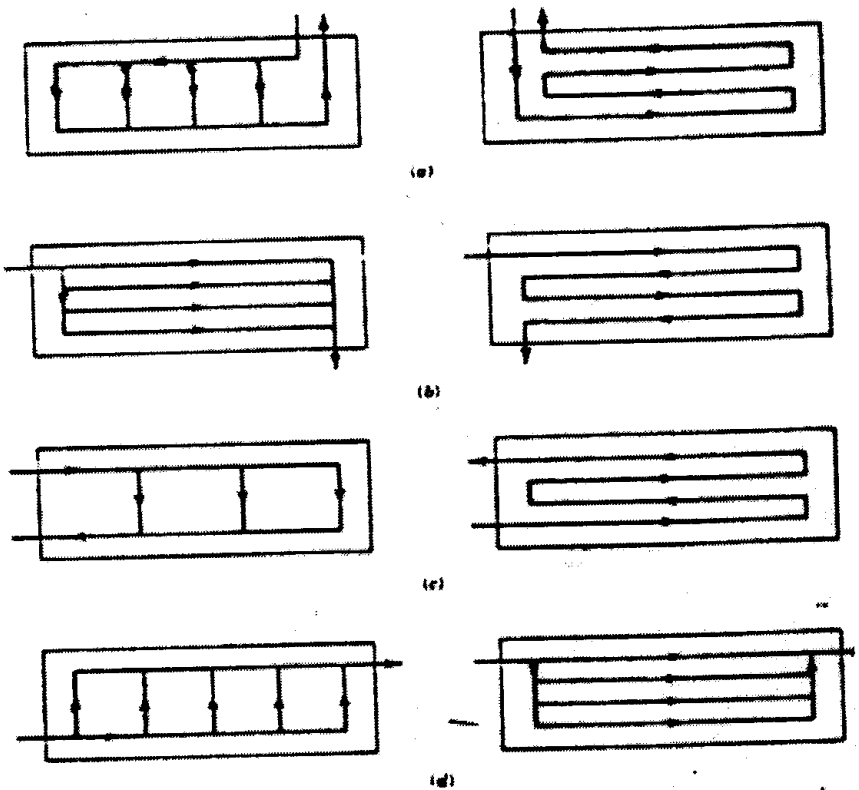


شکل(۵–۵) : نمونه‌هایی از جریان مواد

www.saie.ir

در شکل(۵-۵) حالت (الف)چند خط طولانی تولید وجود دارد. در شکل (ب) وسایل عمودی حمل و نقل در یک طرف کارخانه و در شکل (ج) این وسایل در دو طرف کارخانه قرار دارند. شکلهای (ه)و(و) نحوه گنجانیدن خطوط تولید نسبتاً طولانی در یک فضای مستطیل شکل و در شکهای (ز) و (ح) الگوهای جریان با چند زیر مونتاژ فرعی را نشان می‌دهد.

هر چند که شاید در دنیای واقعی هیچ الگوی جریان به سادگی این خطوط که در شکل (۵-۵) و (۶-۵) رسم شده‌اند نباشند، اما نشانه‌های از آنها را می‌توان در الگوی جریان کارخانه‌ها مشاهده کرد مهندس طرحریز کارخانه با ترکیب تجربیات، ابزار و فنون مناسب و مطالعات کامل در مورد عوامل مؤثر در مسئله مورد نظر به بررسی خود برای ایجاد یک چنین الگوهای عمومی وکلی جریان می‌پردازد.



Flow within a facility considering the locations of the entrance and ex
(a) At the same location. (b) On adjacent sides. (c) On the same side but at opposi
ends. (d) On opposite sides.

شکل (۶-۵)

طرحریزی الگوی جریان مواد

رویه معینی برای طراحی الگوی جریان مواد وجود ندارد اما می توان یک دستورالعملی را ارائـه داد کـه راهـنمای مناسـب و خوبـی بـرای طراحـی الگـوی جـریان مواد باشد. این دستورالعمل شامل مراحل زیر است:

۱. بررسی کلیه عناصری که در طول کارخانه حرکت می‌کنند .

الف- مواد　　د- تجهیزات

ب- ضایعات　　ه- اطلاعات

ج – نیروی انسانی

۲- جمع‌آوری اطلاعات لازم در مورد

الف- مسیرهای تولید برای مواد　ب- تخمین نرخ متوسط و مقدارکل ضایعات　ج- تعداد متوسط حرکت‌های افراد د- اطلاعات مهندسی در مورد تجهیزاتی که برای انجام عملیات از یـک محـل بـه محـل دیگـر حرکـت داده می شوند (تجهیزات تولید)　ه- احتیاجات مـربوط بـه تـبادل و نقل و انتقال اطلاعات مثل سیستم‌های ارتباط، نامه‌نگاری‌ها، وسایل علامت‌دهنده، ایستگاه‌های کنترل کامپیوتری، وسایل تبادل اطلاعات کنترل تولید

۳- مرور ملاکهای برنامه‌ریزی جریان

۴- مرور عواملی که بر جریان تأثیر می‌گذارند مثل

الـف- مشخصـات مـواد　ب- احتـیاجات حرکت مواد　ج- انتقال‌های اصلی مواد د- احتـیاجات فرایندها و ترتیب عملیات　ه- روش های تولید　و-محل دریافت و انتقال ز- محـل مـواد اولـیه، محصـول در جـریان ساخت و محصول نهایی　ح- راهروها-نوع، محـل و پهنا　ط- محل مطلوب یا از پیش تعیین شده بعضی از فعالیتها　ی- نظارت لازم　ک- احتیاجات کنترل تولید، کنترل کیفیت　ل- انعطاف پذیری و قابلیت توسعه م- محدودیت های ساختمان　ن- پستی و بلندی‌های محل

۵-ترکیبات مختلف را در ارتباط با محصو ل یا فعالیت و عناصر یا قسمت های آن بررسی کنید.

www.saie.ir

۶- فنون تحلیلی را مرور کنید. روشهای مرسوم تحلیل جریان مواد در بخش‌های بعد آمده است.

۷-از فنون فوق برای محاسبه و ثبت جریان مواد، افراد، تجهیزات و اطلاعات استفاده کنید.

۸-با توجه به فنون تحلیلی و در نظر گرفتن عوامل زیر، چندکروکی قابل قبول را به عنوان انتخاب های اولیه الگوی جریان رسم نمائید:.

الف-محل قسمت‌های دریافت و انتقال ب-محلهای حمل و نقل (فعلی و آتی)

ج-مقدار و جهت توسعه د- انعطاف‌پذیری در مقابل تغییرات آتی

و- سایر عوامل

۹-الگوی جریان را باتوجه به معیارهای گفته شده ارزیابی نمائید.

۱۰ - تجدیدنظر و تکمیل کروکی‌طرح‌ها را انجام داده و تصمیمات لازم را انجام دهید.

۱۱- سعی کنید که خصوصیات ثبت همه آلترناتیوها را در یک الگوی جریان پیشنهادی جمع کنید.

۱۲-الگوی پیشنهادی را مجدداً در مقابل معیارهای مورد بحث کنترل کنید.

۱۳-الگوی پیشنهادی جریان را رسم کنید. این الگو راهنمائی ادامه مراحل بعدی طرحریزی خواهد بود.

۵-۵ تکنیکهای تجزیه و تحلیل جریان مواد[۱]

دو دسته تکنیک برای تجزیه و تحلیل جریان مواد وجود دارند:

۱- روشهای ترسیمی و رایج[۲]

۲- روشهای کمی[۳] (تحقیق در عملیات)

۱- Techniques For Analysis Material Flow

۲- conventional Method

۳- Quantitative Method

روشهای ترسیمی

روش ترسیمی کاربرد نسبتاً ساده‌ای داشته و به طور کلی ابزار بسیار مناسبی برای تحلیل جریان مواد می‌باشد. در مورد استفاده از روش‌های ترسیمی ابتدا باید اطلاعات جامع و دقیقی در مورد جنبه‌های مختلف حرکت مواد جمع‌آوری گردد. معمولاً این اطلاعات شامل مسیر حرکت، حجم بار، مقدار مسافت، تناوب و هزینه حرکت‌ها می‌باشد. البته باید توجه داشت که کل جریان در داخل کارخانه با یک یا دو حرکت محدود نبوده بلکه شامل حرکات متعددی می‌باشد. انتقال مواد معمولاً شامل مراحل متعدد وحرکات زیادی است که در خلال عملیات تولید بازرسی و انبارداری انجام می‌شوند و معمولاً تعداد حرکات بیش از تعداد عملیات می‌باشند.

در این راستا از نمودارهای زیر که عمومی‌ترین روشها هستند استفاده می‌شود:

۱- نمودار مونتاژ

۲- نمودار فرآیند عملیات

۳-نمودار فرآیند چند محصولی

۴-برگه فرایند عملیات (جدول فرایند عملیات)

۵- دیاگرام جریان

۶-جدول جریان

۷-نمودار از- به[۱]

۸- نمودار رابطه فعالیتها[۲]

۹-دیاگرام رابطه فعالیتها[۳]

۱۰-دیاگرام رابطه فضائی[۴]

۱- From – To Chart

۲- Activity Relationship Chart (A.R.C)

۳- Activity Relationship Diagram(A.R.D)

۴- Space Relationship Chart

www.saie.ir

شماره عملیات	انبار	فرز	تراش	مته	سی
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

شکل (۷-۵) کاربرگ اولیه نمودار از-به

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

شکل (۸-۵) نمودار از-به

- نحوه تهیه نمودار (جدول) از ـــ به :

۱ -اطلاعات اولیه را تکمیل کرده انواع فعالیتها ،ماشین‌آلات، قسمت‌ها،ساختمانها و غیره را تعیین نمایید .

۲ -اطلاعات را خلاصه نموده و فعالیتهای اصلی را در نظر بگیرید وآنرا در کاربرگ نمودار وارد کنید. به عنوان مثال شکل(۵ـ۷) مراحل تولید ۵ محصول را در ۵ قسمت نشان می‌دهد. که اعداد هر ردیف نشان دهنده توالی عملیات می‌باشند برای مثال محصول شماره ۱ در فرایند تولید خود به ترتیب از قسمت های انبار مواد، فرز کاری، مته، بازرسی می گذرد.

۳-نمودار شبیه شکل (۸-۵) تهیه نموده و در سطر و ستون اول آن نام فعالیتها و بخشها را به ترتیب بنویسید . (تربیت نوشتن بخشها (فعالیتها)بر اساس یک طرح اولیه یا یک طرح موجود است) . قطر جدول را در نظر گرفته و مربعهای آن را هاشور بزنید .

۴- با در نظر گرفتن کاربرگ اولیه نمودار به ازاء هر ارتباط بین دو فعالیت (دو بخش) یک خط کوتاه در داخل مربع مربوط به آن دو فعالیت وارد کنید. مثلاً برای قطعه شماره یک ابتدا خطی را در مربع ردیف انبار مواد و ستون فرزکاری وارد نمائید. سپس خطی در مربع سطر فرزکاری و ستون مته و سپس خطی در مربع سطر مته و ستون بازرسی قرار دهید و این کار را برای سایر قطعات و محصولات تکرار نمائید. (هر خط نشان‌دهندهٔ میزان مواد و یا قطعاتی است که از یک قسمت (فعالیت)به قسمت (فعالیت)دیگر منتقل می‌شود.

تبصره : این خطوط در عین حال می‌توانند مقدار مواد منتقل شده، وزن مواد، حاصلضرب تعداد در وزن نیز باشند. در این حالات ممکن است به جای یک خط با توجه به تعداد، وزن، حاصلضرب وزن و تعداد، چندین خط در داخل مربع قرار گیرد.

۵- مجموع خطهای هر مربع را حساب کرده و در آن مربع بنویسید و سپس مجموع اعداد مربعهای هر سطر را در مقابل آن سطر بنویسید. همچنین مجموع اعداد مربعهای هر ستون را حساب کرده و در زیر آن ستون قید نمائید. (ارقام جلوی هر سطر نشان دهندهٔ میزان قطعات یا موادی است که از قسمت (فعالیت) مربوط به آن سطر به

www.saie.ir

سایر فعالیتها منتقل شده‌اند. همچنین ارقام زیر هر ستون نشان‌دهندهٔ تعداد قطعاتی هستند که از سایر قسمتها به قسمت مربوط به این ستون آمده‌اند.)

مجموع کل اعداد ردیف ها یا ستون ها نشان‌دهندهٔ کل انتقال مواد بین فعالیتها (قسمت ها) می‌باشد. به عنوان مثال در جدول بالا این مجموع برابر ۲۰ شده است که نشان می‌دهد مجموعاً ۲۰ انتقال بین قسمت‌ها صورت می‌گیرد.

۶- قطر را در نظر بگیرید. اعداد بالای قطر حرکت به جلو و اعداد پایین قطر حرکت به عقب را نشان می دهند بهترین حالت وقتی است که اعداد در بالای قطر و در مربع‌هایی باشند که یک رأس آنها بر روی قطر قرار دارند و این به معنی این است که قطعات مستقیماً از یک قسمت به قسمت مجاوررفته‌اند. (به عنوان مثال مربع سطر تراش و ستون مته).

اعدادی که یک مربع بالاتر از قطر قرار دارند، نشان می‌دهند که محصول از یک قسمت عبور کرده و سپس به قسمت بعدی که فعالیت در آن انجام می‌گیرد می‌رسند. به همین ترتیب اعدادی که در مربع بالاتر از قطر قرار دارند نشان دهنده عبور محصول از دو قسمت و رسیدن محصول به قسمتی است که فعالیت در آن انجام می گیرد .

۷- در این مرحله یک معیار کارآمدبرای نمودار از — به تعریف می‌گردد. بدین منظور ضرایب وزنی بر حسب فاصله اعداد هر مربع نسبت به قطر در نظر گرفته می شود. (انتخاب ضرایب بستگی به اهمیت مسئله مورد نظر دارد) بدین ترتیب که اعداد مربع های مجاور و بالای قطر را درعدد یک ضرب کرده و اعداد دو مربع بالای قطر را در عدد ۲ ضرب کرده و به همین ترتیب سایر اعداد را در ضریب های ۳و۴و۵و... ضرب می‌نماییم. برای اعداد زیر قطر با توجه به اینکه نشان‌دهنده برگشت به عقب می‌باشند به ترتیب اعداد مربع های مجاور قطر را در عدد ۲ و اعداد مربع های با یک مربع فاصله از قطر را در عدد ۴ و به همین ترتیب ضرب می‌نماییم. برای کل مربعها این محاسبات را انجام داده و کل این اعداد یعنی حرکات به جلو و حرکات به عقب را باهم جمع می‌زنیم. بدین ترتیب عدد بدست آمده نشان‌دهنده معیار کارآمد طرح فعلی استقرار بخشهاست.

۸- بـا در نظر گرفتن طرح های دیگر استقرار و تغییر محل قسمتها و فعالیتها، معیار کار آمد نمودار از – به مرتبط با هر طرح را محاسبه نموده و حداقل معیار نشان دهنده طرح کار آمدتر می‌باشد. (برای مینیمم کردن معیار کارآمد الگوریتم معینی وجود ندارد و فقط مـی توان از روش سعی و خطا استفاده نمود. البته بعضی برنامه‌های کامپیوتری این عمل سعی و خطا را با سرعت بیشتری انجام می‌دهند.)

مثال۱ : جدول از-به داده شده در شکل (۸-۵)رادر نظر بگیرید .

برای طرح ۱ (انبار – فرز – تراش- مته- بازرسی) معیار کارآمد را حساب می نماییم:

پایین قطر

۲×(۲+۳) =۱۰

بالای قطر

۱×(۳+۲+۱+۱) =۷

۲×(۱+۲+۳)=۱۲

۳×(۱+۱)=۶

جمع کل = ۳۵

برای طرح ۲(انبار – تراش- فرز – مته ـ بازرسی) جدول از – به بصورت زیر خواهد شد .

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

همچنین معیار کارآمد برای طرح ۲ برابر است با :

www.saie.ir

پایین قطر	بالای قطر
۲×(۱)=۲	۱×(۳+۲+۳+۳)=۱۱
۴×(۲) =۸	۲×(۱+۲+۱) =۸
	۳×(۱+۱) =۶

جمع کل = ۳۵

چنانکه ملاحظه می‌گردد در این مثال طرح ۱ و۲دارای کارآمدی مساوی هستند. برای اینکه به جواب بهتر برسیم باید طرح های دیگر را نیز بررسی کنیم.

تبصره : با توجه به اینکه قطعات در طی مراحل مختلف و با انجام فعالیتهای گوناگون بر روی آنها تغییر شکل و خصوصیت پیدا کرده و در واقع امکان دارد که وزن، حجم، سختی حمل و نقل و غیره در آن تغییر پیدا کند، در نتیجه اهمیت نسبی انتقال مواد در بین قسمتها (فعالیتها)ی مختلف تغییر خواهد نمود. در این راستا برای بکار بردن اعداد دقیقتر در نمودار از-به می توان از یک واحد شمارشی استفاده نمود که به آن (mag) اطلاق می‌کنیم. این واحد همه خصوصیات اعم از وزن، تعداد، سختی حمل و نقل و ... را دربر دارد یعنی

(وزن ، حجم ، ارزش قطعه ، سختی حمل ونقل و ...) F = mag = مگ

۲- نمودار رابطه فعالیتها (A . R . C)

نمودار رابطه فعالیتها تقریباً بهترین تکنیک برای تعیین ارتباط بین فعالیتها و بخشهای مختلف است این نمودار در موارد زیر کاربرد دارد :

۱-تعیین بهترین ترتیب اولیه استقرار بخشها و مناطق کاری (جهت نقطه شروع در بکارگیری از نمودار از- به):

-تعیین استقرار مراکز کار و دپارتمانهای ادارات

-تعیین محل فعالیتها در مؤسسات خدماتی

-تعیین مراکز کار در عملیات نگهداری و تعمیرات

-تعیین محل محوطه های خدماتی در واحدهای صنعتی

۲-نشان دادن نحوه ارتباط بین فعالیتهای مختلف یک بخش و بخشهای مختلف یک اداره ویا کارخانه (میزان و دلیل ارتباط)

۳- مقدمه ای جهت رسم دیاگرام رابطه فعالیتها

برای در نظر گرفتن بخشها و قسمتها در رابطه فعالیتها باید توجه داشت که واحدها یا مراکز پشتیبانی کننده[۱] تولید به چهار دسته زیر تقسیم می‌شوند:

۱- خدمات تولیدی[۲] ۲-خدمات مدیریتی[۳] ۳-خدمات پرسنلی[۴] ۴-خدمات عمومی[۵]

۱-خدمات تولیدی شامل : مراکز طراحی محصول، طراحی فرآیند، بخش مهندسی صنایع، کنترل کیفیت، کنترل تولید و موجودیها، انبارها و ...

۲-خدمات مدیرتی شامل : ریاست کارخانه، مدیر کارگاهها، حسابداری، کارگزینی، امور مالی، تدارکات، فروش، بازاریابی، و...

۳-خدمات پرسنلی شامل : ناهارخوری، نمازخانه، سرویس کارکنان، بهداری، ایمنی و..

۴-خدمات عمومی شامل : اتاق کمپرسور هوای فشرده،تأسیسات گرمایش و سرمایش، تعمیرات خودرو، تأسیسات برقی، اتاق امور اضطراری و ...

نمودار رابطه فعالیتها شباهت زیادی به جدول از-به دارد. با این تفاوت که دیگر ترتیب قرار گرفتن بخشها در اینجا تغییر نمی‌کند. در این نمودار از برخی علایم کیفی برای مشخص کردن رابطه فعالیتها و در عین از اعدادی برای نشان دادن دلایل این روابط

۱- Supporting Services

۲- Production Services

۳- Management Services

۴- Personal Services

۵- General Services

www.saie.ir

استفاده می‌شود. یک نوع طبقه بندی این علایم کیفی از لحاظ درجه اهمیت نزدیکی فعالیتها توسط ریچارد میوتر انجام گرفته است که به صورت زیر می‌باشد:

A = مطلقاً لازم[۱] - نزدیک بودن دو فعالیت مطلقاً لازم است.

E = اهمیت خاص[۲] - نزدیک بودن دو فعالیت اهمیت خاص دارد.

I = مهم[۳] - نزدیک بودن دو فعالیت مهم است .

O = معمولی[۴] - نزدیک بودن دو فعالیت خوب است .

U = غیر مهم[۵] - نزدیک بودن دو فعالیت مهم نیست .

X =نا مطلوب[۶] - دور بودن دو فعالیت بهتر است.

XX= کاملاً نامطلوب[۷] -دور بودن دو فعالیت ضروری است.

گاهی اوقات از رنگها به جای حروف استفاده می‌شود یعنی :

A ≡ رنگ سرخ ، E ≡ رنگ نارنجی ، I ≡ رنگ سبز ، O ≡ رنگ آبی

U ≡ بدون رنگ ، X ≡ رنگ قهوه ای

همچنین اعدادی که دلایل نزدیکی فعالیتها را بیان می کنند در قسمت پایین هر خانه وارد می‌شوند. برخی از دلایل نزدیک و دور بودن فعالیتها در زیر آمده است :

- روابط تولیدی :

۱- Absolutely Necessary

۲- Especially Important

۳- Important

۴- Ordinary Closeness

۵- Unimportant

۶- Undesirable

۷- Exteremly Undesirable

۱-توالی جریان کار
۲- استفاده مشترک از تجهیزات
۳- استفاده مشترک از انبار
۴- استفاده مشترک از محوطه
۵- سر و صدا،گردو غبار، گاز و بخار، ارتعاش و غیره
۶- آسان شدن انتقال مواد

- روابط افراد :

۱-کارمندان مشترک
۲- لزوم تماس فوری
۳- ارتباط افراد
۴- مسیر عادی حرکت
۵- سادگی نظارت
۶- انجام کارهای مشابه
۷- حرکت کارمندان
۸- علاقه کارمندان

- جریان اطلاعات:

۱- استفاده از بایگانی مشترک
۲- لزوم تماس کتبی
۳- استفاده از وسایل ارتباط مشترک

شکل های (۹-۵) و(۱۰-۵) نمونه هایی از (جدول) نمودار رابطه فعالیت می باشند.

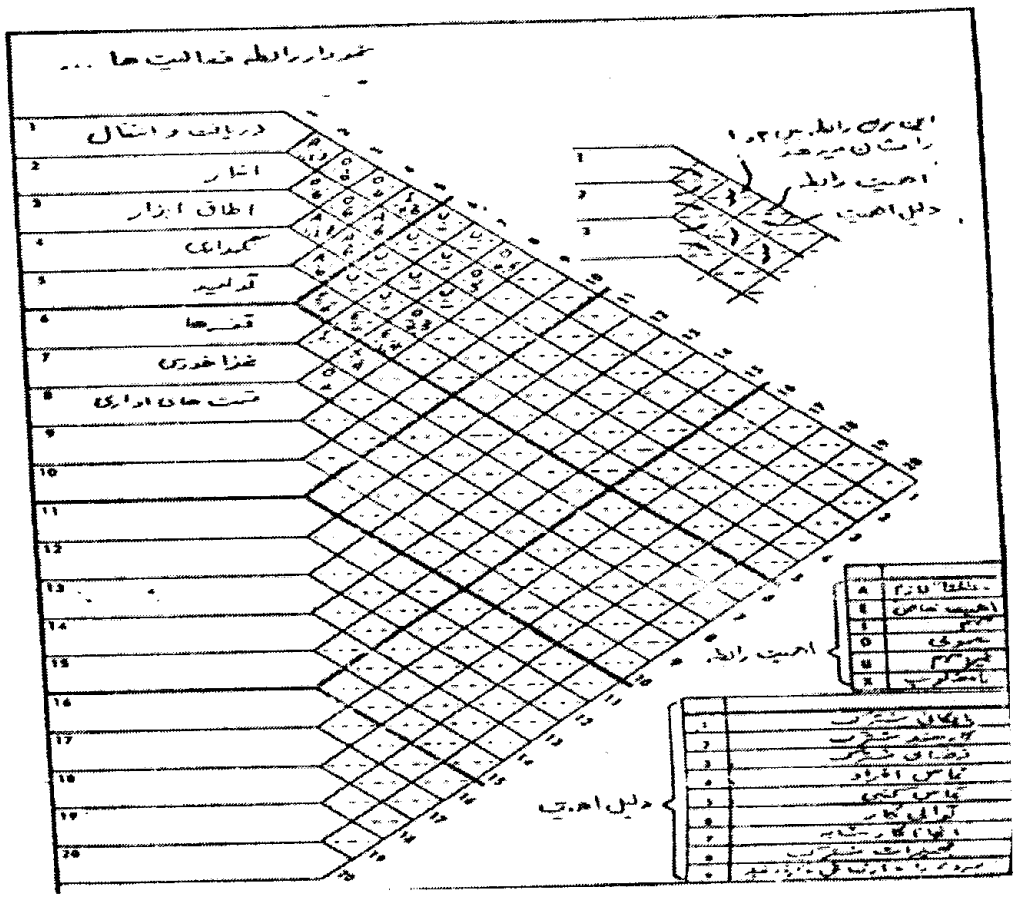
در طرحریزی تسهیلات از رابطه فعالیتها اغلب به عنوان نیاز به نزدیکی[۱] تعبیر می‌شود مثلاً اگر دو فعالیت دارای رابطه مثبت قوی (A) باشند آنگاه معمولاً درکنار یکدیگر مستقر می‌شوند و دو فعالیت اگر رابطه منفی قوی (XX)داشته باشند با فاصله دور از هم مستقر می‌گردند، قابل ذکر است که این روابط را می توان با روشی بجز جدایی فیزیکی دپارتمان‌ها ارضاء نمود. برای مثال " رابطه اطلاعاتی" را ممکن است با حلقه های ارتباطی[۲] ارضاء کرد که شامل شبکه های تلویزیونی، باند های کامپیوتری، سیستمهای لوله های بادی وغیره است. درمورد رابطه محیطی بجای دور مستقرکردن بخشها از هم، از تجهیزات

۱- Proximity Requirement
۲- Communication Links

www.saie.ir

خاصی می‌توان استفاده نمود. مثلاً مناطق پرسروصدا را ایزوله کرد. ویا دود گاز را به بیرون هدایت نمود و. . . .

باتوجه به چندگانه بودن روابط موجود در نمودار رابطه پیشنهاد می شود که نمودار های جدا گانه ای برای هر رابطه مهم[1] رسم شود. مثلاً می‌توان نمودار های مختلفی جهت جریان مواد، جریان پرسنل، جریان اطلاعات، روابط سازمانی، روابط کنترلی، روابط محیطی و روابط فرایندی رسم نمود . مقایسه نتایج تمامی نمودار های رابطه لزوم ارضاء روابط را با استفاده از راه‌حل‌های غیر مسافتی[2] نشان می‌دهد.

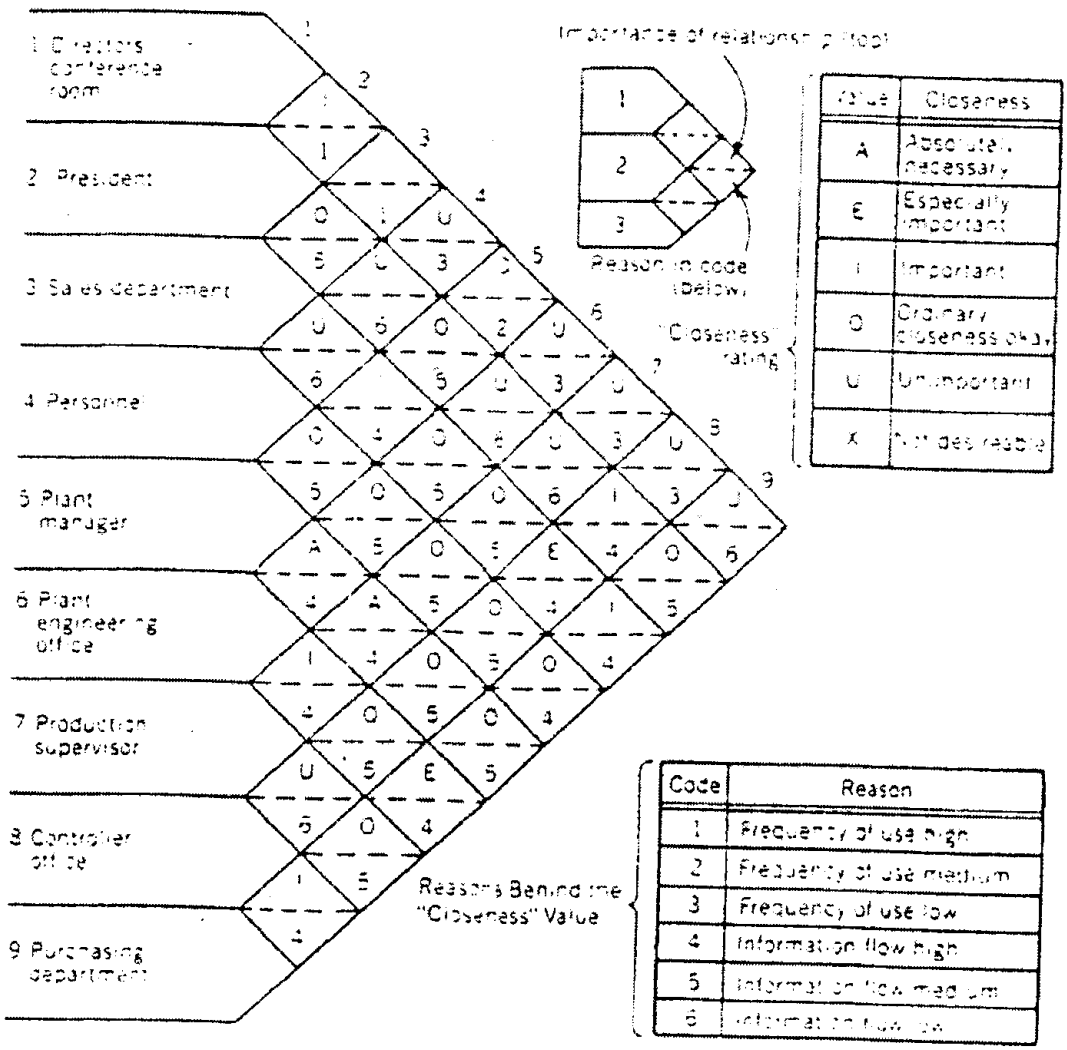


شکل (۹-۵)

---

[1]- Major relationship.

[2]- Non distance – Related Solutions



Relationship chart.

شکل (۱۰-۵)

www.saie.ir

۳-دیاگرام رابطه فعالیت‌ها[۱] :

چنانچه نمودار رابطه فعالیت ها را به صورت شکل درآوریم دیاگرام رابطه فعالیت ها پدید می‌آید. این دیاگرام در بدست آوردن ارتباط میان بخشها (فعالیت ها)بسیار مفید است و مبنایی است برای رسم دیاگرام رابطه فضاها که در مرحله بعد باید رسم شود و در آن باید سعی شود که ابعاد مربع ها (دایره ها) را به ابعادی که درعمل داریم با مقیاس تبدیل کنیم. روشی که میوتر[۲] بکار برده، استفاده از شکلی است که در آن تعداد زیادی خطوط و علایم با رنگهای مختلف و ضخامتهای گوناگون بکار می‌رود. در این شکل تعداد خطوط نشان دهنده اهمیت روابط نزدیکی هستند. مطابق(شکل ۱۱-۵):

رنگ	درجه نزدیکی	تعداد خطوط	ارزش	علامت
قرمز	مطلقاً لازم	////	4	A
نارنجی	اهمیت خاص	///	3	E
سبز	مهم	//	2	I
آبی	معمولی	/	1	O
بی رنگ	غیر مهم		0	U
قهوه ای	نا مطلوب	~~~	-1	X
مشکی	کاملاً نامطلوب	~~~~	-2,-3,-4,?	XX

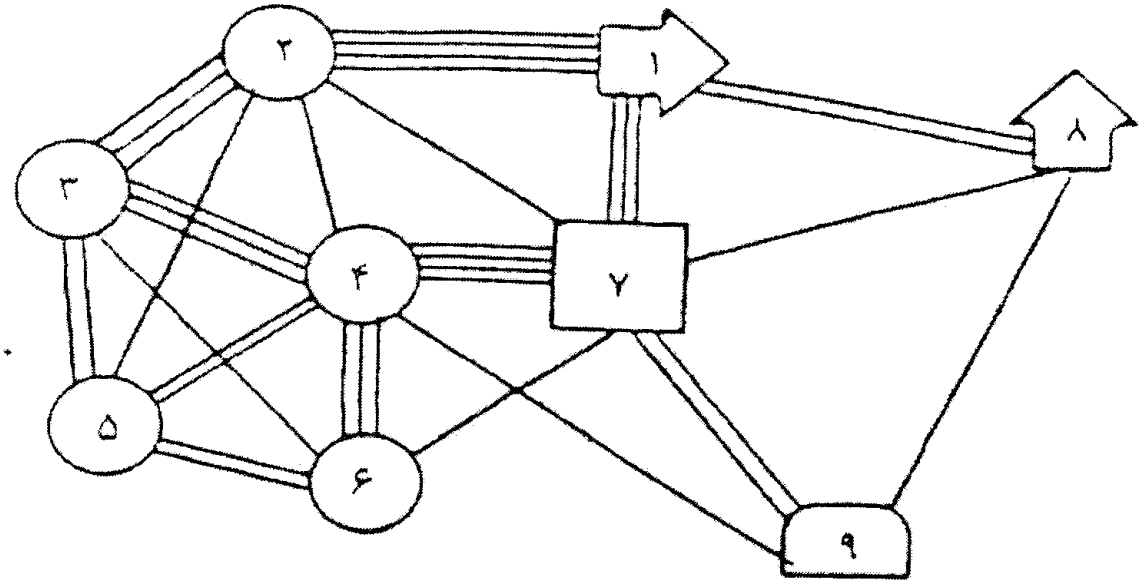
شکل (۱۱-۵) پاره‌ای علامات برای رسم روابط فعالیتها

شکلهای (۱۲-۵)و(۱۳-۵) نمونه هایی از دیاگرام رابطه فعالیتها می‌باشند.

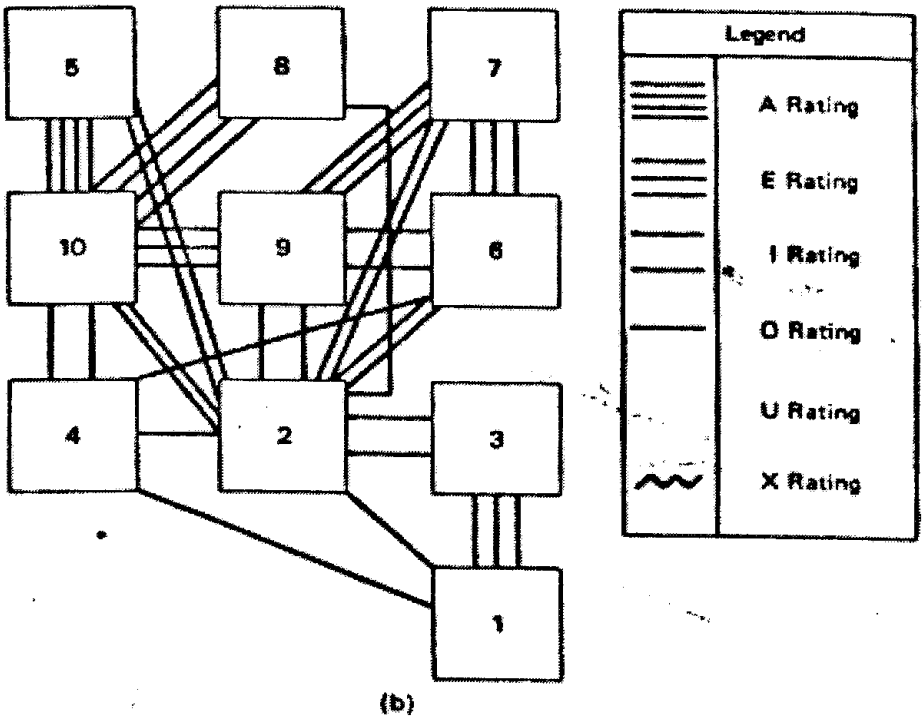
مثال۲: مراحل تهیه دیاگرام رابطه فعالیت‌ها طی مثالی برای یک شرکت کوچک مهندسی مشاور در شکلهای (۱۴-۵)و(۱۵-۵) نشان داده شده است.

