



# مدرسان شریف

## فصل اول

### «آشنایی با طرح‌ریزی واحدهای صنعتی»

\* تذکره: مطالب این فصل بیشتر به منزله‌ی آشنایی خواننده با مفهوم طرح‌ریزی واحدهای صنعتی می‌باشد، لذا در صورتی که زمان شما محدود است، توصیه می‌شود از صرف زمان زیاد روی مطالب این فصل خودداری نمایید.

#### تعریف طرح‌ریزی واحدهای صنعتی

طرح‌ریزی یک واحد صنعتی عبارت است از فرآیندهایی که در طی آنها طرح استقرار (بخش‌ها، ایستگاه‌های کاری، تجهیزات)، سیستم حمل و نقل (مواد و قطعات اولیه، محصول نیم‌ساخته و محصول نهایی) ایجاد شده و یا بهبود داده می‌شوند و همچنین پس از طراحی محصول، فرایندهای کاری برای هر بخش یا ایستگاه کاری به دقت تعریف شده و به تعیین منابع مورد نیاز (نیروی انسانی و تجهیزات) پرداخته می‌شود. این فرایندها به طور مستمر و با گذشت زمان با ایجاد تغییرات و اصلاحاتی در طرح اولیه پیگیری می‌شوند.

هدف نهایی در طرح‌ریزی واحدهای صنعتی، تعیین ورودی‌ها و طراحی صحیح استقرار اجزای فیزیکی به نحوی است که این ورودی‌ها با بیشترین کارایی ممکن از اجزای فیزیکی عبور کرده و پس از طی فرایندهای لازم به خروجی‌های واحد صنعتی تبدیل شوند. نگاه ما در طرح‌ریزی یک واحد صنعتی یک نگاه از پایین به بالا است. به این ترتیب که طرح‌ریزی را از جزیی‌ترین قطعات محصول شروع می‌کنیم و در نهایت به طرح ایستگاه‌ها و محوطه موردنظر می‌رسیم.

#### مفاهیم مورد بررسی در طرح‌ریزی واحدهای صنعتی

در طرح‌ریزی واحدهای صنعتی به مفاهیمی همچون، جانمایی (Layout)، جایابی (Location)، انتقال مواد (Material Handling)، طراحی (Design)، برنامه‌ریزی (Planning)، کارخانه (Plant)، تسهیلات (Facilities) و... بر می‌خوریم که در برخی مواقع موجب سردرگمی شده و ارتباط آن‌ها با هم در بسیاری از کتب مورد غفلت واقع شده است. در ادامه، سعی شده است که ارتباط این مفاهیم با یکدیگر تا حد زیادی شفاف شود.

**تعریف تسهیل:** تسهیل در طرح‌ریزی واحدهای صنعتی، یک مفهوم گسترده است که تجهیزات تولیدی و بخش‌ها و واحدهای تولیدی و خدماتی و حتی خود کارخانه و واحد صنعتی را شامل می‌شود.

مکان‌یابی (جایابی) تسهیلات	} برنامه‌ریزی تسهیلات
طراحی جانمایی تسهیلات (جانمایی کارخانه و تجهیزات آن)	
طراحی سیستم انتقال مواد	
طراحی شبکه‌ها و واحدهای تالیساتی واحد صنعتی	

آنچه به طور عام طرح‌ریزی واحدهای صنعتی نامیده می‌شود همان برنامه‌ریزی تسهیلات است اما به طور خاص مواردی که بیشترین حجم توجهات را در طرح‌ریزی به خود جلب کرده‌اند، جانمایی تسهیلات و سیستم انتقال مواد می‌باشند که در واقع هسته اصلی طرح‌ریزی یک واحد صنعتی را تشکیل می‌دهند و پایه‌ی یکدیگر در فرایند طرح‌ریزی یک واحد صنعتی از ابتدا تا انتها حضور داشته و با یکدیگر یک رابطه رفت و برگشتی دارند. هر یک از موارد فوق در بخش‌های آتی به طور مفصل توضیح داده خواهد شد.



