انجمن علمی پژوهشی مهندسی صنایع دانشگاه آزاد نجف آباد
ارائه دهندهٔ جزوات و اسلایدهای آموزشی مهندسی صنایع ، مقالات مهندسی صنایع، نرم افزارهای مهندسی صنایع و...
WWW.IEUN.IR

طرح‌ریزی واحدهای صنعتی

تعداد واحد درسی: ۳

منبع: طراحی کارخانه و حمل‌ونقل مواد

علی فرقانی، علیرضا آخوندی
(گروه پژوهشی مهندسی صنایع پژوهشکده توسعه تکنولوژی)
احسان الهی فرد، علی دیوسالار
(دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه پیام نور)

انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی شریف، ۱۳۸۸

www.ieun.ir

فهرست

فصل اول: **کلیات طراحی کارخانه**
فصل دوم: **پیش‌نیازهای طراحی کارخانه**
فصل سوم: **طراحی فرآیند تولید**
فصل چهارم: **طراحی جریان مواد**
فصل پنجم: **محاسبات مربوط به‌تولید**
فصل ششم: **طراحی ساختمان کارخانه**
فصل هفتم: **تحلیل فعالیت‌ها (بررسی انواع، روابط و تعیین فضا)**
فصل هشتم: **حمل و نقل مواد**
فصل نهم: **تکنیک‌های استقرار**
فصل دهم: **تهیه و ارزیابی طرح نهایی**

www.ieun.ir

فصل اول:
کلیات طراحی کارخانه

www.ieun.ir

تعریف طراحی کارخانه

طراحی کارخانه یکی از مضامین اصلی فعالیت‌های مهندسی صنایع است و سال‌هاست که مهندسین صنایع به‌کار در این زمینه اشتغال دارند. کار آن‌ها در واقع به‌طراحی نحوه استقرار اجزای فیزیکی فعالیت‌ها به‌طور عام و فعالیت‌های صنعتی به‌طور خاص مربوط می‌گردد. استقرار درست اجزای فیزیکی فعالیت‌های صنعتی همواره با روش‌های انتقال مواد در ارتباط است و از همین رو طراحی کارخانه و انتقال مواد به‌دو مفهوم تبدیل شده‌اند که همواره در کنار هم و با هم مطرح می‌گردند.

هدف کلی از هر مطالعه‌ای که به‌منظور طرح‌ریزی صورت می‌گیرد، تعیین ورودی‌های موردنظر و طراحی صحیح استقرار اجزاء فیزیکی است، به‌نحوی که ورودی‌ها با کارایی مطلوب از تسهیلات بگذرند و با انجام فرآیندهای لازم به‌خروجی‌ها موردنظر تبدیل گردند.

www.ieun.ir

ضرورت طراحی کارخانه

مواردی که اهمیت طراحی کارخانه را نشان می‌دهد، توجه به‌نکات زیر است:

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

۲- الگوی جریان مواد اصل و پایه ترتیب قرار گرفتن دستگاه‌ها است. (شرط لازم برای داشتن یک طرح جریان مواد خوب، وجود ترتیب فیزیکی مناسبی از همه تجهیزات، مواد و غیره است.)

۳- ترتیب درست دستگاه‌ها با تکیه بر الگوی از پیش طراحی شده جریان مواد باعث می‌شود تا کلیه فعالیت‌ها با کارایی بیشتری انجام گیرد.

۴- کارایی تولید باعث بیشتر شدن تولید و کاهش قیمت تمام شده می‌گردد.

۵- کاهش قیمت تمام شده در نهایت منجر به‌افزایش سود خواهد شد.

www.ieun.ir

محدوده طراحی کارخانه

از جمله کاربردهای طراحی کارخانه می‌توان به‌موارد زیر اشاره کرد:

- طراحی و احداث یک کارخانه جدید
- تغییر طرح محصول
- اضافه‌کردن و تولید محصول جدیدی
- بزرگ‌تر یا کوچک‌تر کردن دپارتمان‌ها
- تغییر مکان یک بخش
- افزودن بخش جدید
- جایگزینی و تعویض دستگاه‌های قدیمی
- تغییر در روش تولید
- کاهش هزینه

www.ieun.ir

اهداف طراحی کارخانه

در ارتباط با اهداف طراحی کارخانه می‌توان چند هدف عمده را بیـان نمـود کـه در ادامه به‌آن‌ها اشاره شده است:

۱- آسان‌سازی فرآیند تولید

۲- به‌حداقل رساندن جابجایی‌ها و حمل و نقل‌ها (کم کردن حجم انتقال مواد)

۳- حفظ انعطاف‌پذیری ترتیب قرار گرفتن وسایل و تجهیزات

۴- فراهم کردن ایمنی و رفاه برای کارکنان

۵- بالا بردن سرعت گردش مواد در جریان ساخت

۶- کوتاه کردن زمان کل تولید

۷- پایین آوردن حجم سرمایه‌گذاری بر روی ماشین‌آلات

۸- حداکثر استفاده از نیروی انسانی

۹- حداکثر استفاده از زمین قابل دسترس و ساختمان‌ها

www.ieun.ir

مراحل شکل‌گیری یک واحد صنعتی

- بررسی و مطالعه بازار؛ مطالعه نیازهای مصرف‌کنندگان
- پیش‌بینی فروش؛ برآورد میزان‌فروش و تغییرات‌فصلی و روند تغییرات بلندمدت آن
- طراحی محصول؛ تعیین مشخصات و تهیه نقشه‌های محصول
- طراحی فرآیند؛ تعیین چگونگی تولید محصول
- طراحی عملیات؛ تعیین تعداد ماشین‌آلات و تجهیزات و نیروی انسانی موردنیاز و همچنین چگونگی انجام عملیات در ایستگاه‌ها
- طراحی کارخانه
- طراحی تجهیزات (در صورت نیاز)
- طراحی ساختمان‌ها
- تأمین بودجه برای عملیات اجرایی
- تدارکات؛ شامل موادومصالح ساختمانی، ماشین‌آلات و ابزارآلات، نیروی انسانی و ...
- عملیات اجرایی؛ شامل عملیات ساختمانی، نصب و راه‌اندازی
- تولید و بهره‌برداری
- انبار داری محصولات نهایی
- توزیع
- بازاریابی و فروش
- بازارپرسی؛ سنجش نظرات مشتریان.

www.ieun.ir

رابطه بین طراحی کارخانه و سایر دپارتمان‌ها

- دپارتمان فروش
- دپارتمان خرید
- دپارتمان مهندسی محصول
- دپارتمان روابط صنعتی
- دپارتمان مالی
- دپارتمان مهندسی تولید
- دپارتمان مهندسی صنایع
- دپارتمان کنترل فرایند
- دپارتمان تولید
- دپارتمان مهندسی کارخانه
- دپارتمان کنترل تولید

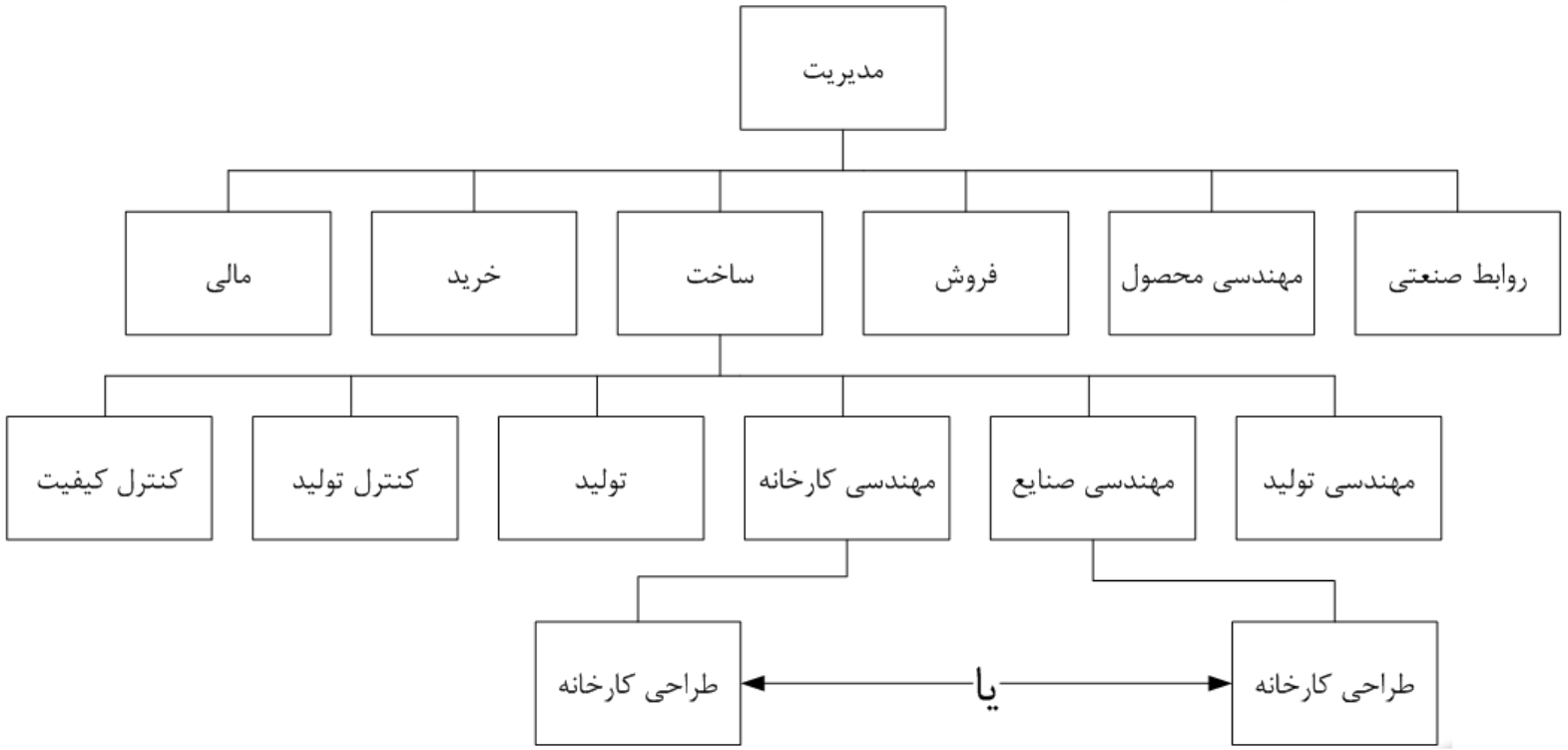
www.ieun.ir

عوامل تاثیرگذار بر طراحی کارخانه

- ماهیت کارخانه
- مدیریت و سهام‌داران
- برنامه‌ریزی استراتژیک شرکت
- مکان کارخانه
- فناوری تولید
- ملاحظات حاصل از امکان‌سنجی تولید

www.ieun.ir

جایگاه طراحی کارخانه



www.ieun.ir

رویه طراحی کارخانه از دیدگاه اپل

- جمع‌آوری اطلاعات اولیه
- طراحی فرآیند تولید
- بررسی طرح کلی انتقال مواد
- طرح ایستگاه‌های کاری
- هماهنگی فعالیت‌ها
- تعیین انبارهای موردنیاز
- تعیین فضای موردنیاز
- بررسی نوع ساختمان
- ارزیابی، کنترل و تصحیح طرح
- پیاده سازی طرح

- تحلیل اطلاعات اولیه
- طراحی الگوی جریان مواد
- محاسبه تجهیزات موردنیاز
- انتخاب تجهیزات انتقال مواد
- بررسی رابطه فعالیت‌ها
- طراحی فعالیت‌های خدماتی و کمک تولیدی
- تخصیص فضای کارخانه به‌فعالیت‌ها
- تهیه طرح اصلی کارخانه
- تصویب
- نظارت در دوره بهره‌برداری

www.ieun.ir

رویه Reed برای مراحل طراحی کارخانه

- تجزیه و تحلیل محصول یا محصولاتی که باید ساخته شود. شامل: به‌کارگیری نقشه کامل قطعه، بازکردن محصول و عکس گرفتن از اجزا و تهیه لیست مواد و قطعات.
- تعیین شیوه و فرآیند ساخت قطعه
- تهیه نمودار استقرار ماشین‌آلات
- توازن خط تولید
- تجزیه و تحلیل فضاهای انبارهای موردنیاز و تعداد حمل و نقل‌های درون سازمانی
- تعیین فضاهای بخش‌های اداری
- تعیین امکانات رفاهی و خدماتی.

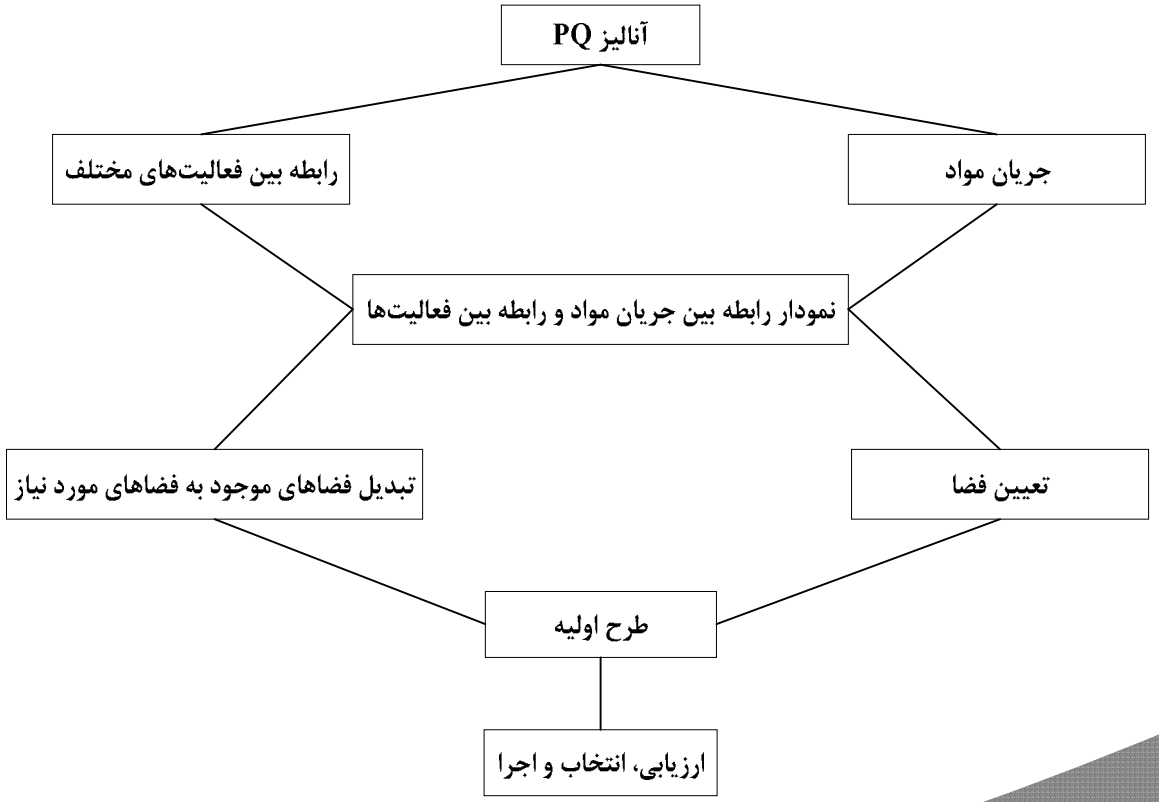
www.ieun.ir

الگوریتم SLP در طراحی کارخانه

- این روش توسط اپل در سال ۱۹۶۸ ارایه و اولین بار توسط میوتر توسعه داده شد. این الگوریتم مراحل طراحی کارخانه را دنبال می‌کند و قدم‌های آن به‌صورت زیر می‌باشد:
- آنالیز PQ در مورد ارتباط بین تعداد و تنوع تولید. شامل: طراحی محصول (P)، سهم بازار (کمیت تولید) (Q)، روش تولید (r)، خدمات و پشتیبانی (s) و زمان تولید (t).
- به‌دست آوردن نمودارهای جریان مواد و رابطه بین فعالیت‌ها
- تعیین فضاها یا تبدیل فضاهای موجود به‌فضای موردنیاز
- طرح اولیه
- ارزیابی، انتخاب و اجرا

www.ieun.ir

الگوریتم SLP در طراحی کارخانه - ادامه



www.ieun.ir

فصل دوم:
پیش‌نیازهای طراحی کارخانه

www.ieun.ir

مطالعات امکان‌سنجی

- مطالعه بازار (مطالعه در زمینه وضعیت عرضه و تقاضای محصول مورد نظر در طول مدت پروژه)
- مطالعه فنی و تکنولوژیکی (مطالعه در زمینه محصول، تجهیزات و قابلیت‌های مورد نیاز برای تولید آن، نیروی انسانی و ...)
- مطالعه مالی و اقتصادی (مطالعه در زمینه برآورد هزینه‌ها و سودآوری طرح)

www.ieun.ir

مطالعه بازار

بازار محصول باید از نقطه نظر حجم و میزان رشد و همچنین احتیاجات و خواسته‌های مشتریان داخلی و خارجی تحلیل گردد. برای این منظور کلیه اطلاعات در مورد محصولات یا خدمات موردنظر جمع‌آوری می‌شود. عرضه و تقاضا بررسی شده و هزینه‌ها و درآمدهای ناشی از تولید و فروش محصولات ارزیابی می‌گردد.

روش‌های متداول جمع‌آوری اطلاعات عبارت است از:

- منابع اطلاعاتی اولیه
- منابع اطلاعاتی ثانویه

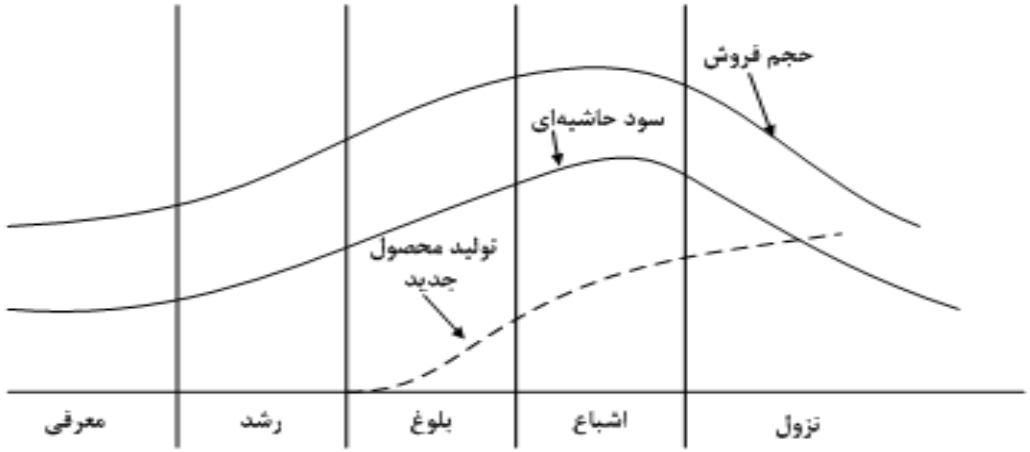
www.ieun.ir

مطالعه فنی و تکنولوژیکی

۱- تعریف یا شناخت محصول از جنبه‌های اجتماعی، اقتصادی، فنی و ...

۲- دوره عمر محصول

- *تولد*
- رشد
- بلوغ
- اشباع
- نزول



۳- مهندسی محصول

www.ieun.ir

مطالعه مالی و اقتصادی

در این مرحله با استفاده از روش‌های اقتصاد مهندسی، تعیین نقطه سربه‌سری تولید، بررسی نسبت‌ها و صورت‌های مالی و سایر روش‌ها وضعیت سودآوری طرح بررسی می‌شود و از نتایج این مطالعات مشخص می‌شود که در نهایت اجرای طرح تا چه حدی می‌تواند سودآور باشد.

www.ieun.ir

مکان‌یابی

تعیین مکان کارخانه از نظر اقتصادی نقش مهمی را در میزان سرمایه‌گذاری اولیه برای تاسیس آن و هنگام بهره‌برداری در قیمت تمام شده کالا ایفا می‌کند و امکانات رشد و پیشرفت صنایع را فراهم می‌آورد.

www.ieun.ir

معیارهای تصمیم‌گیری

- نزدیکی و دسترسی به‌مواد اولیه که باعث کم شدن هزینه حمل و نقل و قیمت تمام شده می‌گردد
- نزدیکی به‌بازار مصرف که باعث کم شدن حمل و نقل و قیمت تمام شده می‌گردد
- در نظر گرفتن توسعه های احتمالی کارخانه در آینده
- دسترسی به‌نیروی انسانی و مناسب بودن ترکیب آن‌ها از لحاظ تخصص
- پستی و بلندی زمین و شکل و مقاومت خاک
- تسهیلات حمل و نقل شامل راه‌آهن، فرودگاه، راه شوسه
- امکانات توسعه در جهت مناسب
- آب و هوا و پارامترهای اقلیمی
- دوری و نزدیکی به‌شهر
- قیمت زمین
- قوانین و مقررات
- آب، برق، سوخت (انرژی)
- سیاست‌های خاص دولت (قوانین و مقررات مربوط به‌مالیات، محیط زیست، مشوق های دولتی و ...)
- مسایل دفاعی و امنیتی
- خواست و پذیرش مردم
- و ...

www.ieun.ir

روش‌های حل مسایل مکان‌یابی

۱- روش‌های تصمیم گیری چند معیاره
۲- روش‌های تصمیم‌گیری ترسیمی و شبکه‌ای
۳- روش‌ها و مدل‌های تصمیم‌گیری ریاضی
۴- روش‌های فراابتکاری

www.ieun.ir

فصل سوم:

طراحی فرآیند تولید

www.ieun.ir

رویه طراحی تولید

گام ۱- طراحی محصول

گام ۲- طراحی فرآیند

گام ۳- طراحی عملیات

گام ۴- طراحی کارخانه

گام ۵- نصب

گام ۶- آزمون و تصحیح

www.ieun.ir

تکنیک‌های ثبت فرآیند تولید

۱- لیست مواد (BOM)

۲- برگ مسیر تولید

۳- جدول فرآیند عملیات (برگه فرآیند عملیات)

۴- لیست قطعات (Part List)

۵- لیست ماشین‌آلات

www.ieun.ir

لیست مواد

لیست مواد برای مواد اولیه و خام که هیچ‌گونه عملیاتی روی آن‌ها انجام نگرفته است و یا برای مواد در حین ساخت و مونتاژ قطعات از آن‌ها استفاده می‌شود، تکمیل می‌گردد.

لیست مواد موردنیاز

نام کارخانه: نام تهیه کننده: نام محصول: تاریخ تهیه:

تولید سالیانه: نام تأیید کننده:

سطح	نام مواد	کد فنی	مشخصات فنی	مورد مصرف قطعه	مقدار مصرف و واحد آن	ضایعات دور ریز	تعداد قطعه	مقدار کل مصرف در واحد محصول	قیمت کل

www.ieun.ir

برگ مسیر تولید

این برگ برای قطعات ساختنی پر می‌شود و در آن اطلاعات مربوط به‌روند ساخت یک قطعه ثبت و ماشین‌آلات و ابزارآلات موردنیاز آن فرآیند نیز ثبت می‌شود.

برگ مسیر تولید					
صفحه ..... از					
نام کارخانه: نام محصول: نام و کد قطعه:					نقشه
وزن مواد خام: وزن قطعه: تعداد مصرف در محصول:					
ردیف	مرحله	شرح عمل	ماشین	ابزارآلات	توضیحات

www.ieun.ir

جدول فرآیند عملیات (برگه فرآیند عملیات)

این جدول (برگه) مخصوص قطعات ساختنی است و تمام مراحل و عملیات‌های لازم جهت تبدیل مواد خام به‌یک قطعه (یا محصول نهایی) به‌همراه بازرسی‌های انجام شده در مراحل مختلف در این جدول نشان داده می‌شود

جدول فرآیند عملیات

نام محصول: تعداد موردنیاز سالیانه: نام قطعه:

تعداد تولید سالیانه: کد قطعه: نام تهیه‌کننده و تاریخ تهیه:

ردیف	مرحله	شرح عملیات	نام ماشین و تجهیزات فنی	نام ابزارآلات	زمان استاندارد	ظرفیت ماشین	تعداد ماشین موردنیاز	تعداد کارگر موردنیاز	توضیحات

www.ieun.ir

لیست قطعات (Part List)

هر گاه بخواهیم اجزا و قطعات یک محصول را شناسایی کنیم از این لیست استفاده می‌کنیم.

لیست قطعات									
نام کارخانه: نام تهیه کننده: نام محصول:									
تاریخ تهیه: تولید سالیانه:									
ردیف	کد قطعات	نام قطعه	شماره نقشه	تعداد در واحد محصول	جنس مواد	خریدنی یا ساختنی	درصد ضایعات	احتیاجات سالیانه	قیمت کل

www.ieun.ir

لیست ماشین‌آلات

در این‌جا ماشین‌آلات به‌دستگاه‌هایی اطلاق می‌شود که مستقیماً در ارتباط با تولید قطعات هستند و لوازم و تجهیزات و ابزارآلاتی که به‌استفاده از ماشین‌آلات کمک می‌کنند و یا در خطوط مونتاژ و ایستگاه‌های کنترلی به‌کار می‌روند که جزء ماشین‌آلات محسوب نمی‌شوند.

لیست ماشین‌آلات						
نام کارخانه:	نام تهیه کننده:	نام محصول:				
تاریخ تهیه:	تولید سالیانه:					
ردیف	اسم و مشخصات ماشین	وسایل و ابزار کمکی لازم	تجهیزات لازم و آب و برق و غیره	تعداد	سال ساخت و مدل	کشور سازنده

www.ieun.ir

طراحی فرآیند

طراحی فرآیند عبارت است از همه فعالیت‌هایی که در رابطه با تحلیل محصول یا خدمات مورد نظر به‌منظور تعیین عملیات و تجهیزات مورد نیاز صورت می‌گیرد. این طراحی بخشی از طراحی تولید است که شامل بررسی‌هایی راجع به‌فرآیند واحد، ترکیب فرآیندهای واحد و انتخاب یک فرآیند مناسب می‌باشد. عوامل زیر را می‌توان از مسایل مهم در بررسی و تحلیل طراحی فرآیند بیان نمود:

الف- محصول

ب- فرآیند (تجهیزات)

www.ieun.ir

تحلیل عملیات با توجه به‌مفهوم فرآیند واحد

فرآیند واحد ساده‌ترین عملیاتی است که در واقع کوچکترین اجزاء فرآیند را تشکیل می‌دهد و آن نوعی تبدیل مواد است که عملیات آن بدون وقفه انجام می‌گیرد و به‌عبارت دیگر برای ایجاد تغییر ساده و مشخصی بر روی مواد، قطعات و ماشین‌آلات مانند سوراخ کردن قطعات فلزی انجام می‌شود.

www.ieun.ir

تعیین ماشین‌آلات، تجهیزات، ابزارآلات و کلیه وسایل تولیدی اصلی موردنیاز

- تنوع کار
- حجم و نرخ تولید
- هزینه
- عوامل کیفی
- وضعیت اشتغال در جامعه
- حجم سرمایه‌گذاری موردنظر
- سطح انعطاف‌پذیری و ایمنی
- نوع محصول و کمیت آن
- سیاست‌های دولت
- سطح فرهنگ صنعتی جامعه، تطابق با سطح تکنولوژی موجود
- مشخص کردن عملیات ساخت: تعیین عملیاتی و کارهایی که باید انجام گیرد.
- تعیین کلیات نحوه استقرار تجهیزات
- تعیین درجه اتوماسیون
- تعیین درجه استاندارد بودن یا قابلیت انعطاف ماشین‌آلات

www.ieun.ir

انواع استقرار ماشین‌آلات

- استقرار بر اساس خط تولید
- استقرار بر اساس فرآیند (روش کارگاهی)
- استقرار بر اساس ثبات محصول
- تکنولوژی گروهی (سیستم ساخت سلولی)

www.ieun.ir

روش خط تولید

در این روش ماشین‌ها در یک جا و به‌ترتیب انجام عملیات چیده می‌شوند. به‌عبارت دیگر کلیه عملیات که باید بر روی یک محصول انجام شوند، به‌ترتیب و پشت سر هم قرار می‌گیرند و مواد به‌ترتیب از آن‌ها می‌گذرد. یعنی هر قطعه از ماشین اول (ایستگاه اول) به‌ماشین بعدی (ایستگاه بعدی) می‌رود و جریان تولید خود را به‌ترتیب عملیاتی که روی آن انجام می‌گیرد، تقریباً در امتداد یک خط طی می‌کند. به‌این روش استقرار بر اساس محصول نیز گفته می‌شود.

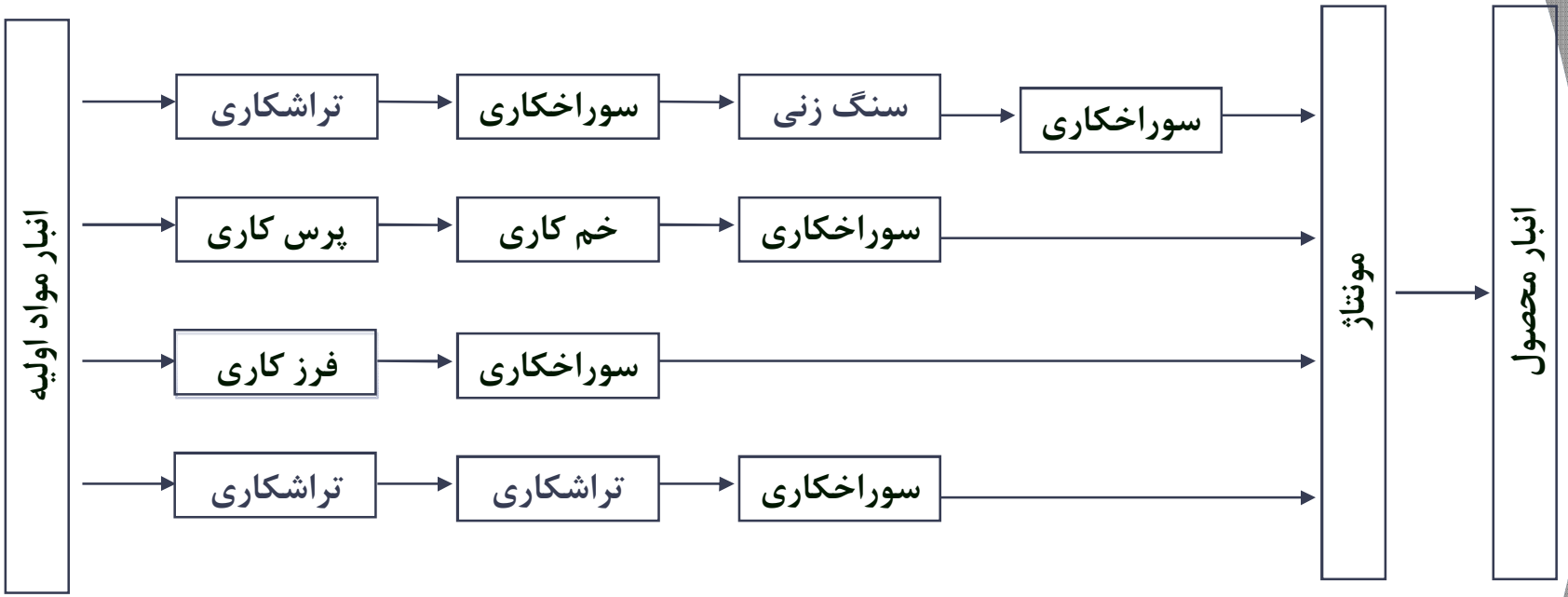
شرایط اصلی ایجاد خط تولید را می‌توان در ۳ فاکتور زیر برجسته نمود:

- تولید انبوه
- متعادل بودن عملیات
- پیوسته بودن عملیات

در استقرار محصولی زمان تولید کوتاه، هزینه حمل‌ونقل و موجودی در جریان ساخت کم و به‌فضای کمی نسبت به‌هر واحد تولید نیاز دارد.

www.ieun.ir

روش خط تولید



www.ieun.ir

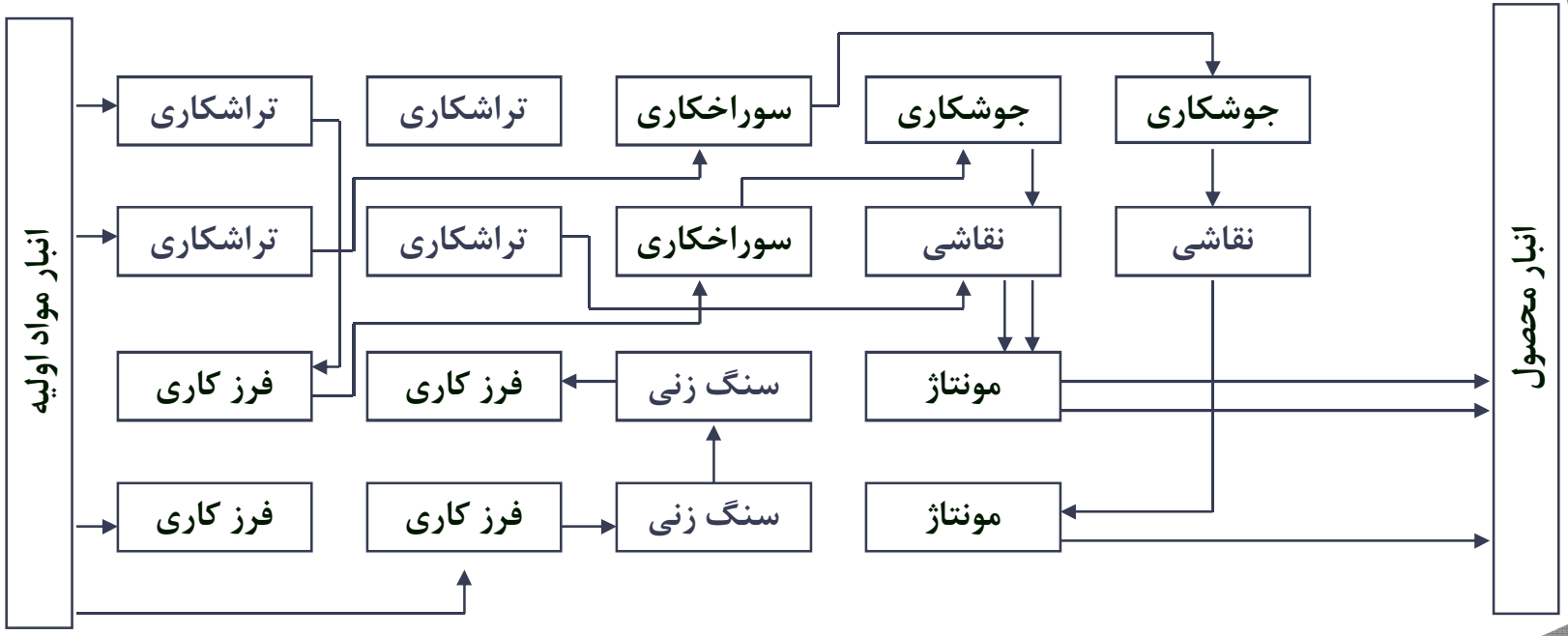
روش کارگاهی

در این روش ماشین‌هایی که از نظر عمل‌کرد مشابه هستند، در یک محل جمع می‌شوند و کلیه عملیات مشابه در آن محل انجام می‌گیرد در نتیجه قطعه بنا به‌ترتیب عملیاتی که روی آن انجام می‌شود در داخل کارخانه از بخشی به‌بخش دیگر و از کارگاهی به‌کارگاه دیگر می‌رود. از مزایای آن می‌توان به‌موارد زیر اشاره داشت:

- به‌خاطر تنوع کار، انجام کار برای افراد دلپذیر است و باعث بالا رفتن مهارت می‌شود.
- استفاده موثر از ماشین‌آلات در سطح تولید کم یا متوسط.
- سرمایه‌گذاری کمتر روی ماشین‌آلات به‌علت عدم استفاده از ماشین‌های مشابه
- عدم توقف تولید با از کار افتادن یک ماشین به‌علت وجود ماشین‌های مختلف تولیدی.
- انعطاف‌پذیری بالا در تخصیص کار به‌ماشین‌آلات و امکان تولید محصولات مختلف.

www.ieun.ir

روش کارگاهی - ادامه



www.ieun.ir

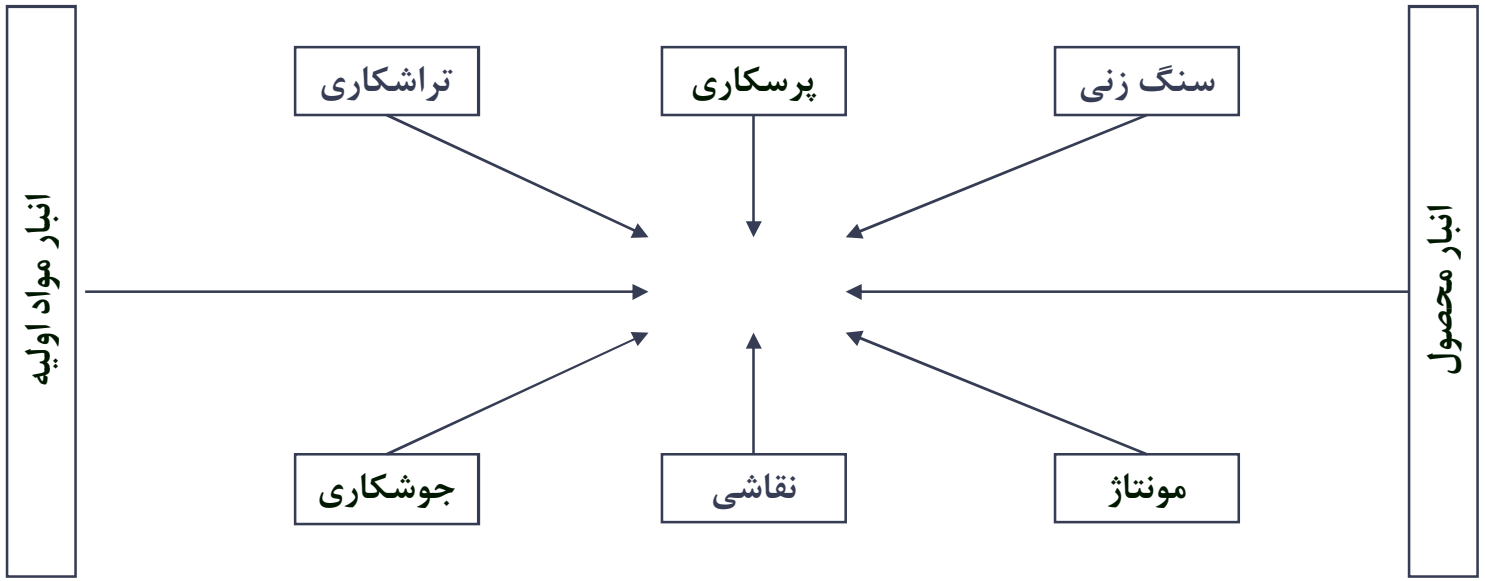
روش ثبات محصول

در این روش محصول به‌علت دارا بودن خصوصیات خاص فیزیکی در یک محل ثابت قرار می‌گیرند و اپراتور، ماشین‌آلات و قطعاتی که برای انجام پروسه موردنیاز می‌باشند را به‌این محل حمل می‌کنند. از جمله محصولاتی که با این روش ساخته می‌شوند می‌توان به‌کشتی، هواپیما و پرس‌های سنگین اشاره کرد. در این روش زیر مونتاژها (مثل صندلی هواپیما، موتور هواپیما) در خط تولید و به‌یکی از دو روش محصولی یا کارگاهی ساخته می‌شود و مونتاژ کلی توسط روش ثبات محصول صورت می‌گیرد. از مزیت‌های آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- بالا بودن میزان قابلیت انعطاف‌پذیری و ایجاد تغییرات در طرح محصول و امکان تولید محصولات مختلف.
- پایین بودن میزان حمل و نقل.
- پایین بودن میزان سرمایه‌گذاری.
- احساس همبستگی کارکنان نسبت به‌محصول.

www.ieun.ir

روش ثبات محصول



www.ieun.ir

روش تکنولوژی گروهی

این روش تقریباً شبیه طراحی بر اساس فرآیند است. تولید کارگاهی برای قطعاتی که دوره تولیدشان نسبتاً کوتاه است مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش هنگامی به‌کار می‌رود که چند محصول در طراحی یا روش ساخت با هم مشابهت داشته باشند.