۱- Activity Relationship Diagram

۲- Muther



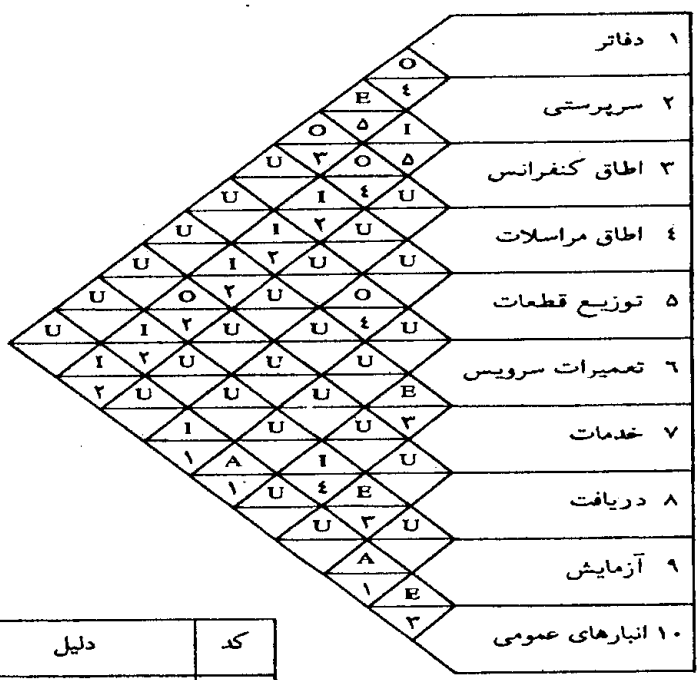
شکل (۱۲-۵) نمونه ای از یک نمودار رابطه فعالیتها



(b)
Activity relationship diagram.

شکل (۱۳-۵)

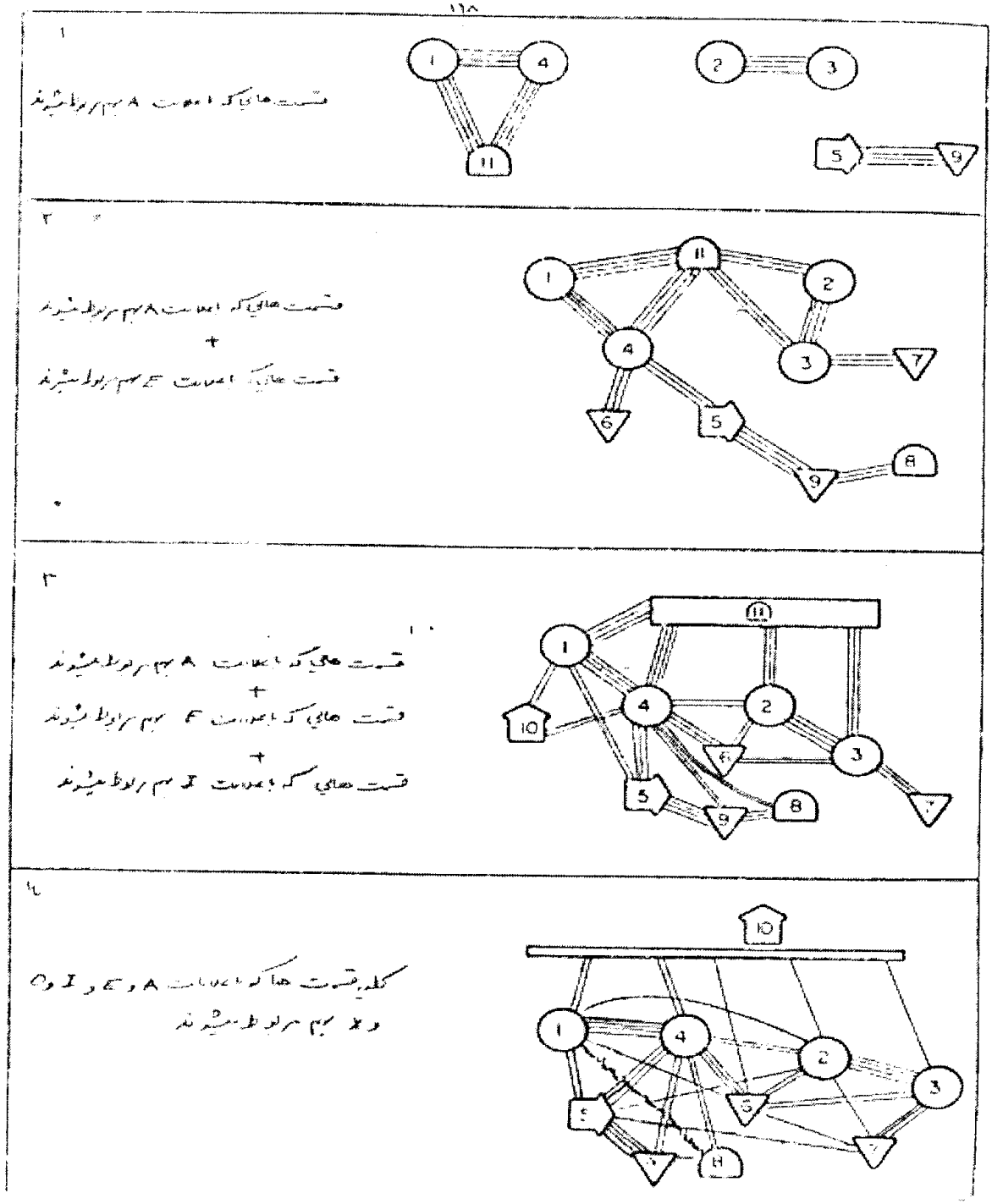
www.saie.ir



کد	دلیل
۱	جریان مواد
۲	راحتی کنترل
۳	پرسنل مشترک
۴	ارتباط ضروری
۵	راحتی
۶	
۷	
۸	
۹	
۱۰	

اولویت	تعریف
A	مطلقاً لازم
E	اهمیت مخصوص
I	مهم
O	نسبتاً مهم
U	غیر مهم
X	غیر ضروری

شکل(۱۴-۵) نمودار رابطهٔ فعالیت



شکل (۱۵–۵) شکل رابطه فعالیتها

www.saie.ir

چنانچه ملاحظه می‌گردد این دیاگرام بر اساس نمودار رابطه فعالیت ها (A.R.C) شکل (۵-۱۴) تهیه گردیده است. هر فعالیت به کمک علامت استاندارد مشخصه مربوطه به آن نمایش داده شده است. ابتدا بر روابطی که بیشتر اهمیت دارند تاکید می‌گردد، یعنی از رابطه A بین بخشها شروع و به آخرین رابطه یعنی XX ختم می گردد .

۴- دیاگرام رابطه فضاها[۱] :

این دیاگرام با توجه مساحت مورد نیاز هر قسمت و همچنین دیاگرام رابطه فعالیت‌ها بدست می‌آید. چنانچه بر روی دیاگرام رابطه فعالیت ها نماد مربوط هر قسمت را متناسب با مساحت مورد نیاز آن قسمت نشان دهیم (با مقیاس)، دیاگرام رابطه فضاها بدست می‌آید.

این دیاگرام نشان دهنده : الف-مساحت ها ب- ارتباط بین قسمت‌ها و مقدمه‌ای برای نقشه بلوکه‌ای می‌باشد.

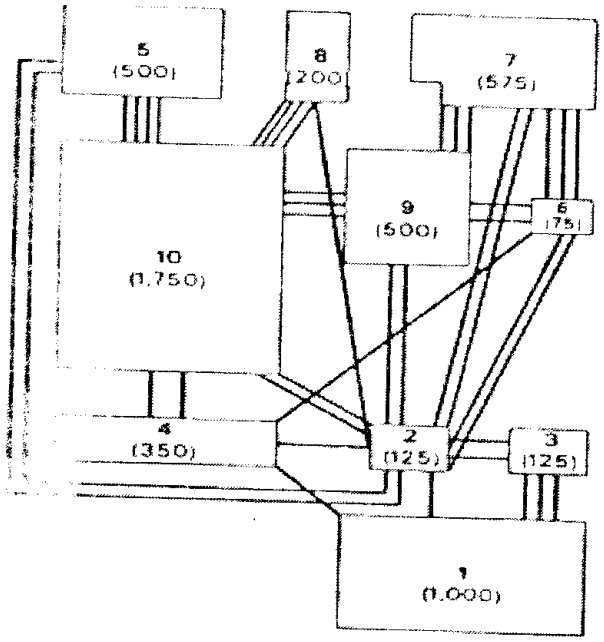
شکل ((a)۱۶-۵) نمونه ای از دیاگرام رابطهٔ فضاها را نشان می‌دهد.

۵- دیاگرام بلوکه‌ای[۲] (طرح بلوکه‌ای) :

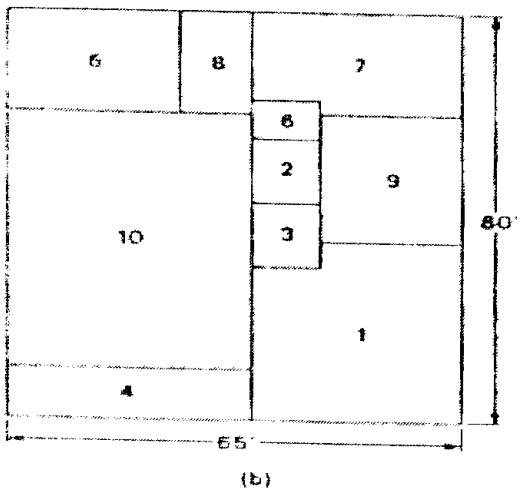
این دیاگرام نمایشی است از چگونگی استقرار قسمتها و از نزدیک کردن آنها در دیاگرام رابطه فضاها بدست می‌آید. این دیاگرام یک نقشه از استقرار بخشها است و در آن جزئیات نشان داده نمی‌شود مثلاً محل نصب ماشین‌آلات و غیره. شکل ((b)۱۶-۵) نمونه از دیاگرام بلوکه ای را نشان می‌دهد.

۱- Space Relationship Diagram

۲- Block diagram



(a)
Space relationship diagram.



(b)
Block plan.

شکل (۱۶-۵)

www.saie.ir

روشهای پیشرفته کمی تحلیل جریان مواد (روشهای ریاضی و تحقیق در عملیات)

روشهایی که دراینجا به آنها اشاره می‌گردد، برای تعیین محل بهینه ماشین آلات و تجهیزات و همچنین حرکت بهینه جریان مواد بکار گرفته می‌شوند. معیار کارآمدی[۱] در کلیه این روشها به کمک مسافت طی شده اندازه گیری می‌شود مگر آنکه به طور مشخص معیار دیگری برای اندازه‌گیری تعریف گردد بعضی از این روشها بر مبنای ریاضیات کلاسیک شکل گرفته و برخی دیگر در قلمرو تحقیق در عملیات توسعه یافته اند .

این روشها در چهار دسته کلی از مسائل زیر تقسیم میگردند :

الف- خطی معین

ب- غیر خطی معین

ج- خطی احتمالی

د- غیر خطی احتمالی

فهرست این روشها به قرار زیر است :

۱- برنامه ریزی خطی[۲]

۲- مسئله تخصیص[۳] (کار گماری)

۳- مسائل برنامه‌ریزی حمل و نقل[۴]

۴- مسائل برنامه ریزی حمل و نقل مرکب[۵]

۱- Measure of Effectiveness

۲- Linear Programming

۳- Assignment Problem

۴- Transportation Programming Problems

۵- Trans Shipment Programming Problems

۵- مسئله فروشندهٔ دوره‌گرد[۱]
۶- برنامه ریزی اعداد صحیح[۲]
۷- برنامه ریزی پویا[۳]
۸- فن منحنی‌های هم‌تراز[۴]
۹- نظریه صف[۵]
۱۰- تحلیل نقاله[۶]
۱۱- شبیه سازی[۷]

هر چند بررسی های فعلی نشان داده است که این روشها کاربرد نسبتاً کمی در صنایع داشته‌اند اما دورنمای آنها بسیار قابل بحث است، به همان اندازه که تجربیات بیشتری انجام گیرد و نتایج آن مستند شود،تحلیل گران بیشتری به استفاده و تجربه این رویکردها ترغیب خواهند شد.
علاقمندان به کاربرد تحقیق درعملیات در مسائل طرحریزی واحدهای صنعتی می‌توانند به کتابها و مقالاتی که در این زمینه وجود دارد مراجعه نمایند.

۱- The Traveling Salesman Problem
۲- Integer Programming
۳- Dynamic Programming
۴- Level Curve Technique
۵- Queuing Theory
۶- Conveyor Analysis
۷- Simulation

www.saie.ir

۶

محاسبه تعداد ماشین آلات ، نیروی انسانی و مساحت

۶-۱ انتخاب و محاسبه تعداد ماشین‌آلات[۱]

انتخاب ماشین‌آلات فعالیتی است که در خلال مشخص نمودن فرایند ساخت می بایستی انجـام گـیرد. عملیات ساخت را می‌توان با ماشین‌آلات مختلفی انجام داد. مسئله انتخاب ماشـین‌آلات عـبارت است از این که ترکیب خاصی از ماشین‌آلات را طوری انتخاب نمود کـه کیفیـت و کمیت خواسته شده از محصولات به اقتصادی‌ترین وجه حاصل گردد. سه عامل عمده که در انتخاب ماشین‌آلات نقش مهمی دارند عبارتند از:

الف- تنوع کار – هنگامی که محصولات متنوع و گوناگون بوده و مقدار تولید از هر کدام کـم باشـد به ماشین‌آلات با قابلیت انعطاف بالا نیاز خواهد بود همچنین برای تولید انبوه محصولات محدود، ماشین‌آلات مخصوص مورد نیاز است.

ب- نرخ تولید – نرخ تولید بالا معمولاً مستلزم داشتن ماشین‌آلات تخصصی می‌باشـــد.

۱- Selection and Calculation Number on Machines Required

ج- هزینه – شامل هزینه‌های مستقیم (نظیر قیمت خرید، نصب و راه اندازی، استهلاک، پرسنل، انرژی، نگهداری و تعمیر و ...) و هزینه‌های غیر مستقیم (نظیر هزینه‌های فضا، قطعات یدکی، خرابی، آموزش، مدیریت) و هزینه‌های پیش‌بینی نشده (هزینه‌هایی مانند کنترل تولید، تغییر در هزینه‌های سربار، هزینه‌های نصب و برنامه‌ریزی) می‌باشد.

علاوه‌بر سه عامل فوق عواملی دیگری نیز در انتخاب ماشین‌آلات نقش مهمی دارند که عبارتند از:

۱- عوامل کیفی – شامل کیفیت ماشین، در دسترس بودن قطعات یدکی، سرویس و نگهداری.

۲- آشنایی با سازندگان مختلف ماشین‌آلات در نوع محصولات و تغییرات تکنولوژیکی آنها.

۳- آشنایی و اطلاعات گذشته از عملکرد ماشین‌آلات مختلف.

۴- سطح فرهنگ صنعتی جامعه، تطابق با سطح تکنولوژی موجود .

۵- وضعیت اشتغال در جامعه .

۶- حجم سرمایه‌گذاری مورد نظر .

۷- سطح انعطاف‌پذیری، تنوع پذیری، ایمنی، تعمیر پذیری.

با در نظر گرفتن عوامل فوق مراحل انتخاب ماشین‌آلات را می‌توان در قدمهای زیر خلاصه نمود :

قدم ۱ – تعیین عملیات و کارهایی که باید انجام گیرد.

قدم ۲- تعیین کلیات نحوه استقرار تجهیزات

قدم ۳- تعیین چگونگی سطح عملیات (دستی، نیمه اتوماتیک، اتوماتیک، کاملاً اتوماتیک) .

قدم ۴- تعیین درجه استاندارد و یا قابلیت انعطاف ماشین‌آلات (استاندارد، عمومی(یونیورسال)، چند کاره، تک کاره، تک منظوره و...).

www.saie.ir

بدیهی است که در صورتی که یک نوع از ماشین‌آلات به وضوح نتواند سایر انواع را از گردونه رقابت و انتخاب خارج کند، باید ارزیابی اقتصادی در مورد هر آلترناتیو صورت پذیرد و آلترناتیو مناسب انتخاب گردد.

محاسبه تعداد ماشین‌آلات (کسر ماشین‌آلات[۱])

کسر ماشین‌آلات، تعداد ماشین‌آلات مورد نیاز برای یک عمل می‌باشد، به عبارت دیگر درصدی از وقت موجود ماشین است که صرف یک عملیات خاص می‌شود. در محاسبه کسر ماشین‌آلات باید پارامترهای زیر را مد نظر قرار داد :

D = تعداد مورد نیاز از هر قطعه در واحد زمان (ظرفیت یا نیاز کارخانه)

T_s = زمان مورد نیاز جهت کامل کردن عملیات هر قطعه (زمان استاندارد)که عکس آن ظرفیت یا توان(E) ماشین است.

α = درصد ضایعات[۲] قطعات خروجی از ماشین

β = درصد بهره‌گیری[۳] از ماشین (با توجه به عواملی همچون قابلیت اطمینان[۴] ماشین، تنظیم، ضریب عملکرد کارگر و غیره)

T_c = زمان در دسترس(شامل تعداد شیفت ها و ساعات کاری در شیفت).

به طور کلی فرمول محاسبه کسر ماشین عبارت است از :

$$\text{تعداد ماشین مورد نیاز} = \frac{\text{نیاز}}{\text{توان}} = \frac{\text{تعدادی که در هر پریود نیاز است}}{\text{تعدادی که در هر پریود ماشین تولید می کند}} = \frac{\text{مدت زمانیکه برای تولید همه قطعات مورد نیاز است}}{\text{مدت زمانیکه یک ماشین در اختیار دارد}}$$

۱- Machines Fraction

۲- Scrap

۳- Efficiency

۴- Reliability

از آنجا که نوع استقرار ماشین‌آلات (محصولی یا فرایندی) در محاسبهٔ تعداد و کسر ماشین آلات تأثیر دارد لذا این محاسبه در حالات مختلف به تفکیک ارائه می‌گردد:

مدل ۱: تولید محصول توسط یک ماشین (استقراربر اساس محصول و فرآیند تک عملیاتی)

در حالت ساده که نوعی قطعه توسط یک ماشین تولید می‌گردد، اگر تنها دو پارامتر تقاضا (D) و توان ماشین (E) مدنظر باشد، محاسبه شامل یک تناسب ساده است که از فرمول زیر حاصل می‌شود یعنی:

$$\text{تعداد ماشین مورد نیاز} = \frac{\text{نیاز}}{\text{توان}} \longrightarrow N = \frac{D}{E} \qquad (۲)$$

و لیکن مساله ضایعات و ضریب بهره‌وری را نیز باید مد نظر داشت. ضایعات درصدی از قطعات است که توسط کنترل کیفی رد می‌شود (اینکه این قطعات قابل بازیابی هستند بحث جداگانه‌ای است) و ضریب بهره‌وری عبارت است از درصد زمانیکه اپراتور موفق شده است از ماشین کار بگیرد (خواه سالم و خواه معیوب) . که این ضریب به دلایل مختلف از جمله وضعیت کاری اپراتور غالباً کمتر از ۱۰۰ است . تأثیر این دو عامل در محاسبه کسر ماشین‌آلات می‌تواند به دو گونه تعبیر شود که هر دو یک نتیجه را می‌دهد:

۱- تأثیر این دو عامل در تقاضا (D) - بدین صورت که تقاضای بیشتری برای محصول وجود دارد . یعنی مقدار تقاضای واقعی (D) که به صورت زیر محاسبه می‌شود :

مرحلهٔ (۱) تقاضا با توجه به عامل ضایعات $D' = \frac{D}{1-\alpha}$

www.saie.ir

مرحلهٔ (۲) تقاضا با توجه به هر دو عامل $D'' = \frac{D'}{\beta} = \frac{D}{(1-\alpha)\beta}$

در نتیجه:

$$N = \frac{D''}{E} = \frac{D}{E(1-\alpha)\beta} \qquad (۳)$$

۲- تأثیر این دو عامل در مقدار توان ماشین (E) – بدین صورت که فرض می‌شود ماشین توان کمتری برای ارضاء تقاضا دارد. یعنی مقدار توان واقعی (E'') که به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

مرحلهٔ (۱) توان ماشین با توجه به ضایعات $E' = E(1-\alpha)$

مرحلهٔ (۲) توان ماشین با توجه به هر دو عامل $E'' = E'\beta = E(1-\alpha)\beta$

در نتیجه:

$$N = \frac{D}{E''} = \frac{D}{E(1-\alpha)\beta} \qquad (۴)$$

مثال (۱) – پیش‌بینی می‌شود برای محصول سالیانه ۴۸۰۰۰ عدد تقاضا وجود داشته باشد. این محصول را می‌توان توسط ماشین m تولید نمود. زمان استاندارد انجام عملیات ۵ دقیقه می‌باشد. راندمان (ضریب بهره‌وری) ۹۰٪ و ضایعات محصول ۵٪ است. با فرض ۳۰۰ روز کاری در سال و ۸ ساعت برای هر روز، مطلوب است تعداد مورد نیاز از ماشین m؟

نرخ تقاضا در ساعت : $D = \frac{48000}{8 \times 300} = 20$

نرخ تولید در ساعت : $E = \frac{60}{5} = 12$

ضریب بهره‌وری : $\beta = \%90$

ضایعات : $\alpha = \%5$

در نتیجه :

$$N_m = \frac{D}{E''} = \frac{D}{(1-\alpha)\beta E} = \frac{20}{(1-\%5)(90\%)(12)} = 1.95$$

در مورد گرد کردن کسر ماشین‌آلات بعداً مطالبی بیان خواهد شد.

مثال (۲) – پیش‌بینی می‌شود برای محصول P سالیانه 48000 عدد تقاضا وجود داشته باشد. فرآیند عملیات شامل یک عمل است که می‌تواند توسط یکی از ماشین‌های x, y, z تولید شود و زمان استاندارد هر کدام به ترتیب ۵ و ۲/۵ و ۱۵ دقیقه است. مطلوب است تعداد ماشین از هر نوع در صورتی که در سال کاری ۳۰۰ روز و هر روز را ۸ ساعت کاری در نظر بگیریم. در ضمن راندمان کاری ۹۵٪ و درصد ضایعات ۵٪ می‌باشد.

حل : نرخ تقاضا در ساعت :

$$D = \text{پیش‌بینی فروش / ساعات کار} = \frac{48000}{300\times 8} = 20 \text{ واحد/ساعت}$$

$$D'' = \frac{20}{(1-5\%)(95\%)} = 22.16 \text{ نرخ تولید مورد نیاز در ساعت : ساعت/واحد}$$

$$E_x = \frac{60}{5} = 12 \text{ توان تولید ماشین X در ساعت :}$$

$$E_y = \frac{60}{2.5} = 24 \text{ توان تولید ماشین y در ساعت :}$$

$$E_z = \frac{60}{15} = 4 \text{ نرخ تولید ماشین Z در ساعت :}$$

در نتیجه :

$$N_x = \frac{22.16}{12} = 1.8 \text{ تعداد ماشین X}$$

$$N_y = \frac{22.16}{24} = 0.9 \text{ تعداد ماشین Y}$$

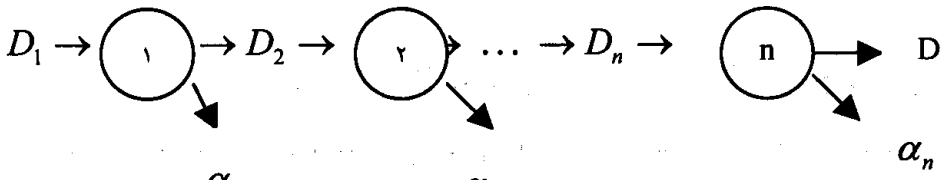
$$N_z = \frac{22.16}{4} = 5.4 \text{ تعداد ماشین Z}$$

www.saie.ir

مـدل ۲ : تولـید محصول با وجود توالی عملیات (استقرار محصولی و فرآیند چند عملیاته)

ایـن مـدل بـیانگر حالتی است که باید یک سلسله عملیات متوالیاً انجام شود تا محصول نهایـی حاصل گردد. این مشخصه باعث می‌شود که ضایعات هر مرحلهٔ بعد بر روی مقدار تولـید مـرحلهٔ قـبل تأثیر بگذارد. برای انجام محاسبات کسر ماشین برای هر مرحله باید ابتدا اثر ضایعات را به طور سراسری اعمال نمود و سپس اثر بهره‌وری را دخالت داد یعنی ابتدا برای محاسبهٔ ورودی و خروجی هر ماشین از رابطهٔ زیر استفاده می‌شود.

فـرض کنـید کـه فرآیندی شامل n مرحله متوالی است و تقاضای نهایی آن برابر با D و ضایعات هر مرحله α_i باشد. پس داریم :



$$\text{ورودی} = \text{خروجی}/(1-\%\alpha) \Rightarrow D_n = \frac{D}{1-\alpha_n} \qquad (۵)$$

بدین‌ترتیب :

$$D_{n-1} = \frac{D_n}{1-\alpha_{n-1}} = \frac{D/1-\alpha_n}{1-\alpha_{n-1}} = \frac{D}{(1-\alpha_n)(1-\alpha_{n-1})}$$

...

$$D_i = \frac{D}{\prod_{j=i}^{n}(1-\alpha_j)} \rightarrow \prod_{j=i}^{n}(1-\alpha_j) = 1-\alpha_i' \rightarrow D_i = \frac{D}{1-\alpha_i'}$$

...

$$D_1 = \frac{D}{\prod_{j=i}^{n}(1-\alpha_j)} \rightarrow D_1 = \frac{D}{1-\alpha_1'}$$

توان ماشین ۲ : $E_2 = \frac{60}{1.5} = 40$

توان ماشین ۳ : $E_3 = \frac{60}{1.2} = 50$

حال با توجه به فرمول زیر خواهیم داشت :

تعداد ماشین مورد نیاز از نوع ۱ :

$$N_1 = \frac{D}{E_1[(1-\alpha_1')(\beta_1)]} = \frac{67}{60[(1-\%5)(1-5\%)(1-0\%)(\%9)]} = 1.37$$

تعداد ماشین مورد نیاز از نوع ۲ :

$$N_2 = \frac{D}{E_2[(1-\alpha_2')(\beta_2)]} = \frac{67}{40[(1-\%5)(\%9)]} = 1.96$$

تعداد ماشین مورد نیاز از نوع ۳ :

$$N_3 = \frac{D}{E_3[(1-\alpha_3')(\beta_3)]} = \frac{67}{50[(1-0\%)(\%9)]} = 1.49$$

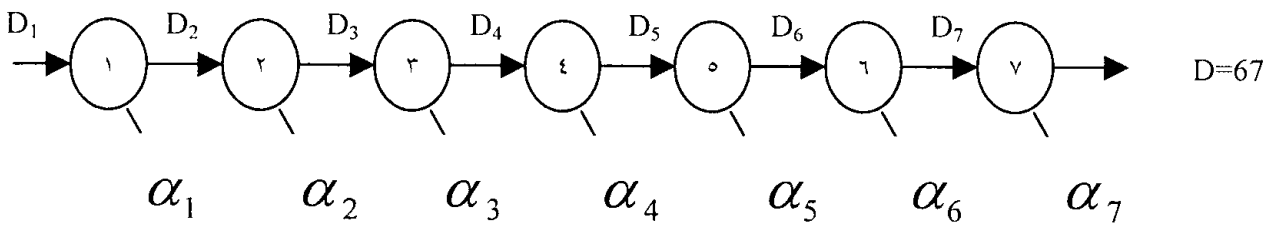
مثال (۴) – ماشین‌های ۱ تا ۷ عملیات ۱ تا ۷ را به ترتیب جهت تولید ۱۳۴۰۰۰ قطعه در سال انجام می‌دهند هر سال برابر ۲۰۰۰ ساعت کاری در نظر گرفته می‌شود. سایر اطلاعات مورد نیاز در جدول زیر آمده است. مطلوب است تعداد ماشین‌های نوع ۱ الی ۷.

شماره	شرح‌عملیات	زمان استاندارد	ظرفیت در ساعت	درصد ضایعات	درصد بهره‌وری
۱	تراشکاری کف	۱	۶۰	۴	۹۰
۲	تراشکاری سقف	۲/۵۲	۲۳/۸	۵	۹۰
۳	مته‌زنی (32)	۰/۷۲	۸۳/۴	۲	۹۰
۴	مته‌کاری (A-33)	۰/۲۵۲	۲۳۸	۳	۹۰
۵	مته‌زنی (16)	۱/۰۸۳	۵۵/۴	۲	۹۰
۶	بازرسی	۱/۰۸۱	۵۵/۵	۰	۹۰
۷	تمیزکاری	۰/۴۱۹	۰/۱۴۳	۰	۹۰

www.saie.ir

حل :

نرخ تقاضای مورد نیاز در ساعت : $D = \frac{134000}{2000} = 67$



ابتدا جدول شمارهٔ ۱ را که در آن درصد ضایعات تأثیر داده می‌شود را تشکیل می‌دهیم :

به عنوان مثال : ۶۸،۳=(۲٪-۱)/۶۷

شمارهٔ عملیات	تعداد قطعهٔ موردنیاز	درصد ضایعات	تعداد قطعهٔ ورودی به ماشین
۷	۶۷	۰	۶۷
۶	۶۷	۰	۶۷
۵	۶۷	۲	۶۸،۳
۴	۶۸،۳	۳	۷۰،۵
۳	۷۰،۵	۲	۷۲
۲	۷۲	۵	۷۵/۸
۱	۷۵،۸	۴	۹.۷۸

جدول شمارهٔ ۱

سپس جدول شمارهٔ ۲ را که در آن ضریب بهره وری (راندمان) تأثیر داده می‌شود را تشکیل می‌دهیم:

شمارهٔ عملیات	تعداد قطعهٔ ورودی به ماشین	تعداد قطعهٔ ورودی ماشین با توجه به راندمان	ظرفیت ماشین در ساعت	تعداد ماشین مورد نیاز
۱	۷۸/۹	۸۷/۷	۶۰	۱/۴۶
۲	۷۵/۸	۸۴/۲	۲۳/۸	۳/۵۴
۳	۷۲	۸۰	۸۳/۴	۰/۹۶
۴	۷۰/۵	۷۸/۵	۲۳۸	۰/۳۳
۵	۶۸/۳	۷۶	۵۵/۴	۱/۱۸
۶	۶۷	۷۴/۵	۵۵/۵	۱/۳۴
۷	۶۷	۷۴/۵	۱۴۳	۰/۵۲

به عنوان مثال : 78.7/60=1.46 جدول شمارهٔ ۲

چنانکه از جدول ملاحظه می‌گردد تعداد ماشین‌های مورد نیاز نوع ۱ الی ۷ برابرند با :

$N_1 = 1.46, N_2 = 3.54, N_3 = ..., N_7 = 0.52$

مدل ۳- با وجود زمان برپایی (استقرار فرآیندی و تک عملیاتی)

در این مدل به جز زمان استاندارد عملیات باید زمانی هم برای راه‌اندازی ماشین در نظر گرفت . این زمان به دلیل وجود عملیاتی همچون تعویض قالب، تنظیم ماشین، روغنکاری، روانکاری و غیره می‌باشد. تعداد دفعات این کار ممکن است یک بار و یا بیشتر باشد. به طور خلاصه راه‌حل این مدل از فرمول زیر به دست می‌آید.

(۸) = کسر ماشین مورد نیاز

زمان در دسترس / کل زمان مورد نیاز برای عملیات (زمان خالص عملیات + زمان برپایی)

حالت ساده‌ای از این مدل که شامل تولید تعدادی قطعات توسط یک ماشین است در اینجا مطرح می‌گردد. اگر داشته باشیم :

www.saie.ir

D_j = تقاضا برای قطعهٔ j و j=1,...,n

TS_j = زمان استاندارد عملیات روی قطعهٔ j

TP_j = زمان آماده‌سازی برای عملیات روی قطعهٔ j

F_j = تعداد دفعات آماده‌سازی برای تولید همهٔ قطعات j

α = درصد ضایعات β = ضریب بهره‌وری

N = کسر ماشین مورد نیاز T_c = کل زمان در دسترس

چنانچه ابتدا اثر β,α بر مقدار تقاضا (D) تأثیر دهیم داریم:

$$D_j' = \frac{D_j}{(1-\alpha)\beta}, \forall j = 1,2,...,n \qquad (۹)$$

و به دنبال آن تعداد ماشین‌آلات از فرمول زیر محاسبه می‌گردد :

$$N = \frac{\sum_{j=1}^{n}(F_j * TP_j) + \sum_{j=1}^{n}(D_j' * TS_j)}{T_C} \qquad (۱۰)$$

مثال (۵) – فرض کنید که ماشین X قادر است قطعات A , B , C را تولید کند. جزئیات مربوط به تولید هر قطعه در جدول زیر آمده است. مطلوب است تعداد لازم از ماشین x با توجه به راندمان ۹۵٪ و ضایعات ۵٪ و ۴۸ ساعت کار در هفته؟

محصول / جزئیات تولید	A	B	C
تقاضای هفتگی	۱۰۰۰	۵۰۰۰	۲۵۰۰
زمان استاندارد (min)	۱	۰/۶	۰/۲
زمان آماده‌سازی(min)	۳۰	۵۰	۱۰
تعداد دفعات آماده‌سازی	۱	۴	۶

حل :

ابتدا کل زمان تولید یعنی (زمان خالص + زمان برپایی) را محاسبه می‌نمائیم :

کل زمان آماده‌سازی (ساعت) = $\frac{(1\times30)+(4\times50)+(6\times10)}{60}=4.48$

نرخ تولید مورد نیاز قطعهٔ A = $\frac{1000}{(1-5\%)\%95}=1108$

نرخ تولید مورد نیاز قطعهٔ B = $\frac{5000}{(1-5\%)\%95}=5540$

نرخ تولید مورد نیاز قطعهٔ C = $\frac{2500}{(1-5\%)\%95}=2924$

کل زمان خالص تولید (ساعت) = $\frac{(1108\times1)+(5540\times0.6)+(2924\times0.2)}{60}=83.6$

کل زمان تولید = زمان برپایی + زمان خالص = ۴،۸۴ +۸۳،۶ = ۸۸،۴۴

در نتیجه تعداد ماشین برابر است با :

تعداد ماشین مورد نیاز = کل زمان تولید / ساعات هفته = 88.44/48=1.8

مدل ۴- حالت کلی (استقرار فرآیندی و فرآیند چندعملیاتی) :

در این حالت قرار است n نوع محصول توسط m ماشین تولید شود. جزئیات تولید به صورت پارامترهای زیر فرض شده است:

P_{ij} = نرخ تولید مورد نیاز برای محصول i که روی ماشین j صورت می‌گیرد. (تعداد قطعهٔ i که به ماشین j نیاز دارد.)

T_{ij} = زمان مصرفی برای تولید محصول i روی ماشین j (مثلاً برحسب ساعت در هر دقیقه)

C_{ij} = تعداد ساعات کار قابل دسترس در دورهٔ تولید برای تولید محصول i روی ماشین j

M_j = تعداد ماشین مورد نیاز از نوع j در هر دورهٔ زمانی تولید

n= تعداد محصولات

که محاسبهٔ تعداد ماشین مورد نیاز از فرمول زیر صورت می‌گیرد:

$$M_j=\sum_{i=1}^{n}\frac{P_{ij}T_{ij}}{C_{ij}} \qquad (۱۱)$$

www.saie.ir

تبصره : باید توجه داشت که برای سادگی مدل برخی فرضیات از جمله ضریب بهره وری، درصد ضایعات، زمان برپائی در نظر گرفته نشده است.

مثال (۶) – اطلاعات مربوط به تولید شش نوع محصول که توسط ماشین j صورت می‌پذیرد در جدول زیر خلاصه شده است مطلوب است تعیین تعداد ماشین مورد نیاز j یعنی M_j ؟

قطعه (i)	تقاضای هر قطعه (P_{ij})	زمان مورد نیاز تولید هر قطعه (T_{ij})	نرخ تولید ($1/T_{ij}$)	ساعات موجود در هر ماه (C_{ij})	تعداد ماشین j مورد نیاز برای هر قطعه ($P_{ij}T_{ij}/C_{ij}$)
۱	۶۰۰۰	$1/120$	۱۲۰	۱۵۰	۰/۳۳۳
۲	۹۰۰۰	$1/150$	۱۵۰	۱۵۰	۰/۴۰۰
۳	۱۵۰۰۰	$1/100$	۱۰۰	۱۵۰	۱/۰۰۰
۴	۲۰۰۰	$1/100$	۱۰۰	۱۵۰	۰/۳۳۳
۵	۸۰۰۰	$1/120$	۱۲۰	۱۵۰	۰/۴۴۴
۶	۴۰۰۰	$1/80$	۸۰	۱۵۰	۰/۳۳۳
جمع کل					۲/۶۴۳

حل :

در ستون سمت چپ محاسبهٔ تعداد ماشین موردنظر صورت گرفت و در نتیجه داریم:

$M_j = 2.643$

در ایـن روش تمـام محاسـبات ارزش‌هـای غیراحتمالی T_{ij}, P_{ij} بوده‌اند، در واقع مقداری اختلاف میان تعداد واحدی که بایستی تولیدشود و زمان فرآیند وجود خواهد داشت. اگر چنیـن اختلافی مهم تلقی شود بایستی یک توزیع احتمال برای M_{ij} ارائه گردد و تعداد ماشین بهینه بر اساس هزینه‌های درگیر کار تعیین گردد.