کج مثال ۱: طراحی کارخانه کدام یک از موارد زیر را در بر نمی‌گیرد؟

- (۱) جانمایی تجهیزات  
(۲) امکان‌سنجی تولید  
(۳) طراحی سیستم انتقال مواد  
(۴) طراحی شبکه‌ها و واحدهای تأسیساتی کارخانه

پاسخ: گزینه «۲» امکان‌سنجی تولید قبل از طراحی کارخانه انجام می‌شود.

### عناصر مورد بررسی در طرح‌ریزی واحدهای صنعتی

طرح‌ریزی واحدهای صنعتی را می‌توان به راحتی برای طرح‌ریزی واحدهای غیرصنعتی نیز به کار برد. به عنوان مثال همین مفاهیم را می‌توان برای یک واحد خدماتی مثل بیمارستان نیز انطباق داد. با این وجود در این کتاب از همان مفاهیم سنتی برای واحدهای صنعتی استفاده می‌شود تا درک آن نیز آسان‌تر باشد. عناصر و اجزای درگیر در طرح‌ریزی یک واحد صنعتی عبارت‌اند از:

- |   |   |
|---|---|
| ۱- زمین                                 | ۱۱- واحدهای اداری                                   |
| ۲- ساختمان‌ها و تأسیسات                 | ۱۲- امکانات رفاهی و کارمندی                         |
| ۳- محل کارخانه                          | ۱۳- بخش‌ها و امکانات بهداشتی و درمانی               |
| ۴- واحدها و سالن‌های تولید و مونتاژ     | ۱۴- تجهیزات ایمنی                                   |
| ۵- انبارهای مواد، قطعات و محصولات نهایی | ۱۵- فعالیت‌های کمک تولیدی                           |
| ۶- قسمت‌های دریافت و ارسال              | ۱۶- ضایعات و محل‌های نگهداری و بازیافت آن‌ها        |
| ۷- بسته‌بندی                            | ۱۷- محوطه، راهروها، پارکینگ و فضای سبز              |
| ۸- انتقال مواد و حداقل کردن تأخیرها     | ۱۸- دفتر نمایندگی و واحدهای فروش و خدمات پس از فروش |
| ۹- تجهیزات تولید و مونتاژ               | ۱۹- سرویس حمل و نقل کارکنان                         |
| ۱۰- وسایل و تجهیزات حمل و نقل           |   |

### اهمیت طراحی کارخانه

- وجود یک طرح مناسب و کارآمد برای جریان مواد مقدمه تولید اقتصادی است.
  - الگوی جریان مواد سنگ‌زیربنا و اصل و اساس ترتیب قرار گرفتن دستگاه‌هاست.
  - الگوی ساکن جریان مواد با به کار گرفتن سیستم‌ها، روش‌ها و وسایل انتقال مواد به واقعیت متحرک آن تبدیل می‌گردد.
  - ترتیب درست چیدمان دستگاه‌ها با تکیه بر الگوی از پیش طراحی شده جریان مواد باعث می‌شود کلیه فعالیت‌ها با کارایی مناسب انجام گیرند.
  - کارایی تولید باعث بیشتر شدن تولید و کاهش قیمت تمام شده می‌گردد.
  - کاهش قیمت تمام شده به افزایش سودآوری منجر می‌شود.
- الگوی جریان مواد از آن جهت که ستون فقرات طراحی کارخانه و اساس توفیق آن است، از جمله موارد اهمیت طراحی کارخانه است و طراحی درست آن، کلید استقرار مناسب دستگاه‌هاست.

کج مثال ۲: کلید استقرار مناسب دستگاه‌ها در طراحی کارخانه کدام گزینه است؟

- (۱) افزایش فضای کارخانه  
(۲) تجهیزات انتقال مواد  
(۳) طراحی درست جریان مواد  
(۴) فرآیند تولید

پاسخ: گزینه «۳» تا زمانی که جریان مواد به خوبی طراحی نشده باشد، استقرار به صورت مناسبی انجام نمی‌شود.