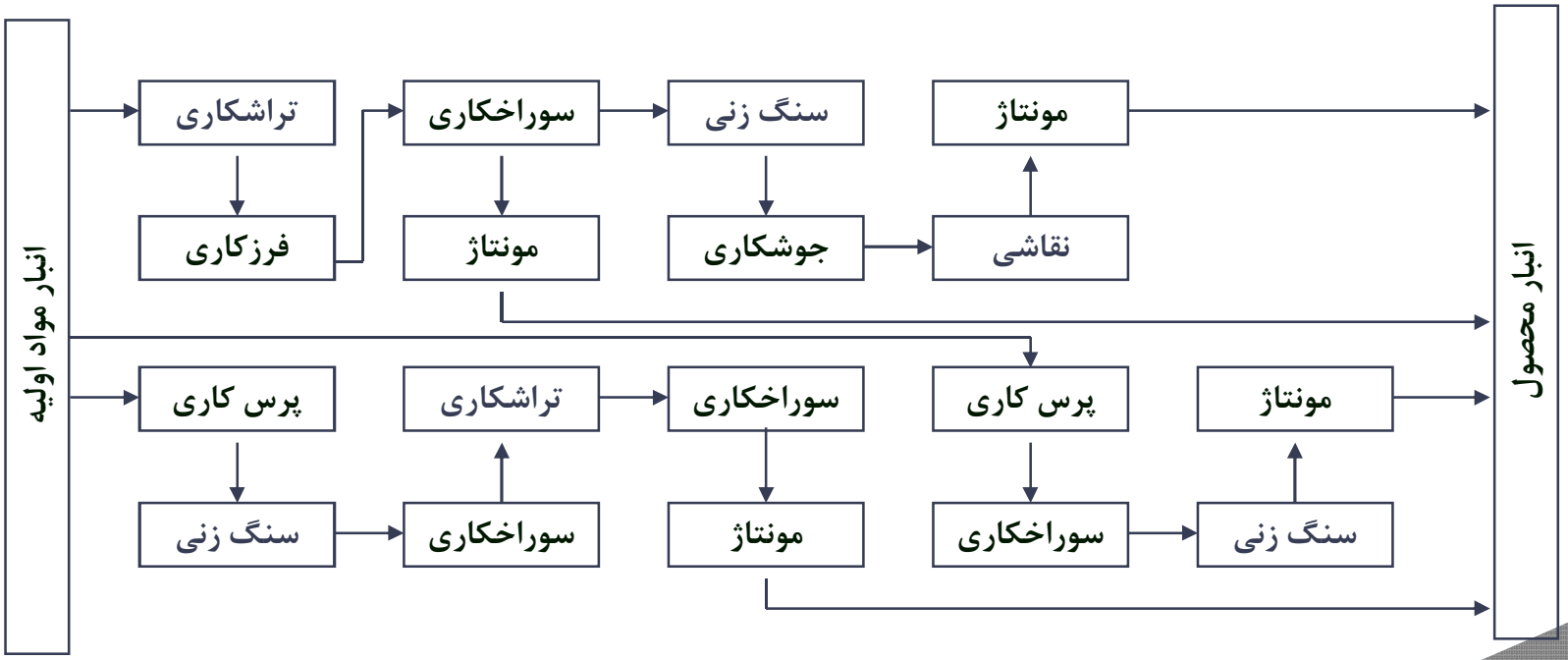
در این روش قطعاتی که اساساً غیرمشابه هستند، بدون در نظر گرفتن مورد استفاده و کاربرد آن‌ها و بر اساس تشابهاتی که از لحاظ اندازه و روش ساخت با هم دارند در خانواده‌هایی گروه‌بندی می‌شوند. به‌این ترتیب برای هر خانواده یک شبه خط تولید ایجاد می‌شود.

پس از این‌که قطعات گروه‌بندی شدند، وارد کارگاه می‌شوند که البته به‌آن سلول کاری گفته می‌شود. این سلول‌های کاری بر دو نوع دستی و اتوماتیک می‌باشند.

- *سلول دستی*
- *سلول غیردستی یا اتوماتیک*

www.ieun.ir

روش تکنولوژی گروهی - ادامه



www.ieun.ir

تکنیک‌های ترسیمی برای انتخاب روش استقرار

برای انتخاب روش استقرار ماشین‌آلات از روش‌های گوناگونی می‌توان بهره گرفت. در اینجا دو نمودار مهم را معرفی می‌کنیم که در انتخاب نوع استقرار مفید هستند. این نمودارها در ادامه تشریح شده‌اند.

۱- *نمودار هزینه- مقدار (C.Q)*

در این نمودار محور افقی نشان دهنده حجم تولید و محور عمودی نشان‌دهنده هزینه تولید است. هر یک از روش‌های استقرار دارای هزینه اولیه مشخصی جهت پیاده‌سازی هستند و همچنین تولید در هر یک از آن‌ها بسته به‌میزان تولید، دارای هزینه متغیر معینی است که با افزایش حجم تولید این هزینه‌ها با شیب مشخصی افزایش می‌یابند.

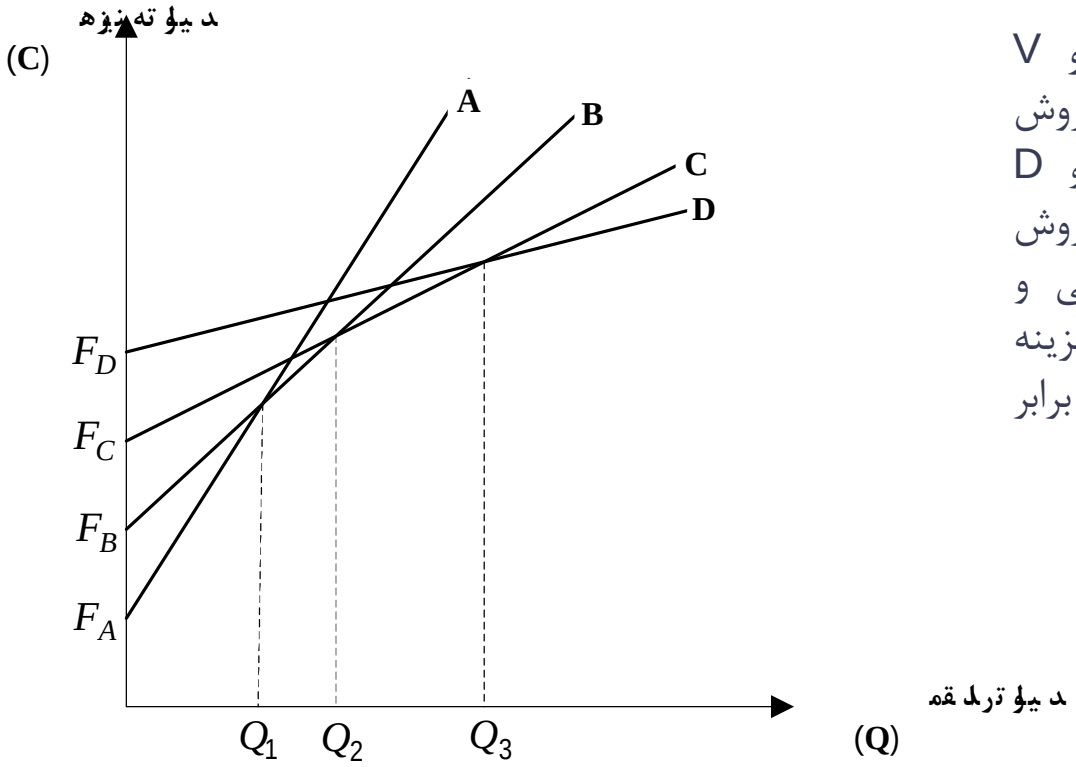
۲- *نمودار P.Q (نمودار محصول - یا تحلیل ABC)*

در اغلب کارخانه‌ها محصولات متنوعی تولید می‌شود و معمولاً درصد کمی از انواع محصولات درصد زیادی از میزان تولید را تشکیل می‌دهند (نوع A) بنابراین روش خط تولید برای A پیشنهاد می‌شود. حال اگر محصولات متنوع بیشتری وجود داشته باشد و تولید آن‌ها کم باشد، روش کارگاهی یا ثبات محصول (نوع C) استفاده می‌گردد. به‌همین ترتیب برای محصولاتی که دارای تنوع و حجم تولید متوسط باشد، بسته به‌شرایط ممکن است از ترکیبی از هر دو روش استفاده شود.

www.ieun.ir

نمودار هزینه- مقدار (C.Q)

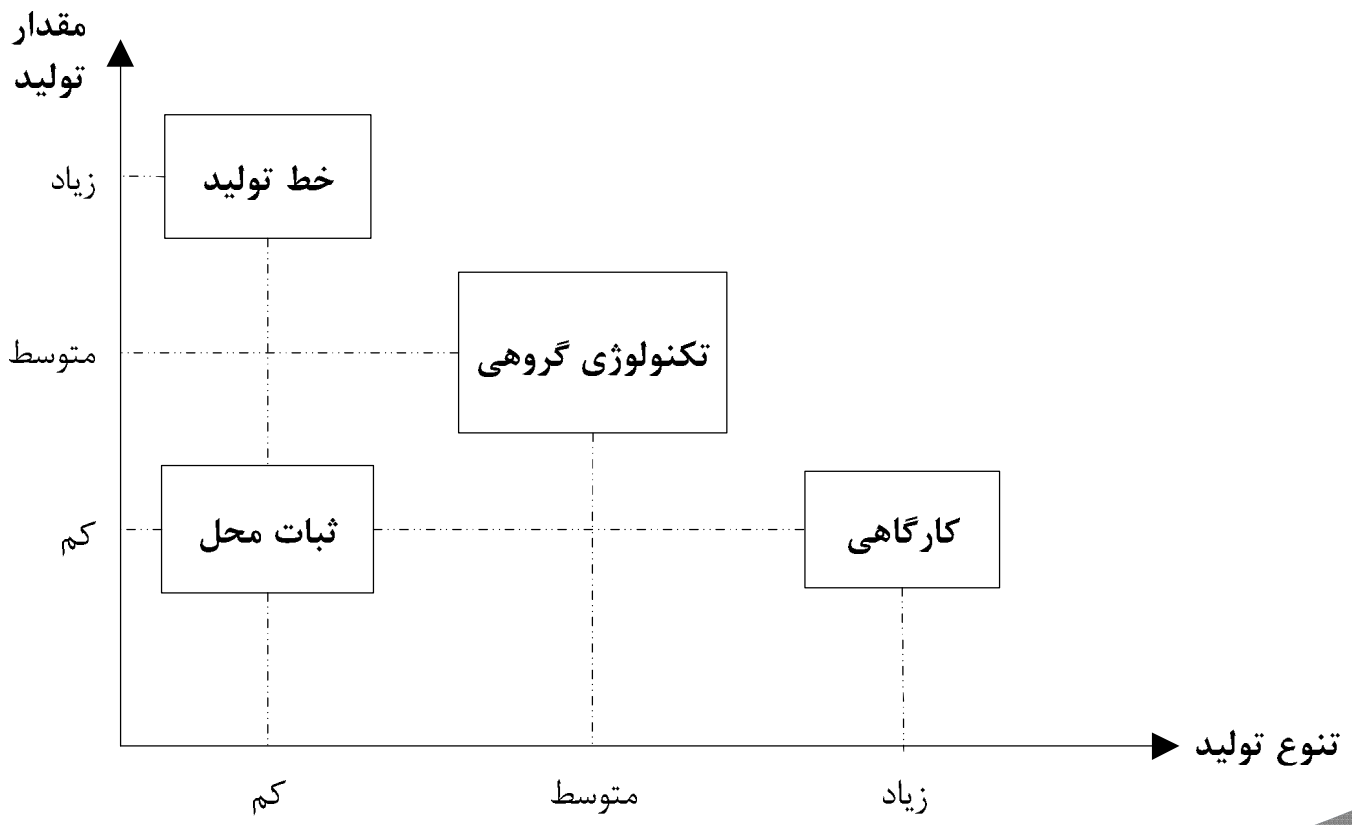
در این نمودار F هزینه ثابت و V هزینه‌های متغیر استفاده از یک روش استقرار می‌باشد و A، B، Cو D به‌ترتیب معرف روش ثبات محل، روش کارگاهی، روش تکنولوژی گروهی و روش خط تولید هستند. مقدار هزینه در محل تلاقی نمودارها با هم برابر است.



$$\begin{cases} F_A + V_A Q_1 = F_B + V_B Q_1 \\ F_B + V_B Q_2 = F_C + V_C Q_2 \\ F_C + V_C Q_3 = F_D + V_D Q_3 \end{cases}$$

www.ieun.ir

نمودار P.Q (نمودار محصول - یا تحلیل ABC)



www.ieun.ir

تکنیک‌های ترسیمی برای انتخاب روش استقرار

مساله: فرض کنید کارخانه‌ای برای استقرار ماشین‌آلات خود، سه روش تکنولوژی گروهی، کارگاهی و خط تولید را بررسی می‌نماید. هزینه‌های ثابت برای خط تولید ۴۶ برابر تکنولوژی گروهی و برای تکنولوژی گروهی ۱۰ برابر کارگاهی است. هزینه‌های متغیر برای کارگاهی ۱۰ برابر خط تولید و برای تکنولوژی گروهی ۴ برابر خط تولید است. معلوم کنید میزان تولید در زمانی که تصمیم به‌ایجاد خط تولید گرفته شود، چند برابر میزان تولید برای وقتی است که تصمیم به‌ایجاد تکنولوژی گروهی گرفته شود؟

فرض کنید B نماد روش کارگاهی، C تکنولوژی گروهی و D خط تولید باشد. داریم:

در نتیجه طبق آنالیز C.Q خواهیم داشت:

$$V_B = 10\,V_D \;,\; V_C = 4V_D \;,\; F_D = 46\,F_C \;,\; F_C = 10\,F_B$$

از طرفی داریم:

$$F_B + V_B Q_1 = F_C + V_C Q_1 \Rightarrow F_B + (10V_D)Q_1 = 10F_B + (4V_D)Q_1 \Rightarrow 9F_B = 6V_D Q_1$$

با توجه به‌نتایج بالا خواهیم داشت:

$$F_D + V_D Q_2 = F_C + V_C Q_2 \Rightarrow 46F_C + V_D Q_1 = 10F_B + (4V_D)Q_2 \Rightarrow$$
$$46(10F_B) + V_D Q_1 = 10F_B + (4V_D)Q \Rightarrow 450F_B = 3V_D Q_2$$

$$\begin{cases} 9F_B = 6V_D Q_1 \\ 36F_B = 3V_D Q_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{9}{450} = \frac{6Q_1}{3Q_2} \Rightarrow Q_2 = 100Q_1$$

www.ieun.ir

اتوماسیون صنعتی

اتوماسیون صنعتی از علوم جدید در ارتباط با مهندسی تولید می‌باشد که به‌کارگیری صحیح آن در یک کارخانه می‌تواند مزایای زیادی را به‌همراه داشته باشد.

اتوماسیون صنعتی به‌بهره‌گیری از رایانه‌ها بجای متصدیان انسانی برای کنترل دستگاه‌ها و فرایندهای صنعتی گفته می‌شود. اتوماسیون یک گام فراتر از مکانیزه کردن است. مکانیزه کردن به‌معنی فراهم کردن متصدیان انسانی با ابزار و دستگاه‌هایی است که ایشان را برای انجام بهتر کارشان یاری می‌رساند. در واقع اتوماسیون صنعتی عبارت است از هنر کاربرد ابزار مکانیکی در ورود قطعات به‌ماشین و خروج آن‌ها از ماشین، دور زدن و حرکت قطعات بین عملیات، انتقال دادن ضایعات و انجام این کارها در زمانی برابر با زمان کار ماشین‌آلات تولید، به‌نحوی که بتوان تمام یا قسمتی از خط تولید را توسط دکمه‌ای از ایستگاهی کنترل کرد. نمایان‌ترین و شناخته شده‌ترین بخش اتوماسیون صنعتی، ربات‌های صنعتی هستند.

www.ieun.ir

درجات اتوماسیون

- تولید به‌صورت سفارشی
- تولید کارگاهی
- تولید به‌صورت پیشرفته
- تولید نیمه اتوماتیک با به‌کارگیری نقاله‌ها
- تولید تمام اتوماتیک

www.ieun.ir

اهداف اتوماسیون

اتوماسیون اهداف زیادی را دنبال می‌کند که با پیاده‌سازی آن در یک کارخانه، دستیابی به‌این اهداف دور از دسترس نیست. از اهداف عمده و جانبی اتوماسیون می‌توان موارد زیر را برشمرد:

- افزایش ظرفیت تولید
- کاهش هزینه‌های مستقیم کارگری
- بهبود شرایط کاری (ایمنی، کاهش ساعات کاری، کار ساده‌تر و ...)
- عملیات بهتر (کاهش ضایعات، زمان رسیدن مواد به‌ماشین، زمان تنظیم ماشین و نیز کاهش فضا)
- منافع جانبی (افزایش فروش، اثر تبلیغاتی و ...)

www.ieun.ir

مزایا و معایب اتوماسیون

منافع اتوماسیون غالباً تولید بالاتر و بهبود کیفیت نسبت به‌حالت دستی است. در واقع هر چه درجه اتوماسیون بیشتر شود، میزان تولید افزایش و کیفیت به‌دلیل حذف خطاهای انسانی بهبود بیشتری می‌یابد.

از معایب آن نیز می‌توان به‌لزوم سرمایه‌گذاری زیاد برای طراحی و نصب و مشکلات موجود برای نصب این تجهیزات، مقاومت کارگران در برابر تکنولوژی جدید، انعطاف‌پذیری کمتر در میزان تولید، ریسک متروک شدن تجهیزات، دشوار بودن انتخاب اتوماسیون و پیچیدگی کار با یک تکنولوژی پیچیده، امکان قطع خدمات از سوی شرکت سازنده به‌دلایل مختلف همچون تحریم‌های سیاسی و ... اشاره کرد.

www.ieun.ir

فصل چهارم:

طراحی جریان مواد

www.ieun.ir

برنامه‌ریزی جریان مواد و فواید آن

به طور کلی جریان درست و مناسب مواد موجب بالارفتن کارایی کارخانه‌ها می‌شود. یکی از اهداف اصلی طراحی کارخانه ایجاد جریان موثر و مناسب مواد از میان وسایل تولید است یا به‌عبارت دیگر ایجاد یک جریان پیوسته و هموار مواد خود به‌خود باعث کاهش هزینه‌ها خواهد شد.

طرح الگوی جریان مواد فواید زیادی دارد و دستیابی به‌بسیاری از هدف‌های طراحی کارخانه را مقدور می‌سازد. بعضی از این فواید شامل موارد زیر می‌باشند:

- افزایش کارایی تولید
- استفاده بهتر از مساحت کارخانه
- ساده کردن انتقال مواد
- استفاده بهتر از ماشین‌آلات و تجهیزات و کمتر شدن زمان بیکاری
- کاهش زمان تولید
- کاهش موجودی محصول در حال ساخت
- استفاده بهتر از نیروی انسانی
- کاهش عیب‌دیدگی محصول
- کم کردن احتمال سانحه

www.ieun.ir

عوامل مورد بررسی در برنامه‌ریزی جریان مواد

در برنامه‌ریزی جریان مواد عوامل زیر قابل بررسی هستند:

۱- مواد و محصولات

۲- حرکت‌ها

۳- روش‌های انتقال

۴- فرآیندها

۵- ساختمان

۶- محل کارخانه

۷- کارمندان

۸- سایر عوامل از جمله هزینه‌ها، کنترل کیفیت، انعطاف پذیری، سطوح فعالیت و ...

www.ieun.ir

معیارهای برنامه‌ریزی جریان

می‌توان از معیارهای مهم در برنامه‌ریزی جریان مواد اشاره به‌موارد زیر داشت:

- جریان پیوسته- از دریافت تا ارسال
- جریان مستقیم- تا حد ممکن
- حداقل فاصله انتقال مواد بین فعالیت‌ها
- مواد سنگین کمترین فاصله را طی کنند
- با در نظر گرفتن تعداد نفرات، فراوانی رفت و آمدها و فضای موردنیاز، حرکت کارکنان حداقل باشد.
- بازگشت به‌عقب حداقل شود
- در صورت امکان از خط تولید استفاده شود
- عملیات ترکیب شوند، تا انتقال مواد از یک عملیات به‌عملیات دیگر حذف (حداقل) شود.
- انجام فرآیند با انتقال مواد توأم شود
- جریان مواد با پیکربندی ساختمان و محدودیت‌های آن، مقاومت ساختمان، محل ستون‌ها و فاصله آن‌ها سازگار باشد.

www.ieun.ir

الگوهای عمومی جریان مواد

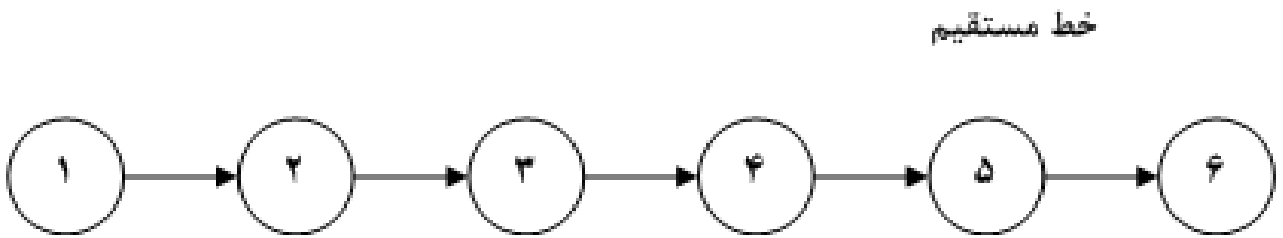
الگوی جریان مواد ممکن است به‌هزاران شکل مختلف باشد، اما علی‌القاعده با یکی از چند الگوی عمومی جریان همخوانی خواهد داشت. عوامل اصلی که باعث انتخاب پنج الگوی عمومی جریان مواد می‌شوند در ادامه بیان شده است.

- خط مستقیم
- Lشکل
- U شکل
- زیگزاگ
- دایره‌ای
- نامشخص

www.ieun.ir

جریان خط مستقیم

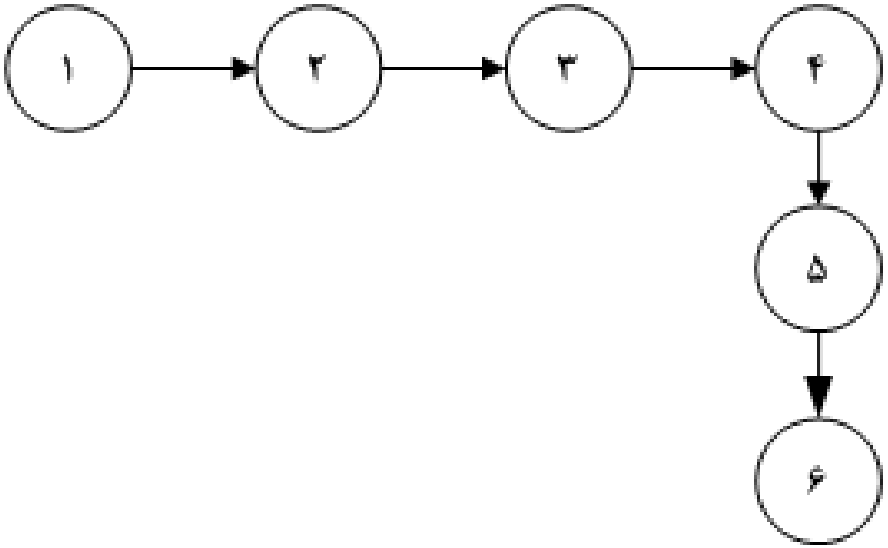
وقتی که فرآیند تولید کوتاه و ساده باشد، تعداد اجزای تشکیل دهنده محصول کم باشد، تعداد ماشین‌آلات کم باشد از این الگو استفاده می‌شود.



www.ieun.ir

L شکل

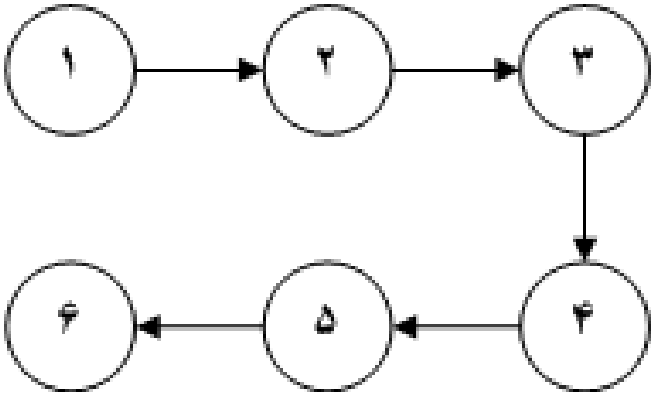
هنگامی مورد استفاده قرار می‌گیرد که تجهیزات و ماشین‌آلات نتوانند به صورت خط مستقیم کنار هم قرار گیرند یا هزینه استقرار آن‌ها به‌صورت خط مستقیم زیاد باشد.



www.ieun.ir

جریان U شکل

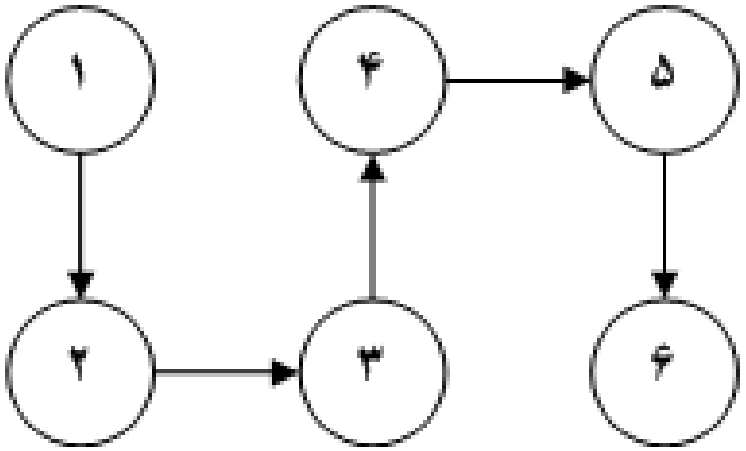
چنان‌چه تسهیلات عمومی حمل و نقل در یک طرف کارخانه باشند و یا لازم باشد که در مراحل اول و آخر تولید از وسایل مشترکی استفاده شود از این الگو استفاده می‌شود. در نتیجه محصول در پایان عملیات تولید مجدداً به‌همان محل شروع عملیات بازگردد. همچنین ممکن است به‌دلیل طولانی بودن خط تولید نسبت به‌فضای موجود از این الگو استفاده شود.



www.ieun.ir

جریان زیگزاگ

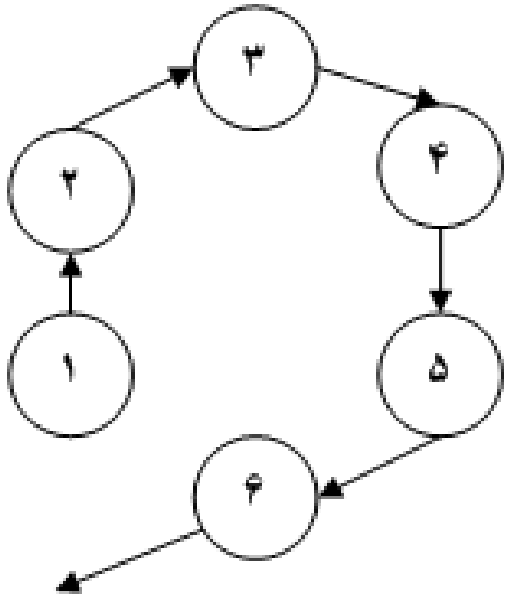
وقتی که خط تولید نسبت به‌فضای موجود طولانی باشد از این الگو استفاده می‌شود.



www.ieun.ir

جریان دایره‌ای

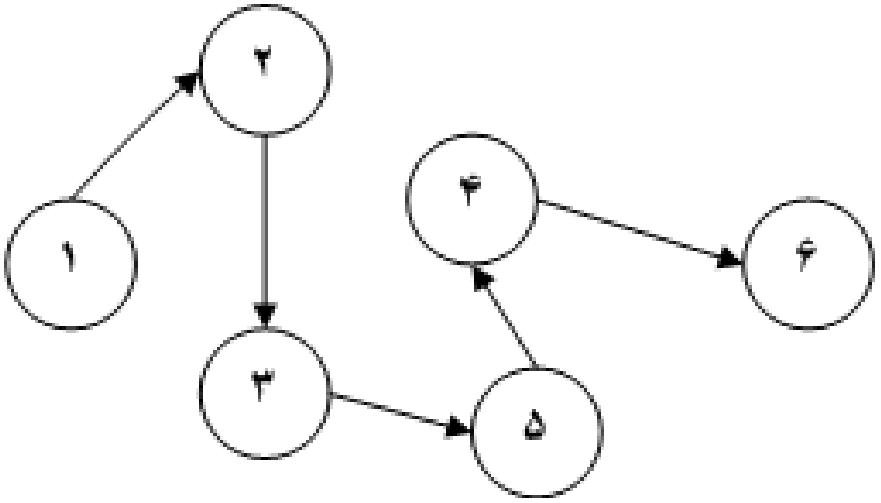
وقتی که لازم باشد محصول دقیقاً به‌محل شروع عملیات بازگردد و قسمت‌های دریافت و ارسال درست در یک محل باشند و یا از یک ماشین برای بار دوم استفاده شود این الگو به‌کار می‌رود.



www.ieun.ir

جریان نامشخص

شکل مشخصی نیست ولی عمومیت دارد. هدف از این الگو ایجاد کوتاهترین فاصله بین قسمت‌های مرتبط و بیشترین استفاده از فضای کارخانه است.



www.ieun.ir

طراحی الگوی جریان مواد

۱- بررسی تمامی عناصری که حرکت می‌کنند
۲- جمع آوری اطلاعات
۳- مرور عوامل مؤثر در جریان
۴- مرور معیارهای برنامه‌ریزی جریان
۵- بررسی ترکیب‌های مختلف در ارتباط با محصول، فعالیت و عناصر یا قسمت‌های آن.
۶- مرور روش‌های تحلیلی جریان مواد
۷- استفاده از روش‌هایی که برای ثبت، محاسبه، تحلیل، ترکیب و تلفیق جریان مواد، افراد، تجهیزات، و اطلاعات در قدم ۶ انتخاب کرده‌اید.
۸- تهیه چند طرح اولیه الگوی جریان با توجه به‌روش‌های تحلیلی.
۹- مرور و ارزیابی الگوی پیشنهادی
۱۰- تجدیدنظر و تکمیل کروکی طرح‌ها
۱۱- ترکیب خصوصیات مثبت همه گزینه‌ها در الگو
۱۲- کنترل مجدد الگوی پیشنهادی بر اساس عوامل و ملاک‌های ارزیابی جریان
۱۳-ترسیم الگوی پیشنهادی جریان

www.ieun.ir

روش‌های تحلیل جریان مواد

- نمودار مونتاژ
- نمودار فرآیند عملیات
- نمودار شدت جریان
- نمودار فرآیند چندمحصولی
- شکل ریسمانی
- نمودار فرآیند
- شکل جریان
- نمودار فرآیند جریان
- نمودار از-به
- نمودار رویه

www.ieun.ir

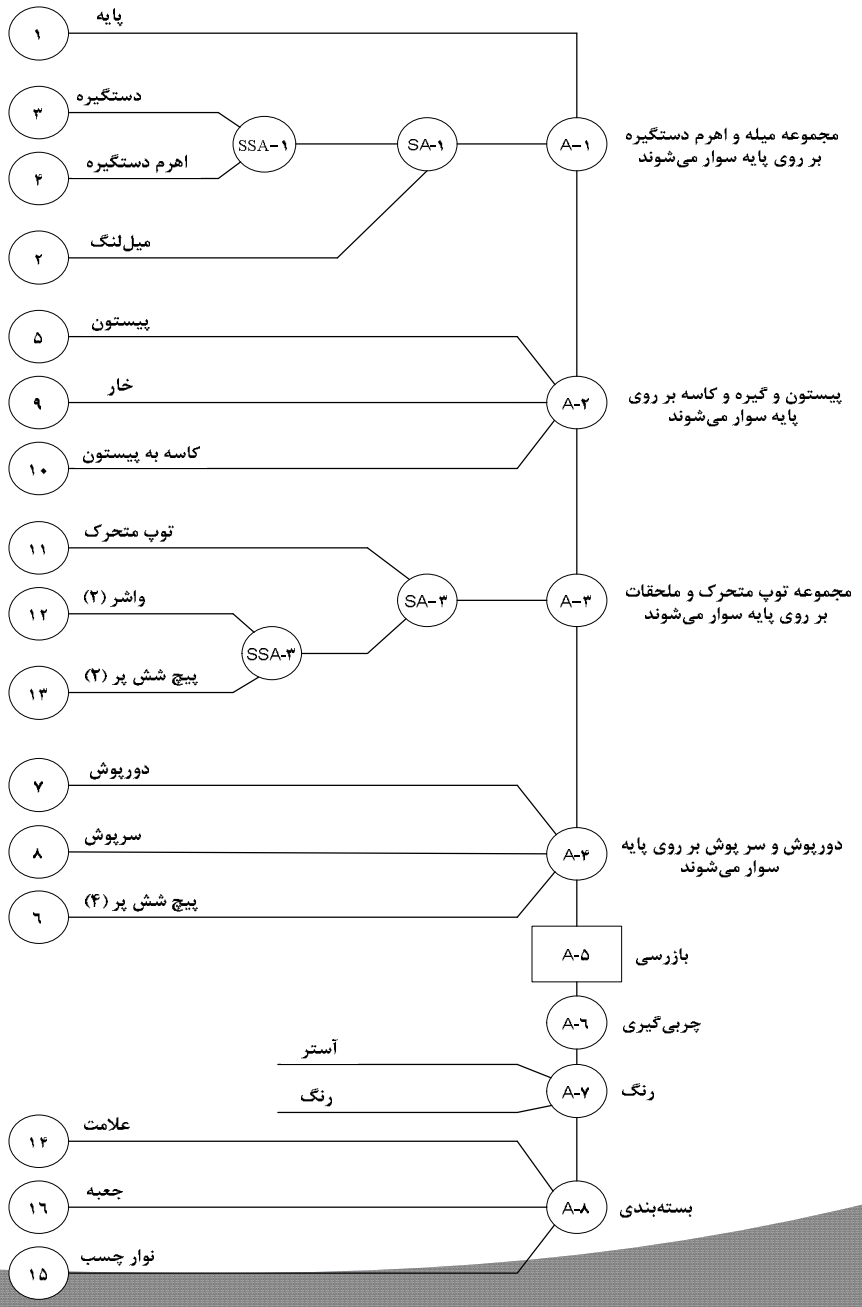
نمادهای مورد استفاده در نمودارها

عملیات : تغییر خواص فیزیکی ، شیمیایی- مونتاژ- دریافت وانتقال اطلاعات- برنامه ریزی	
حمل و نقل یا جابه‌جایی: حرکت مواد، قطعات، محصولات از نقطه ای به‌نقطه ای دیگر	
بازرسی: شناسایی، تعیین مقدار، کنترل کیفیت ...	
تأخیر یا انتظار: انتظار مواد، قطعات و محصولات به‌واسطه شرایطی برا ی عملیات بعدی را گویند.	
انبار : حفاظت و نگهداری مواد، قطعات و محصولات در مکانهای از پیش تعیین شده را گویند.	
به مفهوم انجام بازرسی حین عملیات است.	

www.ieun.ir

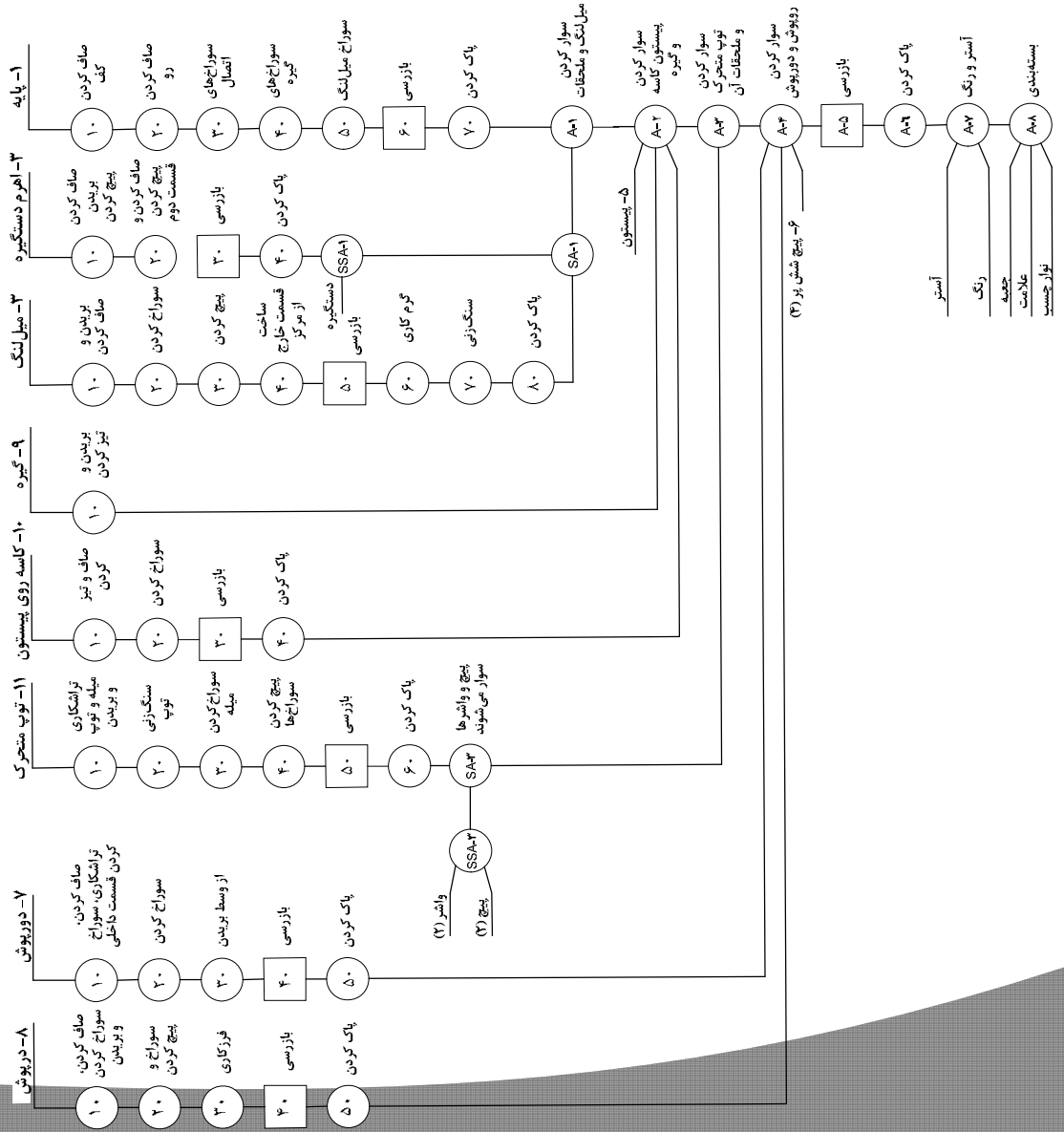
نمودار مونتاژ

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



www.ieun.ir

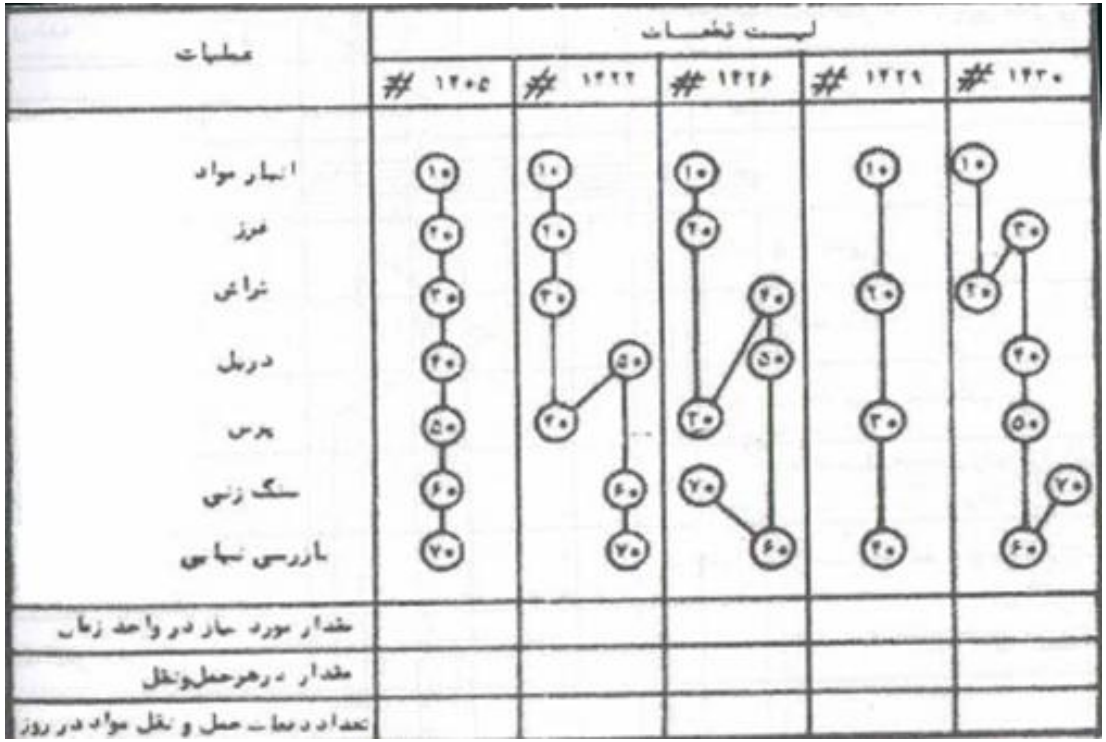
نمودار فرایند عملیات (OPC)