طرح سؤالاتی برای تصمیم‌گیری نهایی در مورد ماشین‌آلات :

بعـد از انجـام محاسـبات مـربوط به تعداد ماشین‌آلات کسر ماشین به دست آمده جهت کاربرد در دنیای واقعی می بایست گرد شود. برای هر چه بهتر گرد کردن[۱] عدد به دست آمده سؤالات زیر مطرح است که باید بررسی شوند :

۱- چـه مقـدار از سـیکل کـاری ماشـین بسـتگی بـه کـار انسان دارد؟ آیا با بهتر کردن شرایط‌کاری به گونه‌ای که منجر به کاهش درصد ضایعات و افزایش راندمان شود یا با به کار گماردن کارگر ماهر می‌توان ظرفیت ماشین را بالا برد؟

۳- آیـا روش انجـام عملـیات در آن عمـل بـه خصوص می‌تواند به نحوی تغییر یابد که منجر به کاهش زمان استاندارد شود؟

۴- ایـا بـا اضـافه‌کـاری مـی‌تـوان کمبود تعداد ماشین را جبران نمود؟ و آیا اضافه‌کاری ارزان‌تر از خرید یک ماشین اضافی خواهد شد؟

۵- آیـا خوابـیدن یـک ماشـین در صورتی که از آن ماشین فقط یک عدد داشته باشیم منجر به مختل شدن خط تولید می‌شود؟

۶- آیـا مـی‌تـوان از وقت اضافی ماشینی که کاملاً مشغول نیست برای تولید محصولات دیگر و یا سایر کارهای متفرقه استفاده نمود؟

تبصـره : بدیهی است که مسلماً برای یک ماشین انجام کار ۱/۲۵ ماشین بسیار مشکل‌تر خواهـد بود از انجام کار ۶/۴۲ ماشین توسط ۶ ماشین. زیرا در حالت اول آن ماشین باید ۲۵٪ اضـافه بـار تحمل نماید و در حالت دوم هر ماشین۷٪ = ۶ / ۴۲٪ اضافه‌بار را تحمل

۱- Rounding

www.saie.ir

می‌کند. البته تصمیم نهایی در چنین اوقاتی بر مبنای تجربیات گذشته و شرایط کاری کارخانه اتخاذ می‌گردد.

۶-۲ محاسبه تعداد نیروی انسانی[۱]

مسأله تعیین نیروی انسانی از دو بعد کیفی و کمی قابل بررسی است. در تعیین کیفیت پرسنل مورد نیاز می‌توان عوامل زیر را برشمرد:

۱. نوع عملیاتی که باید انجام شوند (مثلا عملیات تولیدی یا غیرتولیدی)
۲. سطح تکنولوژی بکار رفته در انجام عملیات
۳. سطح کیفیت مورد انتظار(ماهر، نیمه ماهر، ساده)
۴. مسائل اقتصادی (مثلا حقوق و دستمزد)
۵. وضعیت اشتغال و سطح تخصصی موجود در جامعه

همچنین محاسبه کمی نیروی انسانی به عوامل زیر بستگی دارد:

۱. ظرفیت
۲. زمان عملیات
۳. محدودیتهای فیزیکی کار
۴. نوع تجهیزات بکار برده شده

نیروی انسانی کارخانجات به دو دسته اصلی تولیدی و غیر تولیدی (اداری، خدماتی و ...) تقسیم می‌شود. برآورد نیروی انسانی اداری با توجه به تخصص مورد نیاز، زمان مورد نیاز و چارت سازمانی صورت می‌پذیرد. معمولاً تکمیل چارت سازمانی و برآورد نیروی انسانی به طور همزمان انجام می شود. برآورد نیروی انسانی تولید حالات خاصی پیدا می‌کند بدین صورت که در مورد مدیریت کارگاه به چارت سازمانی و حیطه نظارت مربوط شده و در مورد عملیات تولیدی تحت تأثیر تعداد ماشین‌آلات،

۱- Personal Requierements

بـالانس خـط و تعـداد ایسـتگاه کاری قرار می‌گیرد. در اینجا ما به سه مدل ساده که حالات خاصی از برآورد کمی نیروی انسانی تولیدی است اشاره می‌کنیم:

مدل ۱- عملیات مونتاژ دستی[۱]:

در این حالت ما به همان طریقی که تعداد ماشین‌آلات مورد نیاز در حالت کلی (اسـتقرار فرآیند) را محاسبه کردیم، تعداد افراد مورد نیاز برای عملیات مونتاژ دستی را تعیین می‌نمائیم. یعنی اگر داشته باشیم:

$A_j =$ تعداد اپراتور[۲] مورد نیاز برای عملیات مونتاژ j

$T_{ij} =$ زمان استاندارد برای انجام عمل i روی محصول j (دقیقه بر قطعه)

$p_{ij} =$ نـرخ تولـید مـورد نظـر برای محصول i و عملیات مونتاژ j (تعداد قطعه بر واحد زمان (روز))

$c_{ij} =$ زمان قابل دسترس در واحد زمان (روز) برای عملیات مونتاژ j روی محصول i

$n =$ تعداد محصولات

آنگاه: (۱۲)

$$A_j = \sum_{i=1}^{n} \frac{p_{ij} \times T_{ij}}{c_{ij}}$$

تعـداد اپـراتورهای ماشـین‌آلات بسـتگی به تعداد ماشین‌آلات دارد که بوسیله یک یا چـند اپـراتور همراهـی مـی‌شود. در بیشتر حالات این مقدار بوسیله قرارداد کارگری موجـود و نـیازهای شـغلی معین می‌شود. به هر حال اگر تجهیزاتی درجه اتوماسیون بـالا داشـته باشد امکان این وجود دارد که یک اپراتور تعدادی از ماشین‌آلات را اداره نماید.

۱- Manual Assembly Operation

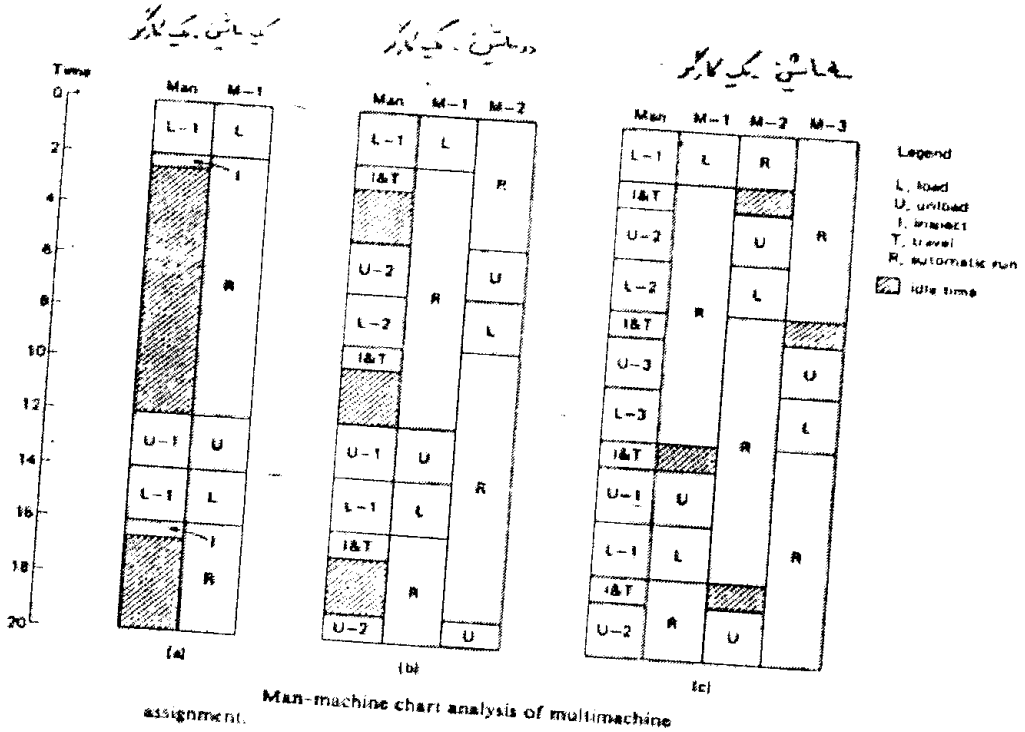
۲- Operator

www.saie.ir

مدل ۲- عملیات ماشینی با نظارت کارگر(اپراتور) :

در این حالت از نمودار کارگر – ماشین[1] که یک مدل قیاسی- توصیفی است و روابط کارگر و ماشین را در مقابل یک محور زمان نشان می‌دهد استفاده می‌نماییم. (با فرض اینکه زمان عملیات غیر احتمالی فرض شود). گرچه هنوز مشکل انتخاب معیاری که می‌بایست در تعیین تعداد اپراتورها بکار رود باقی است. این نمودار بالاخص در تجزیه و تحلیل رابطه کارگر و ماشین وقتی که ماشین‌آلات غیر مشابهی توسط یک اپراتور اداره می‌شود بسیار مفید است.

شکل (۱-۶) یک نمونه از این نمودار را نشان می‌دهد .



Man-machine chart analysis of multimachine assignment.

شکل (۱-۶)

[1]- Man – Machine Chart

زمانهای لازم در کار با یک ماشین عبارتند از:

L= بستن قطعه (بارگذاری[۱])

U= باز کردن قطعه[۲]

I= بازرسی[۳]

T= رفت و آمد بین دستگاهها[۴]

R= زمان کارکرد خودکار[۵]

▨ = زمان بیکاری[۶]

کاربـرد نمودار – وقتی که اطلاعات و بررسیهای اولیه نشان می‌دهد که سیکل کاری اپـراتور کوتاهتر از سیکل کاری عملیات ماشین است این نمودار تهیه می‌گردد. همچنین از ایـن نمودارب‌ـرای تعییـن حـد توجـیه پذیری ربط ماشینها[۷] (اداره بیش از یک ماشین توسـط یـک اپـراتور را ربط ماشینها گویند) جهت بدست آوردن کار منصفانه روزانه یک فرد استفاده می‌گردد.

در این حالت (نظارت کار ماشینی توسط اپراتور) با دو وضعیت روبرو هستیم:

۱- کار با ماشینهای غیر مشابه[۸]

۲- کار با ماشینهای مشابه[۹]

۱-Loading

۲- Unloading

۳- Inspection

۴- Travel or Wacking

۵- Auto - Run

۶- Idle - Time

۷- Machine coupling

۸- Nonidentical Machins

۹- Identical Machins

www.saie.ir

۱-کار با ماشینهای غیر مشابه:

در این حالت نمودار فرآیند انسان – ماشین زمانهای بیکاری انسان و ماشین را نشان می‌دهد. بدیهی است که برای تصمیم‌گیری نهایی در مورد اینکه بیکاری کدامیک را باید پذیرفت، به مقایسه زمانهای بیکاری و هزینه‌های منتج در اثر بیکاری هر یک از آنها نیازمند می‌باشیم.

۲-کار با ماشینهای مشابه:

در حالتی که ماشینها مشابه باشند می‌توان از مدل زیر برای محاسبه تعداد ماشینها جهت واگذاری به یک اپراتور استفاده نمود:

a= زمان عملیات همزمان یا موازی که انسان و ماشین باهم مشغولند (مثل بستن قطعه، باز کردن قطعه)

b=زمان فعالیت مستقل کارگر(مثل بسته بندی، بازرسی، قدم زدن[1])

t= زمان عملیات مستقل ماشین (زمان انجام اتومات کار)

n = تعداد بهینه عددی ماشینهای تخصیص یافته به کارگر (تعداد ایده‌آل؛ یعنی در حالتیکه ماشین و کارگر کمترین بیکاری ممکن را داشته باشند)

m = تعداد ماشینهای تخصیص یافته به کارگر

m^* = تعداد بهینه عملی ماشینهای تخصیص یافته به کارگر

T_C = مدت زمان سیکل کاری

I_0 = مدت زمان بیکاری کارگر در طول یک سیکل کاری

I_m = مدت زمان بیکاری هر ماشین در طول یک سیکل کاری

$T_{C(m)}$ = هزینه هر واحد محصول تولید شده در حالیکه m ماشین به یک کارگر تخصیص یافته باشد.

۱- Walking

C_1 = هزینه هر ساعت کار اپراتور

C_2 = هزینه هر ساعت کار ماشین

برای محاسبه n' لازم است بدانیم که

الف- اپراتور به اندازه (a+b) واحد زمانی برای انجام کارش در خلال یک سیکل کاری وقت صرف می‌کند.

ب- هر ماشین به اندازه (a+t) واحد زمانی برای انجام کارش در خلال یک سیکل کاری وقت صرف می‌کند (چون ماشین ها مشابه هستند)لذا برای محاسبه تخصیص بهنیه داریم:

$$n' = \frac{a + t}{a + b}$$

به عنوان مثال در نمودار شکل (۱-۶)داریم :

$a = 4$ و $t = 10$ و $b = 1$

$$n' = \frac{14}{5} = 2.8 \quad \text{ماشین}$$

از آنجا که واگذاری کسری از ماشین به یک اپراتور امکانپذیر نیست، لذا باید به تعداد m ماشین(که mعددصحیح است) به یک اپراتور ماشین واگذار نمود.

حال برای m دو حالت پیش می‌آید :

الف – اگر $m < n'$ باشد، آنگاه اپراتور بیکار و ماشین کاملاً مشغول خواهد بود ، لذا سیکل کاری (a+t) خواهد شد.

ب- اگر $m > n'$ باشد، آنگاه اپراتور کاملاً مشغول بوده و زمان سیکل کاری برابر (a m(+ b خواهد شد.

بنابر این خواهیم داشت :

$$T_c = \begin{cases} a + t & m \le n' \\ m(a + b) & m > n' \end{cases} \qquad (۱۴)$$

www.saie.ir

و علاوه بر این خواهیم داشت :

$$I_0 = \begin{cases} (a+t) - m(a+b) & m \le n' \\ 0 & m > n' \end{cases}$$

(۱۵)

$$I_m = \begin{cases} 0 & m \le n' \\ m(a+b) - (a+t) & m > n' \end{cases}$$

درمثال قبلی نمودار شکل (۱ –۶) اگر $m = ۲$ باشد سیکل کاری ۱۴ دقیقه خواهد شد ($m = 2 < n' = 2.8$) و نیز اپراتور ۴ دقیقه در خلال سیکل بیکار خواهد بود و چنانچه $m = ۳$ باشد سیکل کاری ۱۵ دقیقه خواهد شد ($m = 3 > n' = 2.8$) و هر ماشین یک دقیقه در خلال سیکل بیکار خواهد بود .

برای محاسبه هزینه هر واحد تولید شده در حالت تخصیص m ماشین می توان از هزینه هر واحد زمان این تخصیص یعنی $c_1 + mc_2$ شروع نمود. از آنجا که در خلال یک سیکل m واحد تولید می‌شود نتیجتاً داریم :

$$TC_{(m)} = (c_1 + mc_2)\frac{T_c}{m} \qquad (۱۶)$$

با جایگذاری رابطه (۱۴) در رابطه (۱۶) خواهیم داشت :

$$TC_{(m)} = \begin{cases} \frac{1}{m}(c_1 + mc)(a+t) & m \le n' \\ (c_1 + mc)(a+b) & m > n' \end{cases} \qquad (۱۷)$$

چنانکه از این رابطه ملاحظه می شود اگر $T_{c(m)}$ را بخواهیم مینیمم کنیم در حالت $m < n'$ ، m باید تا حد امکان بزرگ باشد و در حالتی که $m > n'$ ، m باید تا حد امکان کوچک باشد .نتیجتا اگر n' عدد صحیح باشد ،آنگاه n' ماشین باید واگذار شود تا رابطه (۱۷) مینیمم گردد ولیکن اگر n'غیر صحیح باشد(یعنی $n < n' < n+1$ که n جزء صحیح n' است)آنگاه بسته به اینکه $T_{C(n)} \le T_{C(n+1)}$ باشد و یا بالعکس باید n یا n+1 ماشین به یک اپراتور واگذار گردد .

برای تصمیم گیری پیرامون مقدار نهایی mلازم است نسبت مقدار $T_{C(n)}, T_{C(n+1)}$ در حالتی که $n < n' < n+1$ برقرار است را بدست آوریم.یعنی :

$$\phi = \frac{TC_{(n)}}{TC_{(n+1)}} = \frac{(c_1 + nc_2)(a+t)}{[c_1 + (n+1)c_2]n(a+b)} \qquad (۱۸)$$

با فرض اینکه $\gamma = c_1 / c_2$ باشد داریم :

$$\phi = \frac{\gamma + n}{\gamma + n + 1} \times \frac{n'}{n} \qquad (۱۹)$$

در نتیجه سه حالت پیش می آید که می‌توانیم در هر حالت تصمیم مناسبی به شرح زیر اتخاذ کنیم:

$$if \begin{cases} \phi < 1 \xrightarrow{Then} m^* = n \\ \phi = 1 \xrightarrow{Then} m^* = n \quad or \quad n+1 \\ \phi > 1 \xrightarrow{Then} m^* = n+1 \end{cases} \qquad (۲۰)$$

حال اگر تعداد کل ماشین های محاسبه شده (از روش های قبلی) یا تعداد کل ماشینهای موجود را در کارخانه بر تعداد بهینه بدست آمده (m^*) تقسیم کنیم، تعداد بهینه کارگر مورد نیاز بدست خواهد آمد.

www.saie.ir

در مـثال نمـودار شکل (۱-۶) فرض کنید که C_1 برابر ۳ دلار و C_2 برابر با ۱۰ دلار در ساعت باشد و همچنین قبلا داشتیم که $n' = 2.8$ نتیجتاً :

$$n < n' < n+1 \longrightarrow n = 2, n+1 = 3$$

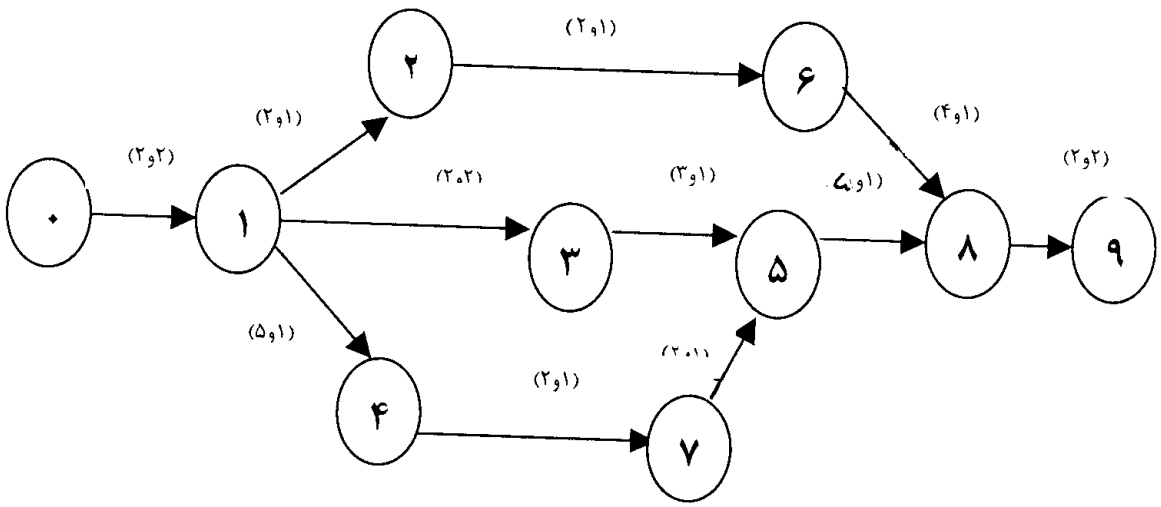
وبا توجه به رابطه (۱۹ و ۲۰)خواهیم داشت :

$$\phi = \frac{6.44}{6.60} < 1 \Rightarrow m^* = 2$$

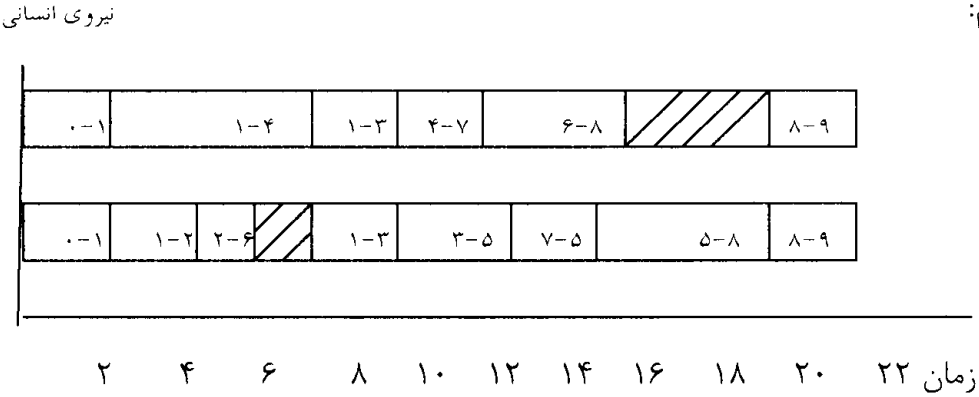
یعنی ۲ ماشین به هر اپراتور واگذار می شود .

مدل۳- عملیات مونتاژ یا ساخت به روش ثبات محل (مونتاژ گروهی)

در ایـن حالـت بـا استفاده از الگوریتم های تئوری توالی عملیات (برنامه ریزی تولید) و تخصیص منابع (کنترل پروژه) می توان تعداد کارگر مورد نیاز را محاسبه نمود .
مـثال ۷ – فـرض کنـید کـه شـبکه عملیاتـی زیـر مربوط به مراحل مونتاژ یک محصول باشد.حال می‌خواهیم تعداد نیروی انسانی مورد نیاز در صورتی که سیکل کاری ۲۰ واحد زمانـی باشـد بدسـت آوریـم . مقادیـر (p , t) نشـاندهنده زمان و حداقل تعداد نیروی انسانی مورد نیاز برای انجام هر فعالیت است .



یک راه حل ساده استفاده از نمودار گانت است با توجه به اینکه بیشترین مقدار p برابر ۲ نفر است. می‌توان محاسبات را با ۲ نفر شرع کرد و این بدان معنی است که کار بعلت محدودیت تکنیکی و فیزیکی با کمتر از ۲ نفر امکانپذیر نیست. اگر بعد از بهینه کردن تخصیص، تمام کارها در پایان سیکل کار انجام نشد باید مسئله را با سه نفر حل کرد و الی آخر .در این حالت جهت تخصیص کار به نیروی انسانی از مسیر بحرانی استفاده می‌کنیم:



برای بهبود پیشنهاد می‌شود که جای فعالیت (۸-۶) با فعالیت‌های (۵-۷) و (۸-۵) عوض گردد تا یک واحد از بیکاریهاکم و این کار درخلال ۲۰ واحد زمانی انجام گیرد.

۶-۳ محاسبه مساحت

شاید مشکلترین قسمت در طرحریزی واحد های صنعتی تعیین فضای مورد نیاز[۱] باشد. طراحی تسهیلات حداقل برای ۵ تا ۱۰ سال آینده انجام می‌شود. دلایل عمده قطعیت وضعیت آینده، از تغییر تکنولوژی، تغییر ترکیب محصولات، تغییر سطح تقاضا و تغییر طرح سازمانی ناشی می‌شود. بعلت وجود پارامتر هایی از این قبیل و ایجاد جو غیر مطمئن نسبت به آینده، سازمانها ترجیح می‌دهند که به اصطلاح از ریسک زیادی اجتناب کرده و فضای بیشتری را تخمین بزنند که به دنبال آن طراحی تسهیلات با مشکل برآورد صحیح فضای مورد نیاز برای شرایط غیر قطعی آینده مواجه نباشد.

۱- Space Required

www.saie.ir

بـه علـت طبیعـت مسأله تعیین فضا، توصیه می‌گردد که از یک روش سیستماتیک برای تعییـن آن بهـره بگیرید. خصوصاً اینکه فضای مورد نیاز را از کف به بالا بررسی کنید. در تعییـن فضـای لازم بـرای فعالیتهای انبارداری، سطوح موجود واحد های انبار[۱]، روشهای انـبارداری، تجهـیزات لازم و پرسنل مورد نیاز باید بررسی شود. فضای لازم برای انبارها خود بحث مفصل و جداگانه‌ای را می‌طلبد.

بـه طور کلی برای محاسبه مساحت بخشهای تولیدی و خدماتی روشهای مختلفی وجود دارد که ذیلاً بحث می شود:

الف- روش مرکز تولید[۲]

ایـن روش بـرای محاسـبه فضـای تولـیدی استفاده می‌گردد. در این روش ابتدا محاسبه فضـای لازم بـرای هـر ایسـتگاه کـاری صـورت گرفته و سپس فضای هر بخش محاسبه می‌گردد. مساحت هر ایستگاه از اجزای زیر تشکیل شده است:

- تجهیزات - مواد - افراد

برای محاسبه مساحت تجهیزات باید مساحت اجزاء زیر باهم جمع شوند:

- مساحت خود وسیله
- حرکت وسیله[۳]
- نگهداری و تعمیر وسیله
- سرویسهای کارخانه[۴]

فضـای مـورد نـیاز بـرای ماشین و همچنین دیگر اطلاعات مورد نیاز (مانند میزان بار وارده بـر کـف، نـوع و مدل ماشین، ماکزیمم حرکت و...) از کاتالوگ ماشین[۵] استخراج می‌گردد.

۱- Storage Units

۲- Production Center Method

۳- Machine Travel

۴- Plant Services

۵- Machine Data Sheets

مساحت مورد نیاز برای هر ماشین (شامل حرکت ماشین) را می‌توان با ضرب کل عرض (عرض استاتیک + حداکثر جابجایی به سمت چپ و راست) در کل طول (طول استاتیکی + حداکثر جابجایی به طرف اپراتور یا دور شونده از او) بدست آورد. به این مساحت، مساحت لازم جهت نگهداری و تعمیر و سرویس کارخانه را باید افزود. جمع این فضاها برای همه ماشین های درون یک ایستگاه، فضای مورد نیاز تجهیزات ایستگاه را می دهد.

همچنین برای محاسبه مساحت مواد باید اجزای زیر باهم جمع شوند:

۱- دریافت و انبار مواد اولیه[۱]

۲- مواد در حال کار، قطعات در حال کار[۲]

۳- انبار و ارسال مواد[۳]

۴- انبار وارسال ضایعات و دورریزها[۴]

۵- ابزارها، جیگ و فیکچرها، قالبها و مواد نگهداری و تعمیر وسیله[۵]

مساحت نیروی انسانی[۶] برای یک ایستگاه شامل موارد زیر است:

۱- اپراتور[۷]

۲- حمل و نقل مواد[۸]

۳- ورود و خروج اپراتور[۹]

۱- Receiving and Storing Materials

۲- In Process Materials

۳- Storing and Shipping Material

۴- Storing and Shipping Wastes and Scrap

۵- Tools , Fixtures , Dies and Maintenance Material

۶- Personal Area

۷- Operator

۸- Material Handling

۹- Operator ingress and egress

www.saie.ir

مشخصات فضای مورد نیاز اپراتور و جابجایی مواد را می توان مستقیماً از روش انجام عملیات بدست آورد. برای اینکار می توان از مطالعه حرکت[۱] کارها و مطالعه ارگونومی[۲] بهره برد. (به بحث طراحی ایستگاه کاری که در ادامه خواهد آمد توجه کنید).

برای ورود و خروج اپراتور نیز فضایی باید در نظر گرفت که حداقل راهرویی با عرض ۸۰ سانتی متر جهت تردد در کنار اشیاء ساکن[۳] مثل میز کاری لازم است.

بعد از محاسبه فضای لازم برای هر ایستگاه، باید فضای اضافی جهت جابجایی مواد درون کارگاه و راهروهای مورد نیاز را نیز محاسبه نمود بدین منظور معمولاً مساحت راهروها را نسبت به اندازه بار جابجا شونده تخمین می‌زنند بدین صورت که پس از جمع کل فضاهای مربوط به دستگاهها آن را در ضریبی ضرب کرده و به آن مجموع اضافه میکنند. مثلاً اگر سطح بار جابجا شونده از ۶ فوت مربع کمتر باشد، مساحتهای محاسبه شده را در ضریب ۵٪ تا ۱۰٪ ضرب می‌نماییم. جدول (۱-۶) نشان‌دهنده این ضرایب است:

ضریب راهرو (درصد)	اگر بزرگترین بار برابر باشد با:
۵-۱۰	کمتر از ۶ فوت مربع
۱۰-۲۰	بین ۶ –۱۲فوت مربع
۲۰- ۳۰	بین ۱۲ –۱۸فوت مربع
۳۰-۴۰	بزرگتر از ۱۸فوت مربع

جدول(۱-۶) ضرایب مجاز تخمینی جهت تعیین فضای راهروها

علاوه بر ضرایب این جدول، راهروها باید دارای شرایطی باشد که در بحث طراحی راهروها به بعضی از آنها اشاره می‌شود.

۱- Motion Study

۲- Ergonomic Study

۳- Stationary Objects

فضای مورد نیاز برای کل کارگاه را می توان درفرمهایی به شکل زیر ثبت نمود:

ردیف	نام ماشین یا تجهیزات	ابعاد ماشین	ابعاد متعلقات	مساحت مواد	مساحت اپراتور	جمع اولیه	جمع اولیه × ۱،۵	تعداد ماشین	جمع کل

(شکل۲-۶) جدول تعیین مساحت

ایـن فرم بنا به نیاز تغییر می‌کند. برای محاسبه مساحت اپراتور علاوه بر توضیحات داده شـده ، مـی‌تـوان بـرای هر کارگر به عرض یک متر در طول ماشین فضا در نظر گرفت. بـرای در نظـر گرفتـن فضـای Allowance (فضـای عملکردی ماشین و راهروها) نیز میتوان مجموع مساحتها را در ۱،۵ ضرب کرد.

طراحی ایستگاههای کاری

ایسـتگاه کـاری به محلی گفته می‌شود که کارگر در آن عملیات خاص تولید یا مونتاژ را انجـام می‌دهد. در طراحی ایستگاههای کاری باید اصول اقتصادی حرکت را رعایت نمود. بدین منظور باید موارد زیر را مد نظر قرار داد:

نکات مهم در طراحی ایستگاه کاری: (اصول اقتصادی حرکت)

۱. ابزار و لوازم نزدیک کارگر باشد.
۲. از وسایل حمل و نقل جهت رساندن مواد استفاده شود.
۳. از دوباره‌کاری جلوگیری شود.

www.saie.ir

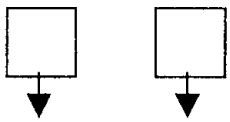
۴. دو دست همزمان به صورت هماهنگ با یکدیگر کار کنند.
۵. مواد اضافی از محل دور شوند.
۶. ظروف حامل مواد نزدیک کارگر باشد.
۷. کمتر از دست استفاده شود واز پا نیز استفاده شود.
۸. حتی‌الامکان از ابزارهای چند کاره استفاده شود.

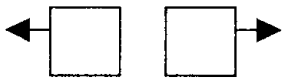
اصول مهم در طراحی ایستگاه کاری:

۱. در طرح دو منطقه نحوه ارتباط با عملیات قبل و بعد در نظر گرفته شود.
۲. مقدار فضای لازم برای کارگران کافی باشد.

فضای لازم بین ماشین‌آلات را می توان به صورت زیر تشریح کرد:

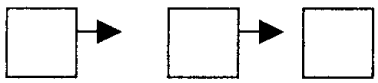
الف-فضای بین ماشینهایی که در کنار هم قرار می گیرند(پهلو-پهلو) حداقل ۱فوت





ب-فضای بین ماشینهایی که پشت به طرف هم هستند حداقل ۱فوت

ج-فضای بین ماشینهایی که سری هستند حداقل ۳فوت



د- فضای بین ماشینهایی که روبروی هم هستند در صورتیکه یک کارگر روی دو ماشین کارکند ۳فوت و در صورتیکه دو کارگر کار کنند حداقل ۵ فوت

۳. در محاسبه فضای لازم ، فضایی جهت حرکت و چرخش برخی از قسمتهای ماشین در نظر می‌گیریم.
۴. در محاسبه فضا گاهی طول قطعه کار از خود ماشین بزرگتر است فضای اطراف ماشین در چنین حالتی باید بیشتر باشد

۵. فضای کافی جهت حمل قطعات بزرگ در نظر گرفته شود.
۶. در اطراف ماشین فضایی جهت بارگیری و تخلیه در نظر می‌گیریم.
۷. در اطراف ماشین فضایی جهت تعمیر و یا تعویض در نظر می‌گیریم.
۸. محل وسایل حمل و نقل زمینی، قفسه‌های انبار باید در نظر گرفته شود.
۹. باید بتوان به سرعت به وسایل ایمنی دست یافت.
۱۰. سعی شود از ماشینهای تمام اتوماتیک یا نیمه اتوماتیک استفاده شود تا یک کارگر بتواند بیش از یک ماشین را اداره کند.
۱۱. مواد و ضایعات انبارشده در مناطق کاری به حداقل برسد.
۱۲. محل راهروها، پله ها، ستونها در نظر گرفته شوند.
۱۳. وسایل حمل و نقل باید از نظر ظرفیت و نوع، با کل روش تولید هماهنگ باشند.

ب- روش تبدیل[۱]

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

ج- روش الگویی (ماکتی)[۲]

در این روش از ماکت ماشین‌آلات، تجهیزات، پالتها و غیره استفاده شده و با چیدن متناسب آنها فضای لازم را تخمین می زنند.

۱- Converting Method
۲- Roughed-out layout Method

www.saie.ir

د- روش استاندارد فضا[۱]

در موارد خاصی می توان از استانداردهای صنعتی برای تعیین فضا سود جست . این استانداردها می توانند بر اساس تجربیات موفق قبلی بدست آیند. البته استفاده از این استانداردها بدون دقت در جزئیات آن توصیه نمی‌شود .

ه- روش روند نسبت و تصویر[۲]

از این روش در موارد خاصی استفاده می گردد و احتمالاً کم دقت ترین روشها می‌باشد. برا ی استفاده از این روش نسبتی از مترمربع به فاکتورهای خاصی را محاسبه و از روی ان مساحت را تخمین می‌زنند. این فاکتورهای خاص عبارتند از:

- مترمربع بر ساعات کار مستقیم
- مترمربع بر تعداد سرپرستان
- مترمربع بر واخد تولید شده و غیره

مثلاً فضای مورد نیاز در بخش اداری برای هر کارمند حدود ۹۰ فوت مربع می‌باشد. استفاده از این روش بیشتر در مورد بخشهای اداری و غیر تولیدی است.

نوع فضاهایی که باید محاسبه شوند:

فهرست برخی از اماکن و مناطقی که باید محاسبه شوند به شرح زیر است:

۱. انبار مواد خام[۳]
۲. انبار کالای ساخته شده[۴]
۳. قسمت دریافت و انتقال

۱- Space Standard Method

۲- Ratio Trend & Projection Method

۳- Row Material Storage

۴- Finished goods Storage

۴. اتاقها و کمدهای ابزار[۱]
۵. انبار موجودی در جریان ساخت[۲]
۶. انبار تجهیزات و وسایل حمل و نقل[۳]
۷. راهروها، راهروهای عرضی و راهروهای اصلی[۴]
۸. بخش نگهداری و تعمیرات
۹. بسته بندی
۱۰. قسمت کنترل کیفیت و بازرسی
۱۱. تسهیلات امداد و درمان[۵]
۱۲. غذاخوری[۶]
۱۳. توالتها، حمام و سرویسهای بهداشتی[۷]
۱۴. دفاتر کار[۸]
۱۵. پارکینگ بازدیدکنندگان و کارمندان[۹]
۱۶. پارکینگ انتقال و دریافت
۱۷. سایر انبارها

اعداد واقعی مناطقی که باید مد نظر قرار گیرند به طبیعت مسأله مورد نظر بستگی دارد.

۱- Tool rooms , Tool cribs
۲- In process inventory Storage
۳- Material Handling Equipment Storage
۴- Aisles , Cross Aisles , Main Aisles
۵- Health and Medical Facilities
۶- Food Service
۷- Lavatories, Wash rooms, etc.
۸- offices
۹- Employee and Visitors Parking

www.saie.ir

مساحت کل کارخانه

برای محاسبه مساحت کل کارخانه می توان از فرمول تجربی زیر استفاده نمود:

$$A = \alpha \ \Sigma Ai$$

که درآن :

A= مساحت کل کارخانه

α = ضریب گسترش ، فضای سبز و توسعه آتی $\qquad 2 \leq \alpha \leq 10$

Ai= مساحت بخش مسقف i

طراحی راهروها

تعیین محل راهروها و پهنای آن هم از عوامل مهمی است که در تخصیص فضاها باید به دقت بررسی شود. نسبت فضای راهروها به کل فضای کارخانه معمولاص رقم قابل توجهی است. برای مثال نسبت فضای راهرو به فضای تولید و انبار ممکن است حتی تا دو هم برسد.