کج مثال ۳: کدام یک از موارد زیر را می‌توان به عنوان ستون فقرات طراحی کارخانه از حیث اهمیت آن تعبیر کرد؟

- (۱) الگوی جریان مواد  
(۲) تجهیزات انتقال مواد  
(۳) طراحی فرآیند برای ایستگاه‌های کار  
(۴) حفظ انعطاف‌پذیری

پاسخ: گزینه «۱» طراحی کارخانه تکیه بر الگوی جریان مواد دارد.

## اهداف طراحی کارخانه

هدف‌های اصلی طراحی کارخانه عبارت‌اند از:

- ۱- آسان کردن فرایند تولید
- ۲- کم کردن حجم انتقال مواد
- ۳- بالا بردن سرعت گردش مواد در جریان ساخت
- ۴- افزایش انعطاف‌پذیری کارخانه
- ۵- پایین آوردن حجم سرمایه‌گذاری
- ۶- استفاده بهتر از نیروی انسانی
- ۷- استفاده اقتصادی از حجم ساختمان‌ها
- ۸- فراهم آوردن امکانات رفاهی و ایمنی کارکنان

نکات: 

- اهداف (۴ و ۵) - (۷ و ۴) - (۵ و ۸) در تناقض‌اند.

- اهداف (۱ و ۲ و ۳ و ۵ و ۶ و ۷) - (۱ و ۲ و ۳ و ۶ و ۷ و ۸) - (۴ و ۵) در تعامل‌اند.

- اهداف (۴ و ۵) از جهت حجم سرمایه‌گذاری فعلی در تناقض و از جهت حجم سرمایه‌گذاری و سطح انعطاف‌پذیری در آینده در تعامل‌اند.

- پایین آوردن حجم سرمایه‌گذاری ممکن است همواره یک هدف نباشد. حتی گاهی اوقات ممکن است با انجام طراحی کارخانه حجم سرمایه‌گذاری بیشتر شود.

- معمولاً نمی‌توان به طور همزمان به تمام اهداف فوق دست یافت (به علت تناقض برخی اهداف و محدودیت‌های عملی که هنگام اجرای طرح بروز می‌یابند).

## فرایند ایجاد یک واحد صنعتی

در این بخش، فرایندهای لازم برای ایجاد یک واحد صنعتی، جایگاه طرح‌ریزی واحدهای صنعتی در آن و ارتباط طرح‌ریزی با مطالعات امکان‌سنجی بررسی می‌شود. مراحل ایجاد یک واحد صنعتی به طور کلی عبارت‌اند از:

- ۱- بررسی بازار: مطالعه میزان تقاضای بازار و خواسته‌های مشتریان
- ۲- پیش‌بینی فروش: با در نظر گرفتن روند تغییرات درآمد و همچنین تغییرات فصلی
- ۳- مکان‌یابی واحد صنعتی: یافتن بهترین مکان برای احداث واحد صنعتی از نظر نزدیکی به بازار فروش، مواد اولیه، راه‌های ارتباطی و...
- ۴- ارزیابی مالی و اقتصادی طرح: شامل تهیه طرح توجیهی و استفاده از تکنیک‌های اقتصاد مهندسی در ارزیابی اقتصادی طرح ایجاد واحد صنعتی است.
- ۵- طراحی محصول: طراحی مشخصات و تهیه نقشه‌های فنی
- ۶- طراحی فرایند: طراحی چگونگی تولید محصول
- ۷- طراحی عملیات: تعیین دقیق منابع مورد نیاز اعم از ماشین‌آلات، تجهیزات و نیروی انسانی و همچنین تعیین شرح وظایف و چگونگی انجام عملیات در هر ایستگاه کاری
- ۸- طراحی واحد صنعتی (کارخانه): اساسی‌ترین و اصلی‌ترین مرحله در فرایند شکل‌گیری یک واحد صنعتی می‌باشد.
- ۹- طراحی تجهیزات: در بسیاری از موارد طراحی تجهیزات برای ایجاد یک واحد صنعتی لازم نیست، بخصوص در کشورهای جهان سوم که اکثر واحدهای صنعتی تحت لیسانس بوجود می‌آیند.
- ۱۰- طراحی ساختمان‌ها: عمدتاً مربوط به مهندسی عمران و معماری می‌باشد.
- ۱۱- تأمین بودجه: در صورت عدم تأمین بودجه لازم عملیات اجرایی طرح شروع نمی‌شود.
- ۱۲- تدارکات: شامل مواد، مصالح ساختمانی، ماشین‌آلات و ابزارآلات و همچنین نیروی انسانی.
- ۱۳- عملیات اجرایی: شروع احداث فیزیکی واحد صنعتی شامل ساختمان، نصب و راه‌اندازی.
- ۱۴- تولید و بهره‌برداری
- ۱۵- انبارداری محصولات نهایی
- ۱۶- توزیع
- ۱۷- بازاریابی و فروش