در نمودار فرآیند عملیات، علاوه بر ترتیب سوار کردن قطعات، کلیه عملیات و بازرسی‌ها در طول فرآیند تولید محصول نیز نشان داده می‌شود. از این‌رو، این نمودار الگوی جریان مواد را به‌طرز بهتری تصویر می‌کند و ابزار مناسبی برای برنامه‌ریزی و کنترل است.

www.ieun.ir

نمودار فرآیند چندمحصولی

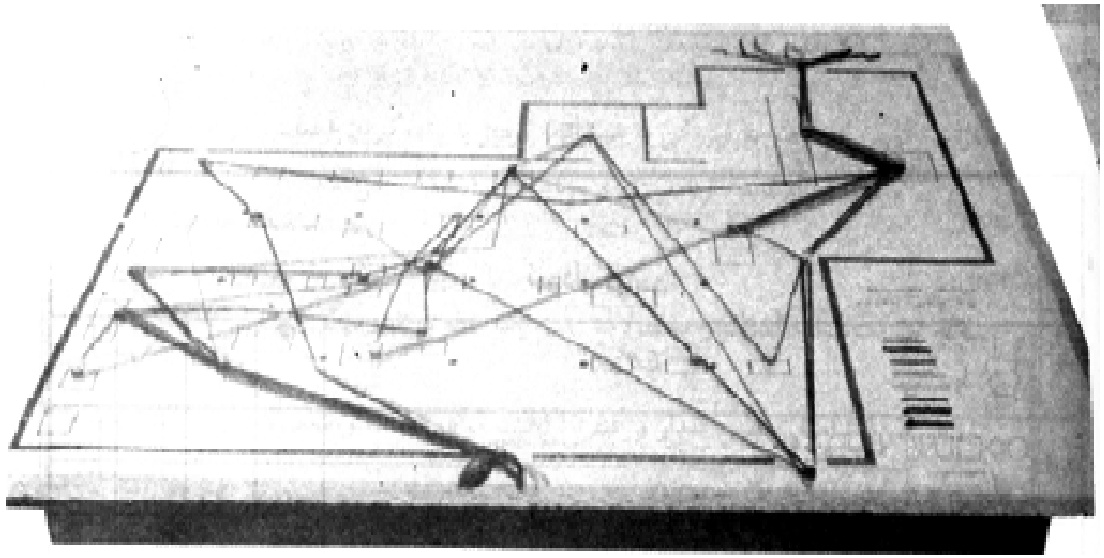


وقتی که در کارخانه سه یا چهار محصول تولید شوند، بهتر است برای هر کدام یک نمودار فرآیند عملیات تهیه گردد. اما چنان‌چه تنوع محصولات زیاد باشد، معمولاً از نمودار فرآیند چندمحصولی استفاده می‌شود. در ستون اول سمت چپ این نمودار، نام فعالیت‌ها و در سطر اول آن نام محصولات یا قطعات نوشته می‌شود. به این ترتیب، می‌توان مسیر تولید قطعات مختلف یک محصول و یا محصولات مختلف را با یکدیگر مقایسه نمود. این نمودار برای آگاهی از تعداد برگشت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، در عین حال، نشان می‌دهد که مواد بیشتر بین کدام قسمت‌ها رد و بدل می‌شوند، و در نتیجه کدام قسمت‌ها باید به‌یکدیگر نزدیک‌تر باشند.

www.ieun.ir

شکل ریسمانی

غالباً برای آگاهی از جریان کلی مواد در کارخانه از شکل ریسمانی استفاده می‌شود. برای این منظور ابتدا نقشه‌ای از محل کارخانه با مقیاس مناسب تهیه می‌گردد. سپس برای مسیر حرکت هر یک از عناصر به‌کمک یک نوار، نخ یا ریسمان بر روی این نقشه نشان داده می‌شود. برای هر عنصر از یک رنگ خاص استفاده می‌گردد و در محل هر فعالیت، ریسمان با سنجاق یا میخ به‌نقشه متصل می‌شود.



www.ieun.ir

نمودار فرآیند

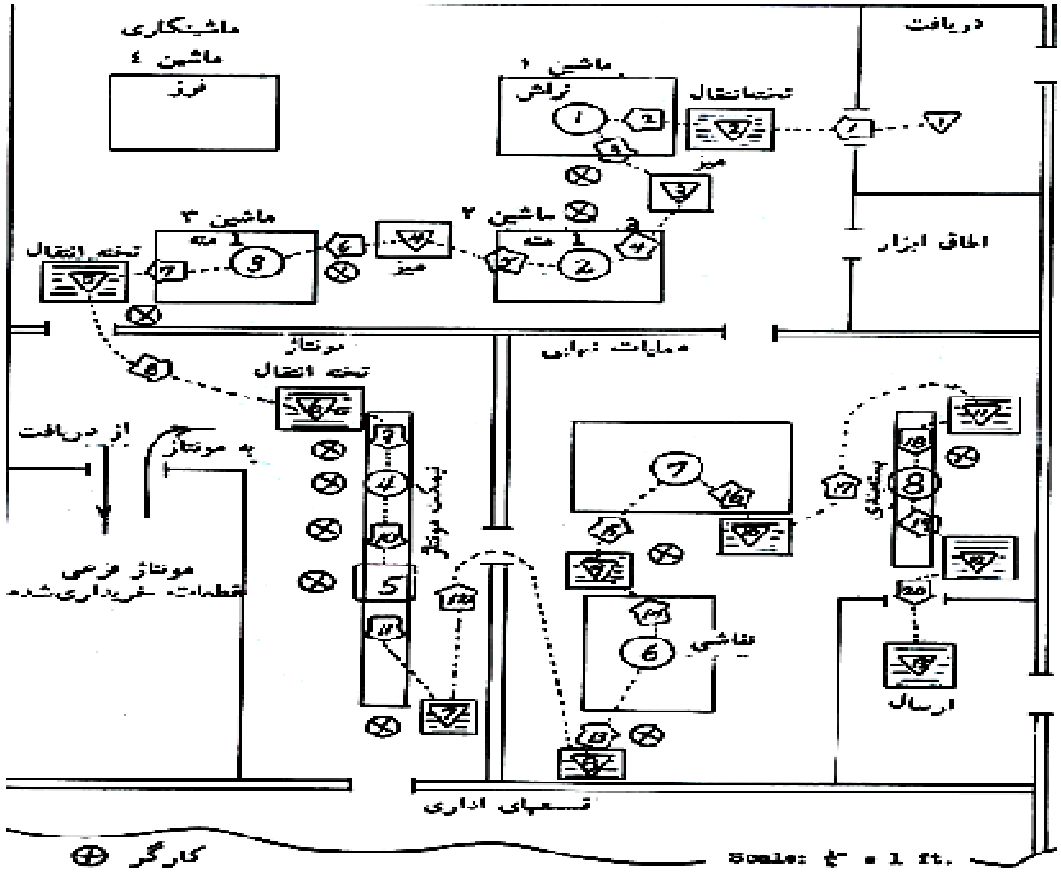
نمودار فرآیند، کلیه عملیات، بازرسی‌ها، حمل و نقل‌ها، تأخیرها و انبارهای لازم برای تولید محصول را نشان می‌دهد. این نمودار از جمله متداول‌ترین و قدیمی‌ترین ابزارها برای تحلیل و طرح‌ریزی جریان مواد است. نمودار فرآیند نسبت به‌نمودار مونتاژ و نمودار فرآیند عملیات حاوی اطلاعات بیشتری است.

شرح	فاصله (متر)	زمان (دقیقه)	ترتیب فرآیند					
			عملیات	حمل‌ونقل	انبار	تاخیر	بازرسی کمی	بازرسی کیفی
در واگن (انبار)			○	⇨	▽	D	□	◇
به طرف ماشین	۳.۲	۰.۱۵	○	⇨	▽	D	□	◇
در کنار ماشین	---	---	○	⇨	▽	D	□	◇
بر روی ماشین	۰.۳	۰.۲	○	⇨	▽	D	□	◇
تراش‌کاری	۰.۲۳	۰.۳۳	○	⇨	▽	D	□	◇
به طرف میز	۱.۳	۰.۲	○	⇨	▽	D	□	◇
به روی میز	---	---	○	⇨	▽	D	□	◇
به طرف ماشین	۱.۵	۰.۲۲	○	⇨	▽	D	□	◇
سوراخ‌کاری	۰.۰۵	۰.۲۵	○	⇨	▽	D	□	◇
به طرف میز	۲.۱	۰.۳۵	○	⇨	▽	D	□	◇
روی میز	---	---	○	⇨	▽	D	□	◇
به طرف و بر روی ماشین	۲.۵	۰.۵۵	○	⇨	▽	D	□	◇
سوراخ‌کاری	۰.۰۵	۰.۲۵	○	⇨	▽	D	□	◇
به طرف تخته‌های انتقال	۱.۸	۰.۲۶	○	⇨	▽	D	□	◇
روی تخته‌های انتقال	---	---	○	⇨	▽	D	□	◇
به طرف قسمت مونتاژ	۲.۴	۰.۳	○	⇨	▽	D	□	◇
در کنار نیمکت مونتاژ	---	---	○	⇨	▽	D	□	◇
روی نیمکت مونتاژ	۰.۳	۰.۰۸	○	⇨	▽	D	□	◇
مونتاژ	---	۵	○	⇨	▽	D	□	◇
به طرف قسمت بازرسی	۳	۰.۲۸	○	⇨	▽	D	□	◇
بازرسی	---	۱	○	⇨	▽	D	□	◇
به طرف تخته‌های انتقال	۲.۵	۰.۲۵	○	⇨	▽	D	□	◇

www.ieun.ir

شکل جریان

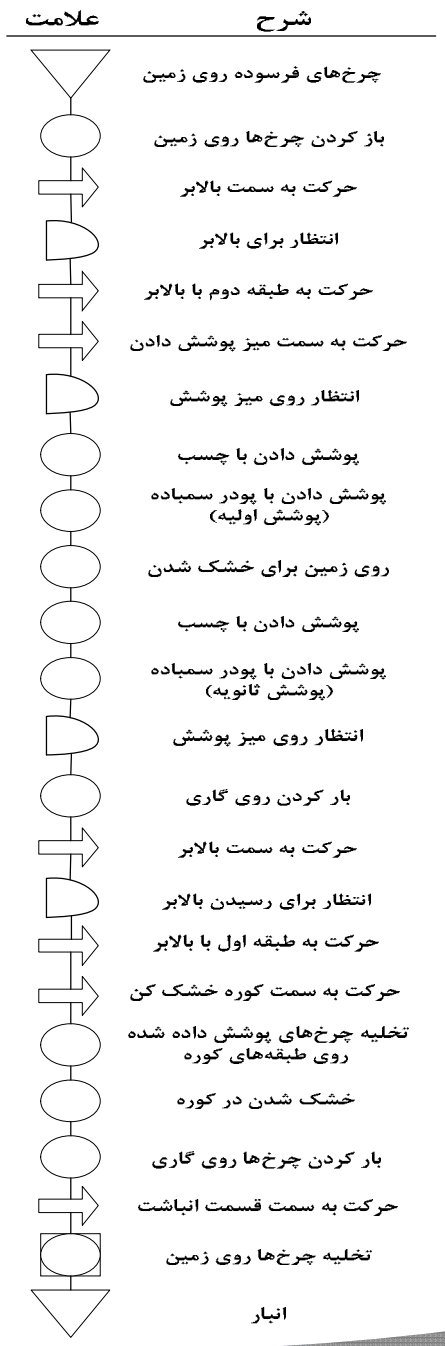
در شکل جریان، کلیه عملیات، بازرسی‌ها، حمل و نقل‌ها، تأخیرها و انبارکردن‌ها بر روی شکلی با مقیاس مناسب از منطقه‌ی موردنظر نشان داده می‌شود. شکل جریان پشتوانه نمودار فرآیند است.



www.ieun.ir

نمودار فرآیند جریان

نمودار فرآیند جریان از ترکیب نمودار فرآیند عملیات و نمودار فرآیند حاصل می‌شود. این نمودار کاملترین وسیله برای نشان دادن کلیه‌ی فعالیت‌هایی است که بر روی یک محصول انجام می‌گردند. برای سایر قطعات نیز می‌توان این نمودار را به‌همین ترتیب تهیه کرد.



www.ieun.ir

نمودار از - به

نمودار از - به‌یکی از ابزارهای متداولی است که در طرح‌ریزی محل ماشین‌آلات و بررسی انتقال مواد به‌کار گرفته می‌شود. این نمودار به‌خصوص در مواردی که حرکت‌های زیاد بین قسمت‌های مختلف وجود داشته باشند، مفید واقع می‌گردد.

از \ به	انبار مواد اولیه	تراش‌کاری	مته‌کاری	فرزکاری	پرس‌کاری	بازرسی نهایی	برش‌کاری	حفره کاری	تیز کردن	سنگ زنی	جمع
انبار مواد اولیه		۲	۸			۱	۴		۲		۱۷
تراش‌کاری			۱	۲			۱			۱	۵
مته‌کاری		۲		۴			۱		۱	۳	۱۱
فرزکاری		۱			۱		۲	۱		۵	۱۰
پرس‌کاری				۱							۱
بازرسی نهایی				۱						۱	۲
برش‌کاری				۲						۶	۸
حفره کاری										۱	۱
تیز کردن			۲			۱					۳
سنگ زنی											
جمع		۵	۱۱	۱۰	۱	۲	۸	۱	۳	۱۷	۵۸ / ۵۸

www.ieun.ir

نمودار رویه

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

———	خط راست نشان‌دهنده حرکت فرم‌های کتبی است. تا جایی‌که ممکن است برای هر برگ یک خط زده می‌شود.
∿∿∿	خط دندانه‌دار نشانه ارتباط شفاهی است.
– – – –	خط‌چین نشان‌دهنده حرکت محصول، محموله یا تجهیزات است.
◯	دایره بزرگ نشانه انجام عمل است و باید از سایر علائم بزرگ‌تر بوده و حالت حاکم را داشته باشد.
▽	نشانه انبار شدن محصول است.
□	نشانه بازرسی
LS M R T	نشانه پیدایش فرم
▽	نشانه بایگانی فرم
▼	نشانه از بین بردن فرم

www.ieun.ir

نمودار رویه - ادامه

قدم‌ها	شرح	محل‌های تصمیم یا عمل					
		کارمند سفارشات تولید	سرپرست تولید	کنترل مواد	سرپرست تراک‌ها	راننده تراک	انبار
۱		PO					
۲	کنترل کننده مواد، مقدار سفارش را از موجودی کم می‌کند	PO(۵)	PO(۴)	PO(۳)	MO		PO(۱)
۳	صدور حواله انتقال				PO(۲) MO(۳)		
۴			MO(۱)	MO(۲)		MO(۴)	
۵			MO(۱)	MO(۲)	M MO(۴)		M
۶	سرپرست کار را تخصیص می‌دهد		M MO(۴)				

www.ieun.ir

فصل پنجم:

محاسبات مربوط به‌تولید

www.ieun.ir

تخمین ضایعات و دوباره‌کاری

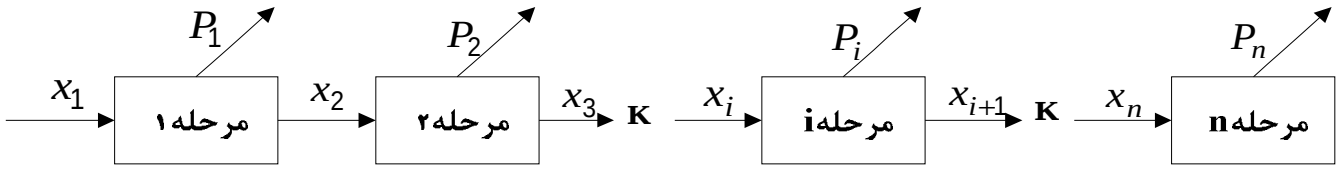
به‌طور کلی در پروسه تولید یک محصول پس از انجام عملیات توسط یک ماشین تولیدی و بازرسی قطعات تولید شده، یا به‌عنوان قطعه سالم مورد قبول واقع می‌شوند و یا به‌عنوان ضایعات دور ریخته می‌شوند و یا اینکه برای دوباره‌کاری فرستاده می‌شوند.

در رابطه با خرابی‌ها و ضایعات سه مقوله زیر قابل بررسی است:

- حالت اول: فقط خرابی مطرح است و دوباره کاری وجود ندارد،
- حالت دوم: علاوه بر خرابی، دوباره کاری نیز وجود دارد،
- حالت سوم: در این حالت اپراتور بعد از عمل قطعه را بررسی می کند و بسته به‌وضعی که دارد قطعه را به‌یک یا چند مرحله قبل تر باز می گرداند.

www.ieun.ir

حالت اول: فقط خرابی مطرح است و دوباره کاری وجود ندارد



اگر تولید محصولی شامل n مرحله متوالی با درصد ضایعات معلوم (P_i) باشد و بخواهیم تعداد N قطعه سالم در پایان مرحله nام تولید کنیم، تعداد قطعات ورودی به‌هر مرحله از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$x_n = \frac{N}{1-P_n}$$

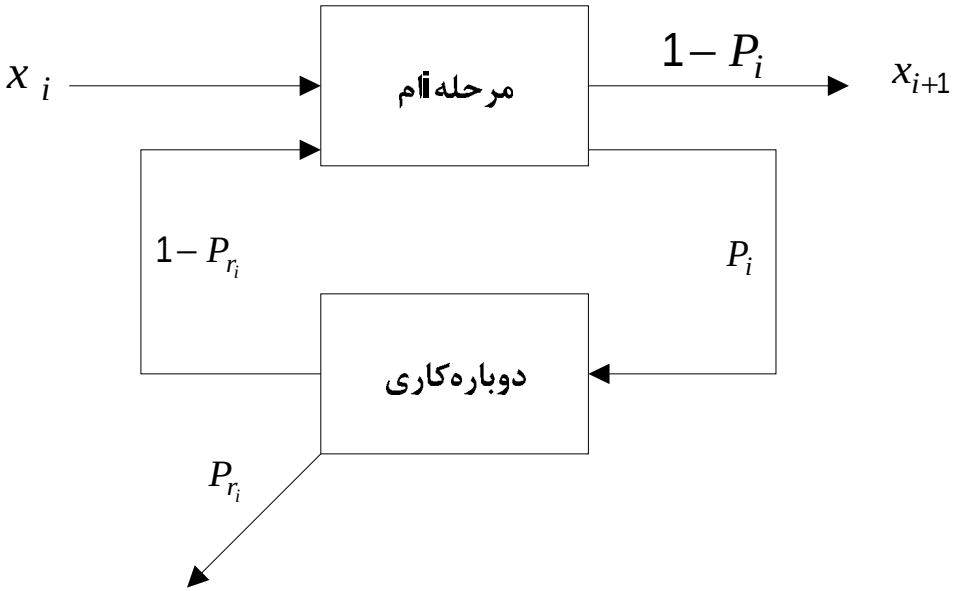
$$x_{n-1} = \frac{x_n}{1-P_{n-1}} = \frac{N}{(1-P_n)(1-P_{n-1})}$$

M

$$x_1 = \frac{N}{(1-P_n)(1-P_{n-1})\,\mathbf{K}\,(1-P_1)} = \frac{N}{\prod_{i=1}^{n}(1-P_i)}$$

www.ieun.ir

حالت دوم: علاوه بر خرابی، دوباره کاری نیز وجود دارد



فرض کنید در یکی از مراحل تولید، به‌عنوان مثال مرحله iام، روی قطعات ورودی بازرسی انجام شود؛ به‌نحوی که احتمال قبولی هر قطعه ورودی به‌عنوان قطعه سالم معادل P_i و $1-P_i$ احتمال نیاز آن به‌دوباره‌کاری باشد، در صورتی که قطعه به‌دوباره‌کاری برود با احتمال ضایعات P_{r_i} و با احتمال $1-P_{r_i}$ از دوباره‌کاری سالم بیرون می‌آید.

$$x_{i+1} = x_i(1-p_i) + x_i P_i (1-P_{r_i})(1-P_i) + x_i P_i (1-P_{r_i}) P_i (1-P_{r_i})(1-P_i) + \ldots$$

$$x_{i+1} = x_i(1-p_i) + x_i P_i (1-P_{r_i})(1-P_i) + x_i (1-P_i) P_i^{\,2} (1-P_{r_i})^2 + \ldots$$

www.ieun.ir

حالت دوم - ادامه

همان‌طور که مشخص است x_{i+1} مجموع یک تصاعد هندسی است در نتیجه خواهیم داشت:

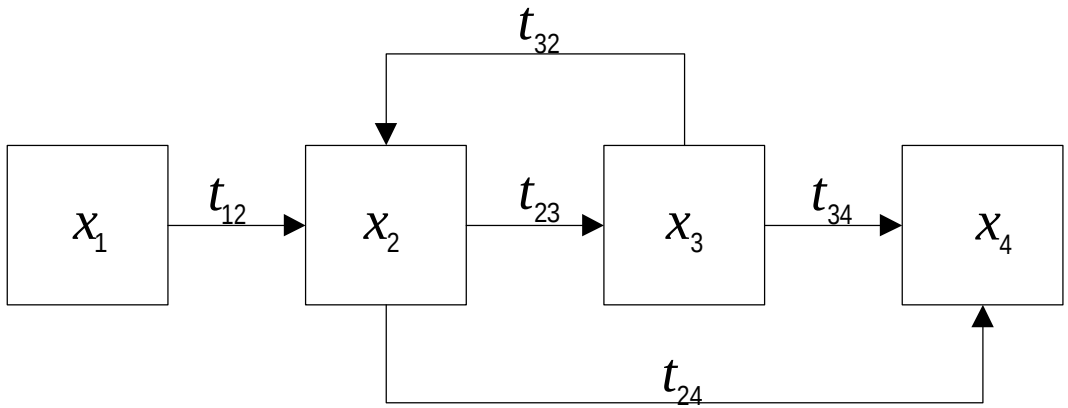
$$x_{i+1} = \frac{x_i(1-p_i)}{1-p_i(1-p_{r_i})}$$

$$P = \text{احتمال سالم بودن قطعه} = \frac{1-p_i}{1-p_i(1-p_{r_i})}$$

$$x_i = \frac{x_{i+1}}{1-p}$$

www.ieun.ir

حالت سوم: در این حالت اپراتور بعد از عمل قطعه را بررسی می کند و بسته به‌وضعی که دارد قطعه را به‌یک یا چند مرحله قبل تر باز می‌گرداند.



در صورتی‌که x_j تعداد قطعات ورودی به‌مرحله jام و x_i تعداد قطعات ورودی از مرحله iام به‌مرحله jام باشد و t_{ij} درصد انتقال از مرحله iام به‌مرحله jام باشد، خواهیم داشت

$$x_j = \sum_i t_{ij}.x_i$$

www.ieun.ir

محاسبه تعداد ماشین‌آلات موردنیاز (کسر ماشین آلات)

کسر ماشین‌آلات در واقع درصدی از وقت موجود ماشین است که صرف یک عملیات خاص می‌شود. بسته به‌اینکه فرآیند تولید چگونه است، راه کارهای متفاوتی وجود دارد، اما به‌طور کلی فرمول محاسبه کسر ماشین‌آلات به‌صورت زیر است:

در محاسبه کسر ماشین‌آلات پارامترهای زیر مدنظر است:

- Xi= تعداد قطعات سالم ورودی به‌مرحله iام.
- T_s= زمان استاندارد جهت کامل کردن عملیات هر قطعه که عکس ظرفیت یا توان ماشین است.
- T_c= زمان در دسترس برای تولید هر قطعه در دوره موردنظر.
- a = درصد ضایعات قطعات خروجی از ماشین
- b = راندمان ماشین‌آلات
- N= کسر ماشین مورد نیاز.

$$N = \frac{T_s . x_i}{T_c . b} \quad , \quad x_i = \frac{x_{i+1}}{(1-a)}$$

www.ieun.ir

محاسبه تعداد ماشین‌آلات موردنیاز - ادامه

حال اگر لازم باشد که از یک ماشین تولیدی برای تولید چندین نوع قطعه استفاده شود؛ به‌گونه‌ای که برای تولید هر دسته از این قطعات نیاز به‌زمان آماده‌سازی دستگاه باشد، باید کمی تغییر در فرمول بیان شده ایجاد شود. در نتیجه با لحاظ کردن زمان آماده‌سازی در رابطه قبل خواهیم داشت:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^{m} T_{si}\,(x_i / b) + \sum_{i=1}^{m} s_i}{T_c}$$

www.ieun.ir

مثال برای محاسبه تعداد ماشین‌آلات موردنیاز

فرض کنید که ماشین xقادر باشد قطعات A,B,C را تولید کند. جزئیات مربوط به‌تولید هر قطعه در جدول زیر آمده است. با توجه به‌این‌که راندمان ماشین ۹۵% و ضایعات آن ۵% است و این‌که مقدار زمان در دسترس برای تولید در هفته ۴۸ ساعت است، برای تعیین تعداد ماشین‌آلات لازم از نوع xباید از فرمول بیان شده در بالا استفاده کنیم. در نتیجه خواهیم داشت:

	محصول		
	A	B	C
تقاضای هفتگی	۱۰۰۰	۵۰۰۰	۳۵۰۰
زمان استاندارد (دقیقه)	۱	۰/۶	۰/۲
زمان آماده‌سازی (دقیقه)	۳۰	۵۰	۱۰
تعداد دفعات آماده سازی	۱	۴	۶

www.ieun.ir

کل زمان آماده‌سازی $= \sum_{i=1}^{۲} s_i = \frac{(۱\times۲۰)+(۴\times۵۰)+(۶\times۱۰)}{۶۰} =$ ۴.۸۴ ساعت

تقاضای واقعی مورد نیاز قطعه A $= \frac{۱۰۰۰}{۰.۹۵\times(۱-۰.۰۵)} =$ ۱۱۰۸

تقاضای واقعی مورد نیاز قطعه B $= \frac{۵۰۰۰}{۰.۹۵\times(۱-۰.۰۵)} =$ ۵۵۴۰

تقاضای واقعی مورد نیاز قطعه C $= \frac{۲۵۰۰}{۰.۹۵\times(۱-۰.۰۵)} =$ ۲۹۲۴

در نتیجه کل زمان خالص تولید برابر است با:

کل زمان خالص تولید $= \frac{(۱۱۰۸\times۱)+(۵۵۴۰\times۰.۶)+(۲۹۲۴\times۰.۲)}{۶۰} =$ ۸۲.۶ ساعت

حال از مجموع کل زمان آماده‌سازی و کل زمان خالص تولید، کل زمان تولید به‌دست می‌آید

کل زمان تولید $= ۸۲.۶ + ۴.۸۴ =$ ۸۸.۴۴ ساعت

در نتیجه تعداد ماشین مورد نیاز برابر است با:

$$N = \frac{\text{کل زمان تولید}}{\text{ساعت هفته}} = \frac{۸۸.۴۴}{۴۸} = ۱.۸۳$$

www.ieun.ir

محاسبه نیروی انسانی لازم برای انجام هر عملیات درخط تولید

همواره نیاز است که تعداد نیروی انسانی مورد نیاز برای هر عملیات تولیدی مشخص شود تا بتوان برآورد مناسبی از هزینه‌های نیروی انسانی به‌عمل آورد.

در محاسبه تعداد نیروی انسانی مورد نیاز دو بعد کمی و کیفی قابل بررسی است. از دیدگاه کیفی عوامل زیر مطرح است:

- نوع عملیاتی که باید انجام شود (تولیدی یا غیرتولیدی)
- سطح تکنولوژی به‌کار رفته در انجام عملیات.
- سطح کیفیت مورد انتظار (ماهر، نیمه‌ماهر، ساده)
- مسایل اقتصادی (حقوق و دستمزد)
- وضعیت اشتغال و سطح تخصصی موجود در جامعه.

از دیدگاه کمی نیز عوامل زیر قابل بررسی می‌باشند:

- ظرفیت
- زمان عملیات
- محدودیت‌های فیزیکی کار
- نوع تجهیزات به‌کار برده شده.

www.ieun.ir

محاسبه نیروی انسانی لازم برای
انجام هر عملیات درخط تولید - ادامه

برای محاسبه تعداد نیروی انسانی مورد نیاز هر ایستگاه کاری ابتدا باید نرخ خروجی مورد انتظار (R) آن ایستگاه را محاسبه کرد.

$$R = \frac{\text{زمان مؤثر تولید}}{\text{تعداد محصول موردنیاز}}$$

پس از مشخص شدن نرخ خروجی مورد انتظار می‌توان با تقسیم زمان استاندارد عملیات در ایستگاه مورد نظر (t_i) بر آن، تعداد نیروی انسانی مورد نیاز در آن ایستگاه را مشخص کرد.

$$n = \frac{t_i}{R}$$

www.ieun.ir

مثال برای محاسبه نیروی انسانی

فرض کنید یک خط تولید با ۴ عملیات داشته باشیم. این خط تولید روزانه ۸ ساعت مشغول به‌کار است که در بین آن دو وقت ۲۰ دقیقه‌ای جهت استراحت متوقف می‌شود. تعداد محصول مورد نیاز در هر روز نیز ۳۲۰ عدد است. سایر اطلاعات نیز در جدول زیرآمده است.

عملیات	زمان استاندارد به‌دقیقه	نرخ خروجی مورد انتظار	تعداد تئوریک نیروی انسانی	تعداد واقعی نیروی انسانی
۱	۵.۴۵	۱.۳۷۵	۳.۹۶	۴
۲	۲.۱۸	۱.۳۷۵	۱.۵۸	۲
۳	۱.۰۹	۱.۳۷۵	۰.۷۹	۱
۴	۶.۵۴	۱.۳۷۵	۴.۷۵	۵

www.ieun.ir

برای تعیین تعداد نیروی انسانی مورد نیاز همان‌طور که بیان شد باید ابتدا نرخ خروجی مورد انتظار را به‌دست آورد.

$$\text{نرخ خروجی مورد انتظار} = \frac{480-2(20)}{320} = 1.375$$

سپس با تقسیم زمان استاندارد بر نرخ خروجی مورد انتظار نتایج درج شده در جدول اسلاید قبل بدست می‌آیند.

در نتیجه تعداد کل نیروی انسانی مورد نیاز برای این خط تولید برابر با ۱۲ نفر خواهد شد.

www.ieun.ir

تعیین اقتصادی‌ترین ترکیب انسان و ماشین

تعیین تعداد ماشینی که یک کارگر باید سرپرستی کند حایز اهمیت است. برای این کار باید با استفاده از روابط مشخص تعداد دقیق ماشین‌آلاتی که به‌یک کارگر تخصیص داده می‌شود به‌گونه‌ای تعیین شود که بیشترین صرفه اقتصادی را داشته باشد.

برای انجام این محاسبات از پارامترهای مختلفی استفاده می‌شود که در زیر معنا و مفهوم آن‌ها شرح داده شده است:

F_n= تعداد نیروی انسانی.

T_n= زمان استاندارد ساخت قطعه nام.

C_n= تعداد ساعات در دسترس برای تولید قطعه nام.

P_n= نرخ تولید قطعه nام.

U_n = ضریب بهره‌وری کارگر یعنی درصدی از اوقات است که انتظار می‌رود اپراتور به‌عمل موردنظر اختصاص یابد.

$$F_n = \frac{T_n.P_n}{C_n.U_n}$$

www.ieun.ir

تعیین اقتصادی‌ترین ترکیب انسان و ماشین - ادامه

پارامترهایی که در اینجا لازم است تعریف شوند، عبارتند از:

- a: زمان فعالیت‌های همزمان اپراتور با ماشین مثلاً بارگذاری، تخلیه.
- b: زمان فعالیت مستقل اپراتور، مثلاً قدم زدن به‌طرف ماشین‌های دیگر، بازرسی، بسته‌بندی.
- t: زمان فعالیت مستقل ماشین.
- n': تعداد ماشین‌های واگذاری به‌یک اپراتور در حالی که ماشین و اپراتور هیچ‌یک بیکار نباشند (تعداد ایده‌آل).
- m: تعداد ماشین‌های تخصیصی به‌اپراتور.
- Tc: مدت زمان سیکل کاری.
- I_o: مدت زمان بیکاری اپراتور در خلال یک سیکل کاری.
- I_m: مدت زمان بیکاری هر ماشین در خلال یک سیکل کاری.
- Tc(m): هزینه هر واحد تولید شده بر اساس تخصیص m ماشین به‌یک اپراتور.
- C1: هزینه هر ساعت کار اپراتور.
- C2: هزینه هر ساعت کار ماشین.

www.ieun.ir

تعیین اقتصادی‌ترین ترکیب انسان و ماشین - ادامه

لازم به‌ذکر است که اگر n' یک مقدار صحیح باشد، با تخصیص دقیقاً n' ماشین به‌اپراتور مقدار هزینه‌ها بهینه می‌شود و در غیر این صورت دو حالت زیر رخ می‌دهد:

- الف) اگر m بزرگتر از n' باشد، آنگاه اپراتور کاملاً مشغول و در برخی اوقات ماشین بیکار است. لذا سیکل کاری m(a+b) است.
- ب) اگر m کوچکتر از n' باشد، آنگاه در برخی اوقات اپراتور بیکار و ماشین کاملاً مشغول است لذا سیکل کاری a+t خواهد بود.

www.ieun.ir

مثال برای تعیین اقتصادی‌ترین ترکیب انسان و ماشین

فرض کنید در یک کارخانه کار با ۲ ماشین مخلوط‌کن، یک ماشین پرکن و ۳ ماشین درب‌بندی شیشه به‌یک نفر تخصیص داده شده است. هر سیکل شامل ۳ مرتبه بارگذاری مخلوط‌کن، ۶ بار شیشه پرکن و ۲ بار درب‌بندی است. با توجه به‌اطلاعات موجود در جدول زیر در صورتی که بخواهیم زمان سیکل را محاسبه کنیم، ابتدا زمان سیکل هر یک از عملیات را محاسبه و سپس از بین آن‌ها بیشترین زمان سیکل را انتخاب می‌کنیم.

	مخلوط کن	شیشه‌پرکن	درب‌بندی
بارگذاری	۲	۴	۳
اجرا	۱۵	۱۰	۲۰
تخلیه	۳	۴	۴

www.ieun.ir

مخلوط کن

$$n' = \frac{a+t}{a+b} = \frac{(2+3)+15}{(2+3)+0} = 4 > m = 2 \Rightarrow Tc_1 = 3(a+t) = 3\times 20 = 60$$

شیشه پرکن

$$n' = \frac{a+t}{a+b} = \frac{(4+4)+10}{(4+4)+0} = 2.25 > m = 1 \Rightarrow Tc_2 = 6(a+t) = 6\times 18 = 108$$

درب بندی

$$n' = \frac{a+t}{a+b} = \frac{(3+4)+20}{(3+4)+0} = 3.85 > m = 3 \Rightarrow$$

$$Tc_3 = 2(a+t) = 2\times 27 = 54$$

$$T = Max(60,108,54) = 108$$

www.ieun.ir

طراحی خط تولید

طراحی خط تولید به‌منظور هماهنگی مجموعه‌ای از ایستگاه‌های متوالی کار انجام می‌شود و در واقع به‌منظور بیشترین بهره‌برداری از ایستگاه‌ها و نیروی انسان به‌کار گرفته می‌شود. ایستگاه‌ها و فعالیت‌ها در خط تولید به‌همان ترتیب مستقر می‌شوند که در برگ مسیر تولید مشخص شده‌اند. عملیات در تمام ایستگاه‌های کار به‌طور همزمان انجام می‌شوند. تمام عملیات دارای نرخ تولید یکسانی هستند.

یکی از الزامات اساسی خط تولید این است که در هر ایستگاه کاری تعداد معینی و مشخصی از تولید خود را در واحد زمان به‌ایستگاه کار بعدی برساند.

www.ieun.ir

زمان سیکل

زمان سیکل نیز زمان بین دو محصول خروجی از خط مونتاژ می‌باشد. به‌عبارت دیگر مدت زمانی است که از خروجی اول یک محصول تا خروجی دوم آن طول می‌کشد. نحوه محاسبه آن نیز به‌صورت زیر است:

$$\text{زمان سیکل } C = \frac{\text{کل زمان کاری در دسترس در روز (مفید)}}{\text{نیاز محصول در روز (تعداد محصول تولیدی)}}$$

مساله: فرض کنید که یک کارگاه روزانه یک شیفت کار می‌کند و راندمان کارگاه ۸۰ درصد است. همچنین کل ساعات تولیدی در این کارگاه ۲۶۰۰ ساعت در سال است. با توجه به‌اطلاعات فوق تعداد تولید سالیانه در این کارگاه به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{نیاز در سال} = \frac{\text{راندمان} * \text{کل زمان در دست}}{\text{زمان سیکل}} = \frac{۲۶۰۰*۶۰*۰.۸}{۸} = ۱۵۶۰۰$$

www.ieun.ir

بالانس خط تولید

به طور کلی منظور از بالانس خط تولید، برنامه‌ریزی نحوه‌ی انجام کار به‌صورتی است که بار کاری کلیه ایستگاه‌ها برابر شده و هر ایستگاه در واحد زمان، میزان معینی تولید داشته باشد. به‌عبارت دیگر طراحی ایستگاه کاری باید به‌نحوی باشد که مقدار کار و تعداد تولید در هر یک از ایستگاه‌ها یکی شود.
برخی از روش‌های بالانس کردن عبارت است از:

- ساده‌ترین راه برای انجام این کار ایجاد انبار قطعات نیمه‌ساخته بعد از ایستگاه‌هایی است که تندتر کار می‌کنند که البته مستلزم اضافه‌کاری ایستگاه‌های کندتر است.
- کارگران ایستگاه‌هایی که زمان چرخه کار آن‌ها از ایستگاه‌های دیگر کوتاه‌تر است، در طول خط تولید حرکت کرده و بخشی از کار ایستگاه‌های دیگر را انجام دهند و یا اگر زمان چرخه کار یک ایستگاه بیشتر از ایستگاه‌های دیگر است، بیش از یک کارگر را در آن ایستگاه گمارد.

www.ieun.ir

بالانس خط تولید - ادامه

- حالت عمومی‌تر، جمع‌کردن یا جداکردن عناصر کاری است، به‌طوریکه زمان چرخه کار کلیه ایستگاه‌ها حتی‌المقدور برابر شود. البته این کار همیشه امکان‌پذیر نیست، زیرا اولاً در بعضی مواقع کار قابل تقسیم نیست و ثانیاً در مواقعی به‌مهارت‌های خاصی احتیاج است.
- بررسی و اصلاح عملیات و بهتر کردن تکنیک‌های انجام عملیات.
- آموزش افراد به‌منظور بهبود روش انجام کار و یا گماردن افراد به‌کارهایی که مطابق توانایی‌های جسمی و مهارت‌های فنی آن‌هاست.
- کارگرانی که در ایستگاه‌های تندتر کار می‌کنند، در مواقع بیکاری در همان ایستگاه یا ایستگاه‌های مجاور به‌کارهای دیگر می‌پردازند (استفاده از کارگر در انجام مونتاژ فرعی در اوقات بیکاری).
- بالا بردن راندمان کارگر توسط بهتر کردن شرایط محیط یا به‌کاربردن سیستم‌های تشویقی.

www.ieun.ir

بالانس خط تولید - ادامه

راندمان خط از رابطه $R_a = \sum t_i / n.c$ به‌دست می‌آید که در آن، t_i زمان انجام عمل iام، c زمان سیکل کاری و n تعداد ایستگاه‌های کاری است. حداقل تعداد ایستگاه‌های کاری $n \geq \sum t_i / c$ می‌باشد. درصد اوقات تأخیر برابر $d = (nc - \sum t_i) / n.c$ خواهد بود. در نتیجه اگر $d = 0$ باشد و سه شرط زیر نیز برقرار باشند می‌توان ادعا کرد خط تولید در تعادل کامل وجود دارد.