دلایل اصلی احتیاج به راهرو عبارتند از:

۱. انتقال مواد و قطعات و محصول نهایی
۲. حرکت افراد
۳. انتقال ضایعات
۴. تغییر محل ماشین‌آلات و جایگزینی آنها
۵. دسترسی به وسایل ایمنی وآتش‌نشانی

راهروها را می‌توان به صورت زیر طبقه‌بندی نمود:

۱. اصلی (برای حمل و نقل)
۲. عرضی
۳. دپارتمانی
۴. کارمندی

۵. خدمات و نگهداری
۶. گوناگون

در هنگام طراحی راهروها باید نکاتی را در نظر داشت که پاره‌ای از آنها در زیر 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 طراحی اقتصاد جریان در طراحی آن منظور شود.
۲. اقتصاد فضا – چون فضای قابل ملاحظه‌ای از کارخانجات به راهروها اختصاص می‌یابد، لذا طراحی مناسب آنها به کاهش هزینه‌ها و افزایش سودآوری کمک می‌کند.
۳. تقدم طراحی – ابتدا راهروهای اصلی به منظور ایجاد ارتباط بین دپارتمانها و ارتباط با خارج از کارخانه طراحی می‌شوند.
۴. اقتصاد اندازه بزرگ – در یک سالن کوچک به پهنای ۲۰ فوت راهرویی به پهنای ۵ تا ۶ فوت حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد از محوطه را به خود اختصاص می‌دهد، در حالیکه ۳ راهرو هر یک به پهنای ۱۰ فوت حدود ۵ درصد از کل مساحت ساختمانی به عرض ۶۰۰ فوت را اشغال می‌کند، البته پس از اضافه کردن راهروهای ثانویه این رقم در واحدهای صنعتی بزرگ به ۱۰ تا۱۲ در صد کل مساحت می‌رسد.
۵. ستون فقرات راهروها – معمولاً باید یک راهرو اصلی به عنوان ستون فقرات راهروها در وسط کارخانه وجود داشته باشد. این راهرو باید حدالامکان مستقیم بوده و دو طرف ورودی و خروجی را به هم وصل نماید(راهروهای طبقات بالا ممکن است بن بست باشند)
۶. 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 ماشین‌آلات برای رفت و آمد افراد و انتقال مواد کافی است.

www.saie.ir

۸. ملاحظات تعمیراتی – چنانچه میزان عیوب کلی و خرابی زیاد باشد و مرتباً به تعمیرات اساسی احتیاج داشته باشند، معمولاً پهنای راهروها با توجه به پهنای بزرگترین ماشین مشخص می‌گردد.

۹. شرایط اضطراری - راهروهایی نیز باید مخصوص شرایط اضطراری برای آتش‌نشانی و کمکهای اولیه و نظایر اینها وجود داشته باشد، و سطح آنها همیشه تمیز و مرتب باشد.

۱۰. توجه به آینده – در طول عمر کارخانجات معمولاً قسمتی از فضای راهروها کم شده 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 کارخانجات بزرگ بین ۱۲تا۲۰ فوت نوسان دارد، معمولاً دو لیفت تراک می‌توانند از یک گذرگاه ۱۲ فوتی عبورکنند و از ۸ فوت باقیمانده نیز برای حرکت افراد استفاده می‌شود. راهروهایی با عرض ۸ فوت بخصوص در مواقعی که پهنای بار بیش از ۳ فوت باشد راحت نیستند. راهروهای مخصوص افراد می توانند تا ۲،۵ فوت نیز باریک شوند. در هنگام تعیین پهنای راهروها باید شعاع دور زدن و ظرفیت لیفت تراک را در نظر داشت. راهروهای باریک را میتوان در بعضی از محلها از یک یا هر دو طرف تعریض نمود.

مسأله تعیین پهنای راهروها و استفاده کامل از آنها در هنگامیکه تراکتور و تریلی هم جزو وسایل انتقال مواد باشند، اهمیت بیشتری می یابد، در این مواقع بهتر است با سازندگان آنها در مورد اندازه تریلی، طول آن ، تعداد واگنها و پهنای راهروها مذاکره کرد.

عوامل مؤثر در تعیین پهنا و محل و فاصله راهروها به شرح زیر است:

الف – پهنا

۱. اندازه محصولاتی که انبار می‌شوند.

۲. تجهیزات انتقال مواد

۳. روش انبار کردن
۴. هزینه زیربنا
۵. نوع عبور و مرور
۶. حجم عبور و مرور
۷. جهت عبور و مرور
۸. ایمنی
۹. قابلیت و سهولت دسترسی
۱۰. اندازه پالت

ب – محل

۱. فاصله و سهولت دسترسی به درها
۲. اندازه دسته هایی که انبار می‌شوند.
۳. محل دیوارهای ضد آتش و وسایل ایمنی و اضطراری
۴. فاصله بین ستونها
۵. محل محوطه‌های خدماتی
۶. ظرفیت باری کف
۷. محل آسانسورها و پلکانها
۸. محل پالتها و جایگاه‌ها
۹. سهولت دسترسی به آسانسورها و محوطه‌های خدماتی
۱۰. محل جاده و خطآهن

ج – پهنا و محل

۱. محل تجهیزات نسبت به راهروها
۲. اندازه ساختمان
۳. فضای مورد نیاز در آینده

www.saie.ir

۴. راهروهای مورد نیاز در آینده
۵. مقررات ایمنی در مقابل آتش‌سوزی
۶. دسترسی به تجهیزات آتش‌نشانی
۷. میزان استفاده از راهرو
۸. دسترسی به تجهیزات
۹. قابلیت انعطاف (به منظور تغییر طرح)
۱۰. شکل ساختمان

د – اشغال فضا

۱. اندازه تجهیزات
۲. اندازه اقلام
۳. اندازه دسته هایی که انبار می شوند
۴. اندازه هر قسمت تفکیک شده انبار
۵. اندازه ساختمان
۶. شکل ساختمان
۷. نوع ساختمان
۸. طرح سازه
۹. مصالح ساختمانی و نحوه ساختمان
۱۰. محل راهرو
۱۱. پهنای راهرو
۱۲. تعداد راهروها
۱۳. نوع راهروهای مورد نیاز
۱۴. اندازه پالت
۱۵. نوع و اندازه جایگاه ها و اشکوبه ها
۱۶. ظرفیت باری کف

۱۷. ظرفیت باری سقف و تراس
۱۸. نوع ستونها
۱۹. ظرفیت باری ستونها
۲۰. تعداد طبقات
۲۱. محل فعالیتهای جانبی
۲۲. انعطاف پذیری مطلوب
۲۳. طرحهای گسترش
۲۴. محل دیوارهای ضد آتش
۲۵. هزینه ساختمان
۲۶. منابع مالی موجود
۲۷. طرح واحد صنعتی

با توجه به این مسائل به نظر می‌رسد که طراحی راهروها نیز مستلزم مطالعات دقیقی است.

بخشهای غیر تولیدی

بخش‌های اداری و رفاهی یکی از امکانات ضروری در عملیات تولیدی می‌باشند. هر کارخانه‌ای جهت انجام کارهای مالی و تجاری خود به بخش اداری نیاز دارد و همچنین آسایش و راحتی کارکنان خود را با داشتن بخش‌های خدماتی و رفاهی تأمین می‌کند. در یک کارخانهٔ کوچک به مساحت ۵۰ تا ۱۰۰ مترمربع در یک کارخانهٔ بزرگ محوطه‌ای به مساحت ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ مترمربع را به خود اختصاص می‌دهد بنابراین هیچ واحد صنعتی از داشتن بخش های اداری و رفاهی بی نیاز نمی‌باشد.

معمولاً قسمت غیرتولیدی شامل ۴ بخش است :

۱- بخش اداری (حسابداری، کارگزینی، پرسنلی و ...)
۲- بخش رفاهی (نمازخانه، ناهارخوری، دستشوئی‌ها، پارکینگ، بهداری و ...)

www.saie.ir

۳- بخش کمک تولیدی (انبارها، قسمت تحویل و ارسال، کنترل کیفیت، نگهداری و تعمیرات و ...)

۴- بخش تأسیساتی (تأسیسات حرارتی و برودتی، کمپروسورهای هوا، مسائل حفاظتی و ...)

میزان اهمیت هر کدام از این بخش‌ها به وسعت کارخانه و تعداد کارکنان آن بستگی دارد. اهداف کلی طراحی بخش‌های اداری و رفاهی که می‌بایست در طراحی آنها مدنظر باشد به شرح زیر است:

۱- آسان‌سازی فرآیند گردش کار و ادامهٔ آسانتر خدمات به سایر بخش‌ها

۲- به حداقل رساندن جابجایی حمل و نقل‌ها بین بخش‌های سرویس‌دهنده

۳- حفظ انعطاف‌پذیری ترتیب قرار گرفتن وسایل تجهیزات

۴- کوتاه کردن زمان کل گردش کار

۵- به حداقل رساندن سرمایه‌گذاری بر روی تجهیزات

۶- استفاده حداکثر از نیروی انسانی

۷- حداکثر استفاده از زمین موجود

۸- فراهم کردن اطمینان، ایمنی و راحتی کار برای کارکنان

۹- ایجاد ساختار سازمانی متناسب با اهداف کارخانه

۱۰- فراهم نمودن امکانات لازم جهت ارائهٔ سریع‌تر خدمات و سرویس به بخش‌های تولید.

طراحی بخش‌های اداری و رفاهی و رسیدن به اهداف فوق زمانی مفید خواهد بود که مراحل طراحی به صورت منطقی و منظم پیش رود. در طراحی بخش های اداری نکاتی قابل توجه هستند که باید آنها را رعایت نمود:

۱- فاصلهٔ مراکزی که باهم ارتباط بیشتری دارند باید کم باشد.

۲- عرض راهروهای فرعی۳ – ۵ فوت و عرض راهروهای اصلی۵ – ۸ فوت باشد.

۳- گسترش آتی فراموش نشود.

۴- معمولاً هر کارمند با میزکار و صندلی و سهمش از راهرو، مساحتی به اندازهٔ ۵۰ الی ۷۵ فوت مربع نیاز دارد.
۵- برای کارهایی که نیاز به تمرکز دارند اتاق انفرادی در نظر بگیرید.
۶- در حالت عادی یک اتاق عمومی کاراتر از اتاق انفرادی است.
۷- رعایت مسائل ارگونومی در طراحی اتاق فراموش نشود. (کاهش سروصدا، نور کافی و ...)

محاسبهٔ مساحت قسمت غیر تولیدی :

برای محاسبهٔ هر کدام از بخش‌های فوق معمولاً از جداول استانداردی که برحسب تعداد نفرات یا تعداد تولید تهیه شده است، استفاده می‌شود. صفحات ۱۵۰ و ۱۶۳ و ۱۷۰ و ۱۷۴ کتاب اپل در این زمینه اطلاعاتی آورده است.
علاقمندان می‌توانند با مراجعه به کتاب اپل و دیگر منابع طرحریزی، اطلاعات خود را در زمینهٔ طراحی بخش‌های غیر تولیدی و خدماتی کامل کنند.

www.saie.ir

۷

حمل ونقل[۱]

حمـل ونقـل در کارخانه وآشنایی با عوامل مختلف حمل ونقل از جمله مسائلی است که مدیریـت صنعتی وطرحریزصنعتی باید به آن واقف باشند. تأثیر زیادی که حمل ونقل در قیمت تمام شده محصول دارد باعث می‌شود که مدیران وطراحان صنعت توجه خاصی را جهـت بهبود آن در کارخانه ها مبذول دارند . هدف عمومی فن حمل ونقل معمولا بدین صـورت بـیان مـی‌شـود کـه انـتقال مواد از نقطه‌ای به نقطه دیگر بدون دوباره‌کاری ودر کوتاهترین مسیر ممکن و انتقال آنها به محل کار یا مراکز تولید به طوری که اتلاف وقت وحمل ونقل های زائد به حداقل برسند.

تجـربه نشـان داده اسـت کـه حـدود ۳۰تا ۳۵ در صد هزینه تولید را هزینه حمل ونقل تشکیل می‌دهد. همچنین فقـط ۲۰درصد وقت یک محصول صـرف تـولید آن می‌شود و

۱- Handling

www.saie.ir

(۸۰٪) در انبار وحمل ونقل صرف می‌گردد طبق یک تخمین حدود ۲۲٪ از نیروی انسانی صنایع صرف عملیات حمل و نقل می‌شود. با توجه به این آمار ها و ارقام تأمل و دقت بیشتری روی این مسأله می‌تواند تا حد زیادی هزینه‌های تولید را کاهش دهد.

حمل و نقل مواد به طور کلی شامل مواد اولیه و محصول و اقلام و ماده و هر چیزی که باید حرکت داده شود یا از نظر فیزیکی جابجایی بخواهد، می‌شود. برای به حرکت در آوردن این اقلام در یک کارخانه و پویایی بخشیدن به کارخانه احتیاج به سیستمی داریم که به سیستم حمل و نقل معروف است. این سیستم باید ارتباط مؤثر و مفیدی را بین بخشهای مختلف کارخانه ایجاد نماید. در این فصل به طور خلاصه جهت آشنایی علاقمندان به بحث حمل ونقل ، روش تجزیه وتحلیل سیستماتیک حمل ونقل و عوامل مهم آن اشاره خواهد گردید.

۷-۱ روش تجزیه وتحلیل سیستماتیک حمل ونقل[۱] (SHA):

به طور کلی اساس حمل ونقل روی سه عنصر قرار دارد:

۱) مواد[۲]

۲) حرکات[۳]

۳) روش ها[٤]

۱- Systematic Handling Analysis

۲- Material

۳- Move

٤- Methods

در بررسی سیستماتیک حمل ونقل باید بدانیم چه نوع موادی را حمل ونقل می‌کنیم. این مواد چه خصوصیاتی دارند(سرد، داغ، شکستنی...)، چه ماهیتی را شامل می شود (جامد، مایع، گاز)و غیره .

همچنین هنگامیکه از حمل ونقل مواد صحبت می‌شود مسئله حرکت مطرح است یعنی اینکه این مواد را چگونه حرکت دهیم و برای این که چیزی را حرکت دهیم نیازمند وسیله‌ای هستیم که این موضوع در قالب روشهای حمل ونقل مطرح می‌شود. هر پروژه حمل ونقل مواد از شروع آن که تعریف هدف است تا مرحله نصب فیزیکی تجهیزات و وسایل حمل ونقل چهار فاز زیر را شامل می‌شود:

۱-روابط خارجی [۱]

۲-برنامه کلی حمل ونقل [۲]

۳- جزئیات برنامه [۳]

۴-نصب [۴]

در فاز اول سمت وجهت حرکات در منطقه مورد مطالعه بررسی می‌شود یعنی همه حرکاتی که از منطقه مورد مطالعه به بیرون صورت می‌گیرد یا تمام حرکاتی که به داخل این منطقه انجام می شود مورد مطالعه قرار میگیرد .

۱- External integration

۲- Overall Handling Plans

۳- Detailed Handling Plans

۴- Installation

www.saie.ir

دراین مرحله تداخل این حرکات با سیستم حمل ونقل موجود در خارج از محدوده مورد مطالعه ارزیابی شده و همبستگی مساله حمل ونقل داخل کارخانه با موقعیت خارج از منطقه سنجیده می‌شود. به عنوان مثال وسائل وتجهیزات حمل ونقلی که در خارج محدوده مورد مطالعه قرار دارند مثل راه آهن؛ جاده اصلی و سایر تسهیلات در نظر گرفته شده وهمه آنها باید بعداً با وسایل حمل ونقل محدوده کار خانه ارتباط پیدا نمایند.

فاز دوم شامل برنامه کلی حمل ونقل است. در این فاز روشهای حرکت مواد بین دپارتمان‌ها پایه‌گذاری می‌شود همچنین تصمیم نهایی در ارتباط با عوامل زیر اتخاذ می‌گردد.

۱- سیستم اصلی و اساسی حمل ونقل

۲- تجهیزات عمومی حمل ونقل

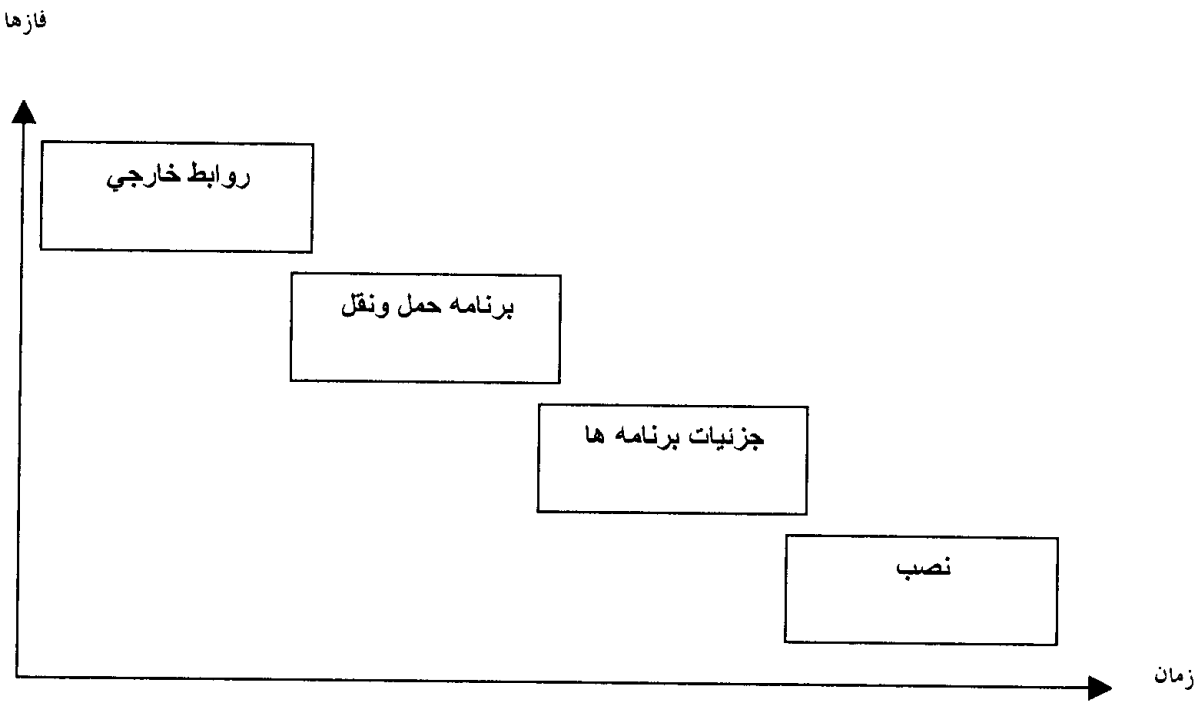
۳- واحد حمل ونقل و کانتینرهایی که باید به کار گرفته شود.

فاز سوم شامل جزئیات برنامه حمل ونقل است در این فاز حرکات بین ایستگاههای اصلی کار در داخل هر دپارتمان مورد بررسی قرار میگیرد همچنین جزییات روش حمل ونقل به خصوص تجهیزات و کانتینرها که بین ایستگاهها به کار گرفته می‌شود مشخص می‌گردد. چنانکه ملاحظه می‌گردد فاز دوم مر بوط به حرکت مواد بین دپارتمان‌ها می‌باشد و اما در فاز سوم در بعد کوچکتری به جزئیات حرکات بین ایستگاههای کاری در داخل بخش ها و دپارتمانها پرداخته می‌شود.

فاز چهارم شامل نصب و راه‌اندازی است در حقیقت هیچ برنامه‌ای نمی‌تواند جدای از این فاز کامل شود. در این فاز برای بدست آوردن تجهیزات مورد نیاز، آموزش پرسنل،

زمان بندی و برنامه ریزی بـرای نصب تجهیزات و تسـهیلات فیزیکی حمـل ونقـل اقدام میشود.

شکل(۱-۷) به طور شماتیک این فازها را در تجزیه وتحلیل سیستماتیک حمل ونقل به کار می‌گیرد.



فاز چهارم:

تهیه نقشه ها وتحصیل تجهـیزات ونصـب وآموزش پرسنل

فاز سوم:

طرحریـزی روش هـا بـرای حرکت مواد در داخل هر بخش وبین ایستگاهها ی کاری

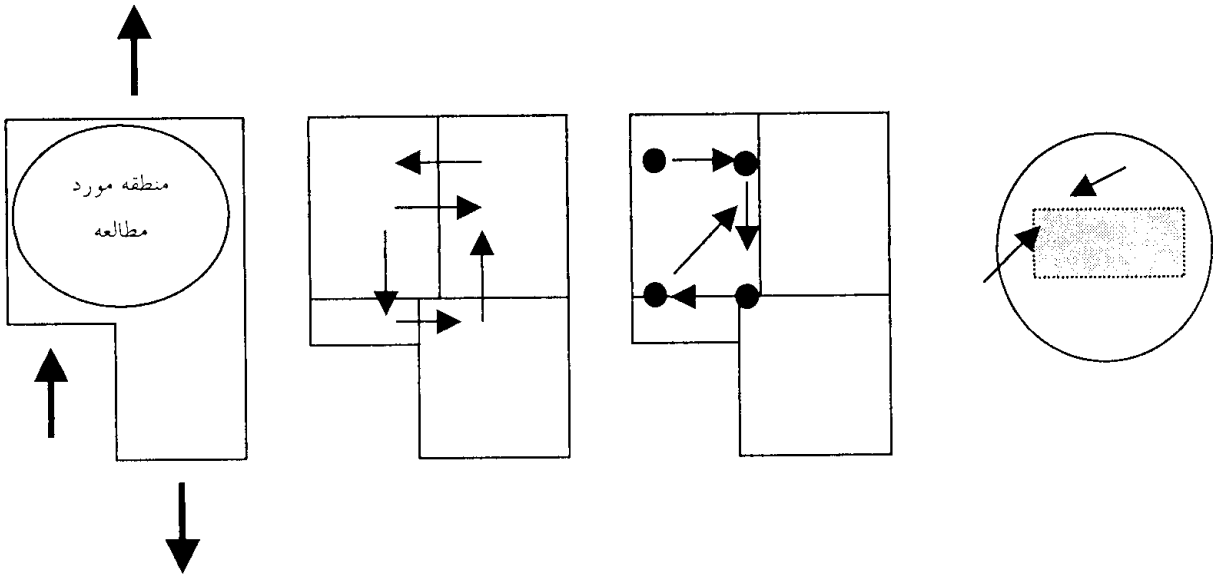
فاز دوم:

بـرنامه‌ریـزی روش ها بـرای حرکـت دادن موادبیـن مـناطق وتصمیم گیری اساسی بـرای سیسـتم ونـوع تجهیزات حمل ونقل

فاز اول:

بررسـی همـه حرکاتی کـه از مـنطقه مـورد مطالعـه بـه خـارج ویـا بـه داخـل آن مـنطقه صـورت مـی گـیرد وتداخـل آن با سیستم حمل ونقل خارج

www.saie.ir

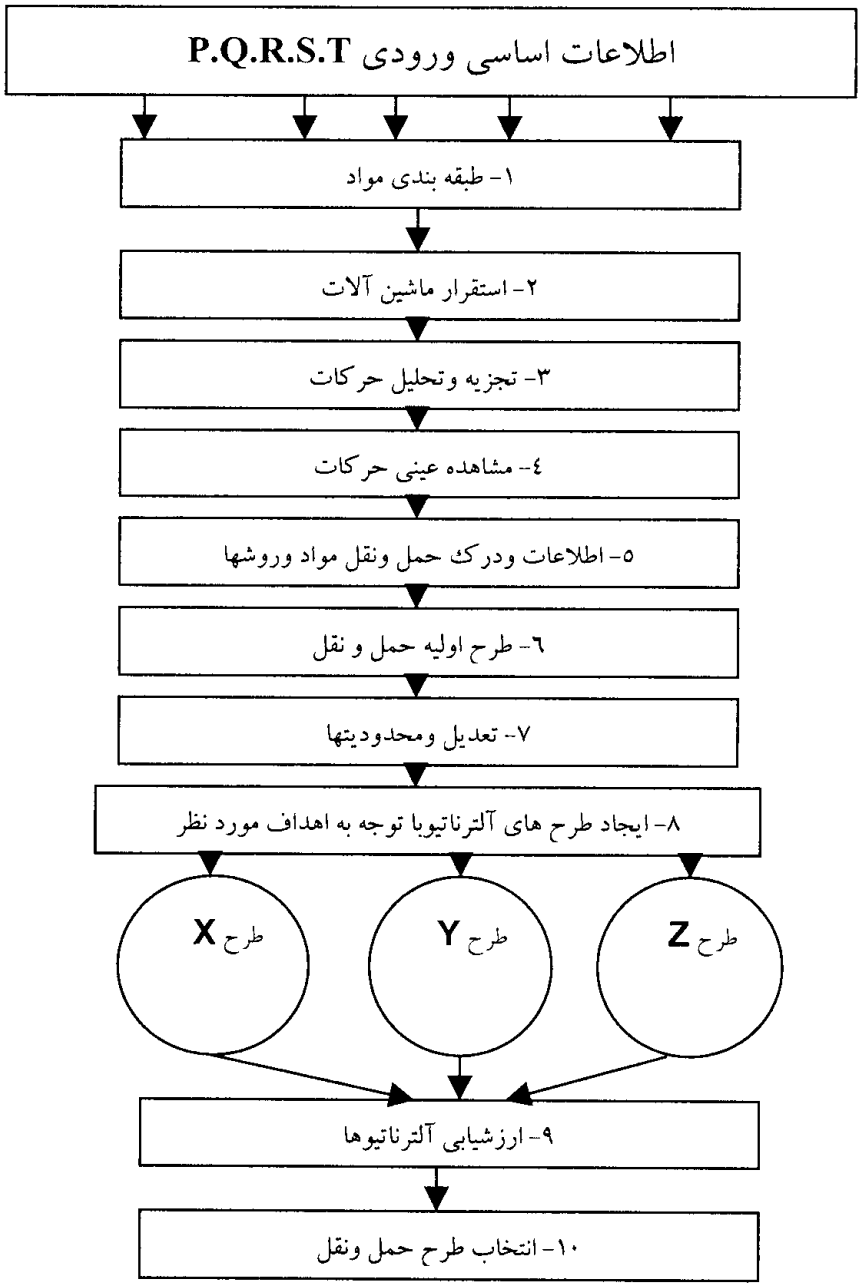


شکل (۱-۷) فازها در تجزیه و تحلیل سیستماتیک حمل و نقل

۷-۲ الگوی برنامه ریزی سیستماتیک حمل ونقل :

برای انجام برنامه‌ریزی کلی حمل ونقل (فاز دوم) نیاز به یک الگوی سیستماتیک احساس می‌شود. این الگو شامل یک سری قدم‌هایی است که باید پشت سرهم انجام گیرد. شکل زیر این مراحل را به ترتیب نشان می‌دهد.

برای شروع تجزیه وتحلیل چنانکه مشاهده می‌گردد نیاز به اطلاعات اساسی می‌باشد که تحت عنوان(P.Q.R.S.T) آمده است . این اطلاعات کلید حل یک مسأله حمل ونقل می‌باشد و برای شناخت مسأله حمل ونقل داشتن اطلاعات این کلید، بسیار لازم است. این اطلاعات همچنین عوامل اصلی و اساسی برای هزینه‌یابی حمل ونقل می‌باشند.



شکل (۲-۷) الگوی برنامه ریزی سیستماتیک حمل ونقل

این اطلاعات عبارتند از:

۱)محصول، قطعه، مواد (P[۱])

[۱]- Product

www.saie.ir

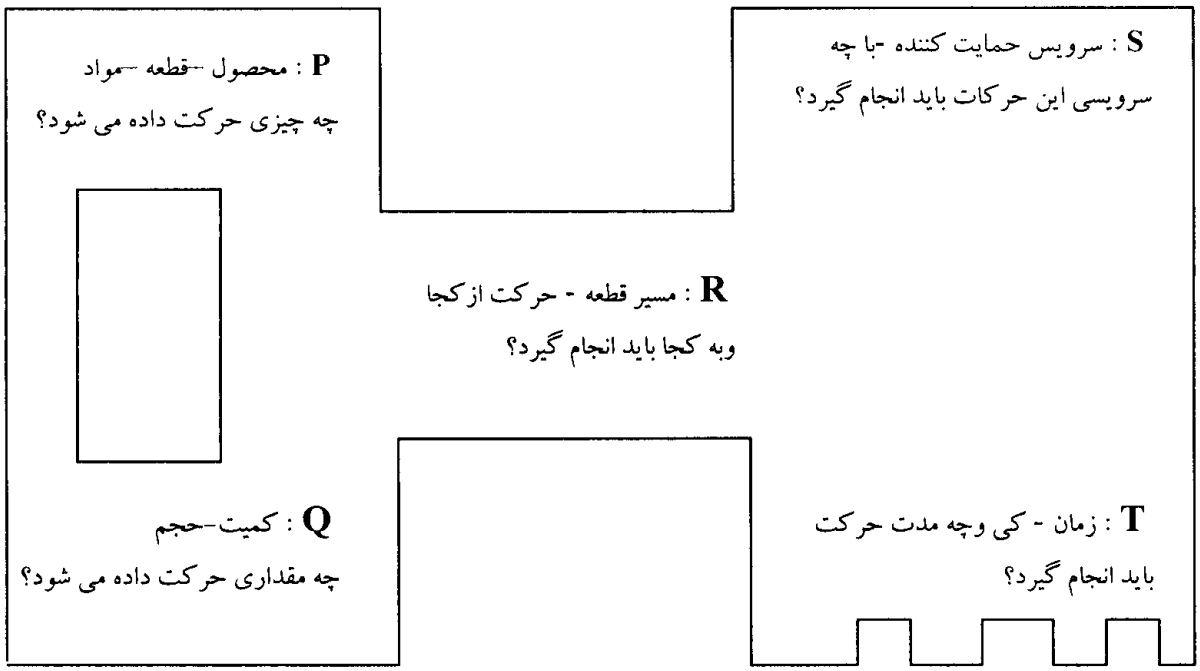
۲)کمیت،حجم **Q**[۱]

۳)مسیر قطعه (مبداء به مقصد) **R**[۲]

۴)سرویس حمایت کننده **S**[۳]

۵)زمان **T**[۴]

این اطلاعات موسوم به کلید حل مسائل حمل ونقل می‌باشدکه در شکل شماتیک زیر نشان داده شده است:



شکل (۳-۷) عوامل اساسی تجزیه وتحلیل سیستاتیک حمل و نقل

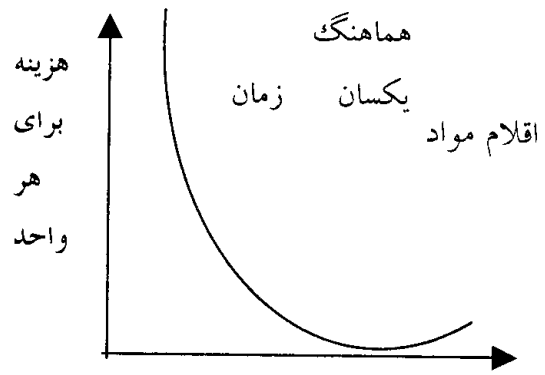
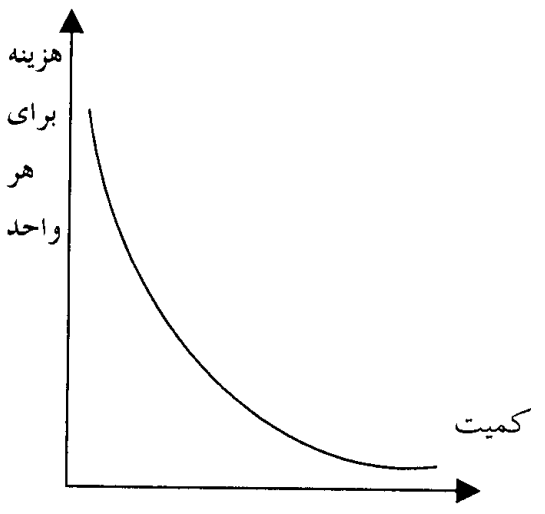
۱- Quantity

۲- Route (origin distention)

۳- Supporting Service

۴- Timing

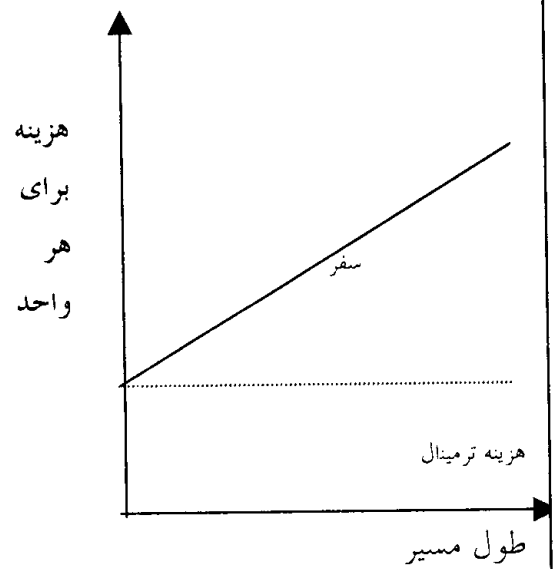
توضیح مربوط به هر یک از این عوامل و چگونگی تأثیر آن در هزینه حمل ونقل به همراه نمودارهای مربوطه (عامل هزینه) در جدول (۱-۷)خلاصه شده است.

P محصول، قطعه، اقلام قابلیت حمل ونقل پذیری محصولات ومواد به خصوصیات آنها و وسائل حمال آن بستگی دارد .هر محصولی برای هر کارخانه ای قابلیت حمل پذیری مختلفی دارد.	
Q کمیت حجم کمیت دومعنی مختلف دارد: الف:کمیت درواحدی از زمان (شدت جریان) ب:کمیت درهرسفرهرکدام ازراههای بالااگربه کارگرفته شودنتیجه آن یکسان است یعنی نتیجه حرکت دادن کمیت بیشتر کم شدن هزینه هرواحدمحموله حرکت است.	

www.saie.ir

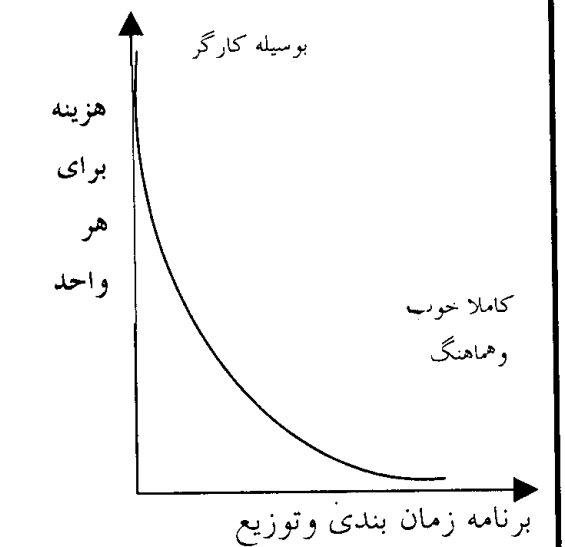
R مبداء،مقصد

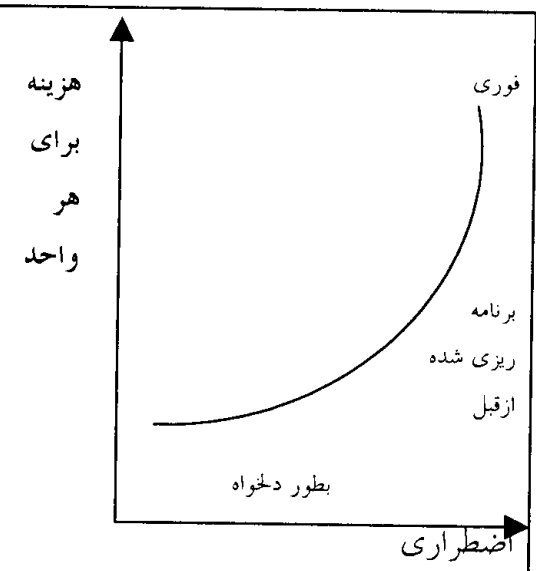
هرحرکتـــی شامل دو نوع هزینه است :هزینه ترمیـــنال وهزینه مسافرت. هزینه ترمینال تقریبا مقـــدار ثابتی است ومعمولا شامل پیاده وسوار کـــردن کـــالا می باشد ،ولی هزینه مسافرت بســـتگی به شرایط راه ومسیر حرکت وطول مسیر جهت حرکت دارد.