- n باید عدد صحیح باشد.
- $Max(t_i) \leq c \leq \sum t_i$
- تعداد ایستگاه‌های کاری کمتر یا مساوی تعداد عملیات باشند.

www.ieun.ir

فصل ششم:
طراحی ساختمان کارخانه

www.ieun.ir

ساخت ساختمان و نوسازی آن

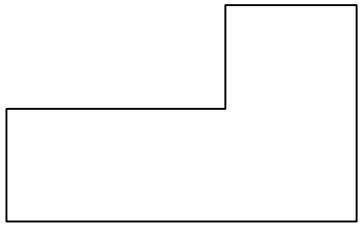
هدف اولیه از ایجاد ساختمان در فضاهای صنعتی، ایجاد محافظی برای تسهیلات کارخانه است و این امر کمک زیادی به‌مؤثر بودن استقرار کارخانه می‌کند. اما سوال این است که آیا ساختمان اول باید ساخته شود و طرح استقرار با آن منطبق شود یا اول باید استقرار طراحی شود و سپس ساختمان آن ساخته شود؟

مهم‌ترین مسایلی که باید در ساختن ساختمان‌ها به‌آن‌ها توجه کرد عبارت است از:

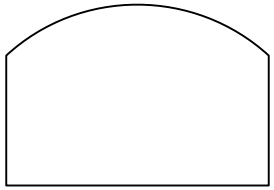
- حمل‌ونقل مواد
- روشنایی
- گرما و تهویه
- نوع محصول
- تجهیزات فرآیند

www.ieun.ir

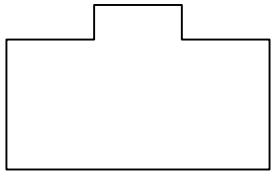
انواع ساختمان



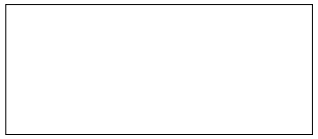
بام یک طبقه و دو طبقه



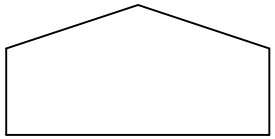
بام کمانی



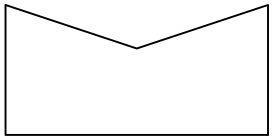
بام راست گوشه



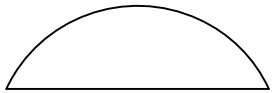
بام تخت



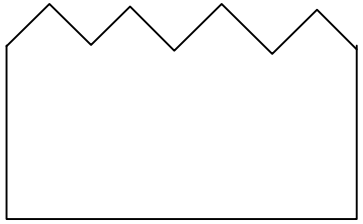
بام شیب‌دار



بام گود



بام محدب



بام دندانه اره‌ای

www.ieun.ir

ملاحظات مربوط به‌ساختمان کارخانه

- ستون‌ها
- کف کارخانه
- دیوار و پنجره
- راهروها
- بام و سقف
- محوطه‌سازی
- راه‌های اصلی و پارکینگ‌ها
- محافظت در برابر حوادث
- نزدیکی به‌دریا
- چشم‌انداز (نما)
- امنیت
- نزدیکی به‌خطوط آهن

www.ieun.ir

ستون‌ها

هم زمان با بهبود کیفیت لوازم ساختمانی، فواصل بین ستون‌ها در کارخانه‌های صنعتی هم دایماً بزرگ‌تر می‌شوند. کارخانه‌های صنعتی قدیمی غالباً ستون‌هایی با فاصله‌ی ۶ متر از همدیگر ساخته می‌شدند که در جهت طولی و عرضی قرار گرفته بودند. امروزه فواصل ستونی بین ۱۲ تا ۲۴ متر است.

دو عامل که تأثیرات متضادی بر روی قیمت دارند و بر فواصل ستونی اثرگذار ند عبارتند از:

- افزایش فاصله ستون‌ها (طول دهانه) موجب افزایش هزینه ساختمان‌سازی می‌شود؛
- فضاسازی عریض‌تر مابین ستون‌ها به‌دلیل انعطاف بیشتر موجب کاهش هزینه‌های عملیات می‌شود.

www.ieun.ir

کف کارخانه

کف کارخانه در طرح ریزی آن جایگاه خاصی دارد. کف باید به‌حدی مستحکم باشد تا بتواند به‌راحتی تجهیزات و تولیدات را تحمل کند. سطوح کف در کلیه ساختمان‌ها باید هموار و یکسان باشد. وقتی که یک طرح جدید یا طرح ساختمان‌های موجود، در دست بررسی است، طراح باید قدرت مقاومتی کف را با معمار یا سازنده یا پیمانکار بررسی کند.

در صورتی که مقاومت کف مناسب با تجهیزاتی که روی آن قرار می‌گیرند نباشد، ممکن است در آینده هزینه‌های گزافی را به‌کارخانه تحمیل کند و بر کیفیت عملکرد آن تاثیر بگذارد.

www.ieun.ir

دیوار و پنجره

در گذشته برای نگهداری سقف‌ها و دیوارهای خود، متکی به‌سنگ‌تراشی و سنگ‌کاری ضخیم بوده‌اند. در بسیاری از کارخانه‌های مدرن تنها دیواره‌های حایل بار، دیوارهای خارجی هستند، در حالی که داخل کارخانه دیوارهای غیر حایل یا پارتیشن‌هایی هستند که برای جداسازی بخش‌های مختلف به‌کار می‌روند. از آنجا که بارهای داخلی توسط ستون‌ها حمل می‌شوند، این پارتیشن‌ها به‌سادگی قابل نقل و انتقال بوده و سبب افزایش انعطاف‌پذیری طرح می‌شوند.

اگر طراح بخواهد از ساخت و طراحی پنجره‌ها رضایت داشته باشد، باید عوامل زیر را در طرح در نظر بگیرد:

- میزان روشنایی مورد نیاز و پرهیز از ورود نورهای شدید
- توجه به‌دمای محوطه و تاثیرات آن بر محصولات و کارگران
- دسترسی آسان به‌پنجره‌ها جهت تعمیرات و یا تمیز کردن
- مقاومت پنجره‌ها در برابر باد، ضربه و آتش.

www.ieun.ir

راهروها

تعیین پهنا و محل راهروها از عوامل مهمی است که به‌هنگام تخصیص فضاها باید به‌دقت بررسی شود. نسبت فضای راهروها به‌کل فضای کارخانه معمولاً رقم قابل توجهی است، برای مثال نسبت فضای راهرو به‌فضای تولید و انبار ممکن است حتی تا ۱/۲ هم برسد. راهروها به‌دلایل متفاوتی مورد نیاز می‌باشند اما دلایل اصلی احتیاج به‌راهرو در زیر آمده است:

- انتقال مواد و قطعات و محصول نهایی
- حرکت افراد
- انتقال ضایعات
- تغییر محل و جایگزینی ماشین آلات
- دسترسی به‌وسایل ایمنی و آتش‌نشانی.

www.ieun.ir

راهروها - ادامه

در هنگام طراحی راهروها باید نکات فراوانی را در نظر داشت تا راهروها در عین حال که فضای زیادی اشغال نکنند بتوانند جوابگوی نیاز کارخانه باشند. چند مورد که باید در این راستا به‌آن‌ها توجه شود در ادامه بیان شده است:

- اقتصاد جریان
- اقتصاد فضا
- تقدم طراحی
- ستون فقرات راهروها
- راهروهای داخلی
- استفاده از محل کار به‌عنوان راهرو
- ملاحظات تعمیراتی
- شرایط اضطراری
- توجه به‌آینده

www.ieun.ir

بام و سقف

نگهداری بام یک مساله جدی است که باید در هر مرحله‌ی طراحی در مورد آن بررسی دقیقی صورت گیرد. امروزه مصالح ساختمانی متعددی برای بام‌ها موجود است که از آن جمله آن می‌توان به‌فولادهای موج‌دار دندانه‌ای، آلومینیوم، بتون‌های لوحه‌ای پیش‌ساخته، آجر و سایر عایق‌های ساختمانی اشاره کرد.

روند ساختمان‌سازی کنونی به‌ایجاد بام‌های تخت توجه خاصی دارد. بام‌های تخت غالباً توسط حوضچه‌های بام یا سیستم اسپری، عایق‌بندی و نظایر آن خنک می‌شوند، این حوضچه‌ها و یا اسپری‌ها می‌توانند حرارت داخلی را در تابستان بین ۱۰ تا ۱۵ درجه کاهش دهند.

www.ieun.ir

محوطه‌سازی

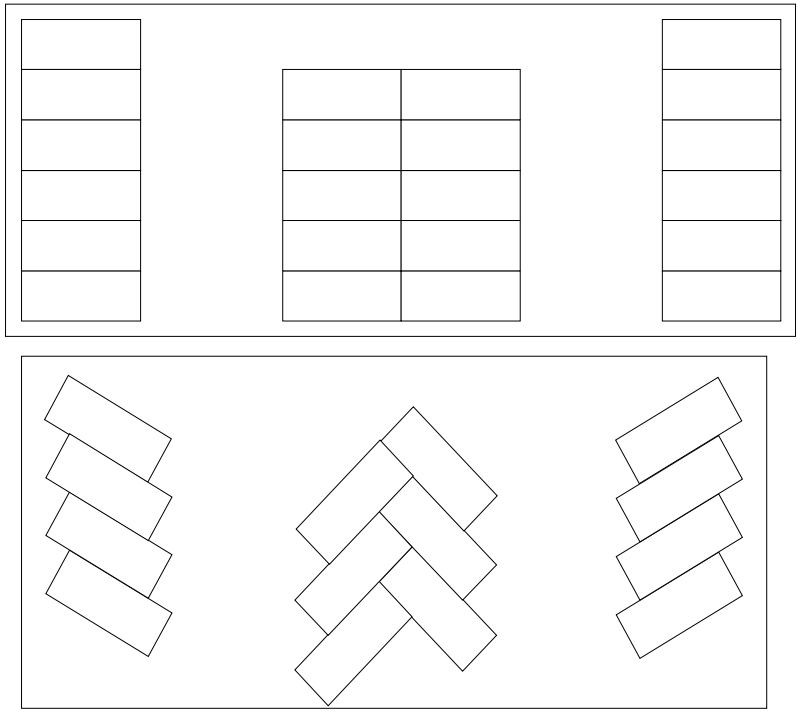
تمایل به‌ساختن صنایع در حومه شهرها، مدیریت را تحت فشار قرار داده تا در خارج از کارخانه دست به‌محوطه‌سازی بزند. همراه با افزایش تعداد کارکنانی که برای رفتن به‌محل کار از اتومبیل سواری استفاده می‌کنند؛ باید بزرگراه‌هایی ساخت که بتوان توسط آن‌ها به‌محل کار رفت و آمد کرد و همچنین تسهیلاتی برای پارکینگ طراحی گردد. در مراحل اولیه طراحی، باید مقاصد و مفاهیم دیگر حمل‌ونقل نظیر تسهیلات راه‌های آبی و خطوط آهن مورد توجه قرار گیرند. مجتمع‌های صنعتی متعددی با طراحی‌های جالب و منظره‌ها و چشم‌اندازهای زیبا، محیط کار را به‌صورت زیبایی درآورده‌اند.

www.ieun.ir

راه‌های اصلی و پارکینگ‌ها

راه‌های اصلی باید برای رفت و آمد اتومبیل‌های سواری و کامیون‌های یدک‌کش که برای حمل‌ونقل کالاها مورد استفاده قرار می‌گیرد، طراحی شوند. جاده‌ها و راه‌های منتهی به‌محوطه پارکینگ، باید برای به‌حداقل رساندن حوادث، چه برای عابرین پیاده و چه برای خودروها، طراحی شوند.

امروزه طراحان در اختصاص دادن فضا به محوطه‌های پارکینگ صنعتی، به‌نسبت هر ۱.۲ تا ۲.۵ نفر کارمند، یک اتومبیل برآورد می‌کنند.



دو نمونه محوطه پارکینگ

www.ieun.ir

نزدیکی به‌خطوط آهن

تسهیلات خطوط آهن باید همانند تسهیلات بزرگراه‌ها و راه‌های آبی طراحی شود و بیش از جنبه‌های کوتاه مدت به‌جوانب درازمدت آن توجه گردد. زیرا عوض کردن مکان هر یک از این تسهیلات بعد از اتمام مراحل احداث، پرهزینه خواهد بود. وقتی قرار باشد یک مجتمع از واگن‌های خطوط آهن استفاده کند؛ طراح باید این اندازه‌ها را پیش‌بینی کند. طراح همچنین باید هم از نظر عرض و هم از نظر ارتفاع جای کافی برای اطراف راه‌آهن را در نظر بگیرد.

www.ieun.ir

نزدیکی به‌دریا

بعضی از صنایع، هنوز استفاده از روش‌های نسبتاً اقتصادی حمل‌ونقل با قایق یا کشتی را ترجیح می‌دهند. اگر راه آبی برای حمل‌ونقل انتخاب شود؛ در صورت تغییر سطح آب همچون جزر و مد باید تسهیلات کافی در نظر گرفته شود.

www.ieun.ir

چشم‌انداز (نما)

ایجاد چشم‌انداز (نما) از اهمیت خاصی برخوردار است. وقتی مدیریت آگاه است که هر مجتمع صنعتی قسمتی از جامعه است که باید به‌همه جوانب آن توجه کرد، بنابراین به‌کاشتن درخت و گل و چمن به‌صورتی زیبا و جالب اقدام می‌کند تا علاوه بر زیباسازی محیط مجتمع، به‌زیباسازی جامعه نیز کمک کرده باشد. به‌عبارت کلی، نمای بیرونی یک مجتمع صنعتی غالباً نشان‌دهنده طرز فکر مدیریت آن مجتمع نسبت به‌جامعه است.

www.ieun.ir

امنیت

در حین طراحی ساختمان باید تدابیر لازم جهت افزایش ضریب امنیت کارخانه لحاظ شود. از جمله آن می‌توان به‌استحکام دیوارهای خارجی ساختمان و استفاده از موانع فیزیکی برای جلوگیری از ورود افراد غیر مجاز اشاره کرد.

www.ieun.ir

محافظت در برابر حوادث

تا زمانی که مجتمع‌های صنعتی با یک حادثه عمده روبه‌رو نشده‌اند، از محافظت در برابر حوادث چشم‌پوشی می‌کنند. آتش‌سوزی، سیل، گردباد، طوفان و جنگ از مخرب‌ترین حوادث هستند و حریق از عمومی‌ترین این حوادث به‌شمار می‌آید.

تقریباً تمام مجتمع‌های صنعتی جدید، به‌موازات دیگر تدابیر محافظت در برابر حریق، سیستم‌های آبپاش نیز نصب می‌کنند.

www.ieun.ir

فصل هفتم:
انواع فعالیت‌ها، تحلیل روابط بین آن‌ها و تعیین فضای مورد نیاز فعالیت‌ها

www.ieun.ir

انواع فعالیت‌ها در کارخانه

- ***فعالیت تولیدی:*** فعالیت تولیدی سلسله اقداماتی است که برای تبدیل منابع به‌کالاهای مورد نیاز صورت می‌گیرد.
- ***فعالیت کمک تولیدی:*** فعالیت‌های کمک تولیدی عمدتاً در خدمت بخش‌های تولیدی کارخانجات می‌باشند اما در خود آن‌ها عملیات تولیدی صورت نمی‌گیرد.
- ***فعالیت خدماتی:*** این فعالیت‌ها شامل مواردی همچون بخش مالی و حسابداری، مدیریت کارخانه، بایگانی، دبیرخانه و غیره می‌شوند.

www.ieun.ir

فعالیت‌های کمک تولیدی

فعالیت‌های کمک تولیدی شامل موارد زیر می‌شوند:

- واحدهای دریافت (تخلیه بار)،
- انبارها،
- ارسال (بارگیری)،
- سایر فعالیت‌ها (مهندسی صنایع، برنامه‌ریزی و کنترل تولید، کنترل کیفیت، نگهداری و تعمیرات ماشین‌آلات و تجهیزات تولیدی).

بدیهی است که این فعالیت‌ها ارتباط نزدیکی با همدیگر دارند و بسیاری از فعالیت‌های آن‌ها مشابه یکدیگر می‌باشد.

www.ieun.ir

دریافت

کلیه فعالیت‌های مربوط به‌آوردن مواد و قطعات به‌کارخانه، انبار کردن موقت و قراردادن آن‌ها در جای مناسب تا زمان انتقال نهایی به‌محل اصلی را در قالب قسمت دریافت بررسی می‌کنیم. قسمت دریافت مسئولیت‌های زیر را به‌عهده دارد.:

- کنترل محموله با بارنامه
- تخلیه مواد از وسایل حمل‌ونقل
- باز کردن محموله‌ها
- شناسایی و مرتب کردن
- ثبت در پرونده‌های دریافت
- یادداشت کسری‌ها و معیوب‌ها
- بایگانی سوابق
- فرستادن مواد و قطعات به‌محل اصلی

www.ieun.ir

فرم جمع آوری اطلاعات دریافت

از تاریخ	تا تاریخ				آمارگیر			
ملاحظات	مقصد			وزن کل به کیلوگرم	قطعات در هر ظرف	ظروف انتقال		
	انبار		بازرسی			تعداد	اندازه	نوع
	الف	ب						
دو کارتن صدمه دیده	۲		۱	۶.۰۰۰	۱۰۰	۵	۱۵*۲۰	پالت
دریافت کمتر از سفارش		۲	۱	۹.۰۰۰	۱۲۰	۳	۲۵*۲۰*۱۵	پالت جعبه‌ای
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.								

www.ieun.ir

طراحی انبار

به طور کلی هدف‌های زیر در طراحی هر انبار دنبال می‌شود:

- حداکثر استفاده از حجم ساختمان،
- استفاده بهتر از زمان، نیروی انسانی، تجهیزات،
- دسترسی سریع و به‌موقع به‌تمام اقلام،
- انتقال سریع و آسان مواد و قطعات،
- ساده بودن تشخیص اقلام،
- حداکثر حفاظت،
- تمیزی، نظم و وضع ظاهری.

www.ieun.ir

عوامل تأثیرگذار بر طراحی انبار

- نوع کالایی که عموماً نگهداری می‌شود
- ظرفیت مورد انتظار
- شرایط جغرافیایی
- میزان دسترسی به‌زمین
- شبکه ارتباطی
- وسایل حمل‌ونقل خارجی
- وسایل حمل‌ونقل داخلی

www.ieun.ir

انبار

یک انبار به‌طور خاص به‌عنوان مکانی برای نگهداری و ذخیره کردن موجودی در نظر گرفته می‌شود، ولی از دیدگاه لجستیک نقش انبارها تسهیل جریان گردش موجودی و سرمایه‌ها و اطمینان از گردش آن‌هاست. انبار واقعیتی است که در تمام کارخانه‌ها از زمان دریافت تا موقع ارسال به‌آن نیاز است.

www.ieun.ir

انواع انبار

الف- انبار دریافت
ب- انبار مواد و قطعات
ج- انبار لوازم یدکی و مواد مصرفی
د- انبار ملزومات
ه- انبار مواد در جریان ساخت (نیمه‌ساخته)ژ
ط- انبار محصول نهایی
ی- انبار ابزار
ک- انبار تجهیزات حمل‌ونقل
ل- انبار متفرقه
و-انبار قطعات مونتاژ
ز- انبار دوباره‌کاری‌ها
ح- انبار ضایعات، اسقاطی‌ها و دورریزها

www.ieun.ir

ارسال

فعالیت ارسال شامل جابجایی، بسته‌بندی و بارگیری محصولات برای تأمین سفارشات است. قسمت ارسال هم با انبار محصول نهایی و هم با قسمت دریافت ارتباط زیادی دارد و معمولاً این سه قسمت همراه با یکدیگر بررسی می‌شوند. فعالیت ارسال عکس دریافت است.

عواملی که در قسمت ارسال باید مورد توجه قرار گیرند، عبارت‌اند از:

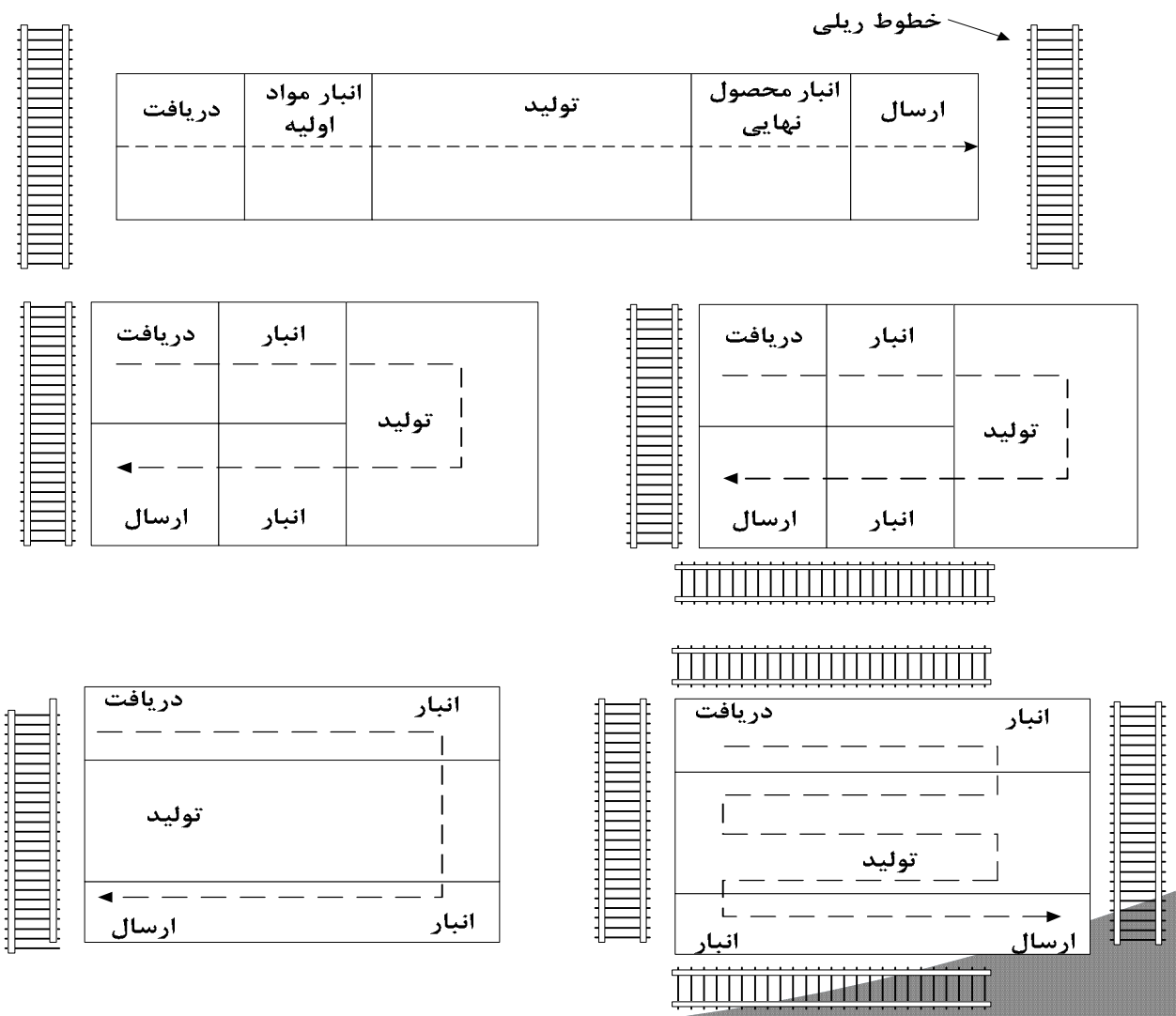
- خصوصیات فیزیکی اقلام
- تعیین حجم کار با تعیین:

تعداد محموله‌ها در واحد زمان- تعداد قطعات در هر محموله- برنامه ورود و تعداد وسایل حمل‌ونقل - حجم باری که توسط کامیون حمل می‌شود

- طراحی قسمت بارگیری و تجهیزات آن
- فضای اداری برای ثبت اسناد و املاک
- روش‌ها و تجهیزات انتقال مواد
- مکان بخش ارسال

www.ieun.ir

رابطه نظری فضاها



www.ieun.ir

فعالیت‌های خدماتی

فعالیت‌های خدماتی در راستای انجام امور اداری، تامین رفاه و آسایش کارکنان، حفظ و نگهداری از تجهیزات و ساختمان‌ها انجام می‌شوند. این فعالیت‌ها به‌سه دسته اصلی شامل تقسیم می‌شوند:

- خدمات اداری
- خدمات کارمندی
- خدمات کارخانه

www.ieun.ir

خدمات اداری

این فعالیت‌ها شامل مواردی همچون بخش مالی و حسابداری، مدیریت‌کارخانه، بایگانی، دبیرخانه و غیره می‌شوند. درکارخانه‌های کوچک‌تر تمام قسمت‌های اداری درکنار یکدیگر مستقر می‌شوند و محوطه اداری معمولاً در قسمت جلوی کارخانه قرار می‌گیرد. در کارخانه‌های بزرگ‌تر ممکن است فضاهای اداری عمومی در جلو ساختمان اصلی و فضای اداری مربوط به‌خدمات تولیدی و کارمندی در داخل محوطه تولیدی قرار گیرند.

طرح‌ریزی فضاهای اداری تقریباً متکی به‌همان تحلیل‌ها و کارهایی است که در مورد فرآیندهای ساخت انجام می‌شود. در اینجا باید ابتدا تمام فعالیت‌ها را تشخیص داد و احتیاجات خاص آن‌ها را معلوم نمود. بدین ترتیب، روابط کاری بین افراد و نحوه همکاری آن‌ها مشخص می‌گردد و در طرح دخالت داده می‌شود. برای این کار می‌توان از نمودار سازمانی کمک گرفت و کارکردهای مربوط به‌همه را به‌صورت منطقی دسته‌بندی نمود.

www.ieun.ir

خدمات کارمندی

این خدمات در جهت افزایش رضایت شغلی و ایجاد آرامش و شادابی در کارکنان ارایه می‌شود. این خدمات عبارتند از:

الف- بهداشت و درمان

ب- غذاخوری

ج- بوفه

د- رختکن و دستشویی

ه- خدمات متفرقه کارمندی

www.ieun.ir

خدمات کارخانه

از جمله این خدمات می‌توان به‌سیستم‌های سرمایش و گرمایش، تجهیزات تهویه، ژنراتورها، نگهداری و تعمیرات عمومی، جمع‌آوری ضایعات، خدمات آتش‌نشانی، آسانسورهای عمومی و پارکینگ‌ها اشاره کرد.

www.ieun.ir

روابط فعالیت‌ها

تمامی فعالیت‌ها و بخش‌های کارخانه به‌نوعی با هم رابطه دارند. دوری و نزدیکی بخش‌های مختلف می‌تواند دلایل متفاوتی داشته باشد. دلایل نزدیکی دو بخش می‌تواند توالی جریان کار، استفاده مشترک از تجهیزات، استفاده از فضای مشترک و غیره باشد. همچنین دلایل دوری می‌تواند سر و صدا، دود، گرد و غبار و آلودگی باشد. درجات روابط متقابل فعالیت‌ها عبارتند از:

A مطلقاً لازم: نزدیک بودن دو فعالیت مطلقاً لازم است.

E اهمیت خاص: نزدیک بودن دو فعالیت اهمیت خاص دارد.

I مهم: نزدیک بودن دو فعالیت مهم است.

O معمولی: نزدیک بودن دو فعالیت مهم نیست.

U غیر مهم: دوربودن دو فعالیت بهتر است.

X نامطلوب: دوربودن دو فعالیت الزامی است.

فعالیت‌هایی که با درجه A با یکدیگر مربوط می‌شوند باید حتی‌الامکان همسایه باشند. فعالیت‌های E باید نزدیک و فعالیت‌های I تقریباً نزدیک به‌هم باشند. دو فعالیت ممکن است به‌علت سرو وصدا، ارتعاش، دود و بخار، امکان خطر و نظایر این‌ها با یکدیگر رابطه X داشته باشند.

www.ieun.ir

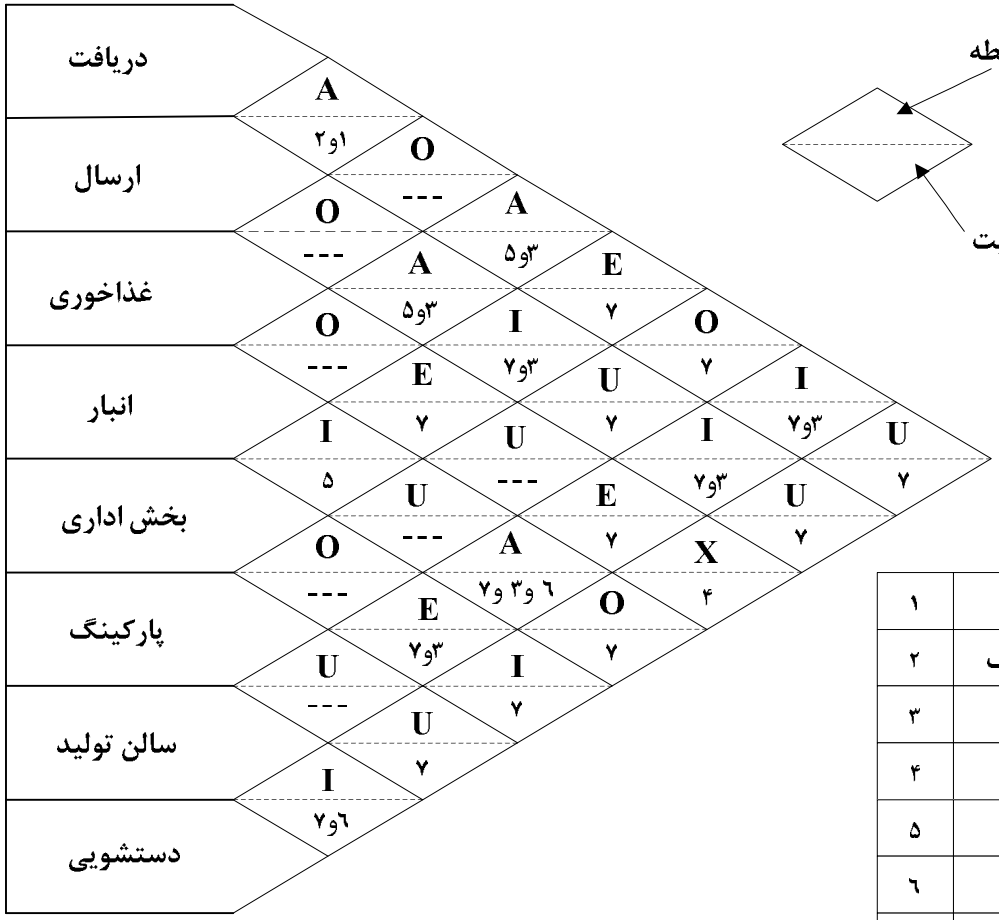
نمودار رابطه فعالیت‌ها

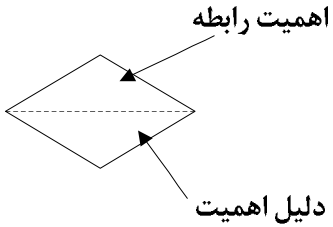
از این نمودار برای تحلیل و بررسی رابطه فعالیت‌ها استفاده می‌گردد. در این نمودار فعالیت‌ها یا بخش‌ها دو به‌دو با هم مقایسه می‌شوند و درجه لزوم نزدیکی آن‌ها ثبت می‌شود و بدین ترتیب مشخص می‌شود که کدام بخش‌ها باید در نزدیک هم و کدام بخش‌ها دور از هم قرار گیرند. این نمودار معمولا توسط مدیران کارخانه و یا کسانی که آگاهی کاملی از فعالیت‌ها و روابط بین آن‌ها دارند تکمیل می‌شود و معمولاً در موارد زیر به‌کار می‌رود:

- تعیین ترتیب اولیه قرار گرفتن قسمت‌ها در شروع تهیه نمودار از-به
- تعیین محل مراکز و دپارتمان‌ها در ادارات و مؤسسات خدماتی
- تعیین مراکز کار در قسمت تعمیرات و نگهداری
- تعیین محل مراکز خدماتی و کمک تولیدی در کارخانه
- نشان دادن ارتباط فعالیت‌ها و دلایل ارتباط آن‌ها
- یافتن مبنایی برای تخصیص محوطه

www.ieun.ir

نمودار رابطه فعالیت‌ها - ادامه





۱	انجام کار مشابه
۲	استفاده از تجهیزات مشترک
۳	توالی کار
۴	آلودگی
۵	بایگانی مشترک
۶	فضای مشترک
۷	تماس افراد

www.ieun.ir

تعیین فضای فعالیت‌ها

وقتی که بدانیم هر اپراتور به‌تنهایی چه تعداد ماشین را می‌تواند اداره کند، می‌توانیم فضای مورد نیاز تجهیزات را تعیین کنیم همچنین وقتی تعداد اپراتورهای موردنیاز برای مونتاژ کردن را بدانیم، فضای مورد نیاز بخش مونتاژ نیز قابل تعیین است. بعضی از روش‌های عمومی در تعیین فضاهای موردنیاز، در زیر معرفی می‌شوند:

۱- روش مرکز تولید

۲- روش استاندارد فضا

از این روش بیشتر برای محاسبه فضای اداری، رفاهی و کارگری استفاده می‌شود.

مبنای محاسبه فضاهای اداری نظیر بخش‌های مالی و حسابداری، کارگزینی، دبیرخانه، فروش و بازاریابی، برنامه‌ریزی تولید و عملیات، مدیران ارشد (مدیر عامل و مدیر کارخانه) و گاه، تحقیق و توسعه و آزمایشگاه و ...، عمدتاً تعداد کارکنان است. در برآورد فضاهای رفاهی و کارگری مثل نمازخانه، رستوران (غذاخوری)، توالت و حمام و بهداری و غیره معمولاً تعداد استفاده‌کنندگان از این فضاها در هر نوبت، ملاک محاسبه قرار می‌گیرد.

www.ieun.ir

روش مرکز تولید

مرکز تولید شامل یک ماشین منفرد به‌انضمام تمام تجهیزات مربوط و نیز فضای مورد نیاز برای عملیات آن می‌باشد. برای برآورد فضای موردنیاز جهت تولید، فضا را به‌اجزای کوچک تقسیم کرده و برای هر جزء یک مقدار مساحت مشخص می‌کنیم. سپس مقدار به‌دست آمده را با درصدی مشخص (که معمولاً جهت فضاهای حمل‌ونقل مواد و افراد، تعمیر و نگهداری، ستون‌ها و راهروها در نظر گرفته می‌شود) افزایش می‌دهیم و در نهایت مساحت به‌دست آمده را در تعداد جزییات مشابه آن ضرب می‌کنیم. البته گاهی از این روش برای محاسبه فضای انبار نیز استفاده می‌شود.

برگ احتیاجات فضای تولیدی												
شماره	فعالیت، دپارتمان	شماره عملیات	ماشین یا تجهیزات	ابعاد ماشین	تجهیزات جانبی	فضای کارگر	فضای انبار موقت مواد	جمع	جمع با احتساب راهروها و غیره (۵۰٪)	تعداد ماشین	جمع برای عملیات	جمع کل

www.ieun.ir

روش استاندارد فضا

از این روش بیشتر برای محاسبه فضای اداری، رفاهی و کارگری استفاده می‌شود.

مبنای محاسبه فضاهای اداری نظیر بخش‌های مالی و حسابداری، کارگزینی، دبیرخانه، فروش و بازاریابی، برنامه‌ریزی تولید و عملیات، مدیران ارشد (مدیر عامل و مدیر کارخانه) و گاه، تحقیق و توسعه و آزمایشگاه و ...، عمدتاً تعداد کارکنان است. در برآورد فضاهای رفاهی و کارگری مثل نمازخانه، رستوران (غذاخوری)، توالت و حمام و بهداری و غیره معمولاً تعداد استفاده‌کنندگان از این فضاها در هر نوبت، ملاک محاسبه قرار می‌گیرد.

www.ieun.ir

گسترش و توسعه

توسعه یکی از مسایل پیچیده‌ای است که همواره به‌عنوان بخشی از طراحی کارخانه مطرح می‌شود. توسعه و گسترش در کلیه‌ی مراحل طرح‌ریزی می‌تواند انجام شود و دلایل مختلفی برای انجام آن وجود دارد. از جمله دلایل انجام آن می‌توان به‌تغییر در نوع محصول، ایجاد تنوع در محصولات، تغییر در طراحی محصول، افزایش میزان تولید، تعییر سلیقه مشتری، تغییر تکنولوژی تولید و ... اشاره کرد. از این‌رو در هنگام تهیه طرح کارخانه باید فضای لازم برای توسعه آینده پیش‌بینی شود و در طرح لحاظ گردد. علاوه بر پیش‌بینی میزان فضای لازم برای توسعه باید محل آن را نیز مشخص ساخت. محل برنامه توسعه عمدتاً با توجه به‌جریان فعلی مواد و برخی ملاحظات جنبی دیگر مشخص می‌گردد. در واقع، محل و ترتیب قرار گرفتن قسمت‌هایی که به‌طرح توسعه مربوط می‌شوند نیز مانند نحوه‌ی قرار گرفتن و الگوی جریان مواد طرح اصلی مشخص می‌گردند.