S سرویس حمایت کننده

توزیع وسیستم آن،نگهداری پرسنل مورد نیاز ،کارهـــای اداری وثبـــت وغیره سرویسهایی هســـتندکه حمایـــت کننده سیستم حمل ونقل مـــابوده لذاتجهیزات حمل ونقل به آنها بستگی دارد.استقرار ماشین آلات وتجهیزات کارخانه ،ساختمانها،تجهیزات وتسهیلات انبارها جاهایی هستند که به وسیله سیستم ما احاطه شده است وروی آن اثر دارند.



T زمان یکی از عوامل مهم زمان ،مسأله توالی ونظم در عملیات حمل ونقل است .عوامل دیگر طول زمان ومدت زمانی است که حتما باید حمل ونقل طول بکشد ،همچنین حمل ونقل واضطراری وغیره هم روی مجموع هزینه اثر می گذارد.	

جدول (۱-۷) عوامل اساسی تجزیه وتحلیل سیستماتیک حمل ونقل

مـرحله اول: پـس از جمـع‌آوری اطلاعـات اولین مرحله از تجزیه وتحلیل سیستماتیک حمل ونقل شکل(۲-۷) مطالعه محصول ومواد می‌باشد.

در این مرحله مواد بر اساس :

۱) شکل فیزیکی
۲) کمیت
۳) کیفیت
۴) حفاظت‌های مورد نیاز

کلاسـه وطـبقه بـندی مـی‌شـوند. باید توجه داشت که مواد با توجه به نوع وجنس خود ممکـن اسـت در فرآیند تولیدی تحت شرایط گوناگون به اشکال مختلف در آیند واصولا بـه چندین نوع محصول یا قلم جنس تبدیل گردند تا عاقبت به محصول تمام شده ختم شـوند. در این صورت در بیشتر اوقات ما با مواد ومحصولات گوناگونی سر وکار داریم که ناچاریم آنها را گروه‌بندی می‌کنیم. این گروه بندی را کلاسه کردن[۱] مواد گویند. هر

[۱]- Material classification

www.saie.ir

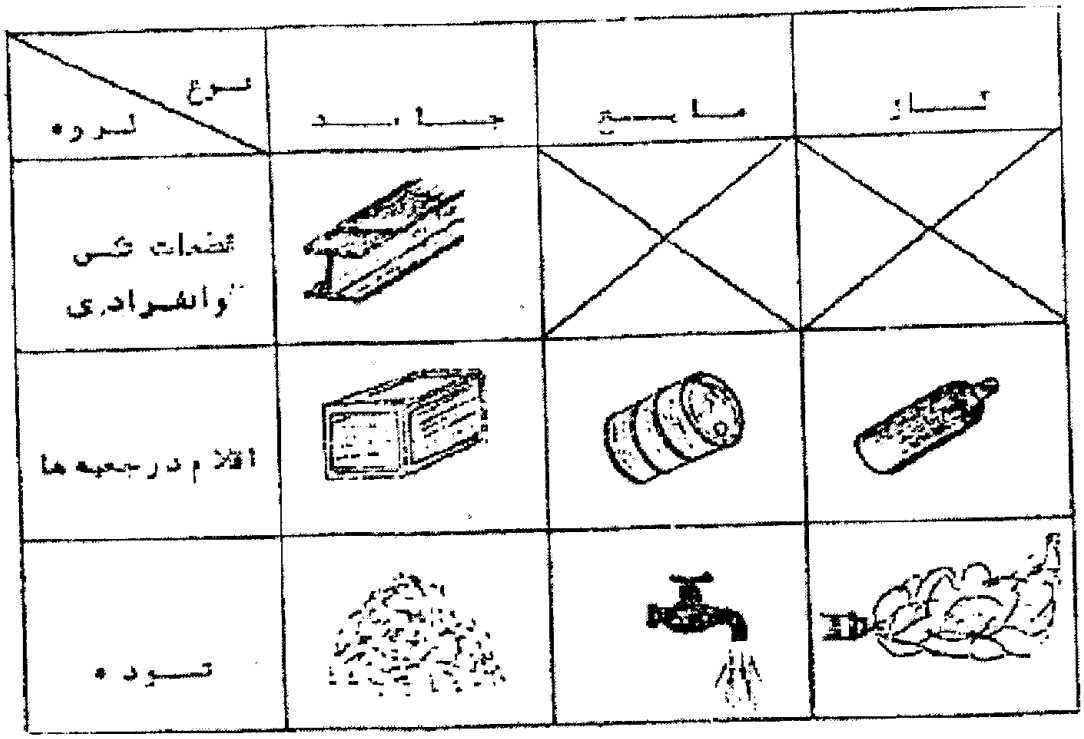
کـلاس از مواد دارای یک خصوصیت مشترک هستند. در برنامه‌ریزی حمل ونقل آنچه را کـه مـا بـه عـنوان هـدف از طبقه بندی مواد در نظر داریم. این است که کلیه اجناس و اقلامی که در یک کلاس قرار می‌گیرند، دارای روش حمل ونقل یکسانی باشند.

اساس طبقه بندی مواد دو عامل زیر می‌باشند شکل(۴-۷)

۱) جامد، مایع،گاز

۲) قطعات انفرادی،کانتینرشده، فله‌ای(توده)

این مواد در شکل(۴-۷) آورده شده است.



شکل (۴-۷) طبقه‌بندی مواد

هچنین خصوصیات اصلی که برای طبقه بندی مواد به کار می‌رود عبارتند از:

الف- خصوصیات فیزیکی شامل:

۱) اندازه : طول، عرض و ارتفاع و ...

۲) وزن: وزن در واحد حجم، وزن قطعه و...

۳) شکل: تخت، منحنی‌دار، بی شکل، جمع وجور و ...

۴) ریسک صدمه دیدن: شکستنی، منفجره، آلوده، شیمیای، خورنده و...

۵) شرایط: بی ثبات، داغ‌تر،کثیف، چسبناک و...

ب – سایر خصوصیات شامل:

۱) کمیت: تعداد، بسته محموله و...(مواد با کمیت زیادتر باید با روش حمل و نقل سریعتر جابجا شوند)

۲) زمان: منظم، غیر منظم، شرایط فصلی و...(حمل ونقل اضطراری معمولاً هزینه بیشتری دارد)

۳) کنترل مخصوص: قوانین دولتی، استاندارد داخلی کارخانه، سیاستهای عملیاتی و... (حمل ونقل مهمات، اجناس قیمتی، غذایی و... اقلامی هستند که حمل ونقل آنها تابع قوانین دولتی هستند.)

برای کلاسه کردن وطبقه‌بندی نمودن مواد قدم‌های زیر باید برداشته شود:

۱) شناسایی کلیه اقلام و لیست کردن آنها

۲) ثبت خصوصیات فیزیکی و غیره در جدولی مشابه جدول شماره (۲-۷)

۳) تجزیه وتحلیل خصوصیات مواد شامل:

الف- موادی که اهمیت خاص دارند (مثلاً با رنگ نارنجی مشخص شود)

www.saie.ir

ب - موادی که کاملاً با خوصیات مورد نظر ما تطبیق می‌کند. (مثلاً با رنگ قرمز مشخص شود)

۴) تعیین نوع طبقه هر کدام از مواد و اقلام

۵) شناسایی وتشریح هر طبقه در جدول مشابه جدول(۳-۷)

شرح موادیا اقلام	کوچکترین واحد قابل طبقه بندی	خصوصیات فیزیکی مواد				سایر خصوصیات			
		اندازه (W×L ×H)	وزن	شکل	ریسک صدمه دیدن	شرایط	کمیت	زمان	کنترل مخصوص
۱- ۲- ۳-									

جدول (۲-۷) خصوصیات مواد

کلاس مواد		ضوابط طبقه بندی		مثال
شرح	شناسایی طبقه	خصوصیات فیزیکی	سایر خصوصیات	
بشکه های خالی	a	بشکه های خالی به ابعاد (ϕ ۱۰۰×۵۰)	تغییرات زیاد بین زمانهای تحویل	شبکه های فلزی استاندارد
بشکه های پر	b	بشکه های پر شده از روغن به ابعاد(ϕ ۲۰۰×۲۵)	۲۰تا۳۰ قلم جنس	بشکه های روغن که از فروشنده دریافت شده

جدول (۳-۷) شناسایی هر طبقه (مثالی از لیست پرشده)

بـاید توجـه داشت که اقلام یا موادی که به صورت کانتینره مد نظر هستند تحت‌الشعاع شـکل کانتیـنر قـرار مـی‌گـیرند، بـاید بـه صـورت کوچکترین واحد عملی (مانند بطری، جعبه)طبقه‌بندی شوند.

مرحله دوم :

درمرحله دوم ازتجزیه وتحلیل سیستماتیک حمل ونقل (شکل۲-۷)مطالعه طرح استقرا ر کارخانـه انجـام مـی‌گـیرد. قبل از اینکه ما طرح عینی حمل ونقل را پیاده کنیم، نیاز به مطالعـه محیط مورد نظر، طرح لی‌اوت کارخانه به سبب شناسایی مسیرهای حمل ونقل، موانـع احتمالـی، تسـهیلات موجـود، شـیب زمینـی،... ضروری به نظر می‌رسد. لذا طرح استقرار فعلی، یا پیش‌بینی شده می‌تواند در طرحSHA مؤثر باشد.

مرحله سوم:

ایـن مـرحله شـامل تجزیه وتحلیل حرکات است. تجزیه وتحلیل بستگی به این دارد که چـند نـوع مواد باید حرکت داده شوند و آیا مواد تکی ویا مرکب است وغیره و همچنین برای تجزیه وتحلیل حرکات، شدت جریان حرکت وخصوصیات حرکت باید تعیین گردد.

مرحله چهارم:

مشـاهده عینـی حرکات قدم بعدی از سلسله قدمهایSHA می‌باشد. در این قدم تجزیه وتحلـیل انجـام شـده می‌تواند به صورت تصویر در آید. این عمل می‌تواند توسط دیاگرام جریان[1] نشان داده شود.

---

[1]- flow Diagram

www.saie.ir

مرحله پنجم:

در ایـن مرحله باید تحلیل‌گر شناخت کافی نسبت به مسائل حمل ونقل مواد و همچنین روشـهای حمـل ونقـل مواد داشته باشد تا بتواند راه حلهای مناسب را پیدا کرده وآنها را برای مسأله مورد نظر بسط دهد.

مرحله ششم:

طرحریـزی اولـیه سیسـتم حمـل ونقل در قالب طرحهای مختلف در این مرحله صورت مـی‌پذیـرد. در ایـن مـرحله وسـایل حمـل ونقـل ، تجهیزات و واحد حمل ونقل انتخاب می‌گردد. همچنین اطلاعات گوناگون به یکدیگر می‌پیوندند و مجموع این اطلاعات روش فیزیکی حمل ونقل و آلترناتیوهای مختلف جهت مسأله را می‌سازند.

انتخاب وسایل حمل ونقل در این مرحله شامل:

- وسایل دستی
- جرثقیل ها
- توزیع کننده ها
- پالتها
- بالابرها
- وسایل موتوری(لیف تراکها)
- نقاله ها
- بردارنده ها
- واگن های ریلی
- وغیره

مرحله هفتم:

در ایـن مـرحله بـا توجه به محدودیتها ی موجود در هر یک از طرحهای پیشنهادی، با توجه به واقعیات عملی و محدودیتهای عملی، این طرح ها اصلاح می‌گردند و قسمتهایی که قابل کاربرد نیستند ، حذف می‌شوند.

مرحله هشتم:

در ایـن مـرحله بـرای هـر کـدام از طرحها رسیدن به اهداف مورد نظر با توجه به عوامل کیفی وکمی بررسی شده وبرآورد مالی واقتصادی برای هر یک تعیین می‌شود. همچنین مزایا و معایب هر یک لیست می‌شوند.

عوامل کمی شامل:

- هزینه اولیه
- ارزش اسقاطی
- هزینه سالیانه
- عمر مفید

عوامل کیفی شامل:

- دوام و استحکام تجهیزات
- طرحهای توسعه آتی
- قابلیت انعطاف برای کارهای دیگر
- هماهنگی تجهیزات با تجهیزات فعلی
- خط مشی شرکت در قبال سرمایه‌گذاری
- روند صعودی یا نزولی قیمت تجهیزات در بازار
- صرفه‌جویی در نیروی انسانی
- مسائل ایمنی
- خرابیهای پیش‌بینی شده دستگاه
- نیاز به کارگران ماهر
- سهولت تعویض قطعات
- اعتبار معروفیت کارخانه سازنده
- هزینه قطعات یدکی

www.saie.ir

- مدت تضمین دستگاه
- سهولت وچگونگی سرویس دستگاه
- امکان تحمل هزینه‌های حمل ونقل تجهیزات توسط سازنده

مرحله نهم:

مرحله نهایی ارزیابی و ارزشیابی هر کدام از آلترناتیوها می‌باشد. در این مرحله با توجه به مرحله قبلی بهترین طرح با توجه به اهداف مورد نظر عوامل پولی، غیر پولی، هزینه ها، و...انتخاب می‌شود.

مرحله دهم:

انتخاب طرح نهایی و اجرای آن می‌باشد. نا گفته نماند که ممکن است در بعضی از مواقع پیوندی از چند طرح ما را به انتخاب راه حل بهینه حمل ونقل سوق دهد.

روش تجزیه وتحلیل سیستماتیک حمل ونقل (SHA) از روش‌های عملی شناخته شده‌ای است که مدیر، برنامه‌ریز، و یا تجزیه و تحلیل گر را طی یک مراحل تعریف شده به هدف اصلی که حداقل کردن هزینه حمل ونقل و در نهایت حداقل کردن هزینه‌های کارخانه است را می‌رساند. از آنجا که بحث بیشتر از حوصله این موضوع خارج است لذا به علاقمندان پیشنهاد می‌شود که برای کسب اطلاعات و دانش بیشتر در این زمینه به منابع و مراجع مربوطه مراجعه نمایند.

در خاتمه این فصل نکات مهمی در ارتباط با فن حمل ونقل بیان می‌گردد که در طرح سیستم حمل ونقل بسیار مؤثر است:

۱) تاحد امکان در هر واحد حمل، تعداد قطعات بیشتری حمل گردد.

۲) سعی شود بزرگترین قطعه یا واحد، مسافت کمتری را طی کند.
۳) حتی‌الامکان سعی شود انتقال و حرکت مواد در یک مسیر مستقیم صورت گیرد.
۴) حتی‌الامکان سعی شود برگشت به عقب حداقل گردد.
۵) حتی‌الامکان سعی شود موادی که وارد کارخانه می‌شوند، مستقیماً به قسمت انجام عملیات بروند وکاری روی آنها انجام شود.
۶) حتی‌الامکان سعی شود برای انتقال مواد از نیروی وزن آنها استفاده شود.
۷) حتی‌الامکان سعی شود عملیاتی که روی قطعات سنگین یا حجیم انجام می‌شود در نزدیکی محل تحویل آنها انجام گیرد.
۸) از ریختن قطعات بر روی زمین وانتقال مجدد آنها بر روی ظروف حمل ونقل ویا انتقال از ظرفی به ظرف دیگر خودداری شود.
۹) هرگز چیزی را بدون کانتینر، پالت یا صفحه چرخدار بر روی زمین نگذارید.
۱۰) ظروف حمل ونقل طوری باشد که پر یا خالی کردن آنها به سهولت انجام گیرد.
۱۱) تعداد محل ها ونقاط تحویل و بارگیری در نقاط مختلف کارخانه استاندارد باشد.
۱۲) ارتفاع سکوی بارگیری وتحویل را به حداقل برسانید.
۱۳) از سبک ترین ظروف حمل ونقل استفاده شود.
۱۴) تجهیزات حمل ونقل مشابه از یک شرکت خریداری می شوند تا در هنگام تعمیر، قطعات مختلف آن به سهولت با یکدیگر تعویض و جاگذاری شوند.
۱۵) باید سعی شود از وسایل حمل ونقل موتوری حداکثر استفاده به عمل آید.

www.saie.ir

۸

جانمائی[۱]

در ایـن فصـل هدف تمرکز بر روشهای رسیدن به طرحهای جانمائی است که خود تعیین کننده نحوه استقرار بخشها نسبت به هم در کل واحد صنعتی یا ایستگاههای کاری درون بخش است. به کارگیری این روشها مستلزم داشتن الگوی کلی جریان مواد، استقرارهای اولـیه بر حسب الگوی جریان مواد و سیستم حمل و نقل می‌باشد که این موارد در فصول قبلی مفصلاً تشریح شد .

رویـه‌هـای مختلفـی بـرای کمـک بـه طـراح واحد صنعتی در تهیه طرح جانمائی توسعه یافته‌اند که می‌توان از رویه آقای Immer ، رویه Nadler ، رویه آقای Muther معروف به S. L. P ، رویـه پیشنهادی آقای اپل Apple و رویه آقای Reed نام برد که هر یک گامهای متوالی را برای رسیدن به طرح جانمائی پیشنهاد می‌کنند.

در رویـه پیشـنهادی آقـای Immer گامهـای اساسی جهت طرحریزی جانمائی از سه قدم ساده تشکیل می‌شود که عبارتند از:

۱- مسأله را روی کاغذ بیاورید.

۲- خطوط جریان را نشان دهید.

۱- Layout

www.saie.ir

۳- خطوط جریان را به خطوط ماشین تبدیل کنید.

آقای Immer بر روی بهبود جانمایی طرح فعلی تأکیدی کرد و توجه کمتری به تهیه طرح جانمائی برای تسهیلات جدید داشت.

آقای Nadler رویه‌ای ارائه کرد که برای طرحریزی تسهیلات جدید بسیار کاربرد داشته و به عنوان راه کار سیستم ایده‌آل از آن یاد می‌شود و آن بیشتر به یک فلسفه شبیه می‌باشد. سلسله مراحل این رویه عبارتند از:

۱- تعیین یک سیستم ایده‌آل فرضی

۲- تصویر کردن سیستم ایده‌آل اصلی

۳- طراحی سیستم ایده‌آل فنی قابل اجرا

۴- نصب سیستم پیشنهادی

که این رویکرد ، یک رویکرد از بالا به پایین[۱] را نشان می‌دهد و آن طراحی از بهترین حالت فرضی به سمت طرح عملی و قابل اجرا می‌باشد.

آقای Apple سلسله فعالیت‌های زیر را برای تهیه طرح لی‌اوت کارخانه پیشنهاد می‌کند :

۱. تهیه داده‌های اساسی
۲. آنالیز داده‌های اساسی
۳. طراحی فرآیند کارآ
۴. طراحی الگوی جریان مواد
۵. ملاحظه طرح جابجایی مواد بطور کلی
۶. محاسبه نیازمندی تجهیزات
۷. طراحی ایستگاه‌های جزئی
۸. انتخاب حمل و نقل

۱. Top - Down Planning

۹. هماهنگی گروه عملیات
۱۰. طراحی رابطه فعالیتها
۱۱. تعیین نیازمندی‌های انبار
۱۲. طراحی سرویسها و فعالیت‌های فرعی
۱۳. تعیین نیاز به فضا
۱۴. تخصیص فعالیتها به کل فضا
۱۵. بررسی نوع ساختمانها
۱۶. طرح لی‌اوت کلی و اصلی
۱۷. ارزیابی، تعدیل و بررسی لی اوت
۱۸. تصویب
۱۹. اجرا

آقایApple همچنین متذکر می‌شود که این قدمها حتما لازم نیست بطور متوالی برداشته شود و می‌گوید که از آ نجا که پروژه‌های طراحی جانمایی مشابه نیستند، رویه های طراحی آنها نیزمشابه نیست و تعداد قابل توجهی پرسش در میان این گامها وجود خواهد داشت.

آقای Reed طرح سیستماتیک حمله[۱] را به عنوان گامهای طراحی جانمایی پیشنهاد می‌دهد که این گامها عبارتست از:

۱- آنالیز محصول یا محصولات
۲- تعیین فرآیند
۳- تهیه نمودار طرحریزی جانمائی
۴- تعیین ایستگاهها
۵- آنالیز مساحت انبار
۶- طراحی راهروها با حداقل عرض

[۱]- Systematic Plan of attack

www.saie.ir

۷- طراحی بخش اداری
۸- بررسی تسهیلات رفاهی
۹- محاسبه مساحت سرویس ها
۱۰- در نظر داشتن توسعه آتی

آقای Reed تهیه نمودار طرحریزی جانمائی[۱] را مهمترین گام از میان قدم های دهگانه فوق می‌داند که این نمودار شامل اطلاعات زیر است:

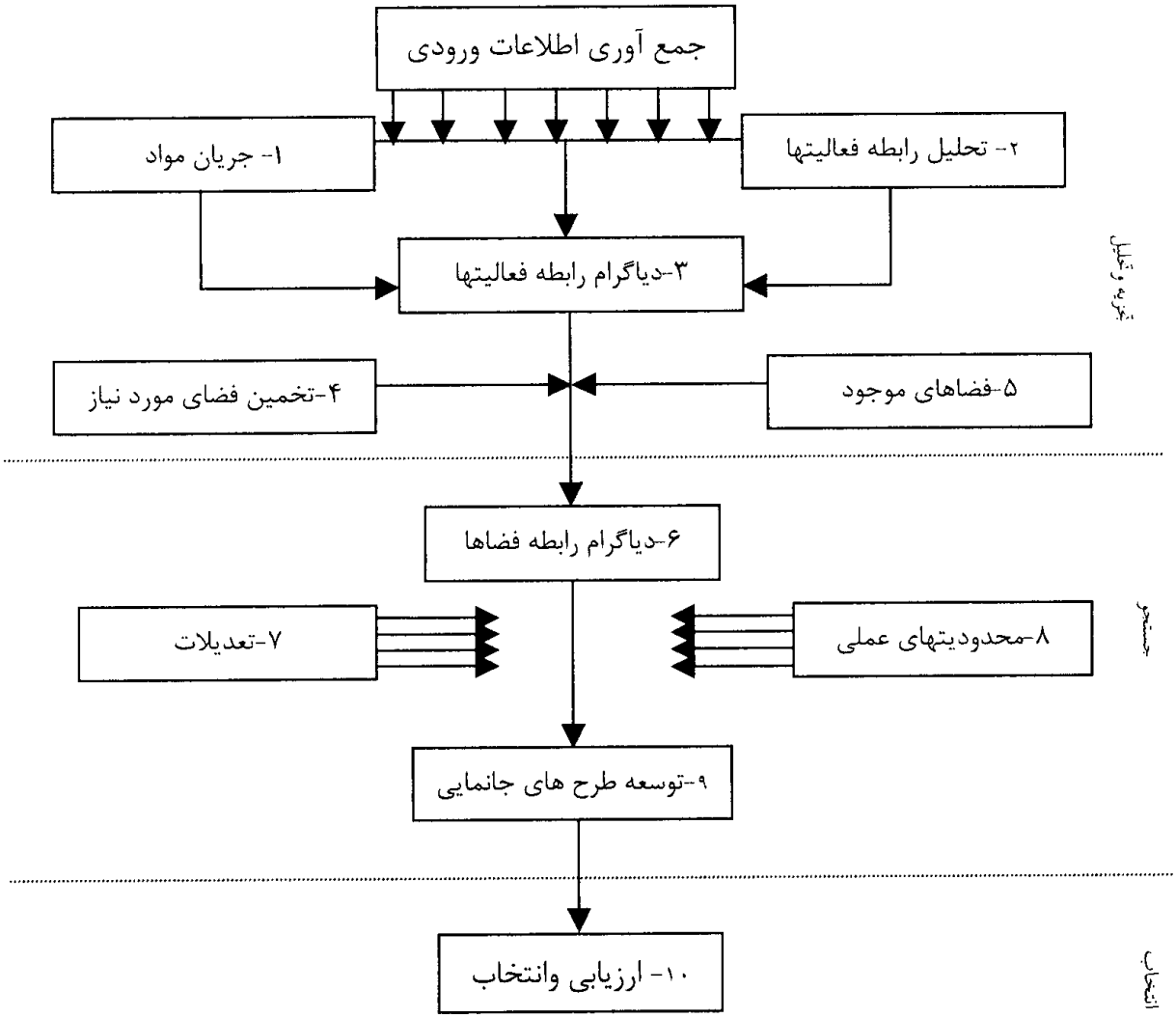
۱- فرآیند جریان شامل عملیات، حمل و نقل، انبار، بازرسی‌ها
۲- زمانهای استاندارد برای هر عمل
۳- انتخاب ماشین و بالانس آن
۴- انتخاب نیروی انسانی و بالانس آن
۵- نیازهای حمل و نقل مواد

۸-۱ طرحریزی سیستماتیک جانمائی[۲]

رویه سازمان یافته‌ای توسط آقای میوتر Muther جهت طرحریزی استقرار گسترش یافته که به خاطر موفقیت ناشی از به کارگیری آن در حل مسائل استقرار، به طور عام مورد توجه واقع شده است و از آن به عنوان طرحریزی سیستماتیک جانمائی یا S. L. P ، نام برده می‌شود این رویه در شکل (۲-۸) خلاصه شده است.

۱- Layout Planning Chart

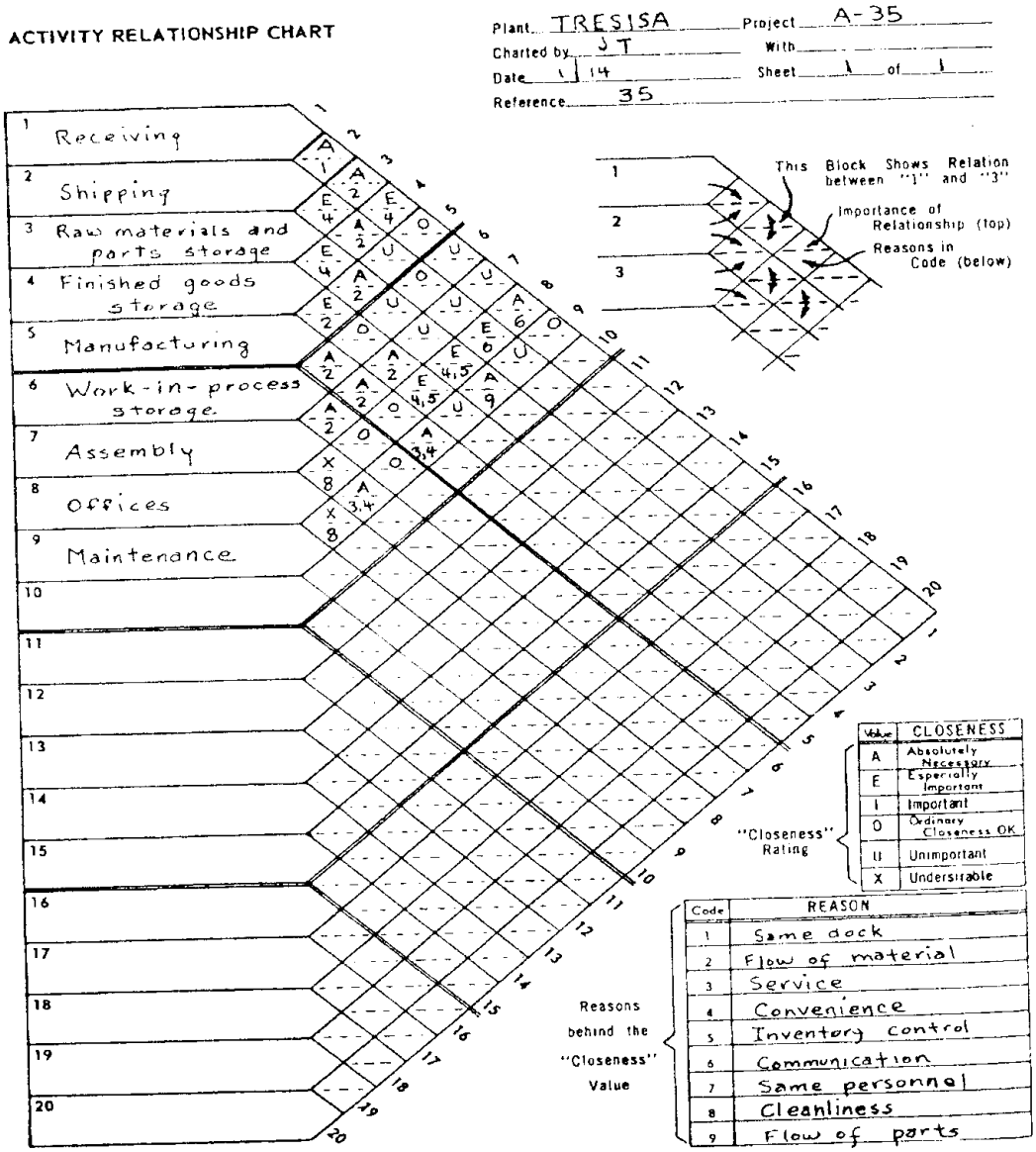
۲- Systematic layout Planning



شکل (۲ -۸) رویه طرحریزی سیستماتیک جانمائی (S . L . P)

همانگونه که در شکل (۲-۸) ملاحضه می‌گردد پس از جمع‌آوری اطلاعات ورودی، از تجزیه و تحلیل جریان مواد (نمودار از - به و ...) و ترکیب آن با تجزیه و تحلیل فعالیتها و پیدا کردن نقش روابط بین فعالیتها (شکل (۳-۸)) ، می‌توان یک دیاگرام

www.saie.ir



Activity relationship chart.

شکل (۳-۸)

رابطـه فعالیـتها (شـکل (۴-۸)) بوجود آورد ، که در آن فعالیتها در روابط متقابل باهم شکل می‌گیرند.

در قدمهـای بعـدی ملاحظـات مـربوط به تخمین مقدار فضا برای هر فعالیت و همچنین مـیزان فضای در دسترس در نظر گرفته می‌شود. این ملاحظات دیاگرام رابطه فعالیتها را بـه یـک نمـودار رابطه فضاها (شکل (۵-۸)) تبدیل می‌کند، که درآن فضاهای در نظر گرفته شده برای هر فعالیت به هم مرتبط می‌شوند.

بـر اسـاس ملاحظـات تعدیـل کنـنده (همچون نحوه انبارداری، مسائل حمل و نقل، نوع خدمات پیشنهادی و ...) و همچنین محدودیتهای عملی (همچون ساختمانهای موجود، مسائل شهری و شهرداری، مسائل ایمنی و حفاظتی و . . .) تعدادی آلترنتیوهای استقرار قـابل قـبول و شـدنی[۱] تهـیه مـی‌شود . (شکل (۶-۸)) . در مرحله بعد این آلترنتیوها ارزیابی شده و آلترنتیو برتر انتخاب می‌گردد.

نکـته قـابل توجه این است که رویه S . L.P رامی توان متوالیاً بکار برد تا نخست جانمائی بلوکه‌ای[۲] و سپس جانمائی جزئی[۳] برای هر دپارتمان به دست آید.

بطـور کلـی رویـه S . L P در سـه مرحله تحلیل، جستجو و انتخاب خلاصه می‌شود. برای درک بهتر رویه(S . L . P) شکل (۷-۸) این رویه را در عمل و اجرا نشان می‌دهد.

۸-۲ تکنیکهای طرحریزی و تعیین استقرار بخشها

تکنیکهای تعیین استقرار را می‌توان به سه دسته مدلهای ریاضی، روشهای دستی (سنتی) و مدلهـای کامپـیوتری تقسیم نمود. همان گونه که در فصل پنجم تذکر داده شد تا به حـال مـدل ریاضـی مناسـبی بوجـود نیامده که بتوان با دادن یک سری اطلاعات ورودی بهترین طرح استقرار را ازآن دریافت کرد مدلهای ریاضی موجود اغلب بافت و ساختار

۱- Feasible

۲- Block Layout

۳- Detailed Layout

www.saie.ir

نسبتاً انتزاعی و به دور از واقعیت دارند و فقط می‌توانند بعنوان ابزاری در مرحله تجزیه و تحلیل استقرارهای مختلف یا ارزیابی انها به کار گرفته شوند . این مدلها در همین حد کاربرد هم برای مسائل نسبتا عملی قابلیت کاربرد خود را از دست می‌دهند. (بعضی از این مدلها در انتهای فصل پنجم ذکر شده است).

طرح استقرار بخشها عبارتست از تهیه الگویی برای هر یک از بخشها برای نشان دادن مساحت مورد نیاز هر بخش و سپس چیدن این الگوها بطور مناسب بر اساس ارتباطشان، که این ارتباطات می‌توانند بصورت کمی یا کیفی بیان شود.

اطلاعات لازم در مورد تکنیکهای طرحریزی عبارتند از :

۱- اطلاعات در مورد جریان مواد و وسایل معمولاً در قالب نمودار از - به

۲- نمودار رابطه فعالیتها

۳- فضای مورد نیاز بخشها

۴- هزینه حمل و نقل مواد بین بخشها و داخل بخشها

همچنین نکات مهمی که در طرح استقرار بخشها باید مد نظر گیرند عبارتند از :

۱- بهره‌برداری اقتصادی و مؤثر از فضا بخصوص ارتفاع

۲- قابلیت انعطاف و سهولت گسترش آتی

۳- ارتباطات مناسب با تسهیلات بیرونی از جمله امکانات حمل و نقل بیرونی

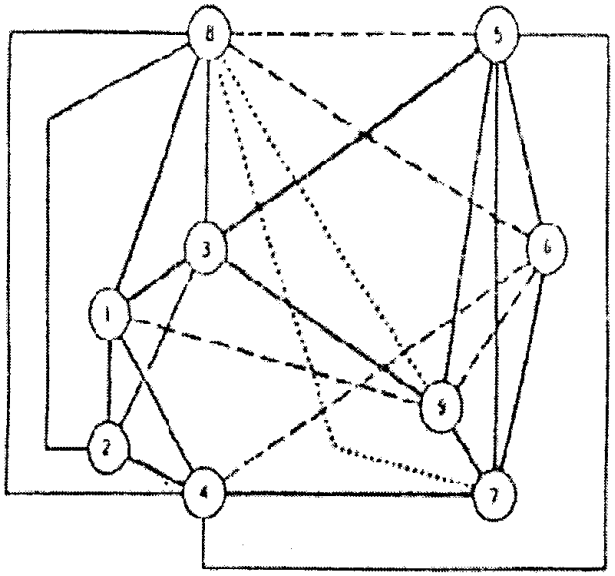
۴- انتخاب شکل مناسب برای ساختمانها از نظر ابعاد

۵- ترتیب و شبکه مناسب راهروها

۶- رعایت نکات و موارد ایمنی

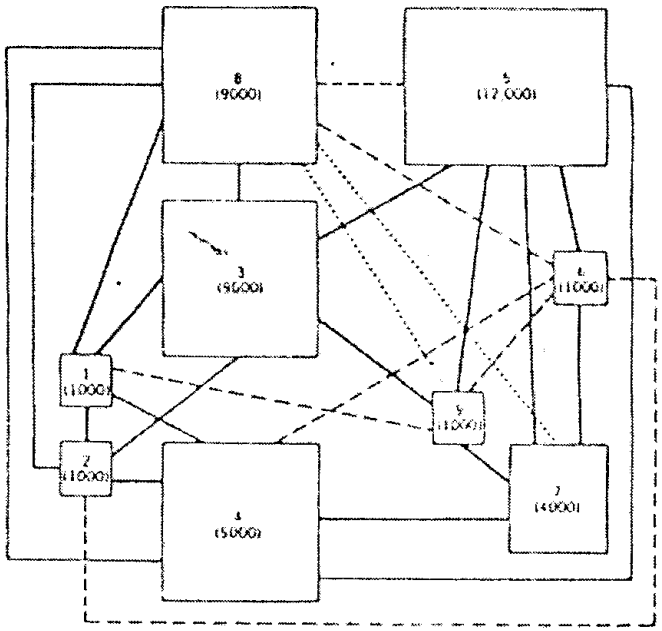
در ادامه این فصل ابتدا روشهای دستی جانمائی (سنتی) بحث خواهند شد و سپس در بخش بعدی مدلهای کامپیوتری جانمائی تشریح می‌گردند.

شکل (۴-۸)



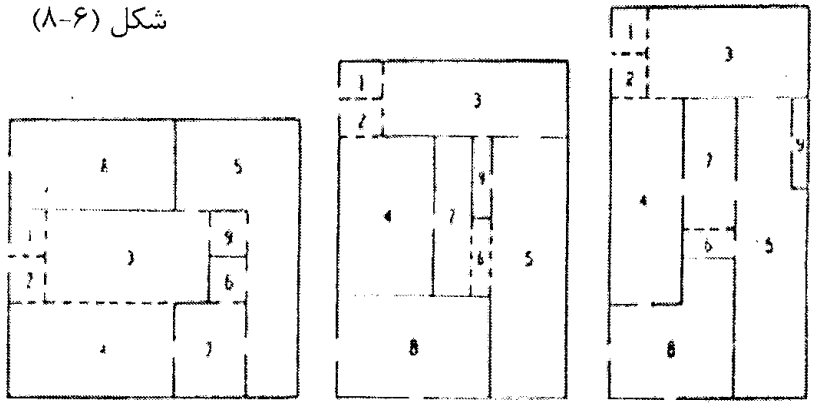
Relationship diagram.