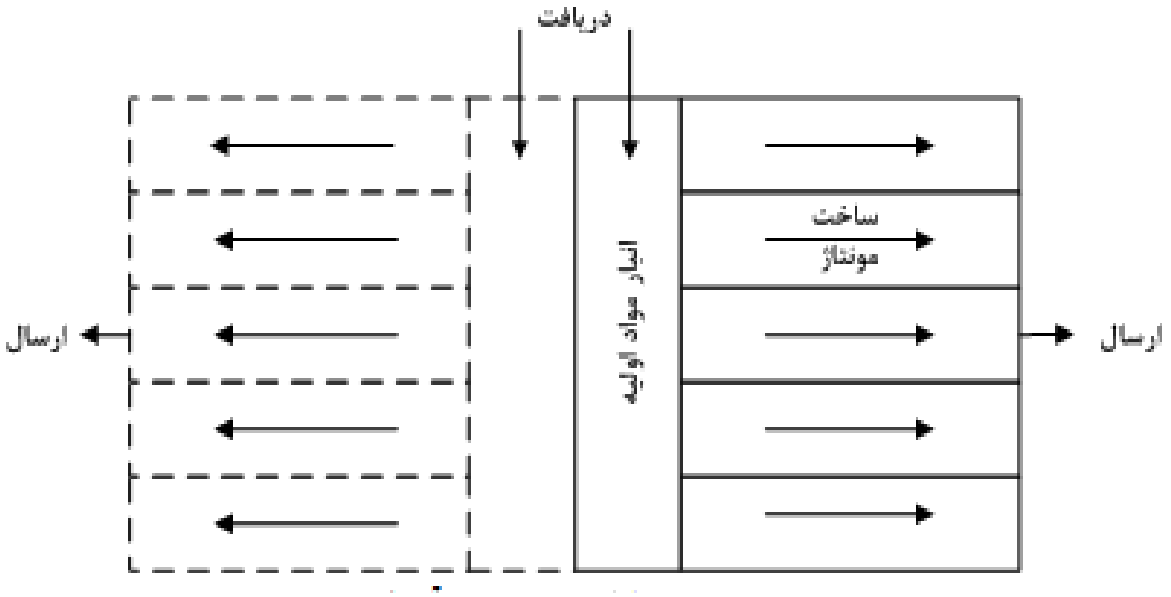
به طور کلی شش الگو برای توسعه کارخانجات وجود دارد:

تصویر آیینه‌ای- جریان مستقیم- جریان Uشکل- جریان Cشکل- جریان Tشکل و توسعه در فضای موجود

www.ieun.ir

تصویر آیینه‌ای

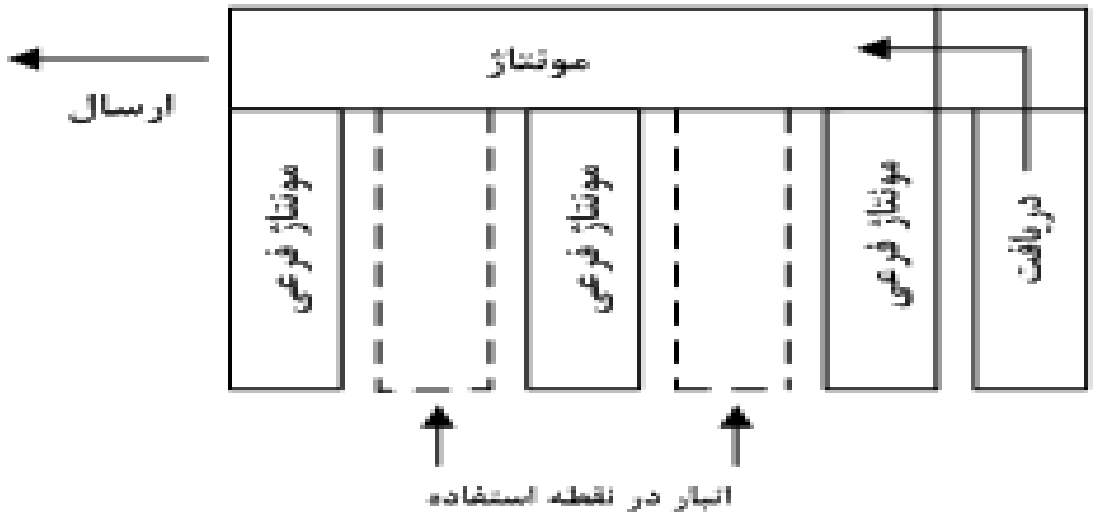
در این الگو فضای تولید دو برابر می‌شود و طرح اصلی کپی می‌گردد. محل دریافت در همان محل فعلی باقی می‌ماند و یک انبار مرکزی برای مواد اولیه حاصل می‌شود. در این روش در جریان مواد گلوگاه ایجاد نمی‌شود اما فقط یک‌بار امکان توسعه وجود دارد و دو قسمت ارسال وجود خواهد داشت.



www.ieun.ir

جریان مستقیم

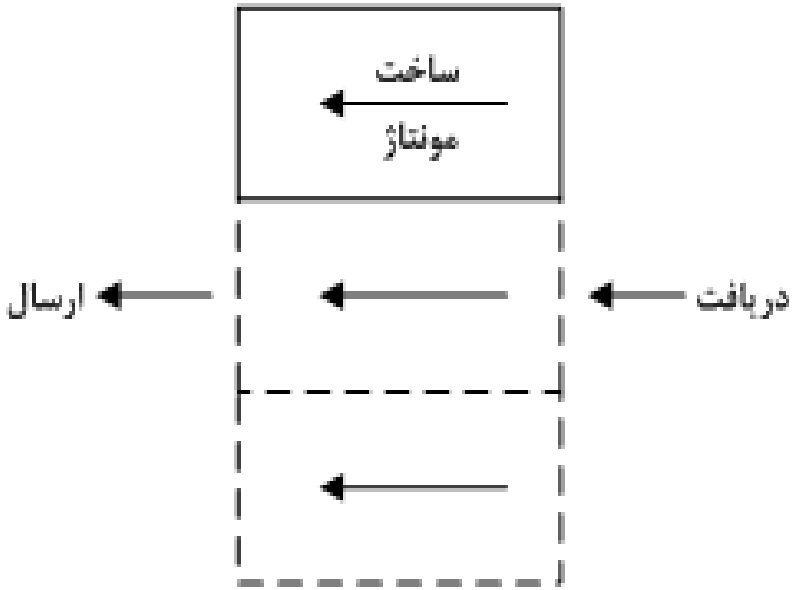
در این روش تعداد دفعات توسعه نامحدود است. از نقطه نظر اجرایی از راه‌های دیگر ساده‌تر و برای جرثقیل‌های سقفی مناسب است. اما توسعه یک یا چند دپارتمان مشکل است و زمین کارخانه باید مسطح باشد.



www.ieun.ir

جریان آشکل

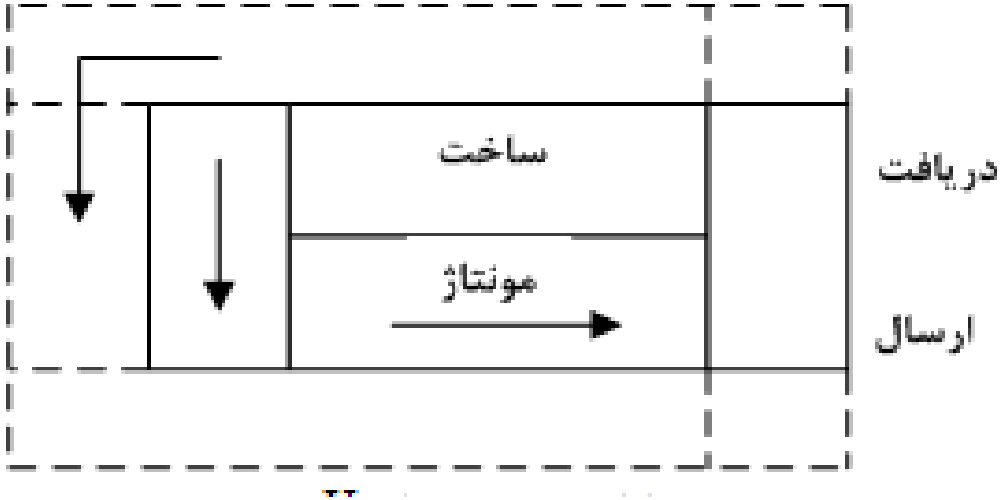
با استفاده از این روش، بدون قطع جریان مواد می‌توان یک یا چند دپارتمان اضافه نمود. همچنین از ستون‌های ساختمان مجاور استفاده می‌شود و قطعات و مواد مستقیماً در نقطه استفاده انبار می‌شوند. بدین ترتیب انتقال مواد کاهش می‌یابد. عیب این روش این است که در مواردی که لازم به‌توسعه خط مونتاژ باشد باید برخی دپارتمان‌ها تغییر محل دهند.



www.ieun.ir

جریان Uشکل

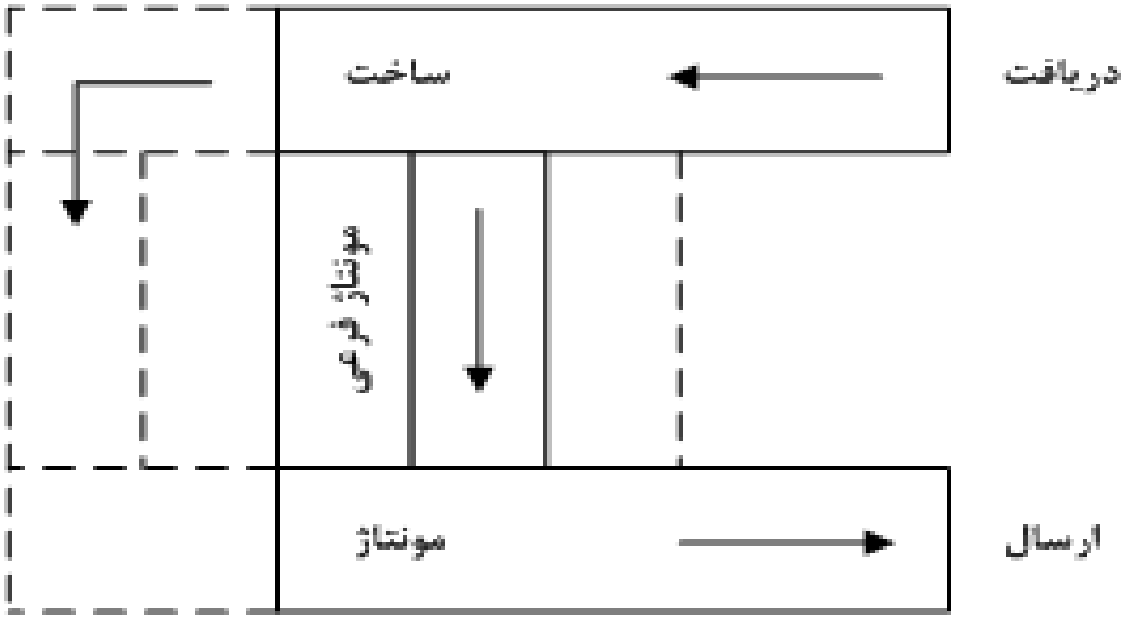
در این الگو توسعه به‌صورت لایه‌های متحدالمرکز در اطراف هسته U شکل مرکزی انجام می‌شود. این روش در زمانی‌که دیوارها موقتی بوده و یا برداشتن آن‌ها ساده باشد بسیار مناسب است. در این روش محل دریافت و ارسال در یک قسمت و در مرکز قرار می‌گیرند. اما مشکل آن این است که پس از چند بار توسعه شکل کارخانه نامناسب شده و انجام عملیات کند می‌شود.



www.ieun.ir

جریان C شکل

با استفاده از این الگو می‌توان یک یا چند دپارتمان جدید را بدون قطع جریان مواد اضافه کرد. همچنین این الگو برای جرثقیل‌های سقفی، نقاله‌ها و لیفتراک ایده‌آل است.



www.ieun.ir

توسعه در فضای موجود

در این روش سعی می‌شود تا بدون اضافه کردن فضاها توسعه انجام شود. با اضافه کردن نقاله‌ها و مکانیکی کردن روش انتقال مواد، انبار مواد نیمه‌ساخته حذف می‌شود و سرعت تولید اضافه می‌شود. با استفاده از سیستم‌های چند حلقه‌ای پیچیده نیز می‌توان تقاطع جریان مواد را به‌حداقل کاهش داد. این روش از راه‌های دیگر ارزانتر است ولی ممکن است که تنها یک راه موقتی باشد.

www.ieun.ir

فصل هشتم:

حمل‌ونقل مواد

www.ieun.ir

تعریف حمل‌ونقل

جابجایی مواد که در برگیرنده انتقال هر چیزی، در هر جایی و به‌هر طریقی است را حمل‌ونقل می‌گویند. در ادامه برای تکمیل تعریف بالا به‌توصیف عوامل تشکیل‌دهنده حمل‌ونقل پرداخته شده است. این عوامل عبارتند از: حرکت، زمان، مکان، مقدار و فضا.

- حرکت

مواد، قطعات و محصولات باید از جایی به‌جای دیگر منتقل شوند. سیستم حمل ونقل امکان انتقال آن‌ها را در بالاترین راندمان و اقتصادی‌ترین روش فراهم می‌سازد.

- زمان

باید هر قطعه در هر مرحله از تولید به‌موقع به‌محل عملیات برسد. سیستم حمل‌ونقل این اطمینان را ایجاد می‌کند که هیچ یک از عملیات تولیدی به‌علت دیر یا زود رسیدن قطعه به‌محل موردنظر معطل نخواهند شد و مشتری نیز مجبور به‌انتظار بیهوده نخواهد بود.

www.ieun.ir

تعریف حمل‌ونقل - ادامه

- *مکان*

در یک فعالیت صنعتی هنگامی که مواد در جای خودشان قرار نداشته باشند ارزش بسیار کمی خواهند داشت. مسئولیت سیستم حمل‌ونقل آن است که مواد را به‌محل صحیح آن‌ها انتقال می‌کند.

- *مقدار یا تولید*

در مراحل مختلف تولیدی میزان نیاز به‌مواد تغییر می‌کند. سیستم حمل‌ونقل این اطمینان را ایجاد می‌کند که هر بخش در هر مرحله‌ای به‌طور پیوسته مقدار صحیح مواد، قطعات، اوزان و حجم‌های موردنیاز خود را دریافت می‌دارد.

- *فضا*

فضای انبار هم برای کالای ساخته شده و هم برای کالای نیمه‌ساخته سهم مهمی در ساختمان کارخانه دارد و از آنجایی‌که اختصاص فضای بیشتر، هزینه بالاتری را به‌دنبال دارد، توسط فن حمل‌ونقل و با انتخاب وسایل بهتر می‌توان از فضای کمتری جهت این کار استفاده کرد.

www.ieun.ir

اصول سیستم حمل‌ونقل

برای این‌که عملکرد سیستم حمل‌ونقل به نحو مطلوبی باشد و بتوان از آن حداکثر استفاده را برد، باید این سیستم بر اساس اصول بیست‌گانه حمل‌ونقل طراحی شود. همچنین در نظر گرفتن هدف از ایجاد سیستم حمل‌ونقل، در طراحی متناسب با نیاز این سیستم کمک می‌کند. از این‌رو توجه به‌اصول و اهداف سیستم حمل‌ونقل مهم و حایز اهمیت است که این ۲۰ اصل در زیر اشاره می‌شوند:

۱- اصل برنامه‌ریزی

۲- اصل سیستم

۳- اصل جریان مواد

۴- اصل ساده‌کردن

۵- اصل نیروی جاذبه

۶- اصل بهره‌وری از فضا

۷- اصل اندازه واحد بار

www.ieun.ir

اصول سیستم حمل‌ونقل - ادامه

۸- اصل مکانیزه کردن
۹- اصل اتوماتیک کردن
۱۰- اصل انتخاب وسایل حمل‌ونقل
۱۱- اصل استاندارد کردن
۱۲- اصل انعطاف‌پذیری
۱۳- اصل وزن مرده
۱۴- اصل بهره‌وری و استفاده
۱۵- اصل تعمیر و نگهداری
۱۶- اصل وسایل از کار افتاده
۱۷- اصل کنترل
۱۸- اصل ظرفیت
۱۹- اصل عملکرد
۲۰- اصل ایمنی

www.ieun.ir

روش سیستماتیک حل مسایل حمل‌ونقل

روش سیستماتیک برای حمل‌ونقل در واقع نوعی توالی منظمی است که اجرای آن برای حل مسایل حمل‌ونقل مفید است. این توالی به‌صورت زیر می‌باشد:

گام اول: بررسی مواد حمل شونده

گام دوم: بررسی حرکات

گام سوم: انتخاب انواع تجهیزات و روش‌های حمل‌ونقل

www.ieun.ir

مراحل الگوی سیستم حمل و نقل

مرحله اول: پس از جمع‌آوری اطلاعات، اولین مرحله از تجزیه و تحلیل سیستماتیک حمل‌ونقل مطالعه محصول و مواد است که در این مرحله بر اساس شکل فیزیکی، کمیت و حفاظت‌های موردنیاز طبقه‌بندی می‌شوند.

مرحله دوم: در مرحله دوم از تجزیه و تحلیل سیستماتیک حمل‌ونقل، مطالعه طرح استقرار کارخانه انجام می‌گیرد.

مرحله سوم: این مرحله شامل تجزیه و تحلیل حرکات است، تجزیه و تحلیل بستگی به‌این دارد که چند نوع مواد باید حرکت داده شوند و آیا مواد تکی و یا مرکب است و .. همچنین برای تجزیه و تحلیل حرکات، شدت جریان حرکات و خصوصیات حرکت تعیین می‌گردد.

مرحله چهارم: مشاهده عینی حرکات قدم بعدی می‌باشد. در این قدم تجزیه و تحلیل انجام شده به‌صورت تصویر و توسط دیاگرام جریان نشان داده می‌شود.

مرحله پنجم: در این مرحله باید تحلیل‌گر شناخت کافی نسبت به‌مسایل حمل‌ونقل مواد و همچنین روش‌های حمل‌ونقل داشته باشد تا بتوانیم راه‌حل‌های مناسب را پیدا کرده و آن‌ها را برای مساله موردنظر بسط دهیم.

www.ieun.ir

مراحل الگوی سیستم حمل و نقل - ادامه

مرحل ششم: طرح‌ریزی اولیه سیستم حمل ونقل در قالب طرح‌های مختلف در این مرحله صورت می‌پذیرد. همچنین وسایل حمل ونقل، تجهیزات و واحد حمل‌ونقل انتخاب می‌گردد.

مرحله هفتم: در این مرحله با توجه به‌محدودیت‌های موجود و واقعیت‌های عملی، هر یک از طرح‌های پیشنهادی اصلاح می‌شوند.

مرحله هشتم: در این مرحله برای هر کدام از طرح‌ها، رسیدن به‌اهداف موردنظر با توجه به‌عوامل کیفی و کمی بررسی شده و برآورد مالی و اقتصادی برای هر یک انجام می‌شود. همچنین معایب و مزایای هر یک لیست می‌گردد.

مرحله نهم: در این مرحله با توجه به‌مرحله قبلی بهترین طرح انتخاب می‌گردد.

مرحله دهم: انتخاب طرح و اجرای آن می‌باشد. در بعضی از مواقع پیوندی از چند طرح ما را به‌انتخاب راه‌حل بهینه حمل‌ونقل سوق می‌دهد.

www.ieun.ir

مشخصه‌های یک سیستم حمل‌ونقل مناسب

- کم بودن هزینه‌های حمل‌ونقل شامل هزینه اولیه انرژی، هزینه استهلاک، هزینه تعمیرات و نگهداری و ...
- حداکثر امکان استفاده و بهره‌برداری از فضای موجود
- کاهش میزان صدمات و ضایعات ناشی از سیستم حمل‌ونقل
- قابلیت اطمینان
- انطباق با محدودیت‌های فیزیکی موجود
- متناسب بودن با حجم حمل‌ونقل، مثلاً برای حجم زیاد از نوار نقاله استفاده می‌کنیم
- قابلیت انعطاف جهت طرح‌های توسعه و تغییر در نوع محصول
- مطابقت با نوع کالای حمل شده
- برخورداری از ایمنی کافی
- حداکثر استفاده از نیروی جاذبه و اینرسی
- کاهش زمان سیکل کاری
- کاهش موجودی در جریان ساخت.

www.ieun.ir

فصل نهم:

تکنیک‌های استقرار

www.ieun.ir

استقرار

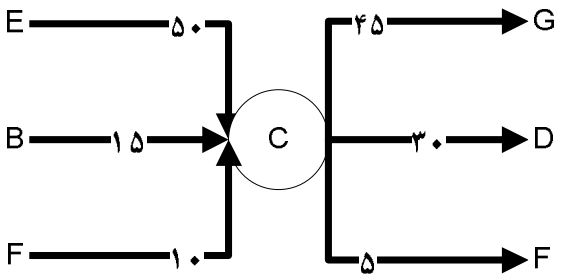
پس از تعیین بخش‌های مختلف کارخانه و فضای مورد نیاز آن‌ها لازم است تا کل فضای در نظر گرفته شده برای احداث کارخانه به‌این بخش‌ها اختصاص یابد. برای این کار تاکنون روش‌های مختلفی شکل گرفته‌اند که به‌طور کلی می‌توان آن‌ها را به‌صورت روش‌های دستی (سنتی)، روش‌ها و الگوریتم‌های کامپیوتری و روش‌های ریاضی تقسیم‌بندی کرد.

www.ieun.ir

روش مارپیچی

قدم ۱: برای هر بخش دایره‌ای رسم کرده و نام آن بخش را درون آن بنویسید. سپس جریان‌های خروجی و ورودی را به‌ترتیب نزولی و با پیکان‌های جهت‌دار نشان دهید.

به / از	A	B	C	D	E	F	G
A	-	۳۵	-	۱۰	-	۱۰	-
B	-	-	۱۵	-	۵	-	-
C	-	-	-	۳۰	-	۵	۴۵
D	-	۱۰	-	-	-	-	۵
E	-	-	۵۰	۵	-	۴۰	-
F	-	۵	۱۰	۱۰	۵۰	-	۵
G	-	-	-	-	-	-	-



www.ieun.ir

روش مارپیچی - ادامه

قدم ۲: بخش‌های مرتبط با هم را از نظر ارتباطی برحسب جریان مواد و به‌صورت نزولی مرتب می‌کنیم

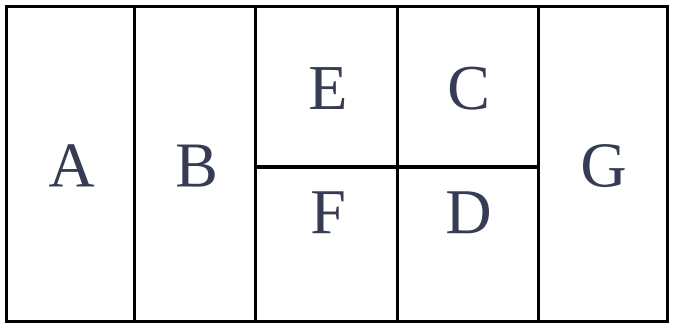
$EC(۵۰)$	$BC(۱۵)$	$BE(۵)$
$FE(۵۰)$	$FD(۱۰)$	$FG(۵)$
$CG(۴۵)$	$DB(۱۰)$	$CF(۵)$
$EF(۴۰)$	$AF(۱۰)$	$ED(۵)$
$AB(۳۵)$	$AD(۱۰)$	$FB(۵)$
$CD(۳۰)$	$FC(۱۰)$	$DG(۵)$

www.ieun.ir

روش مارپیچی - ادامه

قدم ۳: موقعیت بخش‌های دریافت و ارسال را روی طرح چیدمان مشخص می‌کنیم. در این مثال، بخش A به‌عنوان بخش دریافت و بخش G به‌عنوان بخش ارسال درنظر گرفته شده است.

قدم ۴: با توجه به‌مساحت و میزان ارتباط بخش‌ها، سایر بخش‌ها را مستقر می‌کنیم.



www.ieun.ir

روش مارپیچی - ادامه

قدم ۵: معیار ارزیابی را می‌توان به‌دست آورد و با توجه به‌آن طرح‌های مختلف را مقایسه نمود.

$$\text{معیار ارزیابی} = \frac{\text{مجموع جریان‌ها بین بخش‌های غیر مجاور}}{\text{جمع کل جریان‌ها}}$$

$$\text{معیار ارزیابی} = \frac{BC + DB + AF + AD + FC + FG + CF + ED}{\text{جمع کل جریان‌ها}}$$

$$= \frac{۱۵+۱۰+۱۰+۱۰+۱۰+۵+۵+۵}{۳۴۵} = ۰/۲۰۳$$

www.ieun.ir

روش خط مستقیم

قدم *اول*: با توجه به‌اطلاعات تولیدی هر قطعه، ابتدا قطعه‌ای را انتخاب می‌کنیم که بیشترین درصد جریان را دارا می‌باشد.

قطعه	مسیر تولید	درصد جریان
۱	ACBDE	۵۰
۲	AEFBG	۱۰
۳	AFBCD	۳۰
۴	ABCF	۵
۵	ABEFG	۵

بیشترین درصد جریان مربوط به‌قطعه ۱ با مسیر تولید ACBDE است.

www.ieun.ir

روش خط مستقیم - ادامه

- قدم دوم: آن مسیرهایی که در مسیر تولید قطعه منتخب وجود نداشتند را شناسایی می‌کنیم (بخش‌های G و F).
- قدم سوم: به‌قطعه‌ای که از لحاظ درصد جریان در رتبه دوم قرار دارد می‌رویم. با توجه به‌مسیر تولید آن قطعه، مسیرهایی که در مسیر تولید اول وجود نداشتند را شناسایی و در مسیر تولید منتخب خود قرار می‌دهیم.
- قدم *چهارم*: این فرآیند را آنقدر تکرار می‌کنیم تا کلیه مسیرهای ممکن مشخص شود (ACFBGDE).
- قدم پنجم: جریان‌های برگشتی را با توجه به‌مسیر تولید هریک از قطعات مشخص کنید (مجموع جریان‌های بازگشتی برابر با ۵۰ واحد است).
- قدم ششم: با تعویض مکان بخش‌ها سعی در کمینه‌کردن مجموع جریان‌های بازگشتی می‌کنیم.

www.ieun.ir

روش جدول‌بندی سفر

قدم ۱: بهبود جدول از - به‌حجم جریان مواد

جدول از - به‌را می‌توان با توجه به‌دو خاصیت مهم زیر بهبود داد:

الف) هر قدر جریان‌ها در اطراف قطر اصلی باشند، فواصل حمل کمتر می‌شود. بنابراین باید چگالی جریان را در اطراف قطر اصلی زیاد کنیم.

ب) جریان‌های درج شده در زیر قطر اصلی نشان‌دهنده برگشت به‌عقب هستند. برای بهبود جدول باید جریان‌های زیر قطر اصلی را حداقل نماییم. در محاسبه میزان جریان بالای قطر به‌ترتیب به‌رده‌های بالای قطر اصلی ضرایب ۱، ۲ و ... تخصیص داده شده و در محاسبه میزان جریان برگشتی به‌اعداد زیر قطر به‌ترتیب فاصله از قطر اصلی، ضرایب ۲، ۴ و ... اختصاص داده می شود.

	A	B	C	D
A	-	۱	۲	۳
B	۲	-	۱	۲
C	۴	۲	-	۱
D	۶	۴	۲	-

جریان رفت

۱ (۱+۱+۱) =۳

۲ (۲+۲) =۸

۳ (۳) =۳

۲۰

جریان برگشت

۲ (۲+۲+۲) =۱۲

۴ (۴+۴) =۳۲

۶ (۶) =۳۶

۸۰

www.ieun.ir

روش جدول‌بندی سفر - ادامه

قدم ۲: از روی جدول نهایی گام اول و اندازه بخش‌ها می‌توان استقرار اولیه را به‌دست آورد.

قدم ۳: فاصله بین بخش‌ها را به‌صورت پله‌ای (فاصله مرکز به‌مرکز) محاسبه و به‌جدول مسافت انتقال می‌دهیم.

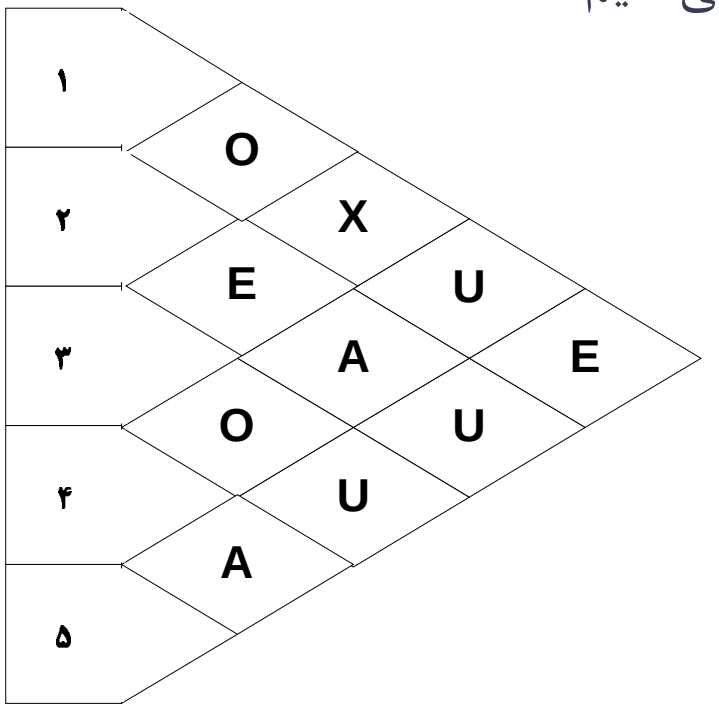
قدم ۴: در طرح استقرار موجود، با انجام جابه‌جایی بین بخش‌ها سعی در کاهش حاصل‌ضرب "حجم جریان * مسافت" می‌کنیم تا طرح بهتری حاصل شود.

www.ieun.ir

روش الگویی

قدم ۱: تهیه نمودار رابطه فعالیت‌ها.

قدم ۲: برای هر بخش مربع‌های هم‌اندازه در نظر می‌گیریم و بر روی هر یک نام، کد و ارتباط آن با سایر بخش‌ها را ذکر می‌کنیم.

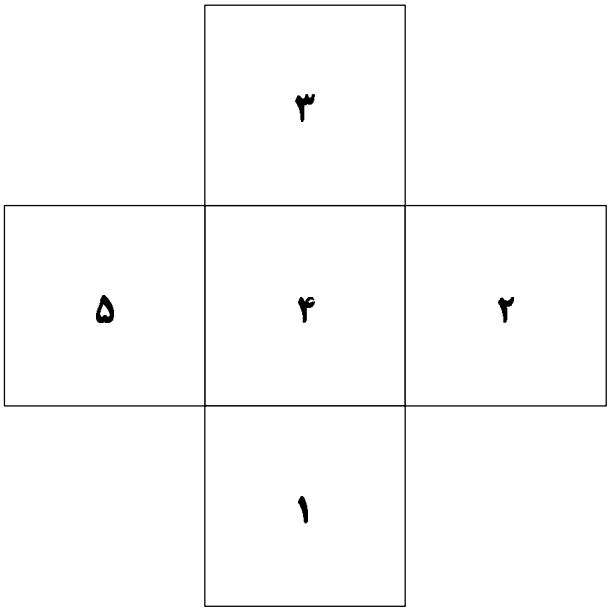


رابطه نوع E	رابطه نوع A
۱-۵	۴-۵
۳-۲	۲-۴

www.ieun.ir

روش الگویی - ادامه

قدم ۳: بخشی که دارای بیشترین درجه نزدیکی Aاست، انتخاب و در مرکز طرح قرار می‌دهیم. بقیه بخش‌ها طوری قرار می‌گیرد که بیشترین ارتباط را با بخش مرکزی داشته باشند.

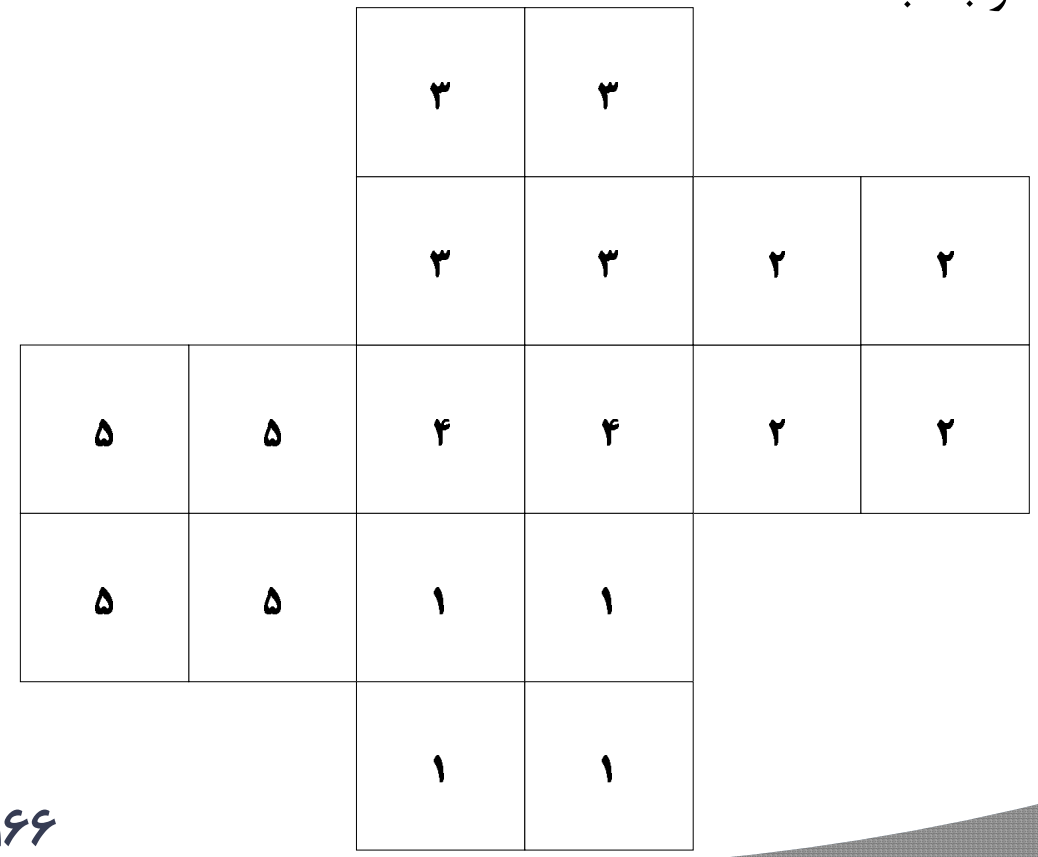


www.ieun.ir

روش الگویی - ادامه

قدم ۴: تکرار قدم سوم تا اینکه همه بخش‌ها در کنار هم قرار گیرند.

قدم ۵: گسترش بخش‌ها با توجه به‌مساحت‌ها.



www.ieun.ir

روش توالی تقاضا

قدم ۱: رسم جدول محاسبات. در این جدول در طرف چپ نام ماشین‌آلات و در بالا محل قرارگیری ماشین‌آلات می‌آید. دقت شود که به‌ازای هر ماشین یک محل وجود دارد.

قدم ۲: با توجه به‌مسیر تولید و حجم جریان، میزان جریان مواد برای هر ماشین را در محل خود یادداشت نمایید.

قدم ۳: جمع کل و جمع وزنی را به‌دست می‌آوریم و از تقسیم جمع وزنی بر جمع کل، میانگین وزنی به‌دست می‌آید. جمع وزنی از مجموع حاصل‌ضرب میزان جریان در شماره مکان قرارگیری به‌دست می‌آید.

قدم ۴: اعداد میانگین وزنی را از کم به‌زیاد مشخص کرده و محل قرارگیری آن‌ها را تعیین می‌کنیم.

www.ieun.ir

روش توالی تقاضا - ادامه

قطعه	مسیر تولید	درصد حجم جریان مواد
۱	ABCDE	۵۰
۲	ABDEC	۴۰
۳	ACDB	۱۰

محل / ماشین	۱	۲	۳	۴	۵	جمع کل	جمع وزنی	میانگین وزنی	محل
A	۱۰۰	-	-	-	-	۱۰۰	۱۰۰	۱	۱
B	-	۹۰	-	۱۰	-	۱۰۰	۲۲۰	۲/۲	۲
C	-	۱۰	۵۰	-	۴۰	۱۰۰	۳۷۰	۷/۳	۴
D	-	-	۵۰	۵۰	-	۱۰۰	۳۵۰	۵/۳	۳
E	-	-	-	۴۰	۵۰	۹۰	۴۱۰	۵۵/۴	۵

www.ieun.ir

روش‌های کامپیوتری

روش‌های کامپیوتری نسبت به‌روش‌های دستی قابلیت بالاتری دارند و نتایج حاصل از آن‌ها دقیق‌تر است. اما باید توجه داشت که این روش‌ها نیز جواب نهایی را ارایه نمی‌دهند و نتایج حاصل از آن‌ها نیاز به‌تعدیل دارد. در طراحی استقرار به‌کمک کامپیوتر کلاً دو نوع مدل وجود دارد: مدل‌های ایجادکننده و مدل‌های بهبود دهنده.

- در مدل‌های ایجادکننده یا ساختنی، استقرار اولیه‌ای وجود ندارد و بخش‌ها با مکانیسم خاصی انتخاب و کنار هم مستقر می‌شوند و این رویه تا استقرار کلیه بخش‌ها در طرح جانمایی ادامه می‌یابد.
- مدل‌های بهبوددهنده با استقرار اولیه شروع می‌کنند و سعی می‌کنند در هر مرحله، استقرار قبلی را با توجه به‌معیار خاصی بهبود داده و هنگامی که بهبود بیشتری امکان‌پذیر نباشد، مدل متوقف می‌گردد.

www.ieun.ir

کرافت

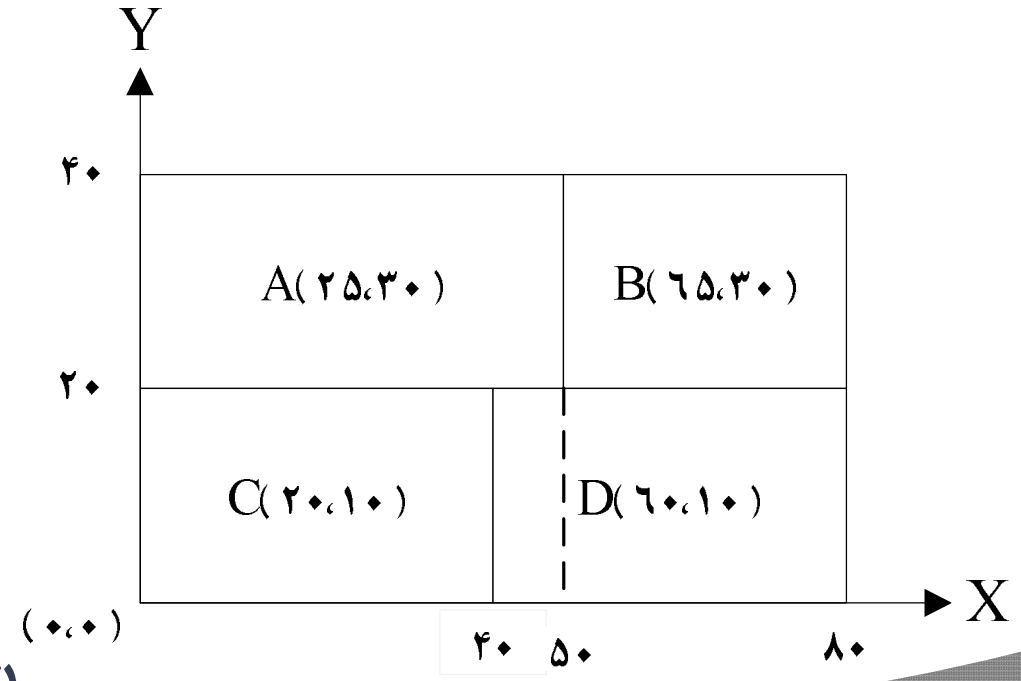
این الگوریتم دقیقا مبتنی بر روش جدول بندی سفر است. یعنی می‌کوشد هزینه کل حمل را که حاصلضرب جریان در مسافت در هزینه واحد می باشد را بهبود دهد.

اطلاعات ورودی آن عبارت است از جدول از-به، استقرار اولیه، هزینه واحد حمل برای هریک از حملها و بخش‌هایی که احتمالا محل آن‌ها ثابت است.

www.ieun.ir

کرافت - ادامه

کرافت کار خود را با تعیین مختصات مرکز ثقل بخش‌ها در طرح موجود آغاز می‌کند، سپس فاصله پله‌ای بین این مراکز را محاسبه کرده و آن را در جدول مسافت وارد می‌کند.



	A	B	C	D
A	۰	۴۰	۲۵	۵۵
B	۴۰	۰	۶۵	۲۵
C	۲۵	۶۵	۰	۴۰
D	۵۵	۲۵	۴۰	۰

www.ieun.ir

کرافت - ادامه

محاسبه هزینه کل حمل‌ونقل استقرار اولیه که از حاصل‌ضرب نظیر به‌نظیر سه ماتریس از -به جریان مواد، مسافت بین بخش‌ها و هزینه حمل‌ونقل به‌دست می‌آید.

	B	C	D
A	۳	٦	۸
B		۲	۴
C			۲

×

	B	C	D
A	۴۰	۲۵	۵۵
B		٦۵	۲۵
C			۴۰

هزینه طرح اولیه = ۳*۴۰ + ۶*۲۵ + ۸*۵۵ + ۲*۶۵ + ۴*۲۵ + ۲*۴۰=۱۰۲۰

www.ieun.ir

کرافت - ادامه

تعویض محل بخش‌ها (شامل جابجایی‌های دوتایی، جابجایی‌های سه‌تایی، ابتدا جابجایی دوتایی سپس سه‌تایی) به‌منظور کاهش مسافت و یا به‌عبارت دیگر کاهش هزینه حمل‌ونقل انجام می‌شود. به‌عبارتی کرافت سعی می‌کند محل بخش‌های همسایه یا هم‌اندازه را جابجا کند تا به‌طرحی با هزینه کمتر برسد.