شکل (۵-۸)



Space relationship diagram.

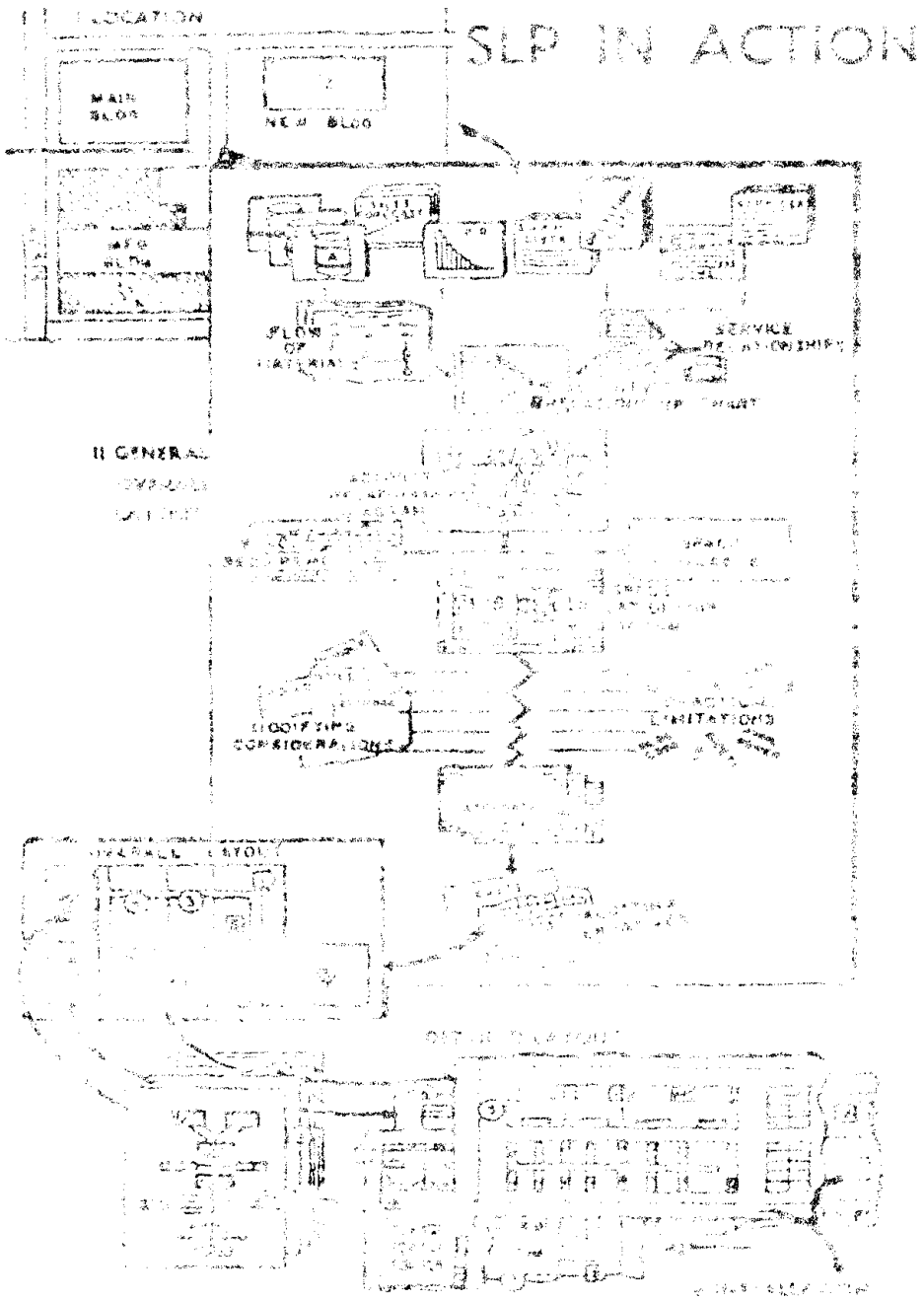
شکل (۶-۸)



Alternative block layouts.

www.saie.ir

Four phases of the SLP technique



۸-۳ روشهای دستی (سنتی)

روشـهای دستی مبتنی بر یک سری اصول ساده و تجربی هستند و محاسبات آنها توسط دست انجام می‌گیرد. این شیوه کار موجب کاهش کارآئی در مسائل با ابعاد بزرگ و عملی می‌شود. برخی از این روشها به قرار زیر می‌باشد:

الف - روش مارپیچی[۱]

ب- روش جدول‌بندی سفر[۲]

ج- روش الگویی[۳]

مبـنای دو روش اول (روش مارپیچـی و روش جدولبندی سفر) جدول از - به و مبنای روش الگویی نمودار رابطه فعالیتها می‌باشد.

قبل از تشریح هر کدام ازروشها داده‌های مربوط به یک مثال ارائه می‌گردد:

مـثال (۱-۸) فـرض می کنیم می خواهیم طرح استقرار قسمتهای مختلف بخش تولید یک کارخانه را بدست آوریم که شامل قسمتهای زیر است:

۱- Spiral Technique

۲- Travel Charting Technique

۳- Template Technique

www.saie.ir

کد بخش	نام بخش	مساحت (ft^2)
A	دریافت و انبار مواد	۱۲۰۰۰
B	فرزکاری	۸۰۰۰
C	پرسکاری	۶۰۰۰
D	تراشکاری	۱۲۰۰۰
E	مونتاژ	۸۰۰۰
F	آبکاری	۱۲۰۰۰
G	ارسا ل و انبار محصول	۸۰۰۰

نوع و توالی و درصد حمل قطعاتی که در بخش تولید، ساخته می‌شوند به قرار زیر است:

شمارهٔ قطعه (محصول)	ترتیب و توالی عملیات ساخت	تعداد حمل در سال	درصد حمل
۱	ABFEG	۳۰	۱۵
۲	ADEFG	۱۰	۵
۳	ACFEG	۲۰	۱۰
۴	ABDEFG	۶۰	۳۰
۵	AFBEG	۱۰	۵
۶	AEFG	۲۰	۱۰
۷	ADBEFG	۴۰	۲۰
۸	ACEG	۱۰	۵
-	-	۲۰۰	۱۰۰

جدول از — به بر اساس داده های فوق به قرار زیر است :

	A	B	C	D	E	F	G
A		۵	۱۵	۲۵	۱۰	۵	۰
B	۰		۰	۳۰	۲۵	۱۵	۰
C	۰	۰		۰	۵	۱۰	۰
D	۰	۲۰	۰		۳۵	۰	۰
E	۰	۰	۰	۰		۶۵	۳۵
F	۰	۵	۰	۰	۲۵		۶۵
G	۰	۰	۰	۰	۰	۰	

الف- روش مارپیچی

این روش عبارتست از تهیه نمای ترسیمی از جریان مواد و کمک گرفتن از آن در تعیین طرح استقرارکه اطلاعات لازم برای کاربرد این روش عبارتست از :

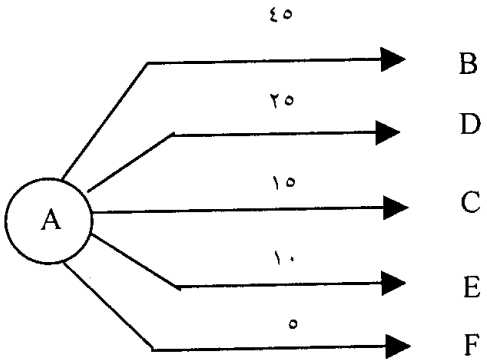
۱- نمودار از – به

۲- مساحت مورد نیاز بخشها

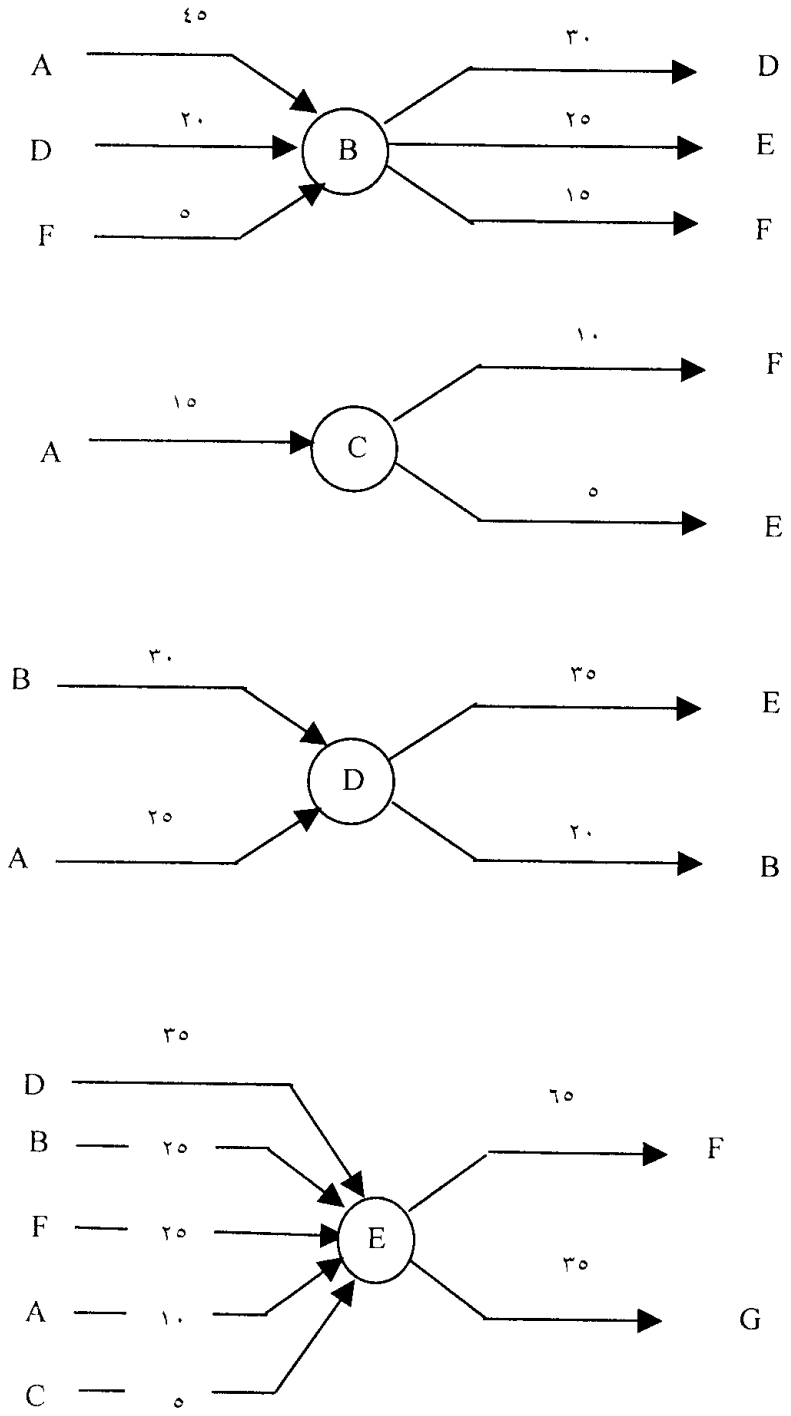
دستورالعمل استفاده از روش :

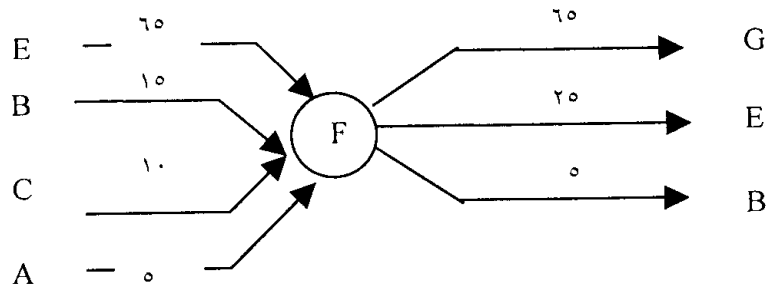
۱- برای هر بخش (قسمت) دایره‌ای بکشید و جریانات ورودی و خروجی را به ترتیب نزولی روی پیکانهای مربوطه مشخص نمایید.

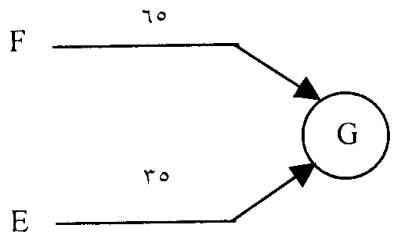
در مثال فوق داریم:



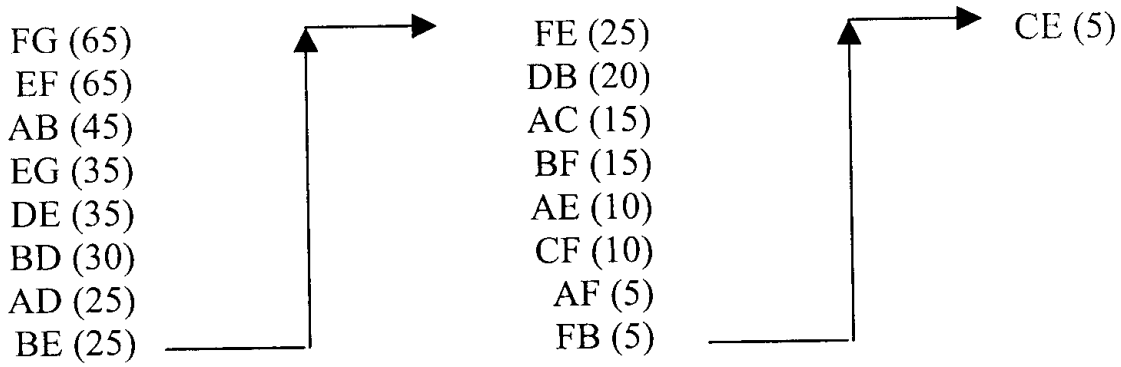
www.saie.ir


A
D
F
۴۵
۲۰
۵
B
۳۰
۲۵
۱۵
D
E
F
A
۱۵
C
۱۰
۵
F
E
B
A
۳۰
۲۵
D
۳۵
۲۰
E
B
D
B
F
A
C
۳۵
۲۵
۲۵
۱۰
۵
E
۶۵
۳۵
F
G





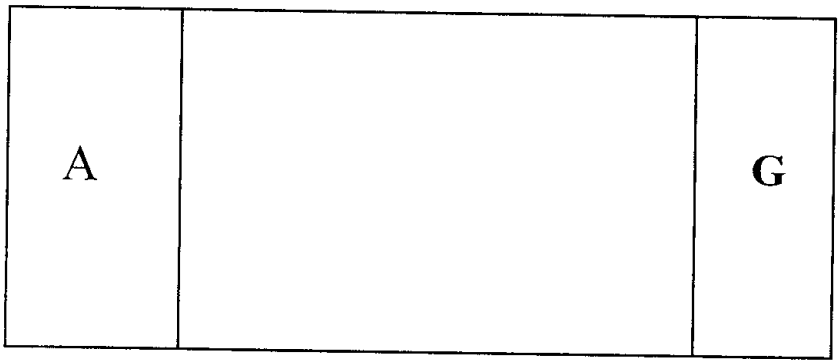
۲- بخشهای مربوط به هم را از نظر ارتباطی بر حسب میزان جریان به ترتیب نزولی مرتب نمایید.



www.saie.ir

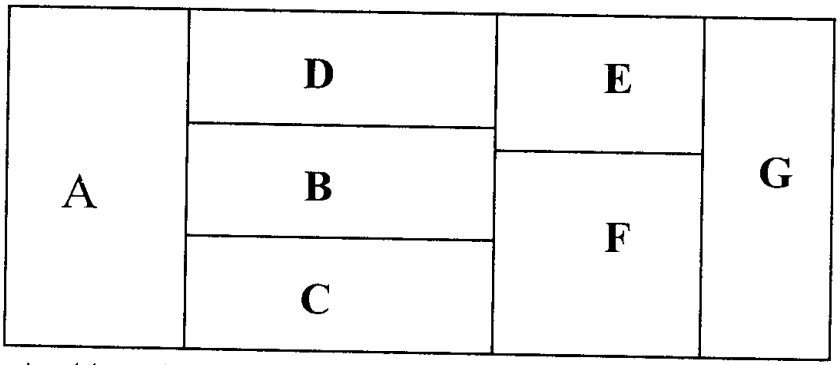
۳ - موقعیت بخش‌های دریافت و ارسال را بر روی نقشه با مقیاس مشخص نمائید.

فرض نمائید برای مثال فوق شکل زیر حاصل می‌شود: (نقشه فرضی)



۴- بـا در نظـر گرفتـن مسـاحتهای هر بخش و میزان ارتباطات بدست آمده در قدم دوم بخشها را مستقر نمائید.

فرض نمائید برای مثال فوق شکل زیر بدست آید : (نقشه فرضی)



۵- در صـورت تمـایل مـی توانـید استقرارهای ممکن را ارزیابی کرده و مناسبترین را با توجه به معیار زیر انتخاب نمائید.

$$\text{معیار ارزیابی} = \frac{\text{جمع درصد حجم جریان مربوط به بخشهای غیر مجاور}}{\text{جمع کل در صد حجم ها}}$$

در مورد مثال فوق با توجه به مرحله ۲و۴ خواهیم داشت :

$$\frac{AE\,(10) + AF\,(5) + CE(5)}{435} = \frac{20}{435} \qquad (۵)$$

هر چه عدد بدست آمده کمتر باشد طرح استقرار بهتر است.

در ارزشیابی روش مارپیچی نکات زیر قابل توجه است:

الف- هدف این روش حداقل کردن جریان بین بخش های غیرمجاور است.

ب- این روش برای تجسم جریان مواد مناسب است.

ج - برای ارزیابی استقرارهای مختلف می‌تواند به کار رود.

د- روش سیستماتیکی برای بهبود ارائه نمی‌دهد لذا طرح نهایی بستگی به طراح و قدرت خلاقیت و ابتکار او دارد.

ه- جهت تعداد بخشهای زیاد این روش کارائی خود را از دست می‌دهد.

ب -روش جدولبندی سفر

مشخصه عمده این روش این است که تابع هدف مورد نظر قابل محاسبه و اندازه‌گیری است، لذا تغییر استقرارهای مختلف قابل ارزیابی هستند و بدین جهت ابزار مفیدی برای طرحریزی استقرار می‌باشد. هدف در این روش حداقل کردن جمع حاصلضرب‌های جریان مواد در مسافتهای حمل ونقل های انجام شده است یعنی:

$$\min z = \sum_i \sum_j dij \times rij = \sum_i \sum_j$$

(جریان مواد بین بخش i,j) (مسافت بین بخشهای i,j)

اطلاعات مورد نیاز برای استفاده از این روش عبارتند از :

۱- نمودار از - به جریان مواد

۲- نمودار از - به مسافت بین بخشها

۳- مساحت بخشها

دستورالعمل استفاده از روش:

www.saie.ir

۱ - مرحله مقدماتی : در این مرحله بر روی دو مشخصه نمودار از- به کار می‌شود. این دو مشخصه عبارتند از:

الف- هرقدر جریان دورتر از قطر باشد، فاصله حمل بیشتر است.

ب- جریانهای مربوط به اجزاء زیر قطر نشان‌دهنده حرکتهای برگشتی هستند.

در حد ایده‌آل در مرحله مقدماتی سعی بر آن است که جریانات برگشتی حداقل شده و جریانها تا حد امکان در یک طبقه بالای قطر متمرکز شوند. در اعمال مرحله مقدماتی مسافت حمل برای جریانهای بالای قطر به ترتیب از رده اول تا رده های بعدی به ترتیب ۱و۲و۳و.... در نظر گرفته میشود. همین پارامتر برای جریانهای پایین قطر به ترتیب ۲و ۴و۶و... فرض می‌شود.

برای روش شدن مطلب مثال قبل را در نظر بگیرید . نمودار از - به این مثال بصورت ز یر است :

از \ به	A	B	C	D	E	F	G
A		۵	۱۵	۲۵	۱۰	۵	۰
B	۰		۰	۳۰	۲۵	۱۵	۰
C	۰	۰		۰	۵	۱۰	۰
D	۰	۲۰	۰		۳۵	۰	۰
E	۰	۰	۰	۰		۶۵	۳۵
F	۰	۵	۰	۰	۲۵		۶۵
G	۰	۰	۰	۰	۰	۰	

و هزینه طرح به قرار زیر است :

جریانات برگشتی	جریانات رفت (سیستم)	فاصله از قطر
۵۰= (۲۵) ۲	۲۱۰= (۶۵+۶۵+۳۵+۴۵) ۱	۱
۸۰= (۲۰)۴	۱۷۰= (۳۵+۵+۳۰+۱۵) ۲	۲
۰= (۰) ۶	۱۸۰=(۱۰+۲۵+۲۵) ۳	۳
۴۰= (۵) ۸	۱۰۰= (۱۵+۱۰) ۴	۴
۰= (۰) ۱۰	۲۵=(۵) ۵	۵
۰= (۰) ۱۲	۰=(۰) ۶	۶
۱۷۰	۶۸۵	جمع

جمع کل هزینه = ۶۸۵ + ۱۷۰ =۸۵۵

درهمین مرحله باید جای ستونها را بگونه ای عوض کردکه کل حجم جریان×مسافت حداقل شود . اینکار بایدآنقدرتکرارشود تا نتوان کاهش بیشتری انجام داده بعنوان مثال تعویض دو بخش BوC را در نظر بگیرد:

	A	C	B	D	E	F	G
A		۵	۴۵	۲۵	۱۰	۵	۰
C	۰		۰	۰	۵	۱۰	۰
B	۰	۰		۳۰	۲۵	۱۵	۰
D	۰	۰	۲۰		۳۵	۰	۰
E	۰	۰	۰	۰		۶۵	۳۵
F	۰	۰	۵	۰	۲۵		۶۵
G	۰	۰	۰	۰	۰	۰	

www.saie.ir

که هزینه های آن به صورت زیر خواهد بود:

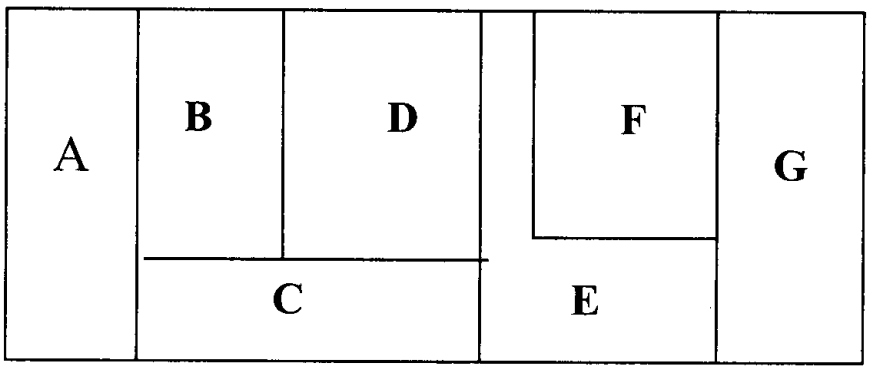
فاصله از قطر	جریانات رفت (مستقیم)	جریانات بر گشتی
۱	۱×۲۱۰=۲۱۰	۲ ×۴۵ =۹۰
۲	۲×۱۰۵=۲۱۰	۴×۰ = ۰
۳	۳×۴۵=۱۳۵	۶×۵=۳۰
۴	۴×۲۰=۸۰	۸×۰=۰
۵	۵×۵=۲۵	۱۰×۰=۰
۶	۶×۰=۰	۱۲×۰= ۰
جمع	۶۶۰	۱۲۰

جمع کل هزینه = ۶۶۰+۱۲۰=۷۸۰

که این مقدار از ۸۵۵کمتر است . اینکار باید آنقدرتکرار شود تا کاهش بیشتری امکانپذیر نباشد.

فرض نمائید برای این مثال این طرح بعنوان طرح نهایی دراین مرحله مطرح است.

۲- مـرحله ا ول : درایـن مرحله براساس جدول نهائی از - به مرحله قبل و اندازه بخشها، استقرار اولیه‌ای تهیه نمائید و فرض کنید نقشه زیر بدست می‌آید .(نقشه فرضی) .



۳- مـرحله دوم: در این مرحله فاصله بین مراکز بخشها را بصورت خطی شکسته محاسبه و در جدول یا ماتریس مسافت بنویسید .

تبصره : برای جریانهای صفر، محاسبه مسافت لازم نیست.

فرض نمائید برای مثال فوق جدول زیر حاصل می شود : (جدول فرضی)

	A	C	B	D	E	F	G
A		۳۰	۱۰۵	۱۴۰	۲۶۰	۲۴۰	۰
C	۰		۰	۰	۱۳۰	۲۵۰	۰
B	۰	۰		۸۵	۲۳۵	۱۸۵	۰
D	۰	۰	۸۵		۱۵۰	۰	۰
E	۰	۰	۰	۰		۱۵۰	۱۰۰
F	۰	۰	۱۸۵	۰	۱۵۰		۸۰
G	۰	۰	۰	۰	۰	۰	

۴- مرحله سوم : از ضرب جزءبه جزء دو ماتریس مسافت و حجم جریان ماتریس حجم × مسافت را محاسبه و به دست آورید.

www.saie.ir

به /	A	C	B	D	E	F	G	جمع سطری
A		۵۰	۴۷۲۵	۳۵۰۰	۲۶۰۰	۱۲۰۰	۰	۱۳۹۷۵
C	۰		۰	۰	۶۵۰	۲۵۰۰		۳۱۵۰
B	۰	۰		۲۵۵۰	۵۸۷۵	۲۷۷۵	۰	۱۱۲۰۰
D	۰	۰	۱۷۰۰		۵۲۵۰	۰	۰	۶۹۵۰
E	۰	۰	۰	۰		۹۷۵۰	۳۵۰۰	۱۳۲۵۰
F	۰	۰	۹۲۵	۰	۳۷۵۰		۵۲۰۰	۹۸۷۵
G	۰	۰	۰	۰	۰	۰		۰
جمع کل حاصلضرب حجم × مسافت								۵۸۴۰۰

۵- مـرحله چهـارم : با تغییر نقشه استقرار می‌توان مسافتها را تغییر داد و لذا حاصلضرب حجم × مسافت تغییر خواهد نمود. باید تغییر استقرارآنقدر انجام گیرد تا کاهش بیشتری در جمع کل حاصلضرب ایجاد نشود. آن وقت استقرار نهائی از نظر تابع هدف تعریف شده است و این طرح به عنوان طرح نهائی پذیرفته می‌شود.

در ارزشیابی روش جدول‌بندی سفر نکات زیر قابل توجه است .

۱- این روش یک روش کمی می‌باشد .

۲- در نتـیجه ایـن روش بخشهایی که حجم جریان آنها زیاد می‌باشد ، در کنار هم قرار می‌گیرند.

۳- روش خوبی جهت عر ضه استقرارهای مختلف می‌باشد .

۴- راه حل سیستماتیکی جهت بهبود ارائه نمی‌دهد.

۵- در مسائل بزرگ کارآئی خود را از دست می‌دهد.

۶- بستگی بسیار زیادی به ابتکار و خلاقیت طراح دارد.

ج- روش الگویی[۱] (دیاگرام کردن رابطه فعالیتها[۲])

این روش دستی به طور سازمان یافته استقرارهای مختلف را تجربه و ارزیابی می‌کند و در پی بیشتر نزدیک نمودن بین بخشها براساس نمودار رابطه فعالیتها است. به عبارت دیگر هدف این روش حداکثر نمودن برقراری ارتباطات براساس نمودار رابطه فعالیتهاست، اطلاعات مورد نیاز برای استفاده از این روش عبارتند از:

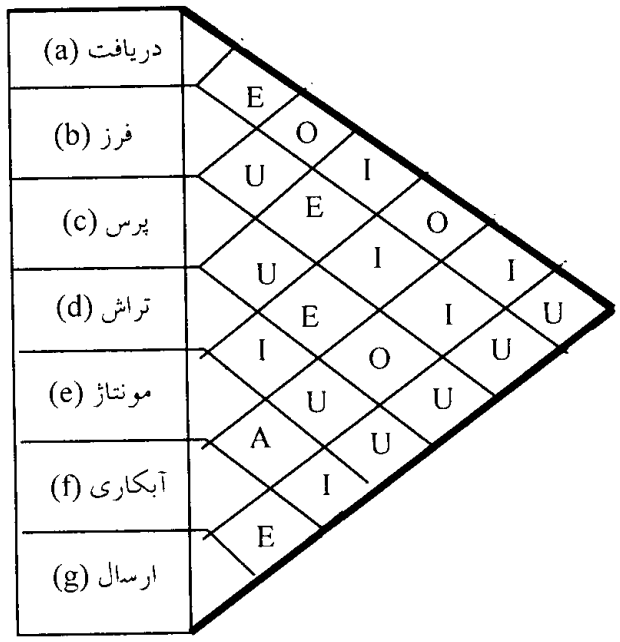
۱- نمودار رابطه فعالیتها

۲- مساحت مورد نیاز بخشها

دستورالعمل استفاده از روش:

۱- نمودار رابطه فعالیتها را برای مسأله مورد نظر پیدا نمائید.

برای نمونه، نمودار رابطه فعالیتهای(A.R.C) زیر را به عنوان مثال در نظر بگیرید:



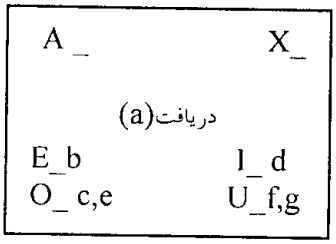
۱- Template technique

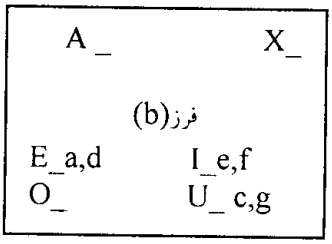
۲- Relationship Diagramming

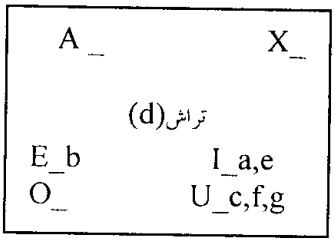
www.saie.ir

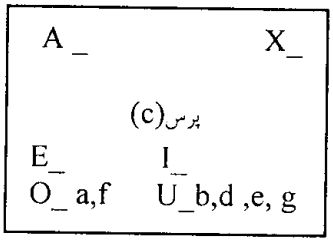
از الگوهای مربع شکل هم اندازه برای نمایش هر بخش استفاده نموده و بر روی هر مربع، نـام بخش، کد بخش و رابطه‌اش را با سایر بخشها با استفاده از نمودار رابطه فعالیتها قید نمائید.

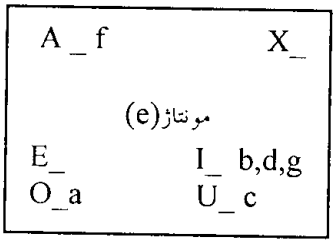
به عنوان نمونه برای این مثال خواهیم داشت :

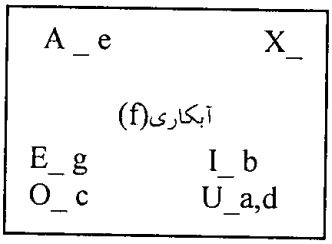


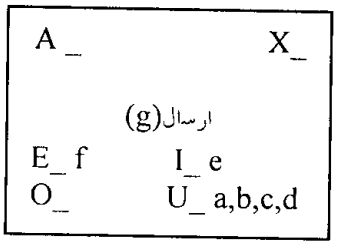












بـا انتخاب الگویی که دارای بیشترین تعداد رابطه A است آن را در مرکز طرح جانمایی قـرار دهـید . تبصره: اگر در انتخاب الگو با مشکل مواجه شدید به ترتیب زیر رفع اشکال نمائید:

ابـتدا الگویـی کـه بیشترین تعداد رابطه E و سپس بیشترین رابطه I و سپس کمترین مقـدار رابطـه x را دارد انـتخاب نمائید چنانچه دو بخش مشابه دارای شرایط فوق بودند یکی را به صورت تصادفی انتخاب نمائید.

در مثال فوق داریم :

چنانکه از بند ۲ ملاحظه می گردد دو الگوی مشابه با بیشترین تعداد رابطه A الگوهای e,f مـی‌باشـند و از آنجـا کـه الگوی f تعداد رابطه E بیشتری دارد پس در ابتدا الگوی f انتخاب می شود ودر مرکز طرح جانمائی مستقر می گردد .

f

۲- رویه فوق را ادامه داده تا کلیه بخشها در طرح جانمائی مستقر شوند .

برای مثال فوق داریم :

الگوی بعدی برای استقرار باید دارای رابطه A با الگویی که قبلا انتخاب شده است، باشد بدین ترتیب این الگو در کنار الگوی قبلی مستقر می‌شود. (در اینجا اگر در انتخاب الگو(ماکت) مشکلی پیش آمد مطابق آنچه که در بند ۳ گفته شد رفع اشکال نمائید).

در این مثال الگوی بعدی الگوی e می‌باشد که این شرایط را دارد سپس این بخش را در کنار بخش f مستقر مینمائیم .

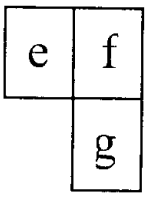
e	f

سـومین ماکـت انـتخاب شـده بـاید بیشـترین رابطه ترکیبی[۱] ممکن را با دو ماکت قبلی داشته باشد. بیشترین رابطه ترکیبی میتواند رابطه A با هر یک از دو ماکت قبلی باشد و بیشترین بعدی حالتی است که یکی از A ها مثلا E باشد. (چنانچه مشکلی پیش آمد از قائده رفع اشکال بهره جوئید) .

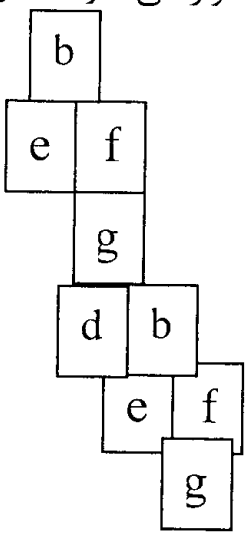
۱- highest combined Relationship

www.saie.ir

دراین مثال الگویی که بالاترین رابطه ترکیبی را با ماکتهای e و f دارد الگوی g. میباشد که به ترتیب دارای رابطه IوE با ماکتهای e,f است. سپس الگوی g در کنار دو ماکت قبلی مستقر می شود مثلاً مطابق شکل زیر:

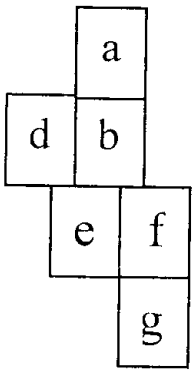


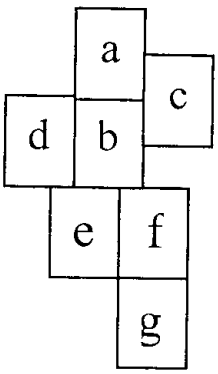
چهارمین الگوی انتخابی الگویی است که بالاترین رابطه ترکیبی را با سه ماکت منتخب قبلی داشته باشد و این رویه ادامه می یابد تا تمام ماکتها انتخاب شده و در طرح استقرار گنجانده شوند. ماکت (b) در این مثال به ترتیب روابط U,I,I را با ماکتهای منتخب g,f,e دارد. بنابراین به عنوان چهارمین الگو وارد طرح استقرار می شود شکل زیر موقعیت ماکت b را متناسب با رابطه I اش با f,e نشان میدهد.



بدنبال ماکتb ، ماکت d انتخاب و در موقعیت زیر قرار می‌گیرد :

ششمین ماکت برای ورود الگوی a میباشد و به دنبال آن ماکت c وارد طرح استقرار





خواهد شد و در موقعیتهای زیر جای می‌گیرند .

5- جانمائی بدست آمده را گسترش دهید. برای گسترش ابتدا مقیاس مناسبی برای الگویی واحد انتخاب کرده و سپس برای هر بخش تعداد این الگوها را با توجه به مساحت آن بخش بدست آورید .

برای مثال فوق فرض کنیدکه مساحت بخشها، اندازه الگوی واحد و تعداد محاسبه شده آن به شرح جدول زیر باشد :

کد بخش	نام بخش	مساحت (f_t^2)	تعداد الگوی واحد(۲۰۰۰ f_t^2)
a	دریافت	۱۲۰۰۰	۶
b	فرز	۸۰۰۰	۴
c	پرس	۶۰۰۰	۳
d	تراش	۱۲۰۰۰	۶
e	مونتاژ	۸۰۰۰	۴
f	آبکاری	۱۲۰۰۰	۶
g	ارسال	۱۲۰۰۰	۶

6- با در نظر گرفتن جانمائی نهایی در مرحله چهارم وتعداد مربع های واحد در مرحله پنجم ، این تعداد مربع‌ها را برای هر بخش در طرح جانمائی جاسازی کنید تا جانمائی جدید بدست آید.