بخش‌های هم‌اندازه		بخش‌های همسایه
(C,D)	و	(A,B),(A,C),(A,D),(B,D), (C,D)

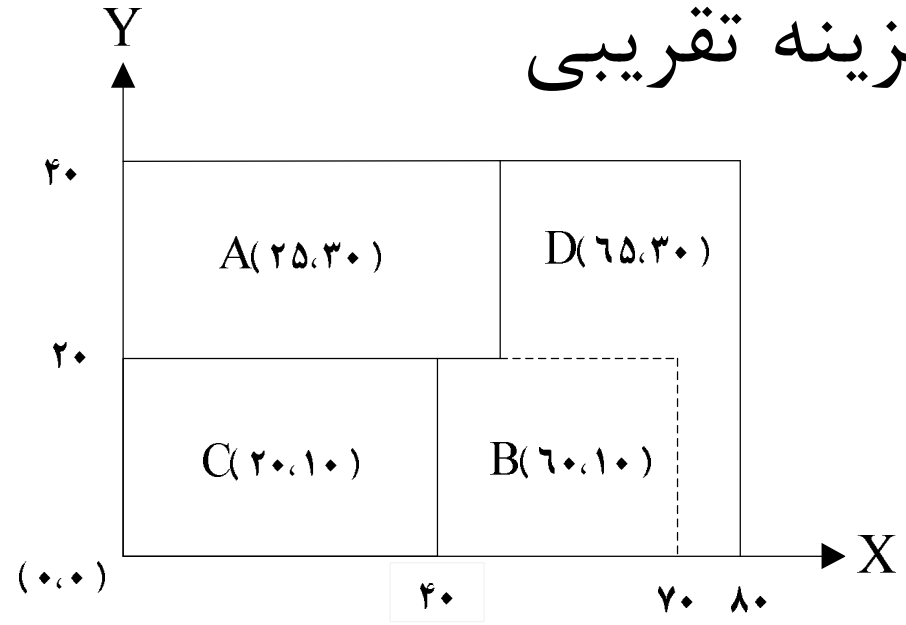
www.ieun.ir

کرافت - ادامه

صرفه‌جویی در هزینه حمل‌ونقل در اثر جابجایی بخش‌ها ابتدا تقریب زده می‌شود. یعنی ابتدا فرض می‌شود که در صورت جابجایی دو بخش، مرکز ثقل آن‌ها دقیقاً با یکدیگر جابجا شده و روی هم می‌افتد. صرفه‌جویی حاصل از تمام جابجایی‌های ممکن به‌صورت تقریبی محاسبه می‌شود و حالتی که بیشترین صرفه‌جویی در هزینه را داشته باشد، انتخاب می‌شود. پس از انتخاب حالت مورد نظر و جابجایی بخش‌ها، مختصات جدید مرکز ثقل بخش‌ها محاسبه شده و مقدار واقعی صرفه‌جویی مشخص می‌شود.

www.ieun.ir

محاسبه هزینه تقریبی



	B	C	D
A	۳	۶	۸
B		۲	۴
C			۲

X

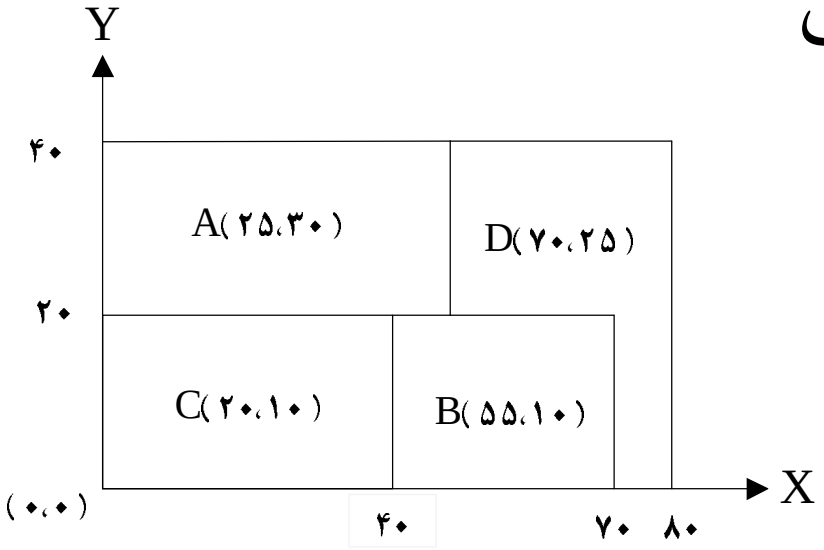
	B	C	D
A	۵۵	۲۵	۴۰
B		۴۰	۲۵
C			۶۵

هزینه جابه‌جایی B,D = ۳*۵۵ + ۶*۲۵ + ۸*۴۰ + ۲*۴۰ + ۴*۲۵ + ۲*۶۵ =۹۴۵

صرفه‌جویی تقریبی =۱۰۲۰-۹۴۵ =۷۵

www.ieun.ir

محاسبه هزینه واقعی



	B	C	D
A	۳	۶	۸
B		۲	۴
C			۲

X

	B	C	D
A	۵۰	۲۵	۴۷,۵
B		۳۵	۲۷,۵
C			۶۲,۵

هزینه واقعی جابه‌جایی = ۳*۵۰ + ۶*۲۵ + ۸*۴۷.۵ + ۲*۳۵ + ۴*۲۷.۵ + ۲*۶۲.۵ =۹۸۵B,D

www.ieun.ir

کرافت - ادامه

- این فرآیند یعنی تعیین حالت‌های ممکن برای جابجایی، محاسبه هزینه تقریبی جابجایی و تعیین آن جابجایی که بیشترین صرفه‌جویی را حاصل می‌کند آنقدر تکرار می‌شود تا دیگر نتوان تعویضی پیدا کرد که منجر به‌صرفه‌جویی در هزینه حمل‌ونقل شود. در این صورت برنامه متوقف خواهد شد.
- خروجی برنامه کرافت یک طرح استقرار مستطیل شکل است که هر یک از بخش‌ها با حروف لاتین مشخص شده‌اند. بخش‌هایی که شکل غیرمنظم هندسی به‌خود می‌گیرند، هنگام گرفتن خروجی به‌صورت اشکال منظم به‌هم پیوسته نشان داده می‌شوند. در هر تکرار، الگوریتم مذکور اختلاف بین هزینه طرح جدید و هزینه طرح قبلی را محاسبه و همراه با اسامی بخش‌های تعویض شده چاپ می‌کند.

www.ieun.ir

مزایای کرافت

- کرافت یک الگوریتم کمی است و هزینه طرح و کاهش هزینه را در هر مرحله در نظر می‌گیرد.
- در کاربرد کرافت می‌توان موقعیت بخشی را ثابت نمود. این امکان فرصت ارزیابی استقرارهای مختلف را فراهم می‌آورد (به عبارتی امکان ثابت نگه داشتن محل بخش‌ها وجود دارد).
- مراحل محاسبه شده قبلی را چک می‌کند.
- شکل‌های ورودی‌ها می‌توانند متفاوت باشند.
- زمان اجرای برنامه کوتاه است.
- مبانی ریاضی ساده‌ای دارد.

www.ieun.ir

محدودیت‌های کرافت

- طرح نهایی دارای کمترین هزینه نیست، زیرا با توجه به‌محدودیت رویه ذکر شده خیلی از طرح‌ها بررسی نمی‌شود به‌عبارتی جواب بهینه لزوماً به‌دست نمی‌آید.
- کیفیت جواب نهایی بستگی به‌کیفیت استقرار اولیه دارد. یعنی اگر طرح اولیه خوب تهیه شود، این الگوریتم در زمان مناسب طرح نهایی را با هزینه کمتری تهیه خواهد نمود، در غیر این‌صورت زمان اجرای برنامه طولانی شده و طرح نهایی نیز کیفیت خوبی نخواهد داشت.
- در بعضی مواقع ممکن است طرح‌های غیرطبیعی ایجاد شود..
- کرافت می‌تواند تا ۴۰ بخش را در محوطه‌ای تا ابعاد ۳۰*۳۰ بپذیرد.
- روابط نامطلوب منظور نمی‌گردد.

www.ieun.ir

کوفاد

این الگوریتم شکل تکمیل شده الگوریتم CRAFT می باشد. به‌این صورت که علاوه بر اطلاعات ورودی CRAFT اطلاعات دیگری نظیر انواع وسایل حمل‌ونقل ممکن و هزینه های ثابت و متغیر هر یک را نیز دریافت می کند. سپس مطابق الگوریتم CRAFT بخش‌ها را استقرار می‌دهد و بر اساس استقرار به‌دست آمده و مسافت‌های ناشی از آن، وسیله حمل‌ونقل اقتصادی برای هر حمل را انتخاب می نماید.

حال با توجه به‌تجهیزات به‌دست آمده هزینه حمل واقعی را برای هریک از حمل‌ها محاسبه می‌کند و با توجه به‌هزینه به‌دست آمده، بار دیگر طرح استقرار را بهبود می دهد. این روند تا جایی بهبود می یابد تا دیگر نتوانیم مقدار هزینه کل را کاهش دهیم.

www.ieun.ir

آلدپ

یک الگوریتم سازنده است. یعنی طرح استقرار اولیه را تهیه می‌کند اما آن را بهبود نمی‌دهد. از مزایای آن این است که می توان برای هر راهرو، آسانسور، و پله، در داخل طرح استقرار فضا در نظر گرفت. تعداد استقرار زیادی تولید می کند که یکی از آن‌ها انتخاب می‌شود. طرح استقرار آن شکل مناسبی دارد و سرعت محاسبات در این الگوریتم زیاد می‌باشد.

این الگوریتم بر اساس رابطه فعالیت‌ها کار می‌کند.

www.ieun.ir

آلدپ - ادامه

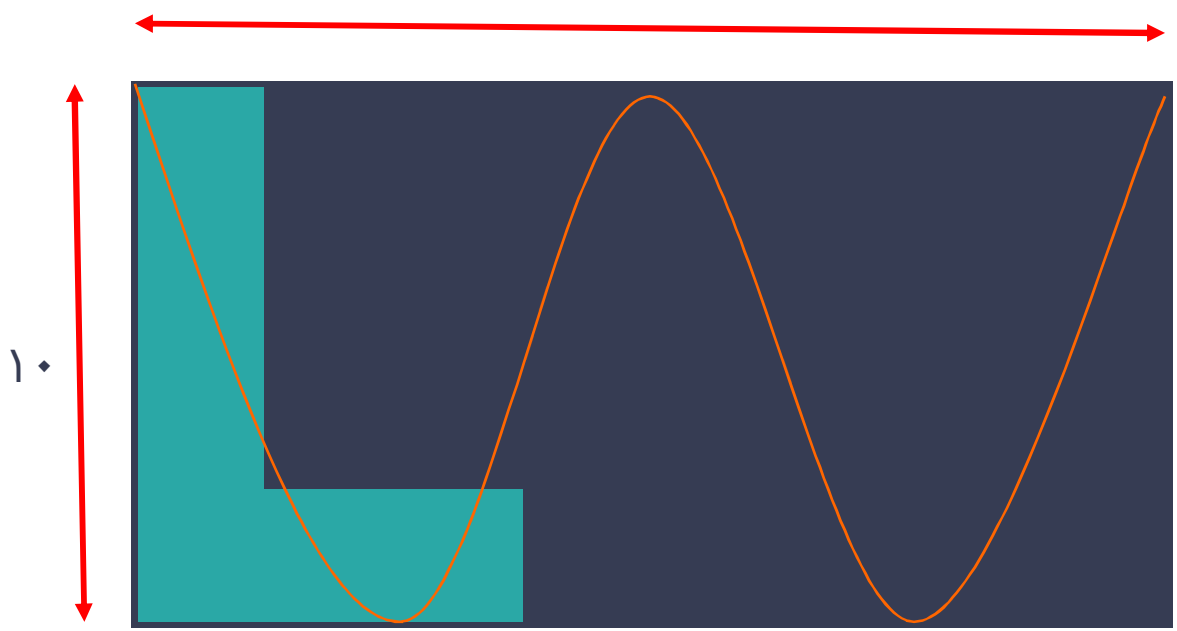
برای شروع به‌کار الگوریتم لازم است که اطلاعات مشخصی به‌عنوان ورودی داده شوند. این اطلاعات شامل موارد زیر می‌باشند:

- نمودار رابطه فعالیت‌ها (جدول رابطه بین بخش‌ها)
- مساحت بخش‌ها، طول، عرض، مساحت هر طبقه و مقیاس طرح
- تعداد طرح‌های استقراری که باید تولید شود
- تعداد بخش‌های طرح
- حداقل درجه نزدیکی ارتباط که بخش‌ها بر اساس آن انتخاب می‌شوند
- حداقل امتیاز مجاز برای قبول و چاپ (طرح‌هایی که امتیاز آن‌ها کمتر از این مقدار باشد چاپ نمی‌شود)
- محل و اندازه بخش‌هایی که باید ثابت بمانند
- عرض نواری که بخش‌ها بر اساس آن چیده می‌شوند.

www.ieun.ir

گام‌های آلدپ

- انتخاب تصادفی اولین بخش برای ورود به‌طرح استقرار و قرار دادن آن در گوشه بالا سمت چپ به‌صورت نواری با عرض مشخص شده است.



www.ieun.ir

گام‌های آلدپ - ادامه

- بررسی جدول رابطه فعالیت‌ها برای پیدا کردن بخش‌هایی که با بخش انتخاب شده، درجه نزدیکی بزرگ‌تر یا مساوی حداقل درجه نزدیکی معرفی شده را داشته باشند. وقتی بخش دوم انتخاب گردید، آن‌گاه به‌جدول رابطه فعالیت‌ها مراجعه شده و بخش‌هایی که با بخش دوم رابطه‌ای مساوی یا بزرگ‌تر از حداقل درجه نزدیکی داشته باشند مشخص می‌گردند و این فرآیند ادامه می‌یابد تا آخرین بخش نیز انتخاب گردد.
- آلدپ برای استقرار از گوشه شمال غربی شروع می‌کند و نواری به‌عرض مورد نظر (که در ورودی مشخص شده است) به‌سمت پایین امتداد می‌دهد و در صورتی‌که کل مساحت بخش موردنظر در یک نوار تأمین نگردد، آن‌گاه نوار بعدی از سمت راست نوار قبلی و از پایین به‌بالا کشیده برمی‌گردد.

www.ieun.ir

گام‌های آلدپ - ادامه

وقتی محل همه بخش‌ها مشخص شد و قبل از این که استقرار چاپ شود، آلدپ امتیاز طرح حاصل را محاسبه می‌کند. به‌این معنی که دپارتمان‌های همسایه را مشخص می‌کند و برای هر دو همسایه بسته به‌درجه نزدیکی آن‌ها امتیازی به‌شرح زیر را به‌مجموع امتیاز طرح اضافه می‌نماید: اگر درجه نزدیکی دو همسایه U,O,I,E,A باشد که به‌ترتیب نشان دهنده بیشترین لزوم همسایگی، همسایگی نسبتا مطلق، همسایگی متوسط، همسایگی ضعیف و همسایگی بسیار ضعیف می‌باشد، امتیاز ۶۴، ۱۶، ۴، ۱ و ۰ در نظر گرفته و از آن جا که اگر دپارتمان A با B ارتباط داشته باشد، B با A نیز همان ارتباط را دارد، دو برابر حاصل جمع این ارتباطات را برای به‌دست آوردن نمره طرح لحاظ می‌کنیم.

www.ieun.ir

گام‌های آلدپ - ادامه

- سپس الگوریتم آلدپ از ابتدا تکرار می‌شود، یعنی یک دپارتمان بطور تصادفی انتخاب می‌کند و همه مراحل از نو تکرار می‌شود تا طرح جدیدی به‌دست آید و امتیاز آن محاسبه گردد. سپس مجددا طرح جدیدی ساخته می‌شود تا سرانجام به‌تعدادی که در ورودی‌ها تعیین کردیم، طرح تولید گردد.
- طرح‌هایی که امتیاز آن‌ها از حداقل امتیاز قابل قبول که در ورودی‌ها تعریف شده کمتر نباشند، چاپ می‌شوند. حداقل امتیاز برای قبول طرح‌ها در ابتدا مساوی صفر فرض می‌شود.
- وقتی برنامه مطمئن شد که تعداد استقرارهای تولید شده به‌تعداد از قبل تعیین شده (جزو اطلاعات ورودی) رسیده، برنامه متوقف می‌شود.

www.ieun.ir

کورلپ

این برنامه بر اساس روش سیستماتیک جانمایی بنا شده است که در آن بر اساس نمودار رابطه فعالیت‌ها، دیاگرامی تهیه می‌شود که پس از ادغام و ترکیب با ساختار مورد نیاز بخش‌ها به‌نقشه استقرار تبدیل می‌شود. کورلپ الگوریتمی ایجادی است و به‌دنبال برقرار کردن حداکثر ارتباطات بر اساس نمودار رابطه فعالیت‌ها می‌باشد. این الگوریتم تا ۷۰ بخش را می‌پذیرد و طرح نهایی را حداکثر با ابعاد ۳۹*۳۹ و به‌شکل مربع چاپ می‌کند. در این الگوریتم شکل ساختمان اهمیتی ندارد و از این رو می‌توان نسبت طول و عرض را مشخص کرد. این برنامه با استفاده از درجه نزدیکی کل (TCR) طرح جانمایی را ایجاد می‌کند.

www.ieun.ir

کورلپ - ادامه

این الگوریتم برای شروع به‌کار نیازمند ورودی‌های مشخصی است که این ورودی‌ها شامل موارد زیر می‌شوند:

- نمودار رابطه فعالیت‌ها
- تعداد بخش‌ها و مساحت مورد نیاز هر بخش
- وزن‌های ورودی نمودار رابطه فعالیت‌ها (مقادیر عددی یا در رابطه نزدیکی درجات نزدیکی که نرخ عمل بر مبنای آن‌ها محاسبه می‌شود)
- حداکثر یا مقدار مشخص نسبت طول به‌عرض طرح
- نحوه ترسیم طرح نهایی
- مقیاس طرح خروجی جهت چاپ

www.ieun.ir

گام‌های کورلپ

- محاسبه نرخ کل (TCR) برای هر بخش.

نرخ کل برای هر بخش از حاصل جمع درجه نزدیکی آن بخش با سایر بخش‌ها به‌دست می‌آید.

- بخشی که بیشترین TCR را دارد در مرکز استقرار قرار می‌گیرد. اگر یک یا چند بخش بیشترین TCR را داشتند، بخشی که مساحت بیشتری داشته باشد انتخاب می‌شود و در صورتی که دارای مساحت برابری باشند، بخشی انتخاب می‌گردد که از نظر حروف الفبا جلوتر باشد.
- در این مرحله نمودار رابطه فعالیت‌ها بررسی شده و بخشی که با اولین بخش، بیشترین درجه نزدیکی را داشته باشد، انتخاب می‌گردد. در صورتی که هیچ بخشی با اولین بخش رابطه A را نداشت، رابطه E بررسی می‌شود. به‌عبارت دیگر بخشی انتخاب می‌شود که رابطه E را با اولین بخش داشته باشد و همین طور ادامه می‌دهیم. اگر یک یا چند بخش با بخش اول رابطه A داشته باشند، بخشی با بیشترین TCR و در صورت برابر بودن TCRها، بخشی که مساحت بیشتری داشته باشد انتخاب می‌شود و در صورتی که دارای مساحت برابری باشند، بخشی انتخاب می‌گردد که از نظر حروف الفبا جلوتر باشد.

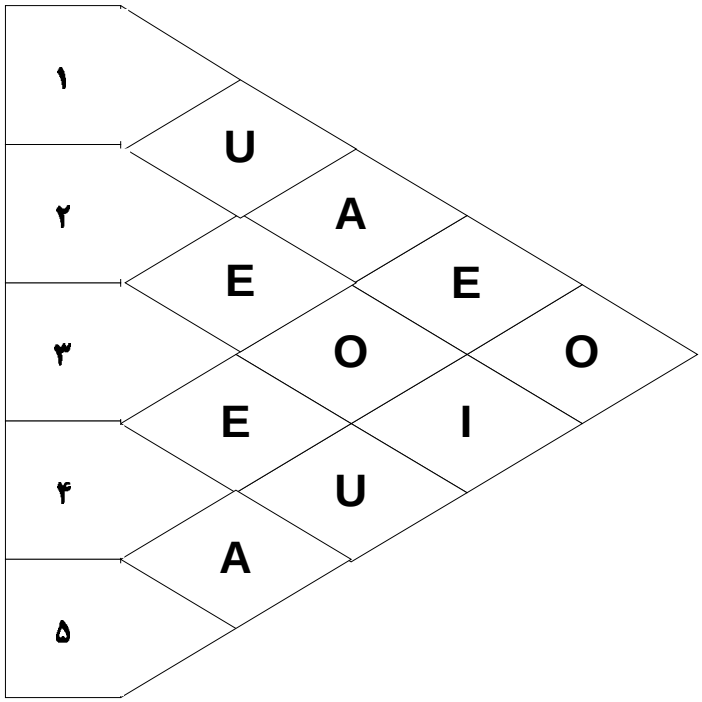
www.ieun.ir

گام‌های کورلپ - ادامه

- جهت استقرار بخش سوم، بخشی جستجو می‌شود که با بخش اول رابطه A داشته باشد. اگر بخشی پیدا نشد، بخشی انتخاب می‌شود که با بخش دوم رابطه A داشته باشد. اگر مجددا بخشی پیدا نشد، بخشی انتخاب می‌شود که با بخش اول رابطه E داشته باشد. اگر پیدا نشد، بخشی که با بخش دوم رابطه E داشته باشد انتخاب می‌شود و به‌همین ترتیب ادامه می‌یابد. همین فرآیند به‌ترتیب اولویت برای بخش‌های بعدی نیز تکرار می‌شود تا کلیه بخش ها مستقر شوند.
- وقتی یک بخش انتخاب شد، مساله بعدی این است که کجا مستقر شود. نرخ محل (PR) مبنای تعیین محل هر بخش است که از حاصل‌جمع نرخ نزدیکی بخش مورد نظر با بخش‌های همسایه آنبا در نظر گرفتن X=-۱۰۰، U=۰، O=۵۰، I=۱۰۰، E=۲۰۰ و A =۶۰۰ به‌دست می‌آید. اگر نرخ محل برای دو نقطه برابر باشند، آن‌گاه طول همسایگی (BL) مبنای انتخاب محل خواهد بود. طول همسایگی بیانگر مرز مشترک بخش جدید با بخش‌های موجود است.

www.ieun.ir

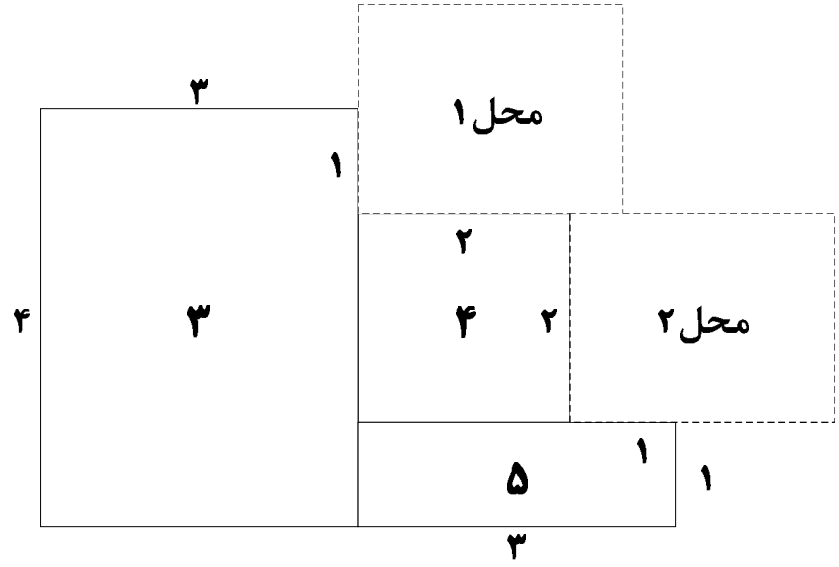
مثال کورلپ



$$TCR(1) = U + A + E + O = 2 + 6 + 5 + 3 = 16$$
$$TCR(2) = U + E + O + I = 2 + 5 + 3 + 4 = 14$$
$$TCR(3) = E + A + E + U = 5 + 6 + 5 + 2 = 18$$
$$TCR(4) = A + E + O + E = 6 + 5 + 3 + 5 = 19$$
$$TCR(5) = A + U + I + O = 5 + 2 + 4 + 3 = 14$$

www.ieun.ir

مثال کورلپ - ادامه



PR۱=E+A=۲۰۰+۶۰۰=۸۰۰

PR۲=E+O=۲۰۰+۵۰=۲۵۰

www.ieun.ir

پلانت

پلانت هم استقرار را به‌وجود می‌آورد و هم آن را ارزیابی می‌کند. هدف این روش حداکثر نمودن ارتباطات موردنظر با توجه به‌نزدیکی‌های خواسته‌شده و یا به‌عبارت دیگر حداقل‌کردن هزینه حمل‌ونقل است. برنامه پلانت انعطاف‌پذیری زیادی دارد زیرا می‌تواند جریان مواد را به‌صورت مختلف به‌برنامه بدهد.

www.ieun.ir

ورود اطلاعات در پلانت

اطلاعات ورودی به‌پلانت شامل نام بخش، کد بخش، مساحت هر بخش، درجه اولویت بین بخش‌ها و جریان مواد است. در پلانت جریان مواد را می‌توان به‌سه صورت وارد کرد:

۱- با استفاده از برگ مسیر تولید (به‌صورت ترتیب مراحل ساخت)

در این روش، مراحل مسیر تولید، فراوانی حرکت در واحد زمان و هزینه حمل به‌ازای واحد مسافت برای کلیه اقلام به‌برنامه داده می‌شود. در این صورت الگوریتم ابتدا داده‌های ورودی را به‌یک جدول از- به‌تبدیل می‌کند. برای تهیه این جدول، هزینه حمل‌ونقل به‌ازای واحد مسافت در فراوانی حرکت هر قطعه ضرب می‌شود و این مقدار جهت حرکت کلیه مراحل حرکت قطعه منظور می‌شود.

۲- با استفاده از جدول از- به

در این روش مستقیماً جدول از- به‌به برنامه داده می‌شود.

www.ieun.ir

ورود اطلاعات در پلانت - ادامه

۳- با استفاده از نمودار جریمه

نمودار جریمه نوعی نمودار ارتباطات است که شکلی کاملاً شبیه جدول از- به‌دارد. ارقام این جدول، اهمیت نزدیکی بخش‌ها با یکدیگر را نشان می‌دهد. هر چقدر مقدار جریمه بالاتر باشد، اهمیت نزدیکی بخش‌ها بیشتر است. مبنای جریمه می‌تواند فرکانس حمل‌ها، نوع حمل‌ها، نمودار رابطه فعالیت‌ها و یا ترکیبی از این معیارها باشد. مقادیر جریمه می‌تواند از ۹- تا ۹۹ تغییر نماید. مقدار ۹۹ بیانگر بیشترین ضرورت نزدیکی دو بخش و ۹- بیانگر ضرورت دوری دو بخش است

www.ieun.ir

تبدیل اطلاعات

قطعه	فراوانی حرکت	هزینه حمل	مسیر ساخت
۱	۸	۲	ACB
۲	۵	۵	ABC
۳	۱۰	۳	CBC

از \ به	A	B	C
A	-	۵*۵	۸*۲
B	۰	-	۱۰*۳+۵*۵
C	۰	۸*۲+۱۰*۳	-

از \ به	A	B	C
A	-	۲۵	۱۶
B	۲۵	-	۱۰۱
C	۱۶	۱۰۱	-

www.ieun.ir

نحوه انتخاب بخش‌ها در پلانت

- ***روش اول:*** از بین بخش‌هایی که بیشترین اولویت را دارند، دو بخش که بیشترین هزینه بین بخشی را با یکدیگر دارند، انتخاب می‌شوند. این دو بخش ابتدا در مرکز استقرار مستقر می‌شوند. بخش بعدی از میان بخش‌های با بیشترین اولویت فعلی که هنوز مستقر نشده‌اند انتخاب می‌شود و در واقع بخشی است که بیشترین هزینه جریان متقابل را با یکی از بخش‌هایی که تاکنون مستقر شده‌اند داشته باشد. این کار تا استقرار همه بخش‌ها ادامه می‌یابد.

www.ieun.ir

نحوه انتخاب بخش‌ها در پلانت - ادامه

- **روش دوم**: در این روش انتخاب اولین زوج، شبیه به‌روش اول است. اما بخش بعدی که از بین بخش‌هایی که بیشترین اولویت فعلی را دارند و هنوز انتخاب نشده‌اند انتخاب می‌شود، بخشی است که با تمام بخش‌های استقرار یافته بیشترین جمع هزینه متقابل را داشته باشد. این کار تا استقرار همه بخش‌ها ادامه می‌یابد.

www.ieun.ir

نحوه انتخاب بخش‌ها در پلانت - ادامه

- **روش سوم:** در این روش، اولین بخش از میان بخش‌هایی که بیشترین اولویت را دارند، به‌گونه‌ای انتخاب می‌شود که حاصل جمع هزینه جریان متقابل آن با تمام بخش‌ها از همه بیشتر باشد. سپس بخش بعدی از بین بخش‌هایی که هنوز انتخاب نشده‌اند و بیشترین اولویت فعلی را دارند طوری انتخاب می‌شود که بیشترین جمع کل هزینه متقابل را با بخش‌های دیگر داشته باشد. این کار تا استقرار همه بخش‌ها ادامه می‌یابد.

www.ieun.ir

استقرار بخش‌ها در پلانت

پلانت دو بخش یا یک بخش اول را در مرکز طرح مستقر می‌سازد به‌طوری‌که این دو بخش با یکدیگر همسایه باشند. به‌طور کلی پلانت سعی می‌کند تا هر بخش را تا حد امکان مربع یا نزدیک مربع بسازد. بخش بعدی طوری مستقر می‌شود که میزان افزایش در هزینه حمل‌ونقل را حداقل نماید. این برآورد به‌روش سعی و خطا است. لازم به‌ذکر است که هزینه حمل‌ونقل از حاصل ضرب جدول مسافت در جدول هزینه جریان متقابل بین بخش‌ها به‌دست می‌آید. در این روش فواصل به‌صورت پله‌ای در نظر گرفته می‌شود.

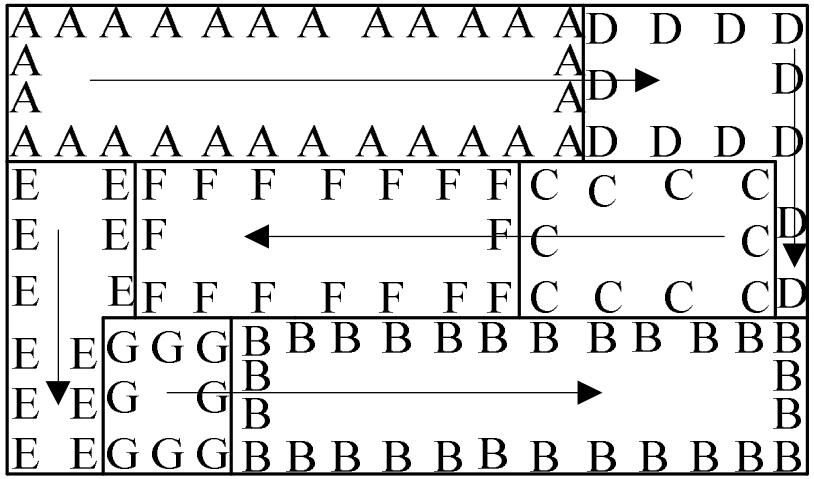
www.ieun.ir

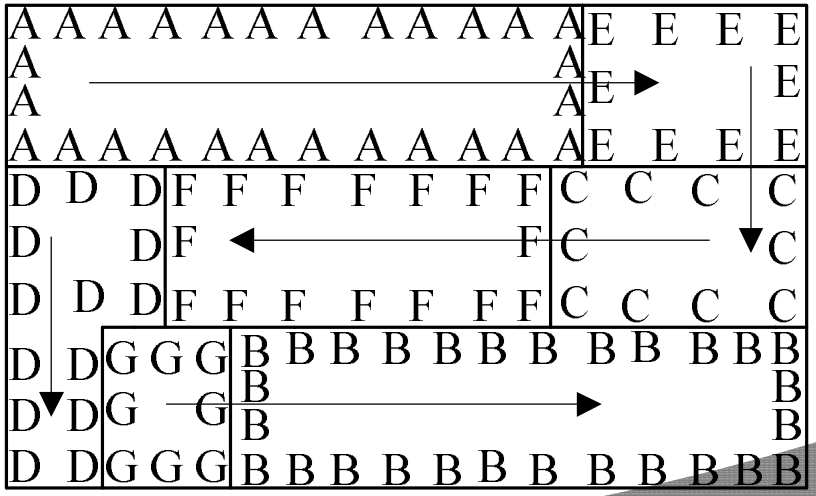
میکروکرافت

میکروکرافت شبیه کرافت است، بجز این‌که میکروکرافت می‌تواند دو بخش را جابه‌جا کند، خواه همسایه باشد یا نباشند. چنین بهبودی در الگوریتم با استفاده از یک تکنیک شکل‌دهی چیدمان حاصل شده است که در آن در هنگام تعویض محل دو بخش غیرهمسایه و با اندازه‌های نامساوی، "به طور خودکار" انتقال سایر بخش‌ها صورت می‌گیرد. به‌جای تخصیص هر سلول به‌یک بخش مشخص، میکروکرافت ابتدا واحد را به"نوارهایی" با عرض برابر تقسیم می‌کند و سپس سلول‌های داخل هر نوار به‌یک یا چند بخش تخصیص می‌یابند. تعداد نوارها در چیدمان توسط کاربر معلوم می‌شود.

www.ieun.ir

جابجایی دو بخش D و E





www.ieun.ir

بلاک‌پلن

از این نظر که بخش‌ها در داخل نوارهایی منظم شده‌اند، شبیه میکروکرافت است. بلاک‌پلن می‌تواند یک نمودار رابطه فعالیت‌ها را همانند یک نمودار از-به به‌عنوان داده ورودی برای جریان استفاده نماید. هزینه چیدمان می‌تواند هم بوسیله یک تابع هدف بر مبنای فاصله به‌صورت زیر باشد:

$$MinZ = \sum\sum f_{ij} c_{ij} d_{ij}$$

و هم بوسیله یک تابع هدف بر مبنای همسایگی به‌صورت زیر محاسبه گردد.

$$Max\, Z = \sum\sum f_{ij}\, x_{ij}$$

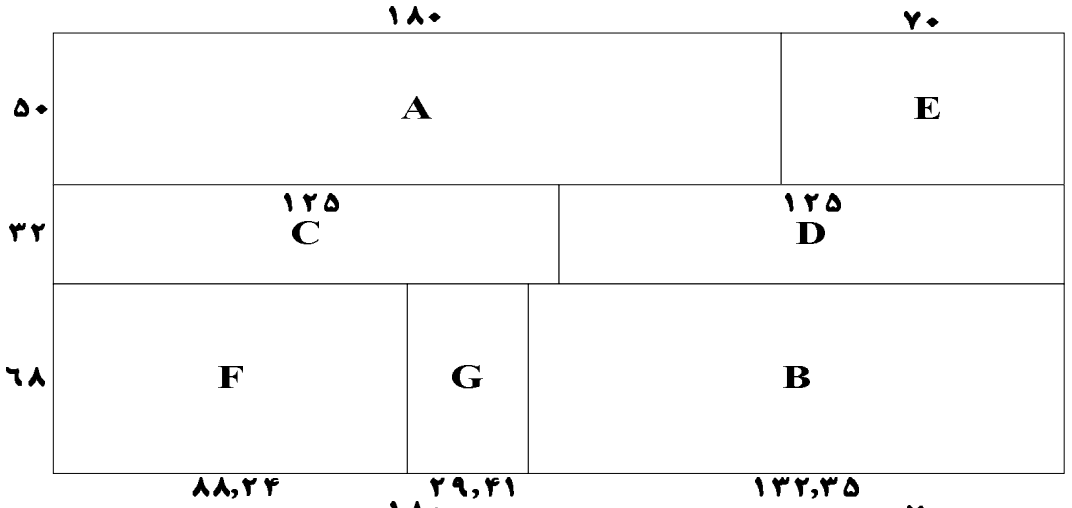
www.ieun.ir

بلاک‌پلن - ادامه

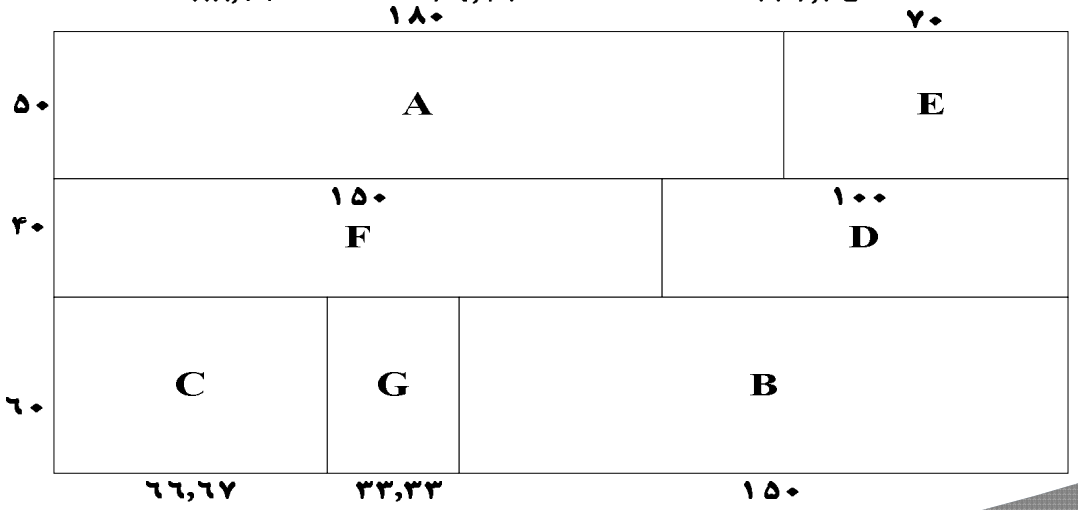
بلاک‌پلن ابتدا هر بخش را به‌یکی از دو (یا سه) نوار تخصیص می‌دهد. بعد از آن‌که هر یک از بخش‌ها به‌نوار مشخصی تخصیص یافت، بلاک‌پلن با تقسیم مساحت کل بخش‌های داخل نوار به‌طول ساختمان، عرض مناسب نوار را محاسبه می‌کند. با محاسبه عرض مناسب هر نوار به‌صورتی‌که گفته شد، چیدن بخش‌ها در نوار با توجه به‌یک توالی مشخص، شکل می‌گیرد.

www.ieun.ir

مثال بلاک پلن



استقرار اولیه



جابجایی دو
بخش C و F

www.ieun.ir

ام آی پی

با استفاده از نمایش پیوسته، اگر همه بخش‌ها به‌صورت مستطیل در نظر گرفته شوند، مساله چیدمان تسهیلات را می‌توان به‌عنوان یک برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط (MIP) فرموله کرد. به‌خاطر داشته باشید که با وجود بخش‌های مستطیلی، فقط مرکز و طول (یا عرض) یک بخش، شکل و محل آن را می‌توان مشخص کرد. در اینجا یک تابع هدف بر مبنای فاصله استفاده می‌شود. هر چند می‌توان تابع هدف متفاوتی را به‌کار برد.

$$MinZ = \sum\sum f_{ij} c_{ij} d_{ij}$$

www.ieun.ir

$$Min\,Z = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} f_{ij}c_{ij}\left(\left|a_i - a_j\right| + \left|b_i - b_j\right|\right)$$

$$s.t \quad L_i^l \le (x_i'' - x_i') \le L_i^u \qquad ,\forall i \qquad (1)$$

$$W_i^l \le (y_i'' - y_i') \le W_i^u \qquad ,\forall i \qquad (2)$$

$$(x_i'' - x_i')(y_i'' - y_i') = A_i \qquad ,\forall i \qquad (3)$$

$$0 \le x_i' \le x_i'' \le B_x \qquad ,\forall i \qquad (4)$$

$$0 \le y_i' \le y_i'' \le B_y \qquad ,\forall i \qquad (5)$$

$$a_i = 0.5x_i' + 0.5x_i'' \qquad ,\forall i \qquad (6)$$

$$b_i = 0.5y_i' + 0.5y_i'' \qquad ,\forall i \qquad (7)$$

$$x_j'' \le x_i' + M(1 - z_{ij}^{\,x}) \qquad ,\forall i, j\ , i \ne j \qquad (8)$$

$$y_j'' \le y_i' + M(1 - z_{ij}^{\,y}) \qquad ,\forall i, j\ , i \ne j \qquad (9)$$

$$z_{ij}^{\,x} + z_{ji}^{\,x} + z_{ij}^{\,y} + z_{ji}^{\,y} \ge 1 \qquad ,\forall i, j\ , i < j \qquad (10)$$

$$a_i, b_i \ge 0 \qquad ,\forall i \qquad (11)$$

$$x_i', x_j'', y_i', y_j'' \ge 0 \qquad ,\forall i \qquad (12)$$

$$z_{ij}^{\,x}, z_{ij}^{\,y} \in \{0.1\} \qquad ,\forall i, j\ , i \ne j \qquad (13)$$

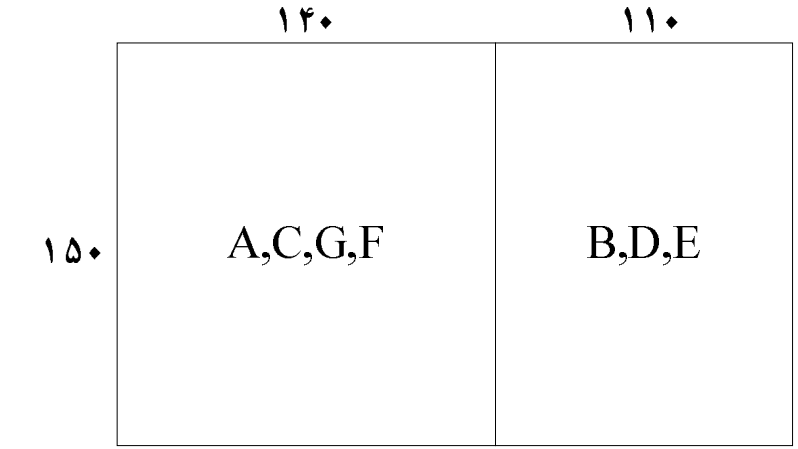
www.ieun.ir

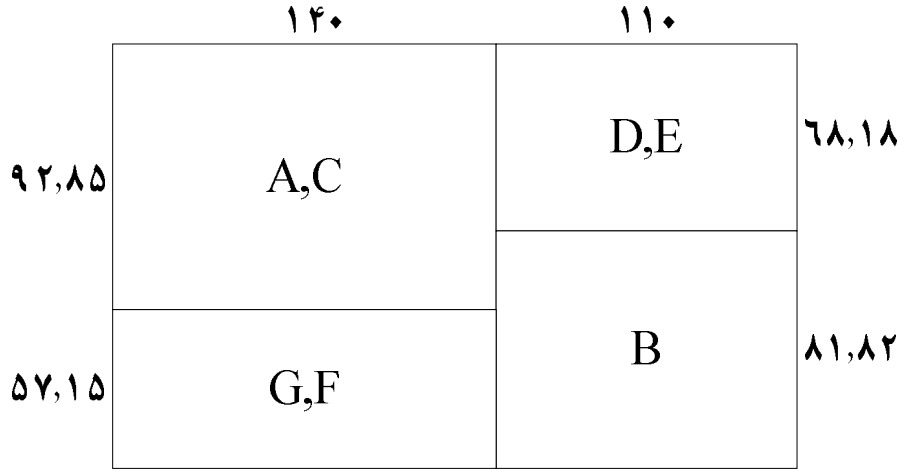
لاجیک

مبنای لاجیک تقسیم ساختمان به‌بخش‌های کوچک و کوچک‌تر است و این کار با انجام برش‌های گیوتینی پی‌درپی صورت می‌گیرد؛ منظور از برش گیوتینی، خطوط مستقیمی است که از یک انتهای ساختمان به‌انتهای دیگر امتداد می‌یابد. هر برش می‌تواند افقی یا عمودی باشد. اگر برش عمودی باشد، یک بخش به‌سمت چپ یا راست برش تخصیص می‌یابد. با داشتن عرض ساختمان (یا نسبتی از آن) و مساحت همه بخش‌های تخصیص یافته به(مثلا) سمت راست یک برش عمودی، می‌توان مختصه X برش را دقیقا محاسبه کرد.

www.ieun.ir

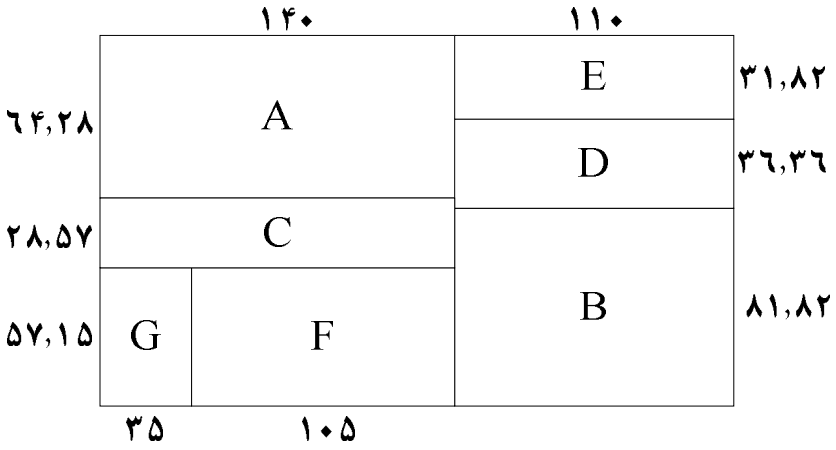
مراحل ایجاد جواب اولیه



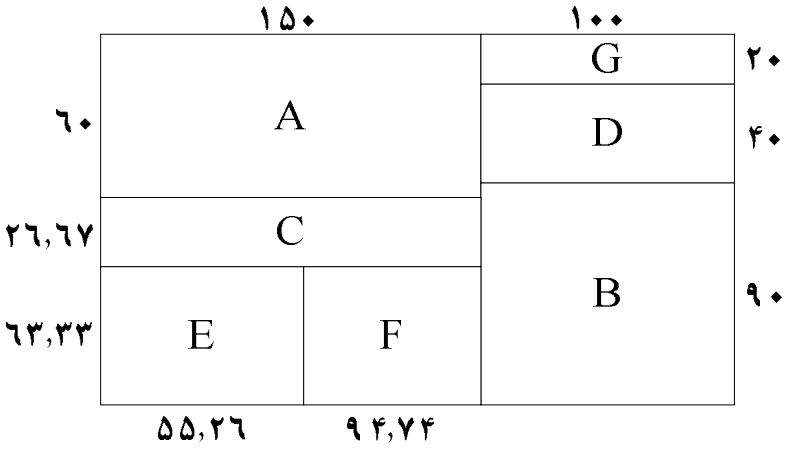


www.ieun.ir

مراحل ایجاد جواب اولیه - ادامه



استقرار اولیه



جابجایی دو
بخش E و G

www.ieun.ir

مولتیپل

مولتیپل در اصل برای تسهیلات چند طبقه توسعه یافته است. در هر حال، آن را می‌توان در تسهیلات یک طبقه نیز به‌سادگی استفاده کرد و این کار با برابر یک قرار دادن تعداد طبقات و صرف‌نظر کردن از داده‌های مورد نیاز به‌بالابرها، امکان‌پذیر است.

به جز در مورد رویه جابه‌جایی و آرایش چیدمان، مولتیپل شبیه کرافت است. مولتیپل نمودار از-به را به‌عنوان داده ورودی به‌کار می‌برد و تابع هدف آن شبیه تابع هدف کرافت است.

تفاوت اصلی بین مولتیپل و کرافت این است که مولتیپل هر دو بخشی را جابه‌جا می‌کند، خواه همسایه باشد یا نباشد.

www.ieun.ir

مولتیپل - ادامه

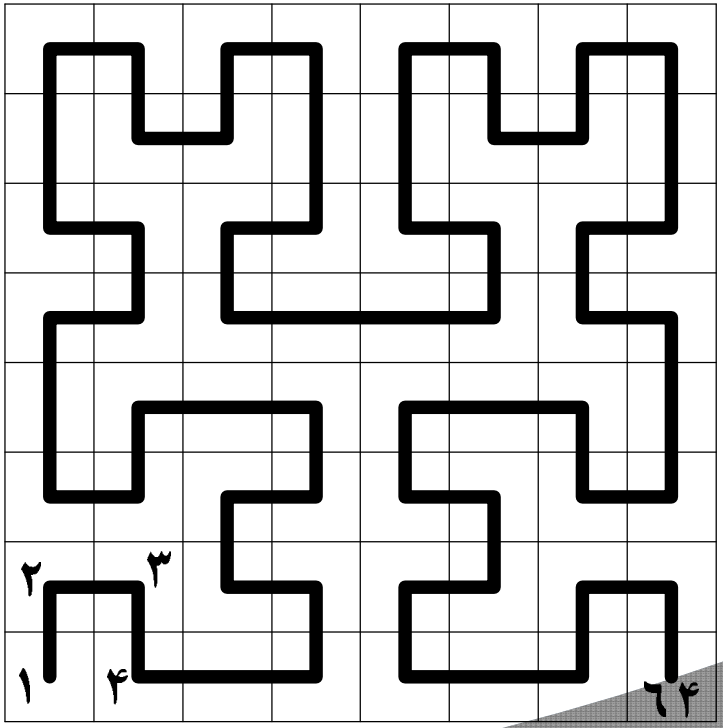
مولتیپل انعطاف‌پذیری کرافت را حفظ می‌کند، در حالی‌که محدودیت‌های تحمیل شده کرافت در مورد جابه‌جایی بخش‌ها را هم ندارد.

مولتیپل وظیفه فوق را با استفاده از منحنی‌های فضا پرکن (SFC) انجام می‌دهد. در مولتیپل، SFCها برای بازسازی یک چیدمان جدید هنگام تعویض دو بخش به‌کار می‌روند.

www.ieun.ir

مولتیپل - ادامه

یکی از معروف‌ترین منحنی‌های فضاپرکن، منحنی هیلبرت است.



www.ieun.ir

روش‌های ریاضی

این روش‌ها با استفاده از روابط ریاضی سعی در یافتن استقرار مناسب دارند. روش‌های ریاضی در زمینه مکان‌یابی و جانمایی بسیار فراوان هستند. اما در این قسمت تنها چند روش که در این زمینه بیشتر کاربرد دارند مطرح می‌شود.

www.ieun.ir

برنامه‌ریزی تخصیص

حالت خاصی از برنامه‌ریزی خطی است که هدف آن اختصاص n وسیله برای n کار است. در این مساله، وسایل باید طوری به‌کارها اختصاص یابند که معیار کارآمدی کلی بهینه شود.

$$\min Z = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} C_{ij}x_{ij}$$

$$s.t \quad \sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} = 1$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}$$

www.ieun.ir

مثال برای برنامه‌ریزی تخصیص

میزان حمل‌ونقل مورد نیاز بین ماشین‌های موجود و جدید

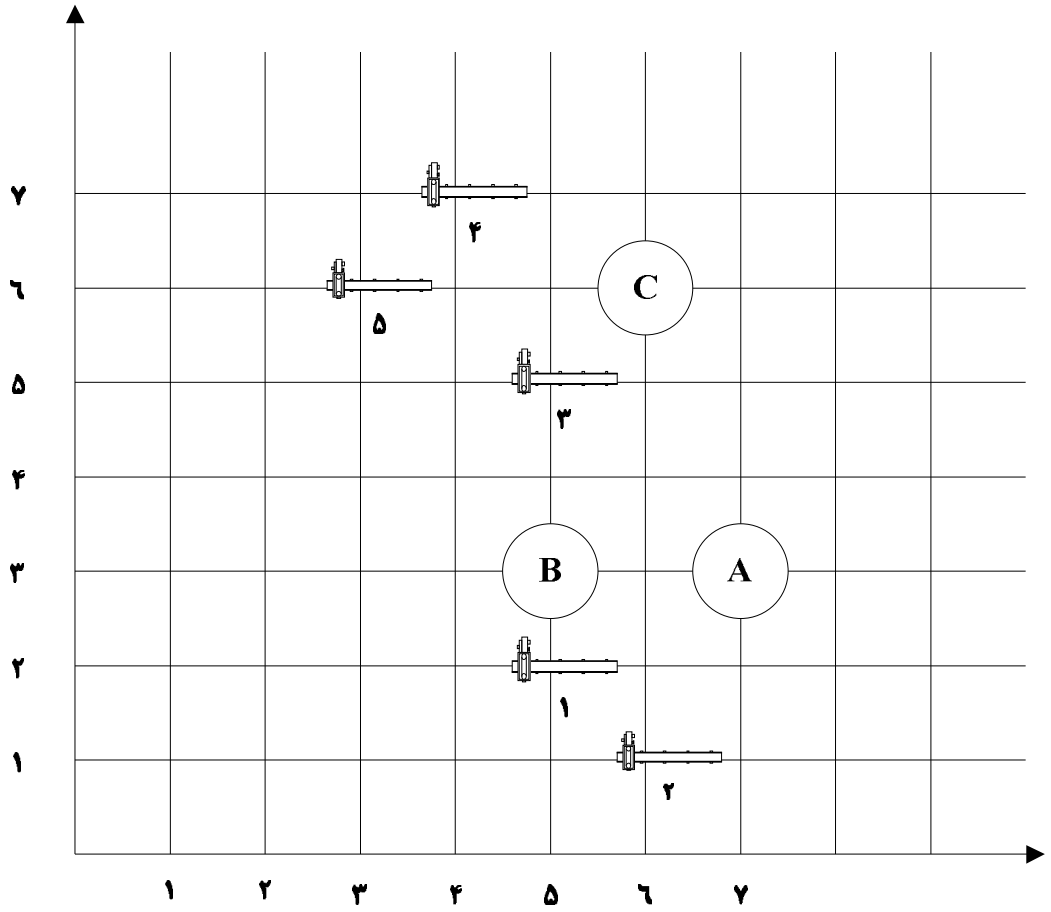
ماشین‌های جدید	ماشین‌های موجود				
	۱	۲	۳	۴	۵
X	۲۰	۴	۱	۰	۲۵
Y	۰	۲	۸	۹	۴
Z	۳	۱	۴۵	۰	۱۴

میزان فاصله از ماشین‌های موجود تا هر یک از مکان‌ها

ماشین‌های موجود	مکان‌های مورد نظر		
	A	B	C
۱	۳	۱	۵
۲	۳	۳	۵
۳	۴	۲	۲
۴	۷	۵	۳
۵	۷	۵	۳

www.ieun.ir

مثال برای برنامه‌ریزی تخصیص - ادامه



وضعیت استقرار ماشین‌های موجود و مکان‌های خالی برای استقرار ماشین‌های جدید

www.ieun.ir

مثال برای برنامه‌ریزی تخصیص - ادامه

ماتریس کارآمدی

$$\begin{bmatrix} 20 & 4 & 1 & 0 & 25 \\ 0 & 2 & 8 & 9 & 4 \\ 3 & 1 & 45 & 0 & 14 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 3 & 1 & 5 \\ 3 & 3 & 5 \\ 4 & 2 & 2 \\ 7 & 5 & 3 \\ 7 & 5 & 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 251 & 159 & 197 \\ 138 & 87 & 65 \\ 290 & 166 & 152 \end{bmatrix}$$

با استفاده از روش مجارستانی خواهیم داشت:

$$\begin{bmatrix} 19 & 0 & 38 \\ 0 & 22 & 0 \\ 65 & 14 & 0 \end{bmatrix}$$

با توجه به‌این ماتریس مشخص است که مکان A به‌ماشین Y، مکان B به‌ماشین X و مکان C به‌ماشین Z اختصاص می‌یابد.

www.ieun.ir

مساله تخصیص مضاعف (QAP)

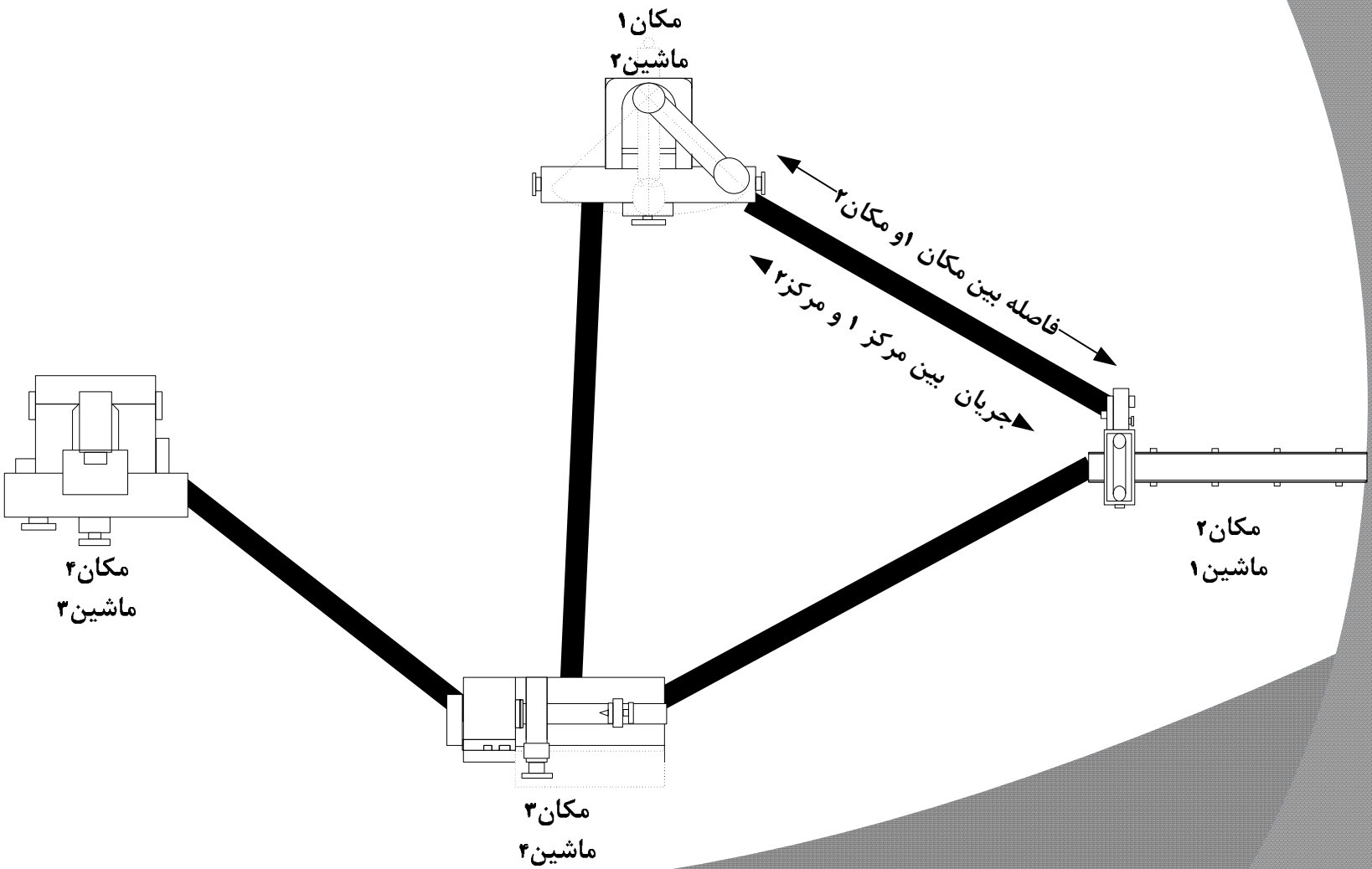
مساله تخصیص مضاعف اولین بار در سال ۱۹۵۷ توسط کوپمنز و بکمن به‌عنوان یک مدل ریاضی معرفی شد که برای تعیین استقرار در مواردی از آن استفاده می‌شود که هزینه استقرار با فاصله و جریان ارتباط داشته باشد.

از نقطه نظر پیچیدگی محاسبات، مدل تخصیص مضاعف یکی از زمان‌برترین مدل‌ها برای حل است و حل این مدل به‌صورت قطعی، تنها برای مسایل کوچک امکان‌پذیر است.

مساله تخصیص مضاعف در جانمایی، مکان‌یابی، زمان‌بندی، تولید، تحلیل داده‌های آماری و غیره کاربرد دارد. در این مسایل، هدف تخصیص مجموعه‌ای از مراکز به‌مجموعه‌ای از مکان‌هاست به‌طوری که هزینه کل تخصیص، کمینه شود.

www.ieun.ir

مثال برای مساله تخصیص مضاعف



www.ieun.ir

مثال برای مساله تخصیص مضاعف - ادامه

ماتریس جریان

$$F=(f_{lj})_{4\times4}=\begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & f_{13} & f_{14} \\ f_{21} & f_{22} & f_{23} & f_{24} \\ f_{31} & f_{32} & f_{33} & f_{34} \\ f_{41} & f_{42} & f_{43} & f_{44} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 0 & 3 & 0 & 2 \\ 3 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \\ 2 & 1 & 4 & 0 \end{bmatrix}$$

ماتریس مسافت

$$D=(d_{kl})_{4\times4}=\begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & d_{14} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & d_{24} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & d_{34} \\ d_{41} & d_{42} & d_{43} & d_{44} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 0 & 22 & 53 & M \\ 22 & 0 & 40 & M \\ 53 & 40 & 0 & 55 \\ M & M & 55 & 0 \end{bmatrix}$$

www.ieun.ir

مثال برای مساله تخصیص مضاعف - ادامه

$$\sum_{i=۱}^{n}\sum_{j=۱}^{n} f_{ij}d_{p(i)p(j)} = (f_{۱۱}d_{p(۱)p(۱)} + f_{۱۲}d_{p(۱)p(۲)} + f_{۱۳}d_{p(۱)p(۳)}$$

$$+ f_{۱۴}d_{p(۱)p(۴)} + f_{۲۱}d_{p(۲)p(۱)} + f_{۲۲}d_{p(۲)p(۲)} + f_{۲۳}d_{p(۲)p(۳)}$$

$$+ f_{۲۴}d_{p(۲)p(۴)} + f_{۳۱}d_{p(۳)p(۱)} + f_{۳۲}d_{p(۳)p(۲)} + f_{۳۳}d_{p(۳)p(۳)}$$

$$+ f_{۳۴}d_{p(۳)p(۴)} + f_{۴۱}d_{p(۴)p(۱)} + f_{۴۲}d_{p(۴)p(۲)} + f_{۴۳}d_{p(۴)p(۳)}$$

$$+ f_{۴۴}d_{p(۴)p(۴)}) \ /۲$$

$$= (f_{۱۱}d_{۲۲} + f_{۱۲}d_{۲۱} + f_{۱۳}d_{۲۴} + f_{۱۴}d_{۲۳} +$$

$$f_{۲۱}d_{۱۲} + f_{۲۲}d_{۱۱} + f_{۲۳}d_{۱۴} + f_{۲۴}d_{۱۳} +$$

$$f_{۳۱}d_{۴۲} + f_{۳۲}d_{۴۱} + f_{۳۳}d_{۴۴} + f_{۳۴}d_{۴۳} +$$

$$f_{۴۱}d_{۳۲} + f_{۴۲}d_{۳۱} + f_{۴۳}d_{۳۴} + f_{۴۴}d_{۳۳}) / ۲$$

www.ieun.ir

مثال برای مساله تخصیص مضاعف - ادامه

$$= (۰\times۰ + ۳\times۲۲ + ۰\times M + ۲\times۴۰$$
$$+ ۳\times۲۲ + ۰\times۰ + ۰\times M + ۱\times۵۳$$
$$+ ۰\times M + ۰\times M + ۰\times۰ + ۴\times۵۵$$
$$+ ۲\times۴۰ + ۱\times۵۳ + ۴\times۵۵ + ۰\times۰) / ۲$$
$$= \frac{۸۳۸}{۲} = ۴۱۹$$

علت این‌که عبارت فوق تقسیم بر ۲ شده است این است که هزینه ارتباط بین هر دو مکان دو بار محاسبه شده بود. این جایگشت بهترین جایگشت نیست. با محاسبه ۲۳ جایگشت دیگر به‌این نکته پی خواهید برد.

www.ieun.ir

روش میانه

فرض کنید m وسیله موجود داریم که مختصات آن‌ها به‌شرح زیر می‌باشد:

$$p_1(a_1,b_1), p_2(a_2,b_2)\ldots\ldots\ldots\ldots, p_m(a_m,b_m)$$

می‌خواهیم وسیله جدیدی به‌مختصات (x^*,y^*) را وارد کنیم به‌طوریکه هزینه حمل و نقل را حداقل کند.

www.ieun.ir

روش میانه - ادامه

$$\min \quad f(x) = \sum_{i=1}^{m} w_i d\left(x, p_i\right)$$

مدل کلی تک تسهیلی

w_i : حاصلضرب هزینه هر واحد مسافت طی شده در واحد زمان بین وسیله جدید و وسیله موجود i ام

www.ieun.ir

فاصله مختصاتی در روش میانه

$$d\left(X\ ,p_i\right)=\left|x-a_i\right|+\left|y-b_i\right|$$

مدل

$$=\min f(x)=\sum_{i=1}^{m} w_i\left(\ \left|x+a_i\right|\ \right)+w_i\left(\ \left|y-b_i\right|\ \right)$$

$$=\sum_i w_i\left|x-a_i\right|+\sum_i\left|y-b_i\right|$$

$$x^*\qquad y^*$$

www.ieun.ir

روش میانه

خاصیت اول: x بهینه منطبق بر یکی از xهای موجود و y بهینه منطبق بر یکی از yهای موجود است.

خاصیت دوم: نقطه بهینه نقطه‌ای است که نیمی از حمل‌ها در سمت چپ و نیمی از آن‌ها در سمت راست آن قرار گیرد. همچنین نیمی از حمل‌ها در بالا و نیمی دیگر در پایین آن قرار بگیرد.

www.ieun.ir

مثال برای روش میانه

فرض کنید مختصات نقاط موجود و وزن آن‌ها به‌صورت زیر باشد:

	w
$p_1^{(0,0)}$	۵
$p_2^{(8,5)}$	۲۲
$p_3^{(18,2)}$	۴۱
$p_4^{(8,18)}$	۶۰
$p_5^{(20,2)}$	۳۴

www.ieun.ir

مثال برای روش میانه - ادامه

$\sum w_i$	w_i	x
۵	۵	۰
۲۷	۲۲	۳
۸۷	۶۰	۸
۱۲۸	۴۱	۱۸
۱۶۲	۳۴	۲۰

$$\frac{162}{2} = 81$$

بین اعداد موجود به‌بالا گرد می‌کنیم

$$x^* = 8$$

www.ieun.ir

مثال برای روش میانه - ادامه

$$\frac{162}{2} = 81$$

بین اعداد موجود به‌بالا گرد می‌کنیم

$$y^{*} = 16$$

$\sum w_i$	w_i	y
۵	۵	۰
۸۰	۷۵	۲
۱۰۲	۲۲	۱۶
۱۶۲	۶۰	۱۸

www.ieun.ir

در نظر گرفتن فاصله‌ها به‌صورت خط مستقیم

$$Min \quad f(X) = \sum_{i=1}^{m} w_i \left[(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2 \right]$$

$$x^* = \frac{\sum_{i=1}^{m} a_i w_i}{\sum_{i=1}^{m} w_i} \quad , \quad y^* = \frac{\sum_{i=1}^{m} b_i w_i}{\sum_{i=1}^{m} w_i}$$

www.ieun.ir

در نظر گرفتن فاصله‌ها به‌صورت مجذور خط مستقیم

در این حالت باید هزینه هریک از مکان‌های پیشنهادی محاسبه و مکانی که کمترین هزینه را دارد انتخاب شود.

$$Min \quad f(X) = \sum_{i=1}^{m} w_i \sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2}$$

www.ieun.ir

منحنی‌های هم‌تراز (خطوط هم‌هزینه)

حال فرض کنید نقطه بهینه بر روی مختصات یک ماشین و یا هر نقطه غیرقابل دسترس دیگر قرار می‌گرفت. با توجه به‌اینکه در آن نقطه نمی‌توان ماشین جدید را مستقر کرد از روشی ۶ مرحله‌ای برای حل این مشکل استفاده می‌شود. گام‌های این روش عبارت‌اند از :

گام ۱- مختصات ماشین‌های موجود را بر روی صفحه مختصات مشخص و از هر یک، خطوطی به‌موازات محورهای x و y رسم کنید. خطوط عمودی را از چپ به‌راست با $i=1,2,...,p$ و افقی را از پایین به‌بالا با $j=1,2,...,q$ شماره‌گذاری کنید.

گام ۲- محل تلاقی محور x را با jامین خط عمودی C_j و محل تلاقی محور y را با iامین خط افقی D_i نامگذاری کنید. مجموع وزن‌های نقاط موجود روی خط عمودی j، و مجموع وزن‌های نقاط موجود روی خط افقی i، را محاسبه کنید.

www.ieun.ir

منحنی‌های هم‌تراز - ادامه

گام ۳- گشتاورهای محورهای x و y را به‌صورت زیر به‌دست آورید.

$$M_{\cdot} = -\sum_{j=1}^{p} C_j \qquad N_{\cdot} = -\sum_{i=1}^{q} D_i$$

$$M_1 = M_{\cdot} + 2C_1 \qquad N_1 = N_{\cdot} + 2D_1$$

$$M_2 = M_1 + 2C_2 \qquad N_2 = N_1 + 2D_2$$

$$\vdots \qquad \vdots$$

$$M_p = M_{p-1} + 2C_p \qquad N_q = N_{q-1} + 2D_q$$

www.ieun.ir

منحنی‌های هم‌تراز - ادامه

گام ۴- ضریب زاویه‌ای هر یک از خطوط هم هزینه را که در محدوده $(i\,,j)$ رسم می‌گردد از رابطه زیر محاسبه کنید.

$$S_{ij} = \frac{-M_j}{N_i}$$

www.ieun.ir

منحنی‌های هم‌تراز - ادامه

گام ۵- نقطه بهینه را با استفاده از یکی از حالت‌های زیر تعیین کنید.

اگر مختصات نقطه بهینه را با (x^*, y^*) نشان دهیم، خواهیم داشت:

$$M_{t-1} < 0 \ , \ M_t > 0 \ , \ N_{s-1} < 0 \ , \ N_s > 0 \Rightarrow x^* = x_t \ , \ y^* = y_s$$

$$M_{t-1} < 0 \ , \ M_t > 0 \ , \ N_{s-1} < 0 \ , \ N_s = 0 \Rightarrow x^* = x_t \ , \ y_s \le y^* \le y_{s+1}$$

$$M_{t-1} < 0 \ , \ M_t = 0 \ , \ N_{s-1} < 0 \ , \ N_s > 0 \Rightarrow x_t \le x^* \le x_{t+1} \ , \ y^* = y_s$$

$$M_{t-1} < 0 \ , \ M_t = 0 \ , \ N_{s-1} < 0 \ , \ N_s = 0 \Rightarrow x_t \le x^* \le x_{t+1} \ , \ y_s \le y^* \le y_{s+1}$$

www.ieun.ir

منحنی‌های هم‌تراز - ادامه

گام ۶- با داشتن اطلاعات فوق می‌توان منحنی‌های هم‌تراز را برای هر نقطه دلخواه بجز نقطه بهینه (نقطه دارای کم‌ترین هزینه) رسم کرد. برای بررسی درستی رسم این خطوط، باید نقطه ابتدا و انتهای هر چند ضلعی هم‌هزینه که از پیوستن این خطوط به‌دست می‌آید، یکسان باشد.

www.ieun.ir

مثال برای منحنی‌های هم‌تراز

ماشین	مختصات (a,b)	تعداد سفر (w)
۱	۴۶ و ۲۰	۲۰
۲	۲۸ و ۱۵	۱۵
۳	۳۵ و ۲۶	۵۲
۴	۲۰ و ۵۰	۱۸
۵	۱۵ و ۴۵	۲۰
۶	۶ و ۱	۱۵

$$M_0 = -\sum_{j+1}^{p} C_j = -(20+15+52+18+20+15) = -140$$

$$M_1 = M_0 + 2C_1 = -140 + 2\times 15 = -110$$

$$M_2 = M_1 + 2C_2 = -110 + 2\times 15 = -80$$

$$M_3 = M_2 + 2C_3 = -80 + 40 = -40$$

$$M_4 = M_3 + 2C_4 = -40 + 104 = 64$$

$$M_5 = M_4 + 2C_5 = 64 + 40 = 104$$

$$M_6 = M_5 + 2C_6 = 104 + 36 = 140$$

$$N_0 = -\sum_{i=1}^{q} D_i = -140$$

$$N_1 = N_0 + 2D_1 = -140 + 2\times 15 = -110$$

$$N_2 = N_1 + 2D_2 = -110 + 40 = -70$$

$$N_3 = N_2 + 2D_3 = -70 + 36 = -34$$

$$N_4 = N_3 + 2D_4 = -34 + 30 = -4$$

$$N_5 = N_4 + 2D_5 = -4 + 104 = 100$$

$$N_6 = N_5 + 2D_6 = 100 + 40 = 140$$

www.ieun.ir

مثال برای منحنی‌های هم‌تراز - ادامه

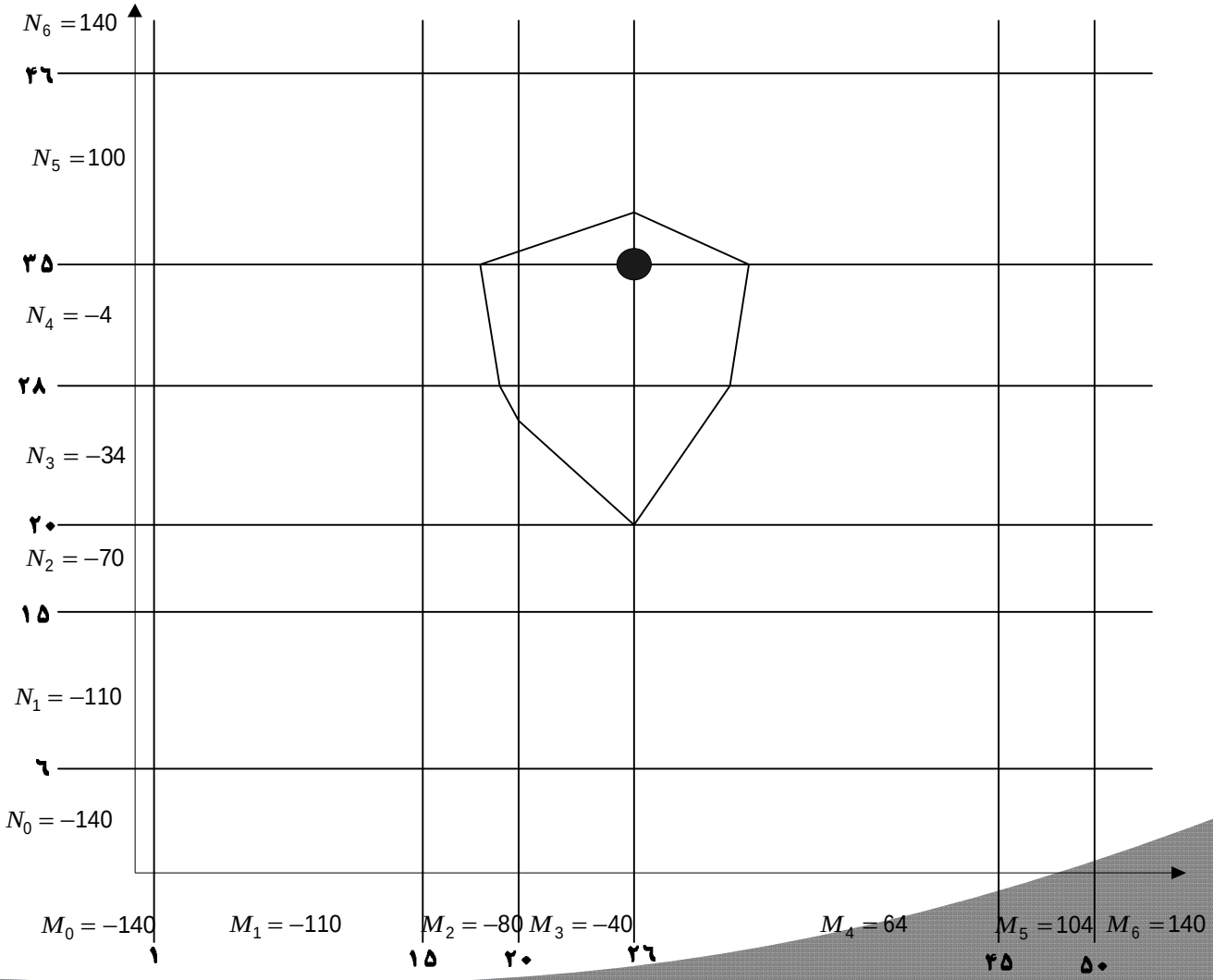
$$S_{۵۲}=\frac{-(-۸۰)}{۱۰۰}=۰.۸ \qquad S_{۵۳}=\frac{-(-۴۰)}{۱۰۰}=۰.۴ \qquad S_{۳۴}=\frac{-۶۴}{-۶۳}=۱.۸۸$$

$$S_{۴۲}=\frac{-(-۸۰)}{-۴}=-۲۰ \qquad S_{۵۴}=\frac{-۶۴}{۱۰۰}=-۰.۶۴ \qquad S_{۳۳}=\frac{-(-۴۰)}{-۳۴}=-۱.۱۷$$

$$S_{۳۲}=\frac{-(-۸۰)}{-۳۴}=-۲.۳۵ \qquad S_{۴۴}=\frac{-۶۴}{-۴}=۱۶$$

www.ieun.ir

مثال برای منحنی‌های هم‌تراز - ادامه



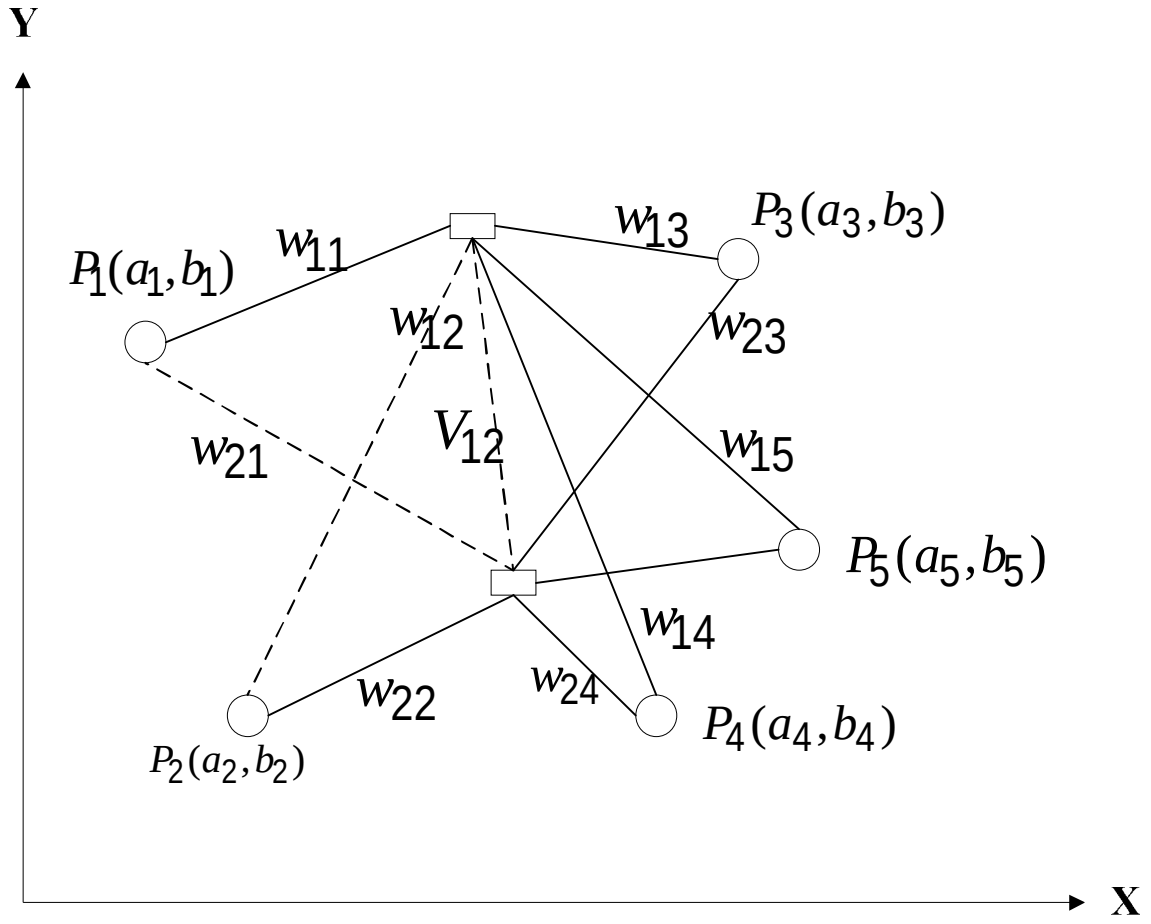
www.ieun.ir

استقرار مرکب

این نوع استقرار به‌معنی استقرار تعدادی از وسایل جدید، در میان تسهیلات و وسایل موجود می‌باشد. در این نوع مسایل فرض می‌شود که mوسیله موجود است و می‌خواهیم محل استقرار nوسیله جدید را مشخص نماییم به‌طوری‌که کل هزینه‌های جابجایی کمینه شود. همچنین در این مسایل تسهیلات جدید نیز می‌توانند با یکدیگر رابطه داشته باشند و بین آن‌ها جریان برقرار باشد.

www.ieun.ir

استقرار مرکب - ادامه



www.ieun.ir

استقرار مرکب - ادامه

m_i = تعداد وسایل موجود در نقاط

n_j = تعداد وسایل جدید که در نقاط مستقر خواهند شد.