برای مثال فوق خواهیم داشت : (به عنوان نمونه)

	a	a	a
d	d	a	a
d	d	c	a
d	b	c	c
d	b	b	b
e	f	f	f
e	f	f	f
e	g	g	g
e	g	g	g

www.saie.ir

۷- با در نظر گرفتن رویه S.L.P. می توانید ماکتهای واحد را به ماکت بلوکه‌ای[۱] تبدیل نموده و جانمائی نهایی را بدست آورید.

۸-۴ طرحریزی جانمائی به کمک کامپیوتر[۲]

اصول و روشهایی را که طراحان واحدهای صنعتی بصورت دستی برای تهیه طرحهای جانمائی به کار می‌بردند، نیاز به ترکیب با توانایی پردازش اطلاعات توسط کامپیوتر داشته،تا توانایی این روشهای دستی را در تجزیه و تحلیل استقرارها و بوجود آوردن گزینه های مختلف استقرار و ارزیابی انها را بالا ببرند. لذا با تحقیقات و مطالعات در این زمینه ایجاد و توسعه برنامه های کامپیوتری طرحریزی جانمائی گسترش یافت و برخی مدلهای کامپیوتری جانمائی تهیه گردید که در این بخش تنها برخی از انها که عمومی‌ترند معرفی خواهند شد.

کلا مدلهایی که در طرحریزی کامپیوتری مطرح هستند به دو نوع کلی :

۱- مدلهای ساختنی یا ایجادی[۳]

۲- مدلهای بهبوددهنده[۴]

تقسیم می‌شوند. در مدلهای ساختی استقرار اولیه‌ای وجود ندارد بلکه بخشها با مکانیزم خاصی انتخاب و با مکانیزم خاص دیگری کنار هم مستقر می‌شوند تا کلیه بخشها انتخاب و در طرح جانمائی مستقر شوند.

مدلهای بهبوددهنده با استقرار اولیه شروع می‌کنند و سعی می‌کنند در هر مرحله استقرار قبلی را با توجه به معیار خاصی بهبود دهند و هنگامی که بهبود بیشتری امکانپذیر نباشد، مدل متوقف می‌شود.

دو نوع از مدل های بهبود دهنده عبارتند از :

۱- Block template

۲- Computerized Layout Planning

۳- Constructive

۴- Improvement

۱- کرافت CRAFT[1]

۲-کوفاد COFAD[2]

و سه نوع از مدل های ساختنی (ایجادی) عبارتند از :

۳- کورلپ CORELAP[3]

۴- آلدپ ALDEP[4]

۵- پلنت PLANET[5]

دو الگوریتم کرافت CRAFT و کوفاد COFAD بر اساس نمودار از - به عمل می‌کنند و الگوریتم‌های کورلپ و الدپ با استفاده از نمودار رابطه فعالیتها، درجه نزدیکی بخش‌ها را نسبت به یکدیگر بدست آورده و بر مبنای آن طرح استقرار ایجاد می‌کنند.

لازم به تذکر است که هدف از کاربرد الگو ریتم‌های کامپیوتری طرحریزی، عمدتاً ایجاد تعداد زیادی آلترناتیو طرح استقرار در زمانی کوتاه می‌باشد تا طراح از بین طرحهای موجود، با توجه به معیارهای مورد نظر خود بهترین طرح را انتخاب کند. همچنین قابل ذکر است که اطلاعات اولیه مورد نیاز برنامه‌های کامپیوتری مشابه به روشهای دستی می‌باشد.

۱- کرافت CRAFT

الگوریتم CRAFT برای اولین بار توسط آرمور[6] و بوفا[7] ارائه گردید و توسط ولمن[8] توسعه داده شد. هدف این مدل تعیین استقرار بخشها به نحوی است که هزینه کل حمل

۱- Computerized Relative Allocation of Facilities Technique

۲- Computerized Facilities Design

۳- Computerized Relative Layout Planning

۴- Automated layout Design Program

۵- Plant Layout Analysis and evaluation technique

۶- Armour

۷- Buffa

۸- Vollmann

www.saie.ir

و نقل حد اقل گردد. هزینه حمل و نقل از جمع حاصلضرب مسافت حمل و حجم جریان مواد در هزینه حمل یک واحد در واحد مسافت بدست می‌آید. با توجه به اینکه برنامه CRAFT بر مبنای جریان مواد و جدول از - به طرحها را بهبود می‌دهد، ازآن به عنوان یک برنامه استقرار کمی یاد می‌شود.

مدل CRAFT یک برنامه بهبود دهنده است، یعنی به دنبال یک طرح بهتر از طریق ایجاد بهبود در طرح جانمائی با یک روش تسلسلی می‌باشد. این برنامه ابتدا یک طرح داده شده را ارزیابی کرده و سپس تأثیری را که در صورت تغییر محل بخش ها حاصل خواهد شد تخمین می‌زند و در صورت پیشرفت، آن جابجائی که بیشترین بهبود را ایجاد نماید انتخاب می‌کند. این فرآیند تا زمانیکه هیچ بهبود دیگری میسر نباشد ادامه می‌یابد لازم به تذکر است که برنامه CRAFT تنها بخشهایی را برای جابجائی انتخاب می‌کند که دارای مرز مشترک و یا مساحت برابر باشند.

اطلاعات ورودی برنامه CRAFT :

۱- طرح جانمایی اولیه (هر چه طرح اولیه بهتر باشد، زمان اجرای برنامه کوتاهتر خواهد بود.)

۲- نمودار از - به جریان مواد

۳- نمودار از -به هزینه حمل و نقل بین بخشهای مختلف

۴- تعداد و محل بخشهای ثابت .

دستور العمل اجرای برنامه CRAFT :

۱- نخست مراکز بخشها از روی طرح استقرار اولیه تعیین شده و فاصله بین مراکز بخشها بصورت خطی شکسته محاسبه و در جدول از - به مسافت ثبت می شود .

۲- محاسبه هزینه کل حمل ونقل استقرار اولیه که از حاصلضرب عناصر نظیر به نظیر سه ماتریس از - به :

- جریان مواد
- مسافت بین بخشها
- هزینه حمل و نقل

بدست می‌آید، انجام می‌شود.

۳-تعویض محل بخشها به منظور کاهش مسافت و یا به عبارت دیگر کاهش هزینه حمل و نقل انجام می‌شود.

همانگونه که قبلاً نیز ذکر شد فقط تعویض بخش های هم اندازه و همجوار بررسی می‌شود. برای تعویض، CRAFT انتخاب های زیر را می‌تواند در نظر بگیرد:

الف -تعویض محل دو بخش (تعویض‌های دوتایی)

ب- تعویض محل سه بخش (تعویض های سه‌تایی)

ج -تعویض های دوتایی و سپس سه‌تایی

د - تعویض سه‌تایی و سپس دوتایی

ه -بهترین حالت از بین دو حالت سه‌تایی و دوتایی

در بررسی اولیه برای تعویض‌ها، CRAFT ابتدا مراکز بخش ها را با هم تعویض می‌کند وصرفه‌جویی مربوطه را تخمین می‌زند. آنگاه تعویضی که بیشترین صرفه‌جویی را حاصل نماید، انتخاب می‌شود. بعد از آن تعویض انتخاب شده به طور واقعی انجام شده وصرفه‌جویی واقعی محاسبه و استقرار جدید چاپ می‌شود. در پایان هزینه حمل ونقل این مرحله محاسبه می‌گردد. بر اساس این فرض جدول از -به مسافت مجدداً محاسبه شده و در جدول از - به جریان مواد وجدول از - به هزینه ضرب می‌گردد و هزینه کل جدید محاسبه می‌شود.

۴ - مرحله ۳ آنقدر تکرار می‌شود تا تعویضی پیدا نشود که صرفه‌جویی داشته باشد در این صورت برنامه متوقف خواهد شد.

www.saie.ir

تذکـر: در صـورتی کـه شـکل بخشـها نامـتقارن باشد از رابطه زیر جهت محاسبه مراکز حقیقی این نوع بخشها استفاده می‌گردد :

$$X = \frac{\sum_i x_i * A_i}{\sum_i A_i} \qquad y = \frac{\sum_i y_i * A_i}{\sum_i A_i}$$

x_i =مؤلفه x مرکز شکل متقارن i

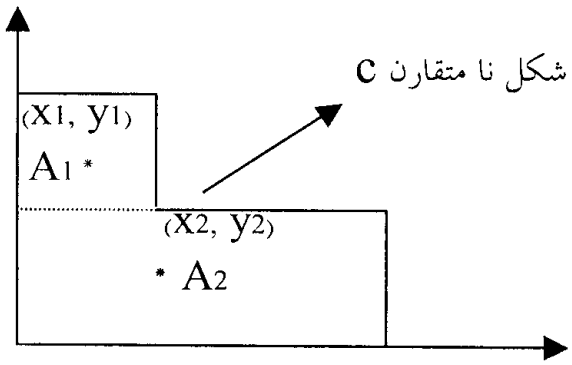
y_i =مؤلفه y مرکز شکل متقارن i

A_i =مساحت شکل متقارن i

X = مؤلفه x مرکز شکل نا متقارن C

Y = مؤلفه y مرکز شکل نا متقارنC

مثلاً برای شکل مقابل:



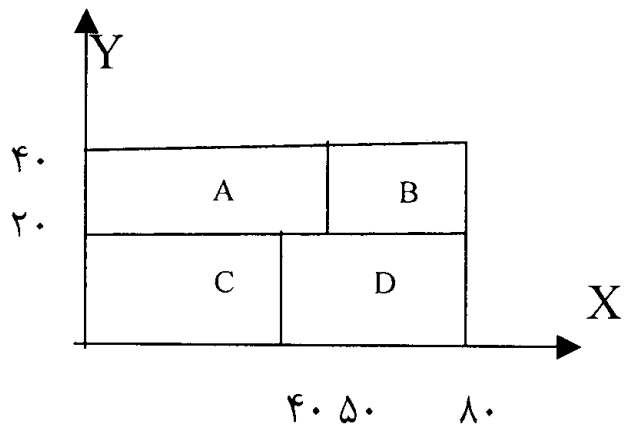
$$x_c = \frac{x_1 * A_1 + x_2 * A_2}{A_1 + A_2}$$

$$y_c = \frac{y_1 * A_1 + y_2 * A_2}{A_1 + A_2}$$

مثال (۲ – ۸) : برای چهار دپارتمان D,C,B,A اطلاعات زیر موجود است:

به / از	A	B	C	D
A		۲	۴	۴
B	۱		۱	۳
C	۲	۱		۲
D	۴	۱	۰	

جدول حجم جریان حمل و نقل



نقشه استقرار اولیه

همچنین فرض می شود که هزینه حمل ونقل در واحد مسافت برای تمام فواصل بین بخشها برابر یک باشد. با استفاده از الگوریتم CRAFT در این طرح بهبود ایجاد نمایید.

حل : قدم اول: محاسبه جدول از - به فاصله بین بخشها (بصورت خطی شکسته)، که جدول زیر حاصل می‌گردد : (این جدول از روی نقشه استقرار اولیه تهیه می‌گردد)

به / از	A	B	C	D
A		۰	۲۵	۵۵
B	۴۰		۶۵	۲۵
C	۲۵	۶۵		۴۰
D	۵۵	۲۵	۴۰	

قدم دوم : باتوجه به اینکه هزینه حمل و نقل در واحد مسافت برای همه فواصل بین بخشها مساوی و برابر واحد است نتیجتاً محاسبه جدول از - به هزینه کل از ضرب عناصر نظیر به نظیر دو جدول حجم جریان و مسافت بدست می‌آید که جدول زیر حاصل می‌شود :

به / از	A	B	C	D	جمع سطری
A		۸۰	۱۰۰	۲۲۰	۴۰۰
B	۴۰		۶۵	۷۵	۱۸۰
C	۵۰	۶۵		۸۰	۱۹۵
D	۲۲۰	۲۵	۰		۲۴۵
جمع ستونی	۳۱۰	۱۷۰	۱۶۵	۳۷۵	۱۰۲۰

عدد ۱۰۲۰ نشان‌دهنده هزینه کل برای این طرح است.

www.saie.ir

قدم سوم : در گام سوم، الگو ریتم CRAFT ابتدا تغییرات دوتایی بخش‌های مجاور و یا بخشهای هم مساحت را بررسی می‌کند. این الگوریتم قبل از اینکه بطور فیزیکی بخشها را جابجا کند با فرض جابجایی مراکز بخشها میزان هزینه تخمینی هر کدام از تغییرات قابل انجـام را محاسبه کرده و آن تعویضی را که بیشترین کاهش را دارد، در نظر می‌گیرد. در این مثال ترکیبات

(B,A)و (C,A)و (D,A) و (D,B)و (D,C)

بـه علـت هـم اندازه بودن یا مرز مشترک قابل جابجائی و تغییر می‌باشد و تنها ترکیب (C,B) غـیر مجـاز مـی‌باشـد. بـه عـنوان نمونـه با فرض جابجائی مراکز بخشهای B,A، تخمیـن هزیـنه بـرای ایـن جابجائـی افـزایش ۴۰ واحـد هزینه را بدنبال دارد زیرا جدول مسـافت بصورت زیر تغییر پیدا کرده وبه دنبال آن هزینه طرح نیز تغییر پیدا می‌کند که رقم ۱۰۶۰ ، خواهد بود یعنی:

به / از	A	B	C	D
A		۰	۶۵	۲۵
B	۴۰		۲۵	۵۵
C	۶۵	۲۵		۴۰
D	۲۵	۵۵	۴۰	

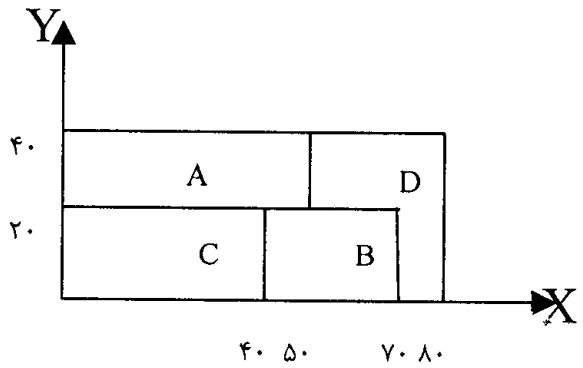
	A	B	C	D	جمع سطری
A		۸۰	۲۶۰	۱۰۰	۴۴۰
B	۴۰		۲۵	۶۵	۲۳۰
C	۱۳۰	۲۵		۸۰	۲۳۵
D	۱۰۰	۵۵	۰		۱۵۵
جمع ستونی	۲۷۰	۱۶۰	۲۸۵	۳۴۵	۱۰۶۰

به همین ترتیب تغییر در ترکیبات مجاز دیگر هزینه‌های تخمینی مطابق جدول زیر را نشان می‌دهد. که هر یک افزایش یا کاهش هزینه نسبت به طرح اولیه را بدنبال دارد:

جابجائی مراکز دو بخش	هزینه کل طرح	افزایش هزینه	کاهش هزینه
B,A	۱۰۶۰	۴۰	
C,A	۹۵۵		۶۵
D,A	۱۰۹۵	۷۵	
*D,B	۹۴۵		۷۵
D,C	۱۰۴۰	۲۰	

چنانکه ملاحضه می‌گردد با تعویض D,B بیشترین کاهش هزینه تخمینی به دست می‌آید در نتیجه الگوریتم CRAFT بدنبال این تخمین هزینه‌ها، تغییر محل دو بخش D,B را انتخاب کرده و بطور واقعی این دو بخش را باهم عوض می‌کند که شکل زیر حاصل می‌شود :

www.saie.ir



از آنجا که بخشهای B,D اندازه‌های متفاوتی دارند در نتیجه در شکل جدید بخش D دیگر مستطیل شکل نخواهد بود و مراکز دو بخش نظیر به نظیر تغییر نخواهند کرد (شکل فوق) مراکز جدید واقعی عبارتند از:

$(X_A, Y_A) = (25,30)$ $(X_C, Y_C) = (20,10)$

$(X_B, Y_B) = (55,10)$ $(X_D, Y_D) = (67.5,25)$

با توجه به تغییرات جدید الگو ریتم C RAFT جداول جدید مسافت و مسافت × هزینه را مطابق جداول زیر بدست می‌آورد :

جدول مسافت

به / از	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	

به / از	A	B	C	D	جمع سطری
A		۰۰	۱۰۰	۱۹۰	۳۹۰
B	۵۰		۳۵	۸۲.۵	۱۶۷.۵
C	۵۰	۳۵		۱۲۵	۲۱۰
D	۱۹۰	۲۷.۵	۰		۲۱۷.۵
جمع ستونی	۲۹۰	۱۶۲.۵	۱۳۵	۳۹۷.۵	۹۸۵

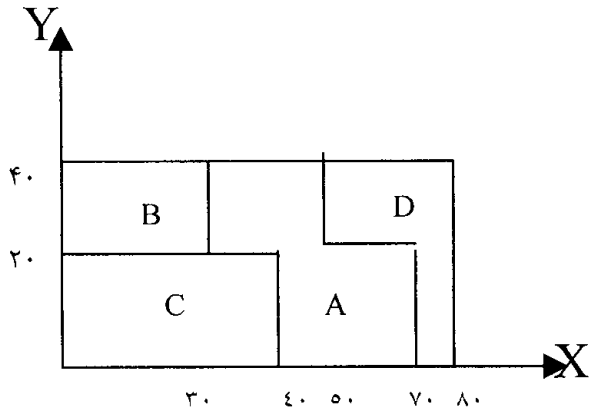
هزینه واقعی برای طرح جدید ۹۸۵ واحد می‌باشد که از هزینه تخمین زده شده (۹۴۵)، بیشتر می‌باشد. یعنی به جای ۷۵ واحد کاهش هزینه تخمین زده شده تنها ۳۵ واحد کاهش هزینه پیدا شد. البته در بعضی موارد ممکن است عکس این حالت اتفاق افتد یعنی از مقدار تخمین زده شده، کاهش هزینه بیشتری پیدا شود.

CRAFT در مرحله بعد برای بهبود طرح تغییرات جابجائی دو تایی را دنبال می‌کند. تغییرات مجاز در این مرحله عبارتند از:

(A,D)و(A,C)و (A,B)و (B,C) و (B,D)و (C,D)

مجددا برای هر یک از این ترکیبات با فرض جابجائی مراکز بین دو بخش، هزینه‌های تخمینی را بدست آورده و ترکیبی که بیشترین کاهش هزینه را بدنبال دارد انتخاب می‌کند. در این مرحله بیشترین کاهش تخمینی مربوط به تغییرB,A خواهد بود که هزینه‌ای برابر ۹۴۵ واحد می باشد. در نتیجه CRAFT بطور واقعی محل بخشهای B,A را تغییر داده و شکل زیر حاصل می‌گردد:

www.saie.ir



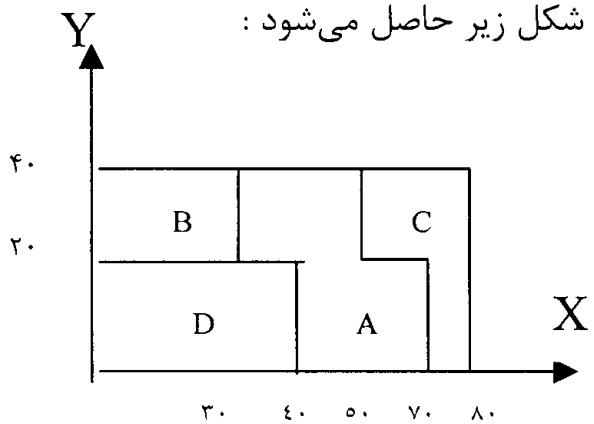
مراکز جدید بخشها در طرح جدید عبارتند از :

$(X_C, Y_C) = (20,10)$ $(X_A, Y_A) = (49,18)$

$(X_D, Y_D) = (67.5,25)$ $(X_B, Y_B) = (15,30)$

که پس از بدست آوردن جدول مسافت و بدنبال آن جدول هزینه × مسافت ، هزینه واقعی این طرح برابر با ۹۶۹ واحد خواهد شد.

با بکار گیری تکنیک جابجائی دو تایی بخشها و ارائه آن در مرحله بعد بهترین تغییر مربوط به دو بخش D,C می باشد. هزینه تخمینی برای این جابجائی ۹۲۷ واحد می‌باشد. از آنجا که بخشهای D,C دارای مساحتهای برابر هستند، در نتیجه مراکز این دو بخش دقیقاً در مراکز قبلی واقع خواهد شد ودر نتیجه هزینه واقعی نیز برابر ۹۲۷ واحد می‌باشد. به دنبال این جابجائی شکل زیر حاصل می‌شود :



بـا ادامـه ایـن رویه دیده می‌شود که تغییرات دیگر باعث هزینه ای کمتر از ۹۲۷ نخواهد شـد، پـس ایـن طرح به عنوان طرح نهایی انتخاب شده و الگو ریتم CRAFT در این مرحله متوقف می‌شود.

تذکـر: چـنانکه قـبلا ذکـر شـد الگـو ریـتم CRAFT می تواند غیر از تغییرات دوتایی، تغییرات دیگری را نیز بررسی کند، که برای اینکار باید یکی از حالات پنج گانه تعویض را انـتخاب و بـه عـنوان اطلاعـات ورودی بـرای بـرنامه تعریف نمود تا برنامه طبق آن، این تعویض‌ها را بررسی و نتایج را اعلام کند.

ارزیابی برنامه CRAFT :

الف - مزایا

۱- الگو ریتم کمی است و هزینه طرح و کاهش هزینه را در هر مرحله ذکر می‌کند .

۲- در کاربرد CRAFT میتوان موقعیت بخشی را ثابت نمود. این امکان فرصت ارزیابی استقرارهای مختلف را فراهم می‌آورد.

۳- مراحل محاسبه شده قبلی را چک می‌کند .

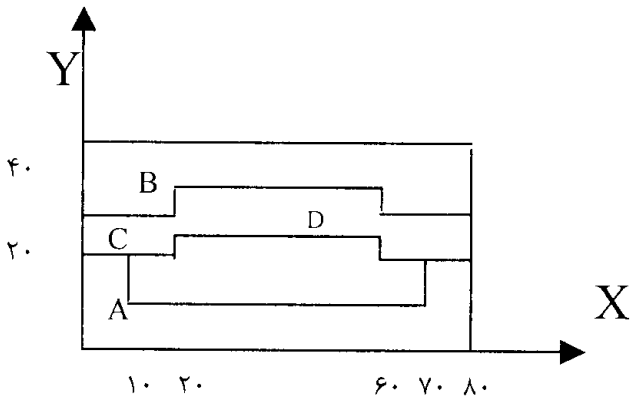
ب - محدودیتها و نقاط ضعف :

۱ - طـرح نهایـی دارای کمتریـن هزینه نیست. زیرا با توجه به محدودیت رویه ذکر شده خیلی از طرح‌ها بررسی نمی‌شود (مثلاًجابجایی ۴ بخش یا بیشتر در یک زمان)

۲ - تأثـیر طرح اولیه در نحوه کار الگو ریتم CRAFT بسیار مهم است ،بدین ترتیب که کیفیـت جواب نهایی بستگی به کیفیت استقراراولیه دارد یعنی اگر طرح اولیه خوب تهیه شـود، این الگوریتم در زمان مناسب طرح نهایی را با هزینه کمتری تهیه خواهد نمود، در غـیر ایـن صورت زمان اجرای برنامه طولانی شده و طرح نهایی نیز کیفیت خوبی نخواهد داشت.

www.saie.ir

۳-تولـید طرحهای غیر طبیعی، یعنی طرحهایی که در عمل قابل پیاده شدن نیستند. به عنوان نمونه در مثال قبلی اگر طرح اولیه دیگری وجود میداشت و یا یکی دیگر از حالات جابجائـی بخشـها انجـام مـی‌شـد ممکـن بـود کـه به طرحی مطابق شکل زیر برسیم که هزیـنه‌ای برابر ۶۲ / ۳۸۳ واحد دارد که از طرح نهائی در بررسی قبلی به مراتب هزینه‌ای کمـتر دارد.(هزینه طرح نهایی در بررسی قبل ۹۲۷ واحد بود). چنانکه از شکل پیداست این طرح در عمل قابل پیاده شدن نیست:



۴- مقادیـر هزیـنه هـای حمـل و نقـل غیر واقعی هستند چون حمل واحد بار در واحد مسافت نمی‌تواند مستقل از وسیله حمل و نقل باشد و نیز مسافت در انتخاب روش حمل و نقـل نقـش مهمـی دارد. از طـرف دیگـر هزینه حمل و نقل مستقل از میزان بهره‌وری وسـیله حمـل و نقل تعیین گردیده و همچنین هزینه حمل و نقل رابطه خطی با مسافت دارد که لزوماً اینگونه نیست.

۵- قدرت ایجاد طرح استقرار اولیه را ندارد.

۶- حداکثر تعداد دپارتمانهایی که برنامه قبول می کند ۴۰. عدد می‌باشد .

صورت خروجی برنامه CRAFT:

CRAFT طـرح استقرار را بصورت مستطیل شکل چاپ می‌کند. سطح هر بخش هنگام چـاپ و نـتایج بـا حـروف بـزرگ لاتین مشخص می‌گردد. بخشهایی که شکل غیر منظم

هندسی بخود می‌گیرند، هنگام گرفتن خروجی بصورت اشکال منظم به هم پیوسته نشان داده می‌شوند در هر مرحله تکرار، الگو ریتم CRAFT اختلاف بین هزینه جدید و هزینه طرح قبلی را محاسبه و همراه با اسامی بخشهای تعویض شده چاپ می‌کند. شکل زیر نمونه‌ای از خروجی برنامه کرافتCRAFT را نشان می‌دهد.

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
1	A	A	A	A	A	A	A	L	L	L	J	J	J	I	I	I
2	A					A	A	L		L	J		J	I		I
3	A					A	L	L		L	J	J	J	I		I
4	A					A	L	L	L	L	L	L	L	I		I
5	A					A	G	G	G	L			L	I		I
6	A	A	A	A	A	A	G	G	G	L			L	I	I	I
7	B	B	B	B	B	B	G	G	L	L			L	K	K	K
8	B				B	B	C	C	L			L	L	L	K	K
9	B				B	C	C	C	L			L	H	H	H	H
10	B				B	C		C	L	L	L	L	H			H
11	B	B	B	B	B	C	C	C	L	F	F	F	H			H
12	D	D	D	D	E	C	C	F	F	F	F	H	H	H	H	H
13	D		D	E	E	E	F	F	F	F	M	M	M	M	M	M
14	D		D	E		E	M	M	M	M	M					M
15	D		D	E		E	M									M
16	D	D	D	E	E	E	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M

www.saie.ir

۲-کوفاد COFAD:

بـر نامه COFAD تکامل یافته تر از مدلCRAFT می‌باشد و در حقیقت مدل توسعه یافـته CRAFT اسـت. این مدل به نحو واقعی تر هزینه حمل و نقل را در نظر گرفته و عـلاوه بـر تعییـن طـرح اسـتقرار بخشها، سیستم حمل و نقل را نیز انتخاب می‌کند. این برنامه تنها مدلی است که سیستم حمل و نقل و طرح استقرار را مشترکا در نظر می‌گیرد و بدنـبال استقراری است که حداقل هزینه را داشته باشد. برنامه COFAD قادراست تا بـا بررسـی شـش وسـیله حمل و نقل (کلیه اطلاعات و مشخصات فنی مورد لزوم آن به ارقام هزینه تعیین و تبدیل شده است) ، وسایل حمل و نقل مناسب را نیز پیشنهاد کند.

اطلاعات ورودی برنامه COFAD :

اطلاعات مورد نیاز برنامه COFADعبارتند از:

۱- طرح استقرار اولیه

۲- وسایل حمل ونقلی را که می‌توانند حملهای مختلف را انجام دهند.

۳- اطلاعات هزینه‌ای وسایل مختلف

۴- نمودار از - به جریان (برای وسایل مختلف حمل و نقل)

دستورالعمل اجرایی برنامهCOFAD :

این مدل یک مدل بهبود دهنده است و در ۴ مرحله کار می‌کند که عبارتند از :

مـرحله اول : تعیین یک استقرار مطلوب به وسیله بهبود استقرار فعلی به روشی مانند CRAFT

مرحله دوم : محاسبه هزینه های انواع روش حمل ونقل.

مرحله سوم : تعیین سیستم حمل و نقل و انتخاب سیستم با کمترین هزینه .

مرحله چهارم : تکرار مراحل فوق برای بهبود جواب تا رسیدن به شرایط توقف .

ایـن برنامه وقتی به شرایطی برسد که دیگر نتواند هزینه حمل و نقل را کاهش دهد یک آنالـیز حساسـیت بر روی جواب حاصله انجام می‌دهد، تا مناسب بودن جواب در محدوده خاصی از نظر حجم جریان مواد را ارزیابی نماید.

عملیات ۴ مرحله فوق در برنامه COFAD به شرح زیر انجام می‌گیرد:

۱- در مـرحله اول ابتدا COFAD استقرار اولیه را به روش CRAFT بهبود می‌دهد. البـته بـا این تفاوت که فواصل علاوه برخطی شکسته می تواند بصورت خط مستقیم هم باشند. این امکان برای وسایل حمل و نقلی مانند نقاله‌ها بسیار واقعی‌تر است.

۲- در مـرحله دوم هزیـنه انجـام هـر عمـل حمل توسط وسایل حمل و نقل که از قبل تعیین گردیده‌اند محاسبه میگردد. نحوه محاسبه هزینه بستگی به نوع وسیله حمل ونقل دارد. این وسایل می‌توانند در دو وضعیت کلی قرار داشته باشند:

الـف - وسـایلی کـه در مسـیر ثابـت حرکت می‌کنند مانند نقاله‌ها، جراثقیل‌های سقفی، بالابـرها و ... کـه هزیـنه حمـل و نقـل بـرای ایـن گونـه وسایل به طریق زیر محاسبه می‌گردد:

هزینه حمل و نقل سالیانه

((سال/ ریال) هزینه ثابت)+ ((متر/ ریال) هزینه متغیر) ×((سال/ متر) مسافت حمل و نقل)=

هزیـنه هـا از طریق اطلاعات ورودی به مدل داده شده و مسافت توسط برنامه محاسبه می‌گردد .

ب- وسـایلی کـه در مسـیر متغیر حرکت می‌کنند. در اینصورت هزینه حمل از رابطه زیر بدست می‌آید :

هزینه حمل و نقل سالیانه

(٪درصد بهره وری وسیله)×((سال/ ریال) هزینه ثابت)+((ساعت/ ریال) هزینه‌متغیر×(سال/ساعت) زمان حمل) =

زمان حمل و درصد بهره‌وری توسط مدل محاسبه می‌گردد.

www.saie.ir

۳- در مرحله سوم هر وسیله‌ای که کمترین هزینه را برای هر حمل دارد درگام اول برای آن حمل انتخاب می‌شود و سپس در گامهای بعدی سعی می‌شود که سیستم انتخاب شده در اولین گام، از دو طریق زیر انتخاب شود :

الف — در این حالت میزان استفاده کلیه حمل و نقلهای مربوط به یک وسیله محاسبه می‌شود تا مشخص شود که چه تعدادی از هر وسیله لازم است. عدد بدست آمده بطرف بالا گرد می‌شود و تعداد وسیله مورد نیاز را مشخص می‌سازد. سپس تفاوت عدد صحیح بدست آمده و مقدار مورد نیاز به عنوان اختلاف محاسبه می‌گردد. برای بهبود وسیله با اختلاف بالا قسمتی از کار خود را به وسیله با اختلاف کمتر که از نظر هزینه در رتبه دوم قرار دارد می‌دهد. این روش ادامه می یابد تا اختلافها حداقل شود.

ب- برای حمل نقل هایی که تفاوت از صفر بزرگتر است، وسیله با هزینه حداقل اختصاص می‌یابد و این اختصاص موقتی می‌باشد. این کار آنقدر تکرار می‌شود تا کلیه حمل و نقلها به وسایل با هزینه کمتر تخصیص داده شوند. در پایان سیستم حمل و نقل همراه با حملهایی که هر وسیله انجام می‌دهد و همچنین هزینه حمل و نقل چاپ می‌گردد.

۴- اگر تغییر در هزینه حمل ونقل یا تغییر در تعداد وسایل با توجه به اطلاعات ورودی زیاد باشد، چرخه بعدی تکرار می‌گردد. در غیر اینصورت مدل به جواب نسبتاً ثابت رسیده است. برای رفتن به چرخه بعدی COFAD هزینه کل حمل و نقل را با توجه به تعداد حمل و مسافت کل حملها تبدیل به هزینه حمل یک واحد در واحد مسافت می‌کند و به روش بهبود استقرار نظیر برنامه CRAFT عمل می‌کند .

اگر جواب نسبتاً ثابت حاصل شده باشد و تفاوت دو هزینه بیشتر از ۵٪ نباشد،جواب چاپ می‌گردد و مدل متوقف می‌شود . اگر طراح بخواهد مدل آنالیز حساسیت روی جواب انجام دهد این کار را از طریق اطلاعات ورودی مشخص می کند و مدل آن را انجام خواهد داد بدین منظور حجم جریان در نمودار از - به بنا به درصد های خواسته شده (معمولا ۹۰ تا ۱۱۰درصد) تغییر می‌کند وCOFADکار خود را از اول شروع می‌کند.

آنالـیز حساسـیت بـه منظورتعییـن درجـه حساسیت جواب نسبت به تغییر حجم صورت می‌پذیرد.

خروجی برنامه COFAD :

ایـن بـرنامه صـرفنظر از انعکـاس اطلاعات ورودی، در هر تکرار جدول از - به را برای هر سیستم حمل و نقل و هزینه‌های سرمایه‌ای محاسبه شده مربوط به آن را چاپ می‌کند و سپس نتایج زیر را به ترتیب لیست می‌نماید :

۱- تخصیص یکی از وسایل حمل ونقل برای هر حرکت
۲- هزینه سالیانه وسایل حمل و نقل انتخاب شده
۳- مجموع هزینه های سالیانه کلیه حرکات انجام شده توسط سیستم فوق
۴- تعداد تجهیزات اختصاص یافته

۳- پلنت PLANET

ایـن برنامه، قویترین روش از نوع ساختنی یا ایجادی است. هدف این مدل حداکثر کردن ارتباطات خواسته شده است که به صورتی میتوان از آن به حد اقل نمودن هزینه حمل و نقل تعبیر کرد. این مدل از سایر مدلها انعطاف‌پذیری بیشتری دارد.

اطلاعات ورودی برنامه PLANET :

اطلاعات مورد نیاز این برنامه عبارتند از :

۱- اطلاعات در مورد جریان مواد - این اطلاعات می‌تواند تنها به یکی از سه صورت زیر به مدل داده شوند :

الف- بصورت ترتیب مراحل ساخت

ب- بصورت نمودار از - به

www.saie.ir

ج- بصورت نمودار جریمه که نوعی نمودار ارتباطات است. در این نمودار هر قدر مقدار جریمه بالاتر باشد، اهمیت نزدیکی بخشها بیشتر است. مبنای جریمه میتواند فرکانس حملها، نوع حملها، نمودار رابطه فعالیتها یا تلفیقی از این معیارها باشد .

۲- اطلاعات لازم برای تعریف بخشها شامل اسم بخش، کد بخش، مساحت، الویت در انتخاب بخش برای استقرار (از ۱ تا ۹ می باشد و یک بالاترین اهمیت و نه کمترین اهمیت را دارد.)

دستورالعمل اجرایی برنامه PLANET :

بطور خلاصه این برنامه در سه فاز عمل می‌کند :

فاز ۱- تبدیل اطلاعات داده شده در مورد جریان مواد به فرم خواسته شده توسط برنامه

فاز ۲- انتخاب بخشها برای ورود به استقرار

فاز ۳- مستقر نمودن بخشهای انتخاب شده در طرح استقرار

شرح عمل هر فاز بصورت زیر است :

فاز اول : (تبدیل اطلاعات)

الف — اگر اطلاعات بصورت ترتیب مراحل ساخت باشد ، برای هر قطعه:

۱- حجم جریان به واحد زمان

۲- ترتیب عبور از بخشها

۳- هزینه حمل برای هر ۱۰۰ فوت

داده می‌شود. PLANET در مرحله تبدیل اطلاعات، این اطلاعات را به جدول هزینه از - به تبدیل می‌کند. به عنوان نمونه اگر داشته باشیم:

قطعه	حجم جریان در واحد زمان	هزینه حمل برای صد فوت	ترتیب ساخت
۱	۱۰	۱	ABC
۲	۱۵	۴	ACBC

نمودار هزینه از — به بصورت زیر خواهد بود:

از \ به	A	B	C
A		۱۰	۶۰
B	۰		۷۰
C	۰	۶۰	

یا

به \	A	B	C
A		۱۰×۱	۱۵×۴
B	۰		۱۰×۱+۱۵×۴
C	۰	۱۵×۴	

ب-اگر اطلاعات به شکل نمودار از - به داده شود، در مرحله ابتدایی تبدیل، تغییری انجام نمی‌گیرد.

ج- چنانچه اطلاعات به صورت نمودار جریمه داده شود (شکلی مانند نمودار از-به دارد که اجزای آن مطلوبیت و اهمیت بخشها را نسبت به هم نشان می دهد واجزا می توانند از (۹-) تا (۹۹+) باشند. مقدار (۹-) یعنی نزدیکی دو بخش مربوطه اصلاً مورد نظر نیست و باید حتی الامکان دور باشند و (۹۹+) به عکس می‌گویدکه دو بخش باید به هم نزدیک باشند)، در مرحله ابتدایی تبدیل، تغییری انجام نمی‌گیرد.

در پایان فاز اول PLANET صرفنظر از اینکه اطلاعات به کدام صورت داده شده باشد، این اطلاعات را به نموداری تحت عنوان نمودار هزینه متقابل بین بخشها[1] تبدیل می‌کند. برای این کار جریان در دو جهت مستقیم و برگشتی بین بخشها باهم جمع می‌گردند. مثلاً:

[1]- Flow – Between Cost Chart

www.saie.ir

از \ به	A	B	
A		۲	۴
B	۱		۳
C	۰	۶	

تبدیل می شود به:

از \ به	A	B	C
A		۳	۴
B	۳		۹
C	۴	۹	

فاز دوم: (انتخاب بخشها برای استقرار)

در این مرحله نمودار هزینه متقابل بدست آمده از فاز اول و اولویت بخشها (جزء اطلاعات ورودی) مبنای انتخاب بخشها در الگوریتم PLANET می‌باشد و برای انتخاب سه روش وجود دارد که استفاده کننده[۱] یکی از آنها را می‌تواند انتخاب کند:

روش a : اولین زوج بخشها ازمیان بخشهای باحداکثر اولویت که بالاترین مقدار حجم جریان متقابل را با یکدیگر دارند، انتخاب می‌گردد. بخش‌های بعدی از میان بخشهای با حداکثر اولویت انتخاب نشده بخشی است که بالاترین هزینه متقابل را با یکی از بخشهای انتخاب شده را داراست. این کار آنقدر تکرار می‌گردد تا کلیه بخشها انتخاب و مستقر گردند.

۱- User

روش b - انتخاب اولین زوج مانند روش a و بخش بعدی از میان بخشهای با حد اکثر اولویت انتخاب نشده بخشی خواهد بود که با همه بخشهای استقرار یافته، بیشترین جمع هزینه متقابل را داشته باشد. این کار آنقدر تکرار میگردد تا کلیه بخشها انتخاب و مستقر گردند.

روش c - اولین بخش از میان بخشهای با اولویت بالا طوری انتخاب می‌گردد که دارای حد اکثر جمع کل هزینه متقابل با کلیه بخشها باشد. سپس بخش بعدی از بین بخشهای انتخاب نشده با اولویت بالا و دارای حداکثرجمع کل هزینه متقابل با بخش های دیگر ، انتخاب می‌گردد. این کار آنقدر تکرار می‌شود تا کلیه بخش ها انتخاب و مستقر گردند.

فاز سوم: (استقرار بخش‌ها)

در این مرحله ابتدا دو بخش و یا یک بخش (در حالت روش c) در مرکز طرح استقرار مستقر می‌گردند. هر بخش جدید طوری مستقر میشود که هزینه حمل و نقل اضافی را حداقل کند. این برآورد به روش سعی و خطا انجام می گیرد و هزینه حمل و نقل درآن برابر با حاصلضرب مسافت در هزینه جریان متقابل بین بخش هامی باشد. بخش انتخاب شده پیرامون طرحی که تا کنون بدست آمده می‌چرخد تا بهترین نقطه را پیدا کند. سپس بخش انتخاب شده حول این نقطه مستقر می‌شود. این کار برای استقرار کلیه بخش‌های که در فاز دوم انتخاب شده‌اند انجام می‌پذیرد.

تبصره: فواصل به صورت خطی شکسته بین مرکز بخش جدید و مراکز طرح فعلی محاسبه می‌شود.

مثال(۳ - ۸) — مثال (۱-۸) را دوباره در نظر بگیرید. فرض نمایید که همه بخش ها به جز دو بخش A (دریافت) و بخش G (ارسال) اولویت جایگذاری ۱ را داشته و این دو بخش در اولویت بعدی قرار داشته باشند. با استفاده از الگو ریتم PLANET طرح جانمائی مناسبی برای این ۷ بخش ایجاد نمائید.

جدول از — به در مثال (۱-۸)عبارتست از :

www.saie.ir

از \ به	A	B	C	D	E	F	G
A		۴۵	۱۵	۲۵	۱۰	۵	۰
B	۰		۰	۳۰	۲۵	۱۵	۰
C	۰	۰		۰	۵	۱۰	۰
D	۰	۲۰	۰		۳۵	۰	۰
E	۰	۰	۰	۰		۶۵	۳۵
F	۰	۵	۰	۰	۲۵		۶۵
G	۰	۰	۰	۰	۰	۰	

حل : در فاز اول، PLANET با تبدیل اطلاعات جریان مواد به نمودار هزینه جریان متقابل برنامه‌اش را شروع می کند، یعنی :

از \ به	A	B	C	D	E	F	G	جمع
A		۴۵	۱۵	۲۵	۱۰	۵	۰	۱۰۰
B	۴۵		۰	۵۰	۲۵	۲۰		۱۴۰
C	۱۵	۰		۰	۵	۱۰	۰	۳۰
D	۲۵	۵۰	۰		۳۵	۰	۰	۱۱۰
E	۱۰	۲۵	۵	۳۵		۹۰	۳۵	۲۰۰
F	۵	۲۰	۱۰	۰	۹۰		۶۵	۱۹۰
G	۰	۰	۰	۰	۳۵	۶۵		۱۰۰

در فـاز دوم ،PLANET بخشـها را بـرای اسـتقرارانتخاب می‌کند. طبق فرض مسأله بخشهای با الویت ۱ و ۲ عبارتند از:

اولویت ۲	اولویت ۱
A	B
G	C
	D
	E
	F

بـا بکارگـیری روش انتخاب a ابتدا زوج بخشهای F و E وارد طرح استقرار می‌شوند (زیـرا E و F بیشـترین هزینه جریان متقابل یعنی ۹۰ واحد را دارا می باشند) و سپس از بین بخشهای با اولویت ۱ انتخاب نشده (D,C,B) بخشی که با یکی از بخشهای Eیا F بیشـترین هزیـنه جریان متقابل را دارد، یعنی بخش D با ۳۵ واحد، انتخاب گشته و وارد طـرح استقرار می‌شود به همین ترتیب، بخشهای بعدی به ترتیب , B Cخواهند بـود. همچنیـن بـه دنبال انتخاب بخشهای با اولویت ۱، بخشهای با اولویت بعدی (یعنی اولویـت ۲) انـتخاب خواهند شد. بخشهایی که اولویت ۲ دارند، دراین مثال، دارای هزینه جـریان متقابل مشابه و برابر ۱۰۰ می باشند لذا این بخشها به ترتیب حروف الفبایی وارد طـرح مـی‌شـوند. بـه طـور خلاصـه بـا به کارگیری روش a ترتیب ورود بخشها در طرح استقرار بصورت زیر می‌باشد:

ابتدا (E و F) ⟶ (D) ⟶ (B) ⟶ (C) ⟶ (A) ⟶ (G)

چـنانچه روش b بـرای انـتخاب بخشها در الگوریتم PLANET مد نظر باشد، ترتیب ورود بخشها در طرح استقرار به شکل زیر خواهد بود:

www.saie.ir

ابتدا (E و F) → (B) → (D) → (C) → (A) → (G)

و در روش c الگوریتم PLANET به ترتیب زیر بخشها را در طرح استقرار جای می‌دهد:

ابتدا (E) → (F) → (B) → (D) → (C) → (A) → (G)

در فاز سوم، بخشها به ترتیب انتخاب در طرح استقرار گنجانده می‌شوند باتوجه به مساحت بخشها در مثال (۱ — ۸) تعداد مربع های واحد برای هر بخش به صورت زیر است:

کد بخش	A	B	C	D	E	F	G
مساحت بخش (ft^2)	12000	8000	6000	12000	8000	12000	8000
تعداد مربع (۴۰۰ ft^2) واحد	30	20	15	30	20	30	20

فرضاً با توجه به روش b, c پس از انتخاب بخشهای F,E و جایگذاری در طرح استقرار، بخش B وارد طرح خواهد شد. شکل زیر بخشهای F,E را پس ازاستقرار، توسط برنامه PLANET نشان می‌دهد.

36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24
1	E	E	E	E	E	F	F	F	F	F	F	23
2	E	E	E	E	E	F	F	F	F	F	F	22
3	E	E	E	E	E	F	F	F	F	F	F	21
4	E	E	E	E	E	F	F	F	F	F	F	20
5	6	7	8	9	10	F	F	F	F	F	F	19
					11	12	13	14	15	16	17	18

برای نشان دادن نحوه استقرار توسط برنامه PLANET پیرامون طرح استقرار موجود شماره‌گذاری شده تا محلهای موجود برای استقرار مرکز بخش B، در راستای آن مشخص گردد.

نحوه ارزیابی محلهای موجود در جدول زیر نشان داده شده است. PLANET بدنبال محلی است که کمترین هزینه حمل و نقل را داشته باشد. چنانکه از جدول پیدا است این محل، محل شماره ۸ می‌باشد. این محل همان نقطه‌ای است که مرکز بخش B، در راستای آن مستقر می‌گردد.

شماره محل استقرار مرکز B	فاصله از مرکز E	هزینه جریان متقابل با بخشE	فاصله از مرکز F	هزینه جریان متقابل با بخش F	کل هزینه حمل و نقل
۱	۴،۵	۲۵	۱۰،۵	۲۰	۳۲۲،۵
۲	۳،۵	۲۵	۹،۵	۲۰	۲۲۷،۵
۳	۳،۵	۲۵	۸،۵	۲۰	۲۵۷،۵
۴	۴،۵	۲۵	۹،۵	۲۰	۳۰۲،۵
۵	۵،۵	۲۵	۱۰،۵	۲۰	۳۴۷،۵
۶	۴،۵	۲۵	۹،۵	۲۰	۳۰۲،۵
۷	۳،۵	۲۵	۸،۵	۲۰	۳۵۷،۵
*۸	۲،۵	۲۵	۷،۵	۲۰	۲۱۲،۵
۹	۳،۵	۲۵	۶،۵	۲۰	۲۱۷،۵
۱۰	۴،۵	۲۵	۵،۵	۲۰	۲۲۲،۵
...	...	...	...	...	...
۳۴	۳،۵	۲۵	۹،۵	۲۰	۲۷۷،۵
۳۵	۴،۵	۲۵	۱۰،۵	۲۰	۳۲۲،۵
۳۶	۵،۵	۲۵	۱۱،۵	۲۰	۳۶۷،۵

www.saie.ir

PLANET پس از ارزیابی محلها و پیدا کردن محل استقرار بخش مورد نظر را در طرح استقرار جاسازی می‌نماید. شکل زیر استقرار بخش B را نشان می‌دهد.

E	E	E	E	E	F	F	F	F	F	F
E	E	E	E	E	F	F	F	F	F	F
E	E	E	E	E	F	F	F	F	F	F
E	E	E	E	E	F	F	F	F	F	F
B	B	B	B	B	F	F	F	F	F	F
B	B	B	B	B						
B	B	B	B	B						
B	B	B	B	B						

برای استقرار بخش بعدی (D) ارزیابی برای کلیه محلهای اطراف سه بخشی که تا بحال در طرح جای گرفته‌اند، انجام می‌گیرد و این رویه ادامه می‌یابد تا کلیه بخشها در طرح استقرار مستقر شوند. طرح نهایی حاصله از به کارگیری روشهای b , c الگوریتم PLANET مطابق شکل زیر خواهد بود:

```
A A A A A A
A A A A A A
A A A A A A     C C C
A A A A A A C C C C
A A A A A A C C C C
A A A A A A C C C C
E E E E E F F F F F F
E E E E E F F F F F F
E E E E E F F F F F F
E E E E E F F F F F F
B B B B B F F F F F F
B B B B B G G G G G
B B B B B G G G G G
B B B B B G G G G G
D D D D D G G G G G
D D D D D
D D D D D
D D D D D
D D D D D
D D D D D
```

ارزیابی برنامه PLANET :

۱- PLANET از نظر انعطاف‌پذیری از کلیه مدلها بهتر است.

۲- با داشتن سه روش انتخاب مختلف، امکان خوبی از نظر ساختن استقرار فراهم می‌آورد.

www.saie.ir

۳- کنترل خارجی در اولویت دادن به انتخاب بخشها مزیت خوبی است.
۴- استقرار های موجود را نمی‌تواند ارزیابی کند.
۵- نقشه بدست آمده معمولاً مناسب نیست و احتیاج به تعدیل و تنظیم دارد.

۴- کورلپ CORELAP

این برنامه بر اساس روش سیستماتیک جانمائی (S . L . P)[۱] که توسط میوتر Muther ارائه گردیده، بنا شده است . در روش S. L. P بر اساس نمودار رابطه فعالیتها (A.R.C)[۲]، دیاگرامی تهیه می‌شود که پس از ادغام و ترکیب با مساحتهای مورد نیاز هر بخش، به نقشه استقرار تبدیل می‌گردد. روش میوتر برای مسائلی در ابعاد عملی کارائی خود را ازدست می‌دهد، لذا CORELAP امکان استفاده از این روش را در مسائل بزرگتر فراهم می‌سازد.

CORELAP یک مدل ساختنی است و بدنبال برقرارکردن حداکثر ارتباطات براساس نمودار رابطه فعالیتها می‌باشد. این برنامه با استفاده از درجه نزدیکی کل (T.C. R)[۳] طرح جانمائی را ایجاد می‌کند.

CORELAP انواع مختلفی داردکه مهمترین آن یعنی CORELAP 9.3 در اینجا بحث می‌شود:

اطلاعات وردی برنامه CORELAP :

اطلاعات مورد نیاز این برنامه عبارتند از:

۱- نمودار رابطه فعالیتها
۲- تعداد و مساحت مورد نیاز بخشها

۱- Systematic Layout Planning (S.L.P.)
۲- Activity Relationship Chart (A.R.C.)
۳- Total Closeness Rating (T.C.R.)

۳- وزنهای ورودی نمودار رابطه فعالیتها

همچنین اطلاعات زیر می‌تواند بطور اختیاری به برنامه داده شود:

۱- مقیاس طرح خروجی جهت چاپ

۲- نسبت طول و عرض بخشها

۳- تخصیص اولیه بخشها

دستورالعمل اجرائی برنامه CORELAP :

به طورخلاصه روش کار این مدل بدین صورت است که ابتدا مهمترین بخش انتخاب و مستقر می‌گردد و سپس بخشهای بعدی به ترتیب اولویت ارتباطی آنها با بخشهای مستقر شده. انتخاب می‌گردد و در استقرار قرار می‌گیرد.

شرح عمل این برنامه بصورت زیر است:

۱- محاسبه ضریب نزدیکی کل TCR برای هر بخش

تبصره :

TCR عبارتست از جمع مقدار عددی میزان ارتباطات بین بخش مورد نظر و سایر بخشها بطوریکه مقادیر درجات نزدیکی مختلف عبارتند از: (این مقادیر بسته به نوع مسأله مورد نظر می‌توانند تغییر کنند.)

X = ۱ و U = ۲ و O = ۳ و I = ۴ و E = ۵ و A = ۶

یعنی: $TCR_i = \sum_{j=1}^{m} V_{ij}$

V_{ij} = درجه نزدیکی بخشهای i , j

TCR_i = ضریب نزدیکی کل برای بخش i

۲-قرار دادن بخش با بزرگترین TCR در مرکز استقرار که این بخش را **برنده**[۱] می‌نامند.

۱- Winner

www.saie.ir

تبصره : در صورتیکه این بخش بیش از یکی باشد، آنکه مساحت بزرگتری دارد انتخاب می‌گردد.

۳- در این مرحله نمودارارتباط فعالیتها بررسی شده تا بخشی که ارتباط A با برنده دارد مشخص شود، در صورت انتخاب، این بخش آماده استقرار **پیروز**[1] نامیده می‌شود. دراینجا ممکن است دوحالت خاص پیش آید:

الف – اگر با ارتباط A **پیروزی** نتوان مشخص کرد، روابط E, I, O و غیره مورد بررسی قرار می‌گیرد.

بخش انتخاب شده **برنده دوم** می‌شود.

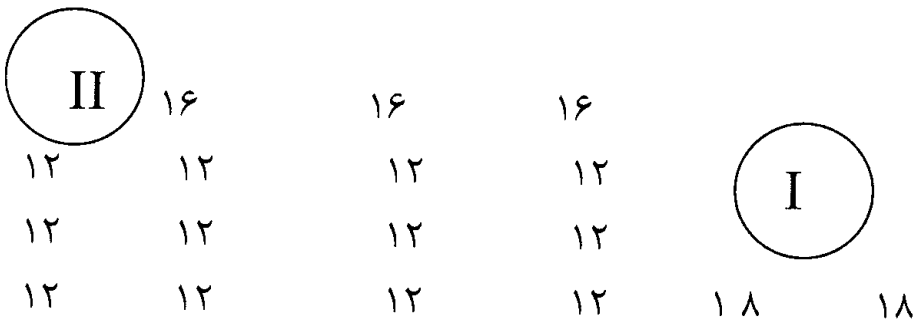
ب -اگر بیش از یک بخش به مرحله **پیروز** برسد (ارتباط یکسان با **برنده** داشته باشد) مبنای انتخاب، اندازه بخش و TCR بزرگتر خواهد بود. (بخش انتخاب شده پس از استقرار **برنده دوم** تلقی می‌گردد.)

سومین بخش برای ورود به طرح استقرار از طریق بررسی نمودار رابطه فعالیتها انتخاب می‌شود. بدین نحو که از بین بخشهای باقیمانده حائز شرایط، بخشی انتخاب می شود که با اولین برنده رابطه A داشته باشد . اگر یک چنین بخشی پیدا نشود بخشی انتخاب می شود که با دومین برنده رابطه A داشته باشد . اگر این دو حالت امکان پذیر نباشد، این کار برای روابط E, I و غیره تکرار می‌گردد تا یک **پیروز** پیدا شده و وارد طرح استقرار شود.

۴- وقتی بخشی به مرحله **پیروز** رسید باید وارد استقرار شود . این برنامه برای استقراراز جمع تعدیل شده اهمیت نزدیکی بین بخش ورودی و بخشهای همسایه آن استفاده می‌کند.

مثلاً شکل زیر را در نظر بگیرید که درآن بخشهای ۱۲ و ۱۶ و ۱۸ در استقرارگنجانده شده‌اند و قرار است بخش ۲۲ نیز وارد طرح استقرار شود:

۱- Victor



فرض کنید بخش ۲۲ با مسا حت ۹ واحد با همسایگان بعدی خود (بخشهای ۱۲و ۱۶و ۱۸) به ترتیب دارای ارتبا طات A , I , I باشد. اگر وزن این روابط برای ۲۷ = A و ۳ = I باشد، آنگاه اگر این بخش در منطقه I قرار گیرد داریم :

جمع تعدیل شده منطقهI = ۲۷ + ۳ +۳ = ۳۳

و چنانچه این بخش در منطقه (II) قرار گیرد داریم:

جمع تعدیل شده منطقه II = ۲۷ + ۳=۳۰

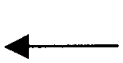
پس از مقایسه مشخص می شودکه منطقه I جای بهتری برای استقرار بخش ۲۲ می‌باشد. چنا نکه از شکل نیزملاحظه می‌گردد منطقه I دارای طول مرز مشترک ۵ است و در منطقهII طول مرز مشترک برابر ۲ است.

البته با توجه به مساحت بخشها و اطلاعات ورودی در مورد نسبت طول و عرض آنها، تعداد واحد در طول و عرض هربخش قبلاً توسط مدل محاسبه می‌شود. بدین ترتیب شکلهای معقول‌تری برای بخشها حاصل می‌شود.

۵ - پس از تکمیل شدن استقرار، برنامه CORELAP جواب بدست آمده را ارزیابی می‌کند. این کار در دو مرحله انجام می‌شود:

www.saie.ir

الـف- محاسـبه مسـافت ها و ثبت درجدول مسافت: بدین منظورکوتاهترین مسافت بین بخشـها بـر حسب واحد مسافت در نظر گرفته می‌شود. برای روشن شدن مطلب به مثال زیر توجه نمایید:



طرح استقرار اولیه

۱۳	۱۱	۱۱	۱۴
۱۶	۱۶	۱۲	۱۴
۱۵	۱۷	۱۷	

نحوه محاسبه مسافت به شکل زیر است:(به عنوان نمونه)

نام دو بخش	مسافت	نحوه محاسبه
۱۴-۱۵	۳	۱۴)۱۲-۱۶-۱۶(۱۵
۱۴-۱۱	۰	-
۱۴-۱۶	۱	۱۴)۱۲(۱۶
۱۲-۱۵	۲	۱۲)۱۶-۱۶(۱۵
۱۳-۱۷	۲	۱۳)۱۱-۱۶(۱۷
...	...	...

یعنی: تعداد دپارتمانهای فیمابین = مسافت بین دو دپارتمان

ب- ضـرب کـردن مسافتها در مقدار عددی ارتباطات و جمع آنها : که این عدد به عنوان امتیاز طرح[۱] در نظر گرفته خواهد شد. یعنی:

$$\text{امتیاز طرح} = \sum_{i} (\text{مسافت}) \times (\text{درجه اهمیت نزدیکی})$$

ارزیابی برنامهCORELAP:

۱- Layout Score

۱. این مدل استفاده ساده و راحت دارد.
۲. این مدل می تواند بصورت محاوره‌ای[۱] نیز مورد استفاده قرار گیرد.
۳. این برنامه تنها یک جواب حاصل نموده و انعطاف‌پذیری ندارد، در نتیجه نمی‌توان استقرارهای مختلف را مورد ارزیابی قرار داد.
۴. شکل و نقشه بدست آمده معمولاً بی قاعده و مستلزم تعدیل است.

صورت خروجی برنامه CORELAP:

CORELAP طرح استقرار را به فرم نا منظمی چاپ می‌کند. بنابراین تغییر و تبدیلهای دستی بعد از اتمام کار کامپیوتر جهت نزدیک شدن به واقعیت هنگام عمل لازم است. در این برنامه دپارتمانها با شماره‌های دو رقمی مشخص می‌گردند و تعداد شماره‌های هر بخش در ارتباط با مساحت هر یک از دپارتمانها می‌باشد. شکل زیر نمونه‌ای از صورت خروجی برنامه CORELAP می‌باشد:

0	0	0	0	19	19	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	17	17	17	19	19	19	19	16	16	16	0	0	0	0	0	0
0	0	17	17	17	19	19	19	19	16	16	16	15	15	15	0	0	0
0	0	17	17	11	11	11	11	11	11	16	15	15	15	15	12	12	0
0	0	17	17	11	11	11	11	11	11	21	21	15	15	15	12	12	0
0	0	17	17	11	11	11	11	11	11	21	21	15	15	15	12	12	0
0	14	14	14	20	20	11	11	11	0	21	21	15	15	15	12	12	0
0	14	14	14	14	13	13	13	0	0	0	0	15	15	15	15	0	0
0	0	0	14	22	13	13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

[۱]- Interactive

www.saie.ir

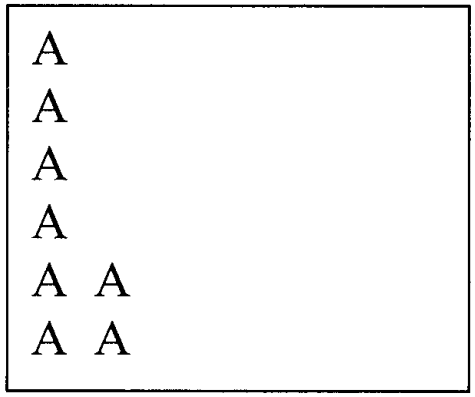
۶ – آلدپ ALDEP :

ایـن روش از نظـر اطلاعاتـی شـبیه CORELAP اسـت. تفـاوت عمده در دستورالعمل اجرایی این دو برنامه می‌باشد. درALDEP بخشها به طور تصادفی انتخاب می‌شود ولی در CORELAP مـلاک انـتخاب بزرگتریـن TCRاسـت. یکـی دیگر از اختلافات این بـرنامه بـا CORELAP ایـن اسـت کـه این برنامه چندین استقرار ایجاد کرده و آنها را امتیازبـندی مـی‌کـند و انـتخاب نهایـی را بـه عهـده طراح می‌گذارد. از خصوصیات ویژه ALDEP ایـن اسـت کـه مـی‌توانـد اسـتقرار در چـند طـبقه ساختمان نیز انجام دهد. همچنیـن مـی‌توانـد در طرح استقرار، محل لازم برای سکو، آسانسور، پلکان، محوطه‌های خالی و راهروها را در نظر بگیرد.

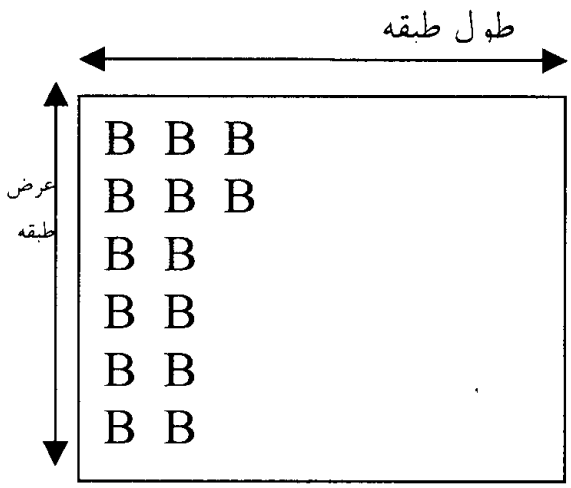
اطلاعات ورودی برنامهALDEP :

۱- نمودار رابطه فعالیتها
۲- مساحت بخشها و طول و عرض هر طبقه
۳- تعداد طرحهای استقراری که باید تولید شود.
۴- تعداد بخشهای طرح
۵- حداقل درجه نزدیکی ارتباط برای انتخاب بخشها
۶- حداقل امتیاز مجاز برای اینکه یک طرح استقرار چاپ شود
۷- عرض نوار چیدمان

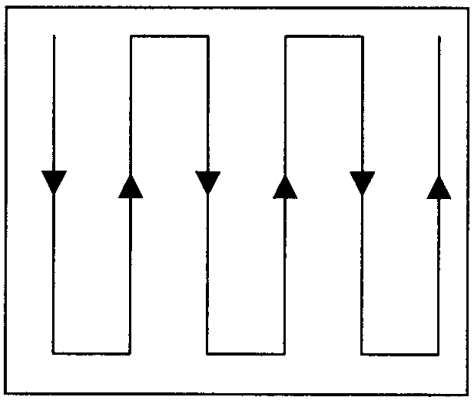
در مـورد عـرض نـوار چـیدمان بـاید توجـه داشت که طبق عرض مشخص شده از گوشه شـمال‌غربـی بخشـها را مسـتقر مـی‌نمـاید و طـبق یک الگوی زیگزاک به کار خود ادامه می‌دهد تا کلیه بخشها در طرح جای گیرند. مطابق اشکال زیر:



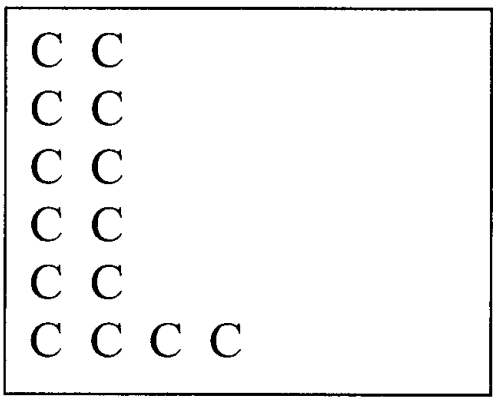
- مساحت بخش Aبرابر ۸ مربع واحد
- عرض طبقه برابر ٦ مربع واحد
- عرض نوار چیدمان برابر یک مربع واحد



- مساحت بخش Bبرابر ۱۲ مربع واحد
- عرض طبقه برابر ٦ مربع واحد
- عرض نوار چیدمان برابر یک مربع واحد



نحوه چیدمان بخشها در الگوریتم ALDEP
به روش زیگزاگ



- مساحت بخش C برابر ۱٤ مربع واحد
- عرض طبقه برابر ٦ مربع واحد
- عرض نوار چیدمان برابر دو مربع واحد

دستورالعمل اجرائی برنامه ALDEP:

۱- انتخاب اولین بخش برای ورود به طرح استقرار به طور تصادفی

www.saie.ir

۲- بررسی نمودار رابطه فعالیتها برای پیدا کردن بخشهایی که رابطه معادل یا بیشتر از حداقل مشخص شده (اطلاعات ورودی) با بخش اول دارند. که ممکن است دو حالت پیش آید:

الف- اگر بیش از یک بخش وجود داشته باشد یکی از آنها بطور تصادفی انتخاب می‌شود.

ب- اگر بخشی پیدا نشود، بخش دوم بطور تصادفی انتخاب می‌شود.

۳- پس از انتخاب دومین بخش، روش ادامه می‌یابد تا سومین بخش از بین بخشهایی که حداقل ارتباط تعیین شده یا بیشتر را با دومین بخش وارد شده در طرح دارد، انتخاب گردد. پس از انتخاب سومین بخش، بخشهای بعدی به همین نحو انتخاب می‌گردند. اینکار آنقدر تکرار می‌گردد تا کلیه بخشها انتخاب گردند.

۴- ALDEP برای استقرار از گوشه شمال غربی شروع می‌کند و رو به پایین تعداد مربعهای واحد را مطابق با عرض نوار چیدمان (جزو اطلاعات ورودی) برای هر بخش در طرح جای می‌دهد تا کلیه مربع‌های واحد آن بخش مستقر شوند. به همین ترتیب بخشها را طبق یک الگوی زیگزاک می‌چیند تا کلیه بخشها در طرح استقرار جای گیرند.

۵- قبل از اینکه استقراری چاپ شود، امتیاز آن تعیین می‌شود. برای اینکار ارتباط میان بخشها بصورت کمی تعیین شده و باهم جمع می‌شوند (البته برای بخشهای مجاور). امتیازاتی که آلدپ به رابطه درجات نزدیکی می‌دهد به شرح زیر است:

$A = ۶۴$ و $E = ۱۶$ و $I = ۴$ و $O = ۱$ و $U = ۰$ و $X = -۱۰۲۴$

اگر جمع امتیازات طرحی از حداقل مشخص شده (جزو اطلاعات ورودی) بیشتر باشد آن طرح چاپ می‌گردد، در غیر اینصورت از چاپ آن صرفنظر می‌کند.

۶- وقتی برنامه مطمئن شد که تعداد استقرارهای تولید شده به تعداد از قبل تعیین شده (جزو اطلاعات ورودی) رسیده، برنامه متوقف می‌شود.

ارزیابی برنامه آلدپ ALDEP :

۱- سرعت ارزیابی این مدل بالاست.

۲- نقشه هایی که این مدل می دهد نسبت بهCORELAP مناسبتر است.
۳- در تولید استقرارهای مختلف مفید است.
۴- برای طبقات مختلف می‌تواند طرح استقرار تولید کند.
۵- ابـتدائاً یـک برنامه ایجادی(ساختنی) است ولی می‌تواند جهت بهبود نیز بکار گرفته شود.
۶- به هر حال طرح ایجاد شده باید توسط دست تعدیل گردد.
۷- قادر است محلهای ثابتی را به بخشها اختصاص دهد و یا اینکه موانع و محدودیتها از قبیل ستونها، آسانسور و... را در طرح جانمایی در نظر بگیرد.
۸- حداکثر تعداد دپارتمانها در این برنامه، ۶۳ بخش می‌باشد.
۹- حداکثر تعداد طبقات طرح، ۳ طبقه می‌باشد.

صورت خروجی برنامه ALDEP:

شـکل خروجـی بـرنامه ALDEP ، به صورت مستطیل شکل منظم می‌باشد، اما بخشها معمـولا بـه صورت اشکال نامنظم در می‌آیند که علت آن همان حرکت زیگزاکی در رویه اجرای این برنامه است. این برنامه جهت نشان دادن بخشها در خروجی از اعداد دو رقمی اسـتفاده مـی‌کـند و تعداد این اعداد را برابر با مربع‌های واحدی که مساحت هر بخش را تشـکیل مـی‌دهـند در نظـر مـی‌گـیرد. شـکل زیـر نمونـه‌ای از یک طرح خروجی برنامه ALDEP می‌باشد.

www.saie.ir

7	7	9	9	9	9	1	1	1	8
7	7	9	9	9	9	1	1	1	1
7	7	9	9	9	9	1	1	1	1
7	7	9	9	9	9	1	1	1	1
7	7	5	5	9	9	2	2	1	1
7	7	5	5	3	3	2	2	1	1
7	7	5	5	3	3	2	2	1	1
4	7	5	5	3	3	6	2	1	1
4	4	5	5	3	3	6	6	1	1
4	4	5	5	3	3	6	6	1	1
4	4	4	4	3	3	6	11	1	1
10	4	4	4	11	11	11	11	12	12

فهرست منابع ومآخذ

[1.] Francis R.L. ,McGinnis L.F.,White J.A.,"Facility Layout and Location: An Analytical Approach", Pearson Education POD,February(1998).

[2.] Tompkins J.A ,White J.A ,Bozer Y.A , Tanchoco J.M. ."Facilities Planning ",wiley ,October(2002).

[3.] Francis R.L.,McGinnis L.F.,white J.A. ," Facility Lyout and Location : An analytical Approach ", Prentice-Hall,Inc.,Englewood cliffs,New jersey,2th Edition,(1992).

[4.] Sule D.D., " Manufacturing facilites : Location ,planning and Design ",Pws-KENT,Inc.,(1988).

[5.]Tompkins J.A.,while J.A.,"Computer Aided Layout :Design and Evalution,"wiley,(1996).

[6.]Tompkins J.A., white J.A.,"Facilities Planning",John wiley & sons ,New york,(1984).

[7.]Tompkins J.A.,Moor J.M.,"Computer Aided Layout : A User's Guied ",Norcross,Ga,(1978).

[8.]Francis R.L., white J.A., "Facility Layout and Location: An Analytical Approach ",Prentice-Hall ,Inc.,Englewood cliffs, New Jersey ,(1974).

[9.]Apple J.M.,"Material Handling system Desing ",The Ronald Press Company ,New york,August(1972).

۱۰- جیمز ام اپل/ترجمه دکتر اردوان آصف وزیری "طرحریزی واحدهای صنعتی"، انتشارات تندر چاپ اول ـ پاییز (۱۳۷۲).

۱۱- دکترسید محمد سید حسینی ،"مدیریت کارخانه"،انتشارات سازمان مطالعه وتدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها (سمت)،چاپ اول،تابستان (۱۳۷۲).

۱۲- جیمز ام اپل /ترجمه گروه مهندسی صنایع ،"اصول طراحی کارخانه" ،انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی شریف ،چاپ چهارم (۱۳۷۰).

۱۳- مهندس مجتبی گلشنی ،"آشنایی با تکنولوژی گروهی "،انتشارات بنیاد مستضعفان وجانبازان ،چاپ اول(۱۳۷۲).

www.saie.ir

۱۴- گروه مهندسی صنایع جهاد دانشگاهی صنعتی شریف ،"طراحی انبار (استقرار تجهیزات ،کالا،وسایل حمل ونقل و...) "،انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی شریف ،چاپ دوم مهرماه (۱۳۷۰).

۱۵- مهندس عبدالرسول انتظاری هروی ،"طرحریزی واحدهای صنعتی" ،جزوه دانشگاه علم وصنعت ایران (۱۳۷۷).

۱۶- مهندس مهدی غضنفری ،"طرحریزی واحدهای صنعتی "جزوه دانشگاه علم وصنعت ایران (۱۳۶۵).

۱۷- دکتر سید محمد سید حسینی ،"طرحریزی واحدهای صنعتی"، جزوه دانشگاه علم وصنعت ایران(۱۳۷۰).

۱۸- دکتر سید محمد سید حسینی ،"طرحریزی کارخانه وبرنامه ریزی تسهیلات "،جزوه دانشگاه علم وصنعت ایران (۱۳۷۰).

۱۹- اردوان آصف وزیری ،"طرحریزی واحدهای صنعتی"،جزوه دانشگاه صنعتی شریف(۱۳۶۹).

۲۰- دکتر محمد مهدی اسکونژاد،"طرحریزی واحدهای صنعتی"،جزوه دانشگاه صنعتی امیرکبیر(۱۳۴۸).