$d(x_j, p_i)$ = فاصله بین محل استقرار وسایل جدید j و وسایل موجود i

$d(x_j, x_k)$ = فاصله بین محل استقرار وسیله جدید j و وسیله جدید k

w_{ji} = وزن (شدت جاذبه) بین وسیله جدید j و وسیله موجود i

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

$f(x_1, x_2, \ldots, x_k)$ = تابع هزینه کل

$$f(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \sum_{1 \le j \le k \le n}^{n} V_{jk} d(x_j, x_k) + \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} W_{ji} d(x_j, p_i)$$

www.ieun.ir

استقرار مرکب - ادامه

حالت خاص: V_{jk} =۰

$$f(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} W_{ji} d(x_j, p_i)$$

$$= \sum_{i=1}^{m} W_{1i} d(x_1, p_i) + \sum_{i=1}^{m} W_{2i} d(x_2, p_i) + \ldots + \sum_{i=1}^{m} W_{ni} d(x_n, p_i)$$

www.ieun.ir

استقرار مرکب - ادامه

ب- $V_{jk} \neq 0$ مسافت به‌صورت پله‌ای

$$f(x_1, x_2, \ldots, x_n) = f_1(x_1, x_2, \ldots, x_n) + f_2(y_1, y_2, \ldots, y_n)$$

$$f_1(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \sum_{1 \le j \le k \le n} V_{jk} \left| x_j - x_k \right| + \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} W_{ji} \left| x_j - a_i \right|$$

$$f_2(y_1, y_2, \ldots, y_n) = \sum_{1 \le j \le k \le n} V_{jk} \left| y_j - y_k \right| + \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} W_{ji} \left| y_j - b_i \right|$$

www.ieun.ir

استقرار مرکب - ادامه

از آنجا که هدف کمینه‌کردن تابع $f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ است خواهیم داشت:

$$\min f(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \min f_1(x_1, x_2, \ldots, x_n) + \min f_2(y_1, y_2, \ldots, y_n)$$

برای تبدیل مساله استقرار مرکب به‌یک مساله برنامه‌ریزی خطی فرض می‌شود که شرایط زیر برقرار باشد:

$$\left\{ \begin{array}{c} a - b - p + q = 0 \\ p.q = 0 \quad \text{آنگاه} \quad \rightarrow \quad |a - b| = p + q \\ p, q \geq 0 \end{array} \right\}$$

www.ieun.ir

استقرار مرکب - ادامه

لذا کمینه‌کردن تابع f_1 معادل است با:

$$\min h_1(x_1, x_2, \ldots, x_n, p_{jk}, q_{ji}, r_{ji}, s_{ji}) = \min \sum_{1 \le j \le k \le n}^{m} V_{jk}(p_{jk} + q_{jk}) + \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} W_{ji}(r_{ji} + s_{ji})$$

s.t :

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

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

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

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

$$p_{jk}.q_{jk} \ge 0 \qquad \forall 1 \le j \le k \le n$$

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

www.ieun.ir

استقرار مرکب - ادامه

تبدیل مدل غیرخطی به‌مدل خطی

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

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

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

$$p_{jk}.q_{jk} > 0 \qquad \forall 1 \le j \le k \le n$$

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

www.ieun.ir

مثال برای استقرار مرکب

یک کارگاه کوچک تولیدی در نظر دارد دو ماشین ابزار جدید را برای توسعه 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 مستقر می‌گردند حمل شود. ماشین‌های موجود در نقاط $p_1 = (10,15)$، $p_2 = (20,25)$ و $p_3 = (40,5)$ استقرار یافته‌اند. همچنین روزانه ۲ واحدی وزنی بین بار x_1, p_1 و یک واحد وزنی x_1, p_2 بین ۰ و ۴ واحد وزنی بین x_2, p_1 ، ۵ واحد وزنی بین x_2, p_3 در هر روز حمل می‌شود. با توجه به‌این‌که این اقلام در راهروهای متعامد جابه‌جا می‌شوند، مطلوب است محل استقرار ماشین‌های جدید به‌طوری‌که مجموع مسافت‌های طی شده در طول روز را حداقل نماید.

www.ieun.ir

مثال برای استقرار مرکب - ادامه

$$f_1(x_1,x_2)=2\underbrace{|x_1-x_2|}_{p_1\ q_1}+2\underbrace{|x_1-10|}_{s_1\ r_1}+1\underbrace{|x_1-20|}_{s_2\ r_2}+4\underbrace{|x_2-10|}_{s_3\ r_3}+5\underbrace{|x_2-40|}_{s_4\ r_4}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

www.ieun.ir

یک مدل ابتکاری
برای تعیین توالی استقرار ماشین‌ها

در مدل‌هایی که تا اینجا مورد بررسی قرار گرفتند تمامی ماشین‌آلات مشابه در نظر گرفته می‌شدند و از در نظر گرفتن فضایی که هر یک از ماشین‌آلات اشغال می‌کنند و نیز حداقل فضای مورد نیاز بین دو ماشین چشم‌پوشی شده بود. حداقل فضایی که بین دو ماشین واقع می‌شود باید به‌گونه‌ای باشد تا امکان نگهداری و تعمیرات و سایر خدمات وجود داشته باشد و ضمناً فضای کافی را برای وسایل حمل‌ونقل مواد و فضای انبار مواد در جریان ساخت فراهم آورد. به‌طور کلی ماشین‌آلات می‌توانند به‌روش‌های مختلفی مانند خطی یا یک ردیفه، حلقه‌ای یا جریان دایره‌ای و جریان مارپیچی دو یا چند ردیفه چیده شوند.

www.ieun.ir

یک مدل ابتکاری
برای تعیین توالی استقرار ماشین‌ها - ادامه

n : تعداد ماشین‌آلات

S : حداقل فضای مورد نیاز بین دو ماشین

x_i : مختصات طولی مرکز ماشین i

f_{ij} : جریان مواد بین ماشین i و j

d_{ij} : فاصله بین ماشین i و j

c_{ij} : هزینه حمل یک واحد از مواد برای یک واحد مسافت بین ماشین i و j

l_i : طول ماشین i

$$Min\ Z = \sum_{j=1}\sum_{i=1} c_{ij}\, f_{ij} \left| x_i - x_j \right|$$

$$s.t \quad \left| x_i - x_j \right| \geq \frac{1}{2}(l_i - l_j) + S$$

$$x_i \geq 0$$

www.ieun.ir

گام‌های مدل ابتکاری

۱- ماتریس f_{ij} و c_{ij} را از هر ماشین i به هر ماشین j محاسبه کنید.

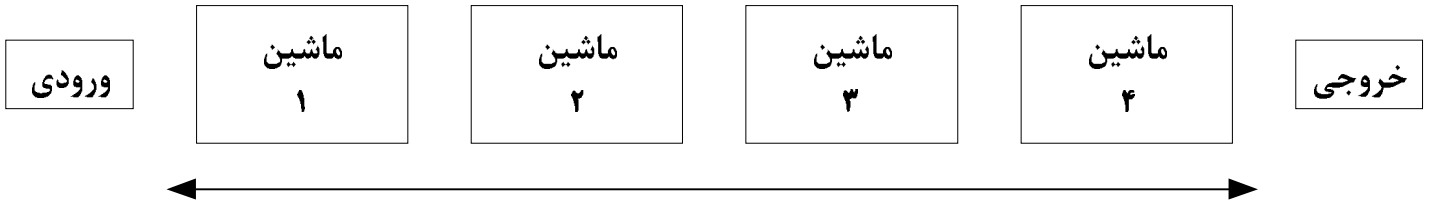
۲- از این ماتریس، مولفه‌ای با بزرگترین مقدار را انتخاب و ماشین i^* و j^* را با فاصله $\frac{۱}{۲}(l_i - l_j) + S$ در کنار هم قرار دهید. تا اینجا توالی $i^* - j^*$ مشخص شده است.

۳- گام‌های باقیمانده را برای ماشین‌هایی که هنوز مستقر نشده‌اند دنبال کنید. یک ماشین مانند k انتخاب کرده و هر بار در یک طرف توالی‌ای که تا کنون به دست آمده قرار دهید (توالی اولیه $i^* - j^*$ است از این رو باید توالی‌های $i^* - j^* - k^*$ و $i^* - j^* - k^*$ و $k^* - i^* - j^*$ را بررسی نماییم) در هر مورد هزینه جریان را با در نظر گرفتن حداقل فاصله لازم بین دو ماشین به‌دست آورید. ماشین k^* در مکانی قرار می‌گیرد که کمترین هزینه توالی را داشته باشد. با توالی جدیدی که در این مرحله ایجاد شد، قدم ۳ را تکرار کنید.

۴- این فرآیند را تا زمانی که تمامی ماشین‌ها مستقر شوند ادامه دهید.

www.ieun.ir

مثال جانمایی یک ردیفه



ماشین	۱	۲	۳	۴
ابعاد	۲*۲	۴*۴	۶*۶	۸*۸

به / از	۱	۲	۳	۴
۱	-	۱۰	۱۵	۱۲
۲	۷	-	۲۰	۱۸
۳	۵	۱۵	-	۲۵
۴	۶	۳	۱۵	-

ماتریس جریان

www.ieun.ir

مثال جانمایی یک ردیفه - ادامه

مجموع جریان بین ماشین‌ها

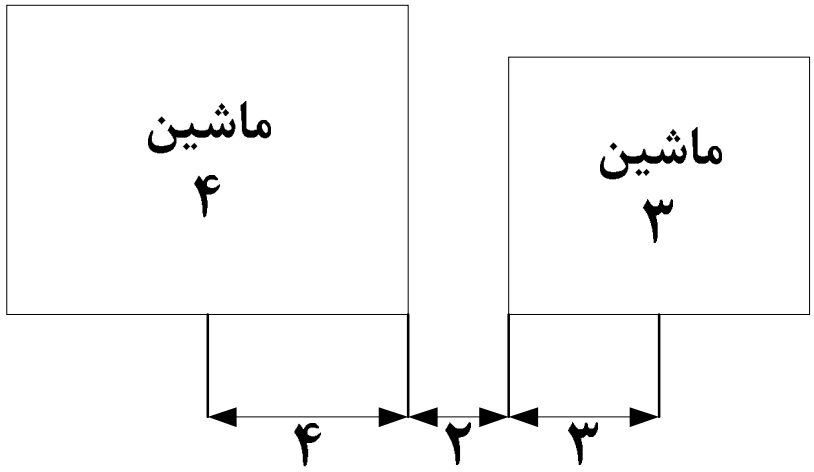
از \ به	۱	۲	۳	۴
۱	-	۱۷	۲۰	۱۸
۲	-	-	۳۵	۲۱
۳	-	-	-	۴۰
۴	-	-	-	-

بیشترین جریان موجود در جدول فوق ۴۰ است که به‌جریان بین ماشین ۴ و۳ مربوط می‌شود، بنابراین ابتدا این دو ماشین مستقر می‌شوند. در این مرحله، ترتیب استقرار یعنی ۳-۴ یا ۴-۳ اهمیتی ندارد زیرا دیگر ماشین‌ها بر اساس ترتیب انتخاب شده، به‌صورت بهینه مستقر خواهند شد. در این مثال ترتیب ۳-۴ را انتخاب می‌کنیم.

www.ieun.ir

مثال جانمایی یک ردیفه - ادامه

مراکز این دو ماشین در فاصله $[(8+6)/2]+2=9$ واحدی از هم قرار دارند



www.ieun.ir

مثال جانمایی یک ردیفه - ادامه

برای استقرار ماشین بعدی، باید کارایی ماشین‌هایی که هنوز مستقر نشده‌اند را ارزیابی کرد. از آن‌جایی‌که دو ماشین ۱ و ۲ باقی مانده‌اند باید ترتیب استقرارهای زیر را مورد بررسی قرار دهیم.

۴-۳-۱ ۱-۴-۳ ۴-۳-۲ ۲-۴-۳

هزینه جابه‌جایی برای ترتیب ۲-۴-۳ =f۲-۴+f۲-۳= ۸(۲۱) + ۱۷(۳۵) =۷۶۳
هزینه جابه‌جایی برای ترتیب ۴-۳-۲ =f۴-۲+f۳-۲= ۶(۲۱) + ۷(۳۵)=۵۸۱
هزینه جابه‌جایی برای ترتیب ۱-۴-۳ =f۱-۴+f۱-۳ =۷(۱۸) + ۱۶(۲۰) =۴۴۶
هزینه جابه‌جایی برای ترتیب ۴-۳-۱ = f۴-۱+f۳-۱=۱۵ (۴۰) +۶(۲۰) =۷۲۰

کمترین هزینه استقرار برابر با ۴۴۶ است بنابراین ترتیب استقرار متناظر با آن یعنی ۳-۴-۱ انتخاب می‌شود

www.ieun.ir

مثال جانمایی یک ردیفه - ادامه

در این مرحله تنها ماشین ۲ مستقر نشده است. از این رو ترتیب استقرارهایی که باقی مانده‌اند و نیاز به‌ارزیابی دارند شامل ۳-۴-۱-۲ و ۲-۳-۴-۱ می‌شوند.

f ۲-۱+f۲-۴ +f۲-۳= هزینه حمل و نقل مواد برای ترتیب ۳-۴-۱-۲
=۵(۱۷)+۱۲(۲۱)+۱۷(۳۵)=۹۳۲

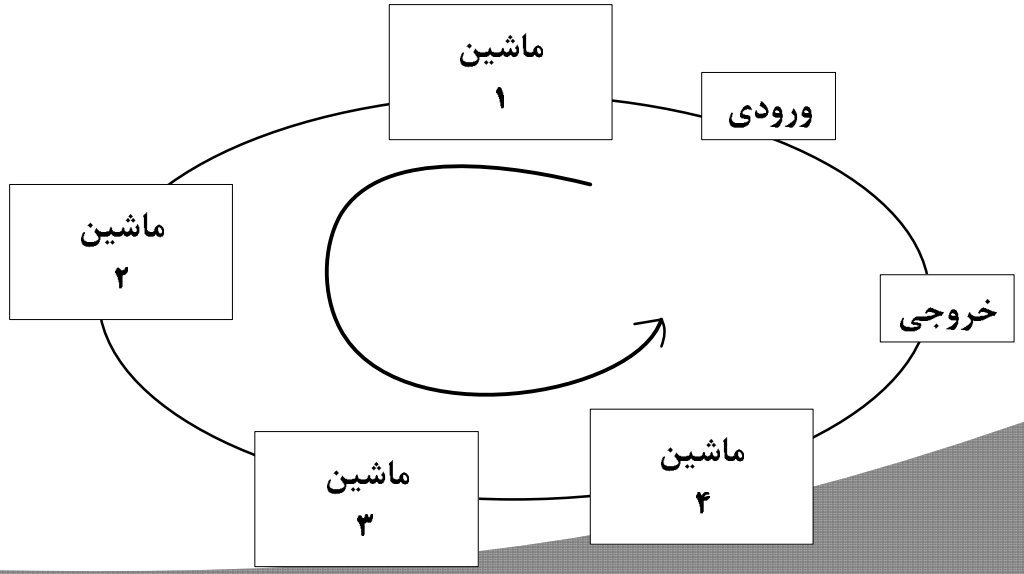
f ۱-۲+f۴-۲ +f۳-۲= هزینه حمل و نقل مواد برای ترتیب ۲-۳-۴-۱
=۲۳(۱۷)+۱۶(۲۱)+۷(۳۵)=۹۷۲

در نتیجه، کمترین هزینه مربوط به‌ترتیب ۳-۴-۱-۲ است و به‌عنوان ترتیب نهایی انتخاب می‌شود.

www.ieun.ir

جانمایی حلقه‌ای

در اینجا ماشین‌ها به‌صورت حلقه‌ای مستقر می‌شوند و در نتیجه جریان تنها در یک جهت برقرار است. این تغییر سبب می‌شود که مسافت بین دو ماشین بر اساس جهت جریان تعیین شود و سفر از ماشین i به‌ماشین j ممکن است مسافت برابری با سفر از ماشین j به‌ماشین i نداشته باشد. در حقیقت اگر طول حلقه l و فاصله سفر از ماشین i به‌ماشین j، $d(ij)$ باشد در نتیجه $d(ij)=l-d(ji)$ خواهد بود و باید جریان ji و ij به‌طور مستقل در نظر گرفته شوند.



www.ieun.ir

برگشت به‌عقب

در برخی موارد هزینه برگشت به‌عقب بسیار قابل‌توجه‌تر از هزینه جریان به‌سمت جلو است. برای مثال در مواردی که حرکت به‌جلو توسط نقاله و حرکت به‌سمت عقب توسط یک سیستم جابه‌جایی خاص انجام می‌شود، هزینه برگشت به‌عقب بسیار بالاتر خواهد بود و این مورد تجلی می‌یابد. در چنین مواردی به‌جای کمینه‌کردن هزینه کل جریان، هدف، کمینه‌کردن برگشت به‌عقب‌هاست.

www.ieun.ir

برگشت به‌عقب - ادامه

جدول از- به را در نظر بگیرید و دو ماشینی که حداقل جریان برگشت به‌عقب در آن‌ها بالاترین مقدار را دارد تعیین کنید. برای مثال ماشین‌های ۱ و ۲ را در نظر بگیرید. جریان از ماشین ۱ به‌ماشین ۲ برابر با ۱۰ واحد و از ماشین ۲ به‌ماشین ۱ برابر با ۷ واحد است. بنابراین حداقل جریان برگشت به‌عقب بین این دو ماشین، برابر مینیمم ۱۰ و ۷ است که برابر با ۷ می‌شود. به‌طور مشابه حداقل برگشت به‌عقب برای تمامی ماشین‌ها محاسبه می‌شود. جفت ماشینی که بیشترین مقدار حداقل برگشت به‌عقب را دارند انتخاب می‌شوند.

www.ieun.ir

برگشت به‌عقب - ادامه

در این مثال جریان برگشت به‌عقب بین ماشین‌های ۲ و ۳ و همچنین بین ماشین‌های ۳ و۴، بیشترین حداقل جریان برگشت به‌عقب را با مقدار ۱۵ واحد دارا می‌باشند. ماشین‌های ۲ و۳ را در نظر بگیرید. ماشین‌ها هم می‌توانند به‌صورت ۳ -۲ و هم به‌صورت ۲-۳ مستقر شوند. در حالت ۳-۲ هزینه برگشت به‌عقب ۱۰۵ و در حالت ۲-۳ این هزینه ۱۴۰ واحد است. به‌علت این‌که هدف کمینه‌سازی هزینه برگشت به‌عقب است، گزینه ۳-۲ برای استقرار انتخاب می‌شود.

www.ieun.ir

برگشت به‌عقب - ادامه

توالی بهینه	هزینه برگشت به‌عقب	برگشت به‌عقب	توالی	گام
۲-۳	۱۵*۷=۱۰۵ ۲*۷=۱۴۰	۳-۲ ۲-۳	۲-۳ ۳-۲	۱
۱-۲-۳	۵*۱۲+۷*۵=۹۵ ۱۰*۱۳+۱۵*۶=۲۲۰ ۲۵*۱۵+۱۸*۸=۵۱۹ ۳*۱۶+۱۵*۹=۱۸۳	۳-۱و۲-۱ ۳-۱و۱-۲ ۳-۴و۲-۴ ۴-۳و۲-۴	۱-۲-۳ ۲-۳-۱ ۴-۲-۳ ۲-۳-۴	۲
۲-۳-۴	۲۵*۱۹+۱۲*۱۸+۷*۱۲=۷۷۵ ۶*۲۱+۳*۱۶+۱۵*۹=۳۰۹	۳-۴و۲-۴و۱-۴ ۴-۳و۴-۲و۱-۴	۴-۱-۲-۳ ۱-۲-۳-۴	۳

www.ieun.ir

برگشت به‌عقب - ادامه

بهترین ترتیب ماشین‌ها ۴-۳-۲-۱ است. هزینه برگشت به‌عقب برابر با مجموع هزینه بهینه هر گام است. در این مثال داریم:

مجموع هزینه برگشت به‌عقب =۱۰۵+۹۵+۳۰۹=۵۰۹

به طور مشابه شروع از ۳-۴ منجر به‌نتایج زیرخواهد شد:

توالی بهینه	هزینه برگشت به‌عقب	برگشت به‌عقب	توالی	گام
۳-۴	۱۵*۹=۱۳۵	۴-۳	۳-۴	۱
	۲۵*۹=۲۲۵	۳-۴	۴-۳	
۱-۳-۴	۶*۱۵+۱۲*۷=۱۲۰	۴-۳و۴-۱	۱-۳-۴	۲
	۱۵*۱۶+۱۲*۷=۳۲۴	۱-۴و۱-۳	۳-۴-۱	
	۳*۱۶+۱۵*۷=۱۵۳	۴-۳و۴-۲	۲-۳-۴	
	۲۰*۱۷+۱۸*۸=۴۸۴	۲-۴و۲-۳	۳-۴-۲	
۲-۱-۳-۴	۳*۲۰+۱۵*۱۱+۱۰*۵=۲۷۵	۴-۳و۴-۱و۴-۲	۲-۱-۳-۴	۳
	۷*۲۳+۲۰*۱۷+۱۸*۸=۶۴۵	۲-۴و۲-۳و۲-۱	۱-۳-۴-۲	

www.ieun.ir

برگشت به‌عقب - ادامه

در نتیجه بهترین ترتیب ۴-۳-۱-۲ با هزینه برگشت به‌عقب ۱۳۵+۱۲۰+۲۷۵=۵۳۰ است.

با توجه به‌دو توالی انتخاب شده، توالی بهینه ۴-۳-۲-۱ است.

www.ieun.ir

فصل دهم:

تهیه و ارزیابی طرح نهایی

www.ieun.ir

تهیه شمای کلی از طرح

یکی از مهم‌ترین ارتباط‌هایی که در طرح‌ریزی واحدهای صنعتی وجود دارد رابطه بین جریان‌های داخلی کارخانه و جریان‌های خارج آن است. این رابطه معمولاً در یک شمای کلی نشان وضعیت طبیعی زمین کارخانه و ابنیه و تأسیسات آن مثل ساختمان و جاده و نظایر آن را مشخص می‌سازد. در شمای کلی کارخانه هدف‌های زیر دنبال می‌شوند:

- بهترین استفاده ممکن از زمین
- تعیین بهترین محل هم از لحاظ فنی- اقتصادی و هم از لحاظ معماری و زیبایی شناسی، برای استقرار ساختمان‌ها و تأسیسات در زمین کارخانه
- برنامه‌ریزی توسعه
- ارتباط بین جریان‌های داخل و خارج از کارخانه
- تعیین جهت مناسب ساختمان‌ها در رابطه با عواملی مثل باد و باران، تابش آفتاب و تعیین محل مناسب فعالیت‌هایی که از جهت مثبت یا منفی از این عوامل تأثیر می‌پذیرند
- اطمینان از تخصیص مناسب فضای موجود به‌قسمت‌ها و فعالیت‌های مختلف
- به‌دست آوردن نقطه شروعی برای طرح‌های ساختمان و معماری.

www.ieun.ir

عواملی که در تهیه‌ی شمای کلی کارخانه بررسی می‌شوند

- **محوطه‌ی کارخانه شامل**:
  - اندازه، شکل و ارتفاع زمین
  - محل
  - پستی و بلندی
  - جهت زمین
  - امکانات حمل‌ونقل موجود و آن‌چه که در حال و آینده مورد نیاز است.
  - محل تاسیسات سیالات و برق
  - دست‌رسی و هزینه‌ها (مقایسه بین حال و آینده)
  - عوامل جغرافیایی
  - آلودگی
  - مقررات
  - زیبایی شناسی
  - ابنیه مجاور
- **رابطه شمای کلی با شکل تخصیص محوطه**
- این رابطه باید تا حد ممکن نزدیک باشد.
- **رابطه بین الگوی جریان مواد در داخل و خارج کارخانه**.
- **احتیاجات و نیازمندی‌ها**
- **توسعه**
  - محلی را انتخاب کنید که برای توسعه با موانعی نظیر رودخانه، تپه، بزرگراه، راه‌آهن و سستی خاک مواجه نشوید.
  - تعیین جهت‌ها و اولویت‌ها به‌تفکیک فعالیت‌ها
  - خریداری زمین به‌مقدار ۳ تا ۱۰ برابر احتیاجات فعلی، که بتوان تا حدود ۱۰سال دیگر برنامه‌های توسعه را در همین محل پیاده کرد.
  - فضای لازم برای توقف‌گاه اضافی منظور شود.
- **ساختمان کارخانه شامل**
  - نوع، اندازه و شکل ساختمان
  - محدودیت‌ها
  - جهت و محل ساختمان در زمین کارخانه
  - تعداد طبقات
  - ساختمان‌ها در محل‌های مناسب ایجاد شود تا توسعه مرحله‌ای امکان‌پذیر باشد.
  - ظرفیت باری کف

www.ieun.ir

تهیه طرح نهایی

تهیه طرح نهایی مستلزم آن است که کلیه جزییات انجام شده قبلی و تصمیم‌هایی که در مراحل گذشته اتخاذ گردیده است سرانجام در یکدیگر ادغام شده، با هم پیوند بخورند و در طرح مادر منعکس گردند. برای انجام یک کار منسجم، گام‌های زیر به‌عنوان راهنما توصیه می‌شود:

۱- جمع‌آوری اطلاعات کارهای مقدماتی.

۲- تعیین اندازه تقریبی طرح با استفاده از نمودارهای تخصیص محوطه.

۳- تعیین مقیاس موردنظر، معمولا ۱:۵۰ و برای طرح‌های بزرگ‌تر ۱:۱۰۰ یا ۱:۲۰۰

۴- تهیه کاغذ شفاف شطرنجی و رسم نقشه‌ها بر روی سطحی که خط‌ها در پشت آن کشیده شده است.

۵- تهیه مدل‌های دوبعدی یا سه بعدی.

۶- تعیین فاصله ستون‌ها.

۷- برآورد تعداد ستون‌ها (طولی و عرضی) و تعیین وضعیت آن‌ها بر روی کاغذ شطرنجی.

www.ieun.ir

تهیه طرح نهایی - ادامه

۸- قراردادن یک گوشه ثابت نظیر ارسال، دریافت یا مراکز اداری و کشیدن دو نوار در دو طرف مجاور آن برای قراردادن این محل بر روی کاغذ شطرنجی، محل دو دیوار دیگر پس از تکمیل طرح مشخص می‌گردد.

۹- تعیین آزمایشی محل ستون‌ها که ممکن است پس از تکمیل طرح تغییر یابد. طبیعی است که اگر ساختمان در حال حاضر ساخته شده باشد آن‌گاه قدم‌های ۶ تا ۹ حذف می‌شوند و صرفاً دیوارها و ستون‌ها روی کاغذ شطرنجی ترسیم می‌شوند.

۱۰- در صورت امکان نشان دادن محل احتمالی راهروها به‌کمک نوار یا دو خط موازی.

۱۱- انتقال تدریجی طرح‌های اولیه به‌کاغذ شطرنجی به‌کمک مدل‌های دوبعدی و سه بعدی و نوارها و با استفاده از نمودار تخصیص محوطه، شکل‌های جریان و طرح‌های ایستگاه کار.

www.ieun.ir

تهیه طرح نهایی - ادامه

۱۲-تصحیح و منسجم کردن تدریجی طرح اولیه برای بازچینی ستون‌ها و راهروها و یا انجام تغییراتی که به‌مرور با تکمیل طرح ضرورتشان احساس می‌شود.

۱۳- تهیه طرح نهایی مراکز خدماتی و کمک تولیدی با جزئیات کامل.

۱۴- نوشتن توضیحات لازم برای تشریح طرح.

۱۵- آماده کردن طرح برای تکثیر.

www.ieun.ir

تهیه طرح نهایی - ادامه

- قراردادن یک گوشه ثابت یا محل دیگری (نظیر ارسال، دریافت، مراکز اداری) و کشیدن دو نوار در دو طرف مجاور آن برای قراردادن این محل بر روی کاغذ شطرنجی، محل دو دیوار دیگر پس از تکمیل طرح مشخص می‌گردد.
- تعیین آزمایشی محل ستون‌ها که ممکن است پس از تکمیل طرح تغییر یابد. طبیعی است که اگر ساختمان در حال حاضر ساخته شده باشد آنگاه قدم‌های ۶ تا ۹ حذف می‌گردند و صرفاً دیوارها و ستون‌ها روی کاغذ شطرنجی ترسیم می‌شوند.
- در صورت امکان نشان دادن محل احتمالی راهروها به‌کمک نوار یا دو خط موازی.
- انتقال تدریجی طرح‌های اولیه به‌کاغذ شطرنجی به‌کمک مدل‌های دوبعدی و سه بعدی و نوارها و مانند این‌ها با استفاده از نمودار تخصیص محوطه، شکل‌های جریان، و طرح‌های ایستگاه کار.
- تصحیح و منسجم کردن تدریجی طرح اولیه برای بازچینی ستون‌ها و راهروها و یا انجام تغییراتی که به‌مرور با تکمیل طرح ضرورتشان احساس می‌شود.
- تهیه طرح نهایی مراکز خدماتی و کمک تولیدی با جزئیات کامل.
- نوشتن توضیحات لازم برای تشریح طرح.
- آماده کردن طرح برای تکثیر.

www.ieun.ir

بررسی و ارزیابی طرح

- پس از آن‌که طرح کارخانه آماده شد (و قبل از آنکه برای مرور به‌دیگران ارایه شود) مهندس طراح کارخانه باید به‌دقت همه جزئیات را بررسی کند.
- موارد زیر می‌تواند مددکار طراح کارخانه در هنگام بررسی طرح باشد.
  - مطابقت طرح ارایه شده با هدف‌های از پیش طراحی شده کارخانه.
  - مطابقت طرح پیشنهادی با نشانه‌های یک طرح مناسب
  - استفاده از برگ مرور و ارزیابی جریان مواد
- ارزیابی طرح ممکن است در دو مورد انجام گیرد.
  - ارزیابی وضع موجود یک کارخانه به‌منظور پیدا کردن نقاط ضعف و راه‌های اصلاح آن‌ها.
  - ارزیابی طرح‌هایی مختلفی که برای یک کارخانه یا پروژه مشخص جدید تهیه شده و انتخاب بهترین آن‌ها.
  - قبل از هر ارزیابی ابتدا باید مبنای ارزیابی را مشخص نمود. این مبناها ممکن است شامل جنبه‌های زیر باشد:
- هدف‌هایی که در ابتدای فرآیند طراحی تعریف شده‌اند
  - معیارهای طرح‌ریزی یا نشانه‌های یک طرح خوب
  - مقایسه هزینه‌ها
  - بازده سرمایه‌گذاری
  - عواملی که قابل تبدیل به‌مقادیر کمی نیستند.

www.ieun.ir

شاخص‌های کارایی

شاخص انتقال مواد غیرمستقیم (a/b)

a: حاصل جمع فاصله‌هایی که قطعات بین ماشین‌آلات به‌طور خودکار (بدون حمل‌ونقل‌های دستی اضافی که ممکن است از یک محل به‌محل دیگر انجام گیرد) حرکت می‌کنند.

b: کل مسافت واقعی که قطعات در مسیر تولید از انبار مواد اولیه تا انبار محصول نهایی طی می‌کنند. البته چنان‌چه طرح‌ریزی فقط به‌قسمتی از کارخانه اختصاص یافته باشد آنگاه این مقدار برابر خواهد بود با مسافت طی شده از نقطه ورود به‌منطقه موردنظر تا نقطه خروج از آن.

- این شاخص معیار مناسبی برای اندازه‌گیری درجه مکانیکی بودن حمل‌ونقل مواد است.

www.ieun.ir

شاخص‌های کارایی - ادامه

شاخص انتقال مواد مستقیم (b)

این مقدار نشان دهنده کل فاصله‌ای است که یک قطعه در طول تولید حرکت می‌کند و وضعیت مسیر تولید را در مقایسه با سایر کارخانجات مشابه بیان می‌نماید. به‌نظر می‌رسد که این شاخص از نسبت‌ها مناسب‌تر باشد.

شاخص استفاده از جاذبه (d/e)

d: حاصل جمع فواصل عمودی که قطعات این فواصل را به‌کمک نیروی جاذبه طی می‌کنند.

e: کل فواصل عمودی که مواد آن‌ها را طی می‌نمایند خواه این حرکت به‌کمک نیروی موتور یا نیروی انسانی صورت گیرد.

- هرچند این شاخص زیاد به‌کار گرفته نشده و به‌طور کامل ارزیابی نگردیده است لیکن می‌تواند بخوبی بیانگر درجه استفاده از نیروی ثقل باشد.

www.ieun.ir

شاخص‌های کارایی - ادامه

شاخص اولیه بارگذاری خودکار ماشین (f/100g)

f: حاصل جمع درصدهای زمان گذاشتن و برداشتن بار نسبت به‌زمان سیکل کار، در مورد ماشین‌هایی که این نسبت برای آن‌ها کوچکتر یا مساوی ۵۰ درصد است.

g: تعداد کارگران این ماشین آلات

- این شاخص برای اندازه‌گیری کارایی حاصل از گروه‌بندی ماشین‌آلات مورد استفاده قرار می‌گیرد. باید توجه داشت که این شاخص‌ها تنها در مواقعی به‌کار گرفته می‌شود که بخشی از عملیات به‌طور خودکار و بدون احتیاج به‌کارگر انجام گیرد.

شاخص ثانویه بارگذاری خودکار ماشین (h/100g)

h: حاصل جمع درصدهای زمان گذاشتن و برداشتن بار نسبت به‌زمان سیکل کار در مورد ماشین‌هایی که این نسبت برای آن‌ها بزرگتر از ۵۰ درصد است.

- این شاخص شبیه شاخص قبلی است تنها با این تفاوت که برای ماشین‌های معدودی که در فرض مربوط به‌شاخص قبل صدق ننماید محاسبه می‌شود.

www.ieun.ir

شاخص‌های کارایی - ادامه

شاخص انعطاف‌پذیری

الف: شاخص انعطاف‌پذیری خط تولید (j1/k1)

j1: تعداد ماشین‌ها یا ایستگاه‌های کار که عملیات مربوط به‌قطعه موردنظر را انجام می‌دهند و می‌توان آن‌ها را در طول یک نوبت کار به‌قسمت دیگر در خط تولید منتقل نمود.

k1: تعداد کل ماشین‌ها یا ایستگاه‌های کار در خط تولید که عملیات مربوط به‌قطعه موردنظر را انجام می‌دهند.

ب: شاخص انعطاف‌پذیری محوطه تولید (j2/k2)

j2: تعداد ماشین‌ها یا ایستگاه‌های کار در محوطه موردنظر که می‌توان آنها را در طول یک نوبت کار به‌محوطه دیگری منتقل نمود.

k2: تعداد کل ماشین‌ها یا ایستگاه‌های کار در محوطه موردنظر

www.ieun.ir

شاخص‌های کارایی - ادامه

شاخص تراکم سطح تولید $\frac{(m+2)(n+2)+p}{q-(r+u)}$

m: حداکثر طول ماشین بر حسب متر

n: حداکثر عرض ماشین بر حسب متر

P : مساحت موردنیاز کارگر جهت انجام کار

q : کل سطح محوطه موردنظر

r : مساحت کل راهروها

u : مساحت اشغال شده توسط انبارهای موقت و ابزارها و تجهیزات جانبی

- این شاخص بیانگر میزان استفاده از سطح تولید است. منظور از ماشین در این شاخص، ماشین‌های تولیدی و همچنین ماشین‌های انتقال مواد است که روی کف یا نزدیک کف کارخانه نصب شده‌اند.

www.ieun.ir

شاخص‌های کارایی - ادامه

شاخص فضای راهروها (r/q)

r= کل مساحت راهروها

q= کل مساحت محوطه موردنظر

- این شاخص بیانگر نسبت راهروها در محوطه موردنظر است.

شاخص فضای انبارها ((q-u)/q))

q: کل مساحت محوطه موردنظر

u: مساحت اشغال شده توسط انبارهای موقت و ابزارها و تجهیزات جانبی

- این شاخص نشان‌دهنده نسبتی از محوطه موردنظر است که به‌انبار مواد در جریان ساخت و ابزارآلات و تجهیزات جانبی موردنیاز اختصاص نمی‌یابد.

www.ieun.ir

شاخص‌های کارایی - ادامه

شاخص استفاده از حجم انبار (v/w)

v: حجمی از انبار که می‌تواند توسط حداکثر موجودی اشغال شود.

w: کل حجم انبار

- این شاخص می‌تواند معیار خوبی برای ارزیابی روش‌های بسته‌بندی، پالت‌پذیری و انتقال مواد در انبار باشد. این شاخص نشان‌دهنده میزان استفاده از کل فضای انبار برای مواد خام وکالای ساخته شده می‌باشد. ضمنا در بررسی سیستم‌های انبارداری این شاخص می‌تواند در یافتن روش‌های مناسب‌تر بسته‌بندی، حمل‌ونقل در انبارها و چگونگی استفاده از پالت‌ها کمک کند.

www.ieun.ir

ارزیابی هزینه‌ای طرح‌ها

- قاعدتاً در هر ارزیابی سعی بر این است که است که در پایان، تمامی نتایج برحسب اعداد و ارقام و سرانجام به‌زبان هزینه‌ها بیان گردد. هر چند محاسبه و مقایسه برخی از هزینه‌ها در طراحی کارخانه چندان ساده نیست، لیکن باید به‌این سمت حرکت شود، به‌طوری که بتوان هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری طرح‌های مختلف را محاسبه نمود، و با توجه به‌این نتایج و همچنین جنبه‌هایی مثل نقاط قوت، نقاط ضعف، هدف‌ها، عوامل محسوس و غیره طرح برتر را برگزید.
- شاخص‌هایی مثل قیمت تمام شده، نقطه سربه‌سر و نرخ بازده سرمایه‌گذاری ابزارهای مناسبی برای مقایسه طرح‌ها از نقطه نظر هزینه‌ها هستند.
- ارزیابی توسط افرادی که به‌نحوی درگیر طرح‌ریزی بوده‌اند انجام می‌گیرد، افرادی مثل:
- سرپرست‌ها و ناظرین- مدیر اداری- مسئول ایمنی- سرپرست کنترل تولید- سرپرست انتقال مواد- مهندس کارخانه- مشاورین و....

www.ieun.ir

ارایه طرح به‌مدیریت

- ارایه تصویری طرح که شامل ماکت طرح نهایی، نمودارهای جریان مواد، فرم‌های ارزیابی، نتایج مقایسه هزینه‌ها، خلاصه منافع نامحسوس و سایر شکل‌های کمکی است.
- گزارش کتبی که در آن کل طرح با جزییات کامل آورده شده است. این گزارش حاوی معرفی محصول، روش‌های تولید و استقرار ماشین‌آلات، محاسبات ظرفیت کارخانه و نیروی انسانی، فعالیت‌های دریافت و ارسال و انبارش، پیش‌بینی فروش و تقاضا، بررسی هزینه‌ها و ....

باید توجه داشت که هرچه تصویر کامل‌تری از طرح به‌مدیریت ارایه شود، به‌همان نسبت نیز امکان تصویب طرح بیشتر می‌شود.

www.ieun.ir

پایان