۱۸- دریافت بازخورد از بازار و تحلیل خواسته‌های مشتریان: این مرحله می‌تواند با مرور زمان باعث تحولات گسترده در مراحل اولیه فرایند نظیر

طراحی محصول، طراحی فرایند و طراحی عملیات شود که به نوبه خود کل فرایند شکل‌گیری واحد صنعتی را تحت شعاع خود قرار می‌دهند. در فرایند ایجاد یک واحد صنعتی، چهار مرحله‌ی اول یعنی بررسی بازار، پیش‌بینی فروش، مکان‌یابی واحد صنعتی و ارزیابی مالی و اقتصادی طرح، فرایندهایی هستند که بیشتر به مطالعات امکان‌سنجی ایجاد واحدهای صنعتی و طراحی ظرفیت آن‌ها مربوط بوده و در طرح‌ریزی واحدهای صنعتی به آن‌ها پرداخته نمی‌شود. در واقع همگی آن‌ها مربوط به مطالعات قبل از طرح‌ریزی و طراحی کارخانه هستند.



ده مرحله‌ی آخر این فرایند یعنی طراحی تجهیزات، طراحی ساختمان‌ها، ...، بازاریابی و فروش، و دریافت بازخورد از بازار و تحلیل خواسته‌های مشتریان نیز همگی جزو دسته مواردی هستند که پس از طرح‌ریزی و طراحی واحد صنعتی به آن‌ها پرداخته می‌شود.

اما آنچه که بن‌مایه طرح‌ریزی را تشکیل می‌دهد مرحله هشتم یعنی طراحی واحد صنعتی (کارخانه) می‌باشد و اغلب کتب منتشر شده درباره طرح‌ریزی به این مطلب می‌پردازند. مراحل پنجم، ششم و هفتم (طراحی محصول، فرایند و طراحی عملیات) همواره بصورت جداناپذیری از طراحی کارخانه مطرح می‌شوند و بدون اجرای آن‌ها (طراحی محصول، طراحی فرایند و طراحی عملیات)، طراحی کارخانه تقریباً غیرممکن است.

به عنوان مثال بدون دانستن تعداد ماشین‌آلات مورد نیاز و نوع و ابعاد هریک از آن‌ها مهندس طراح کارخانه هرگز نمی‌تواند فضای موردنیاز برای ایستگاه‌های کاری و در نهایت واحدهای تولیدی را برآورد کند.

لازم به ذکر است که مراحل طراحی فرایند و طراحی عملیات تا حدود زیادی به مطالعات کار و زمان مرتبط می‌باشند که در ایران تحت عنوان درس ارزیابی کار و زمان در بیشتر دانشگاه‌ها تدریس می‌شود. در این دو مرحله به نحوه انجام کارها و شرح وظایف در هر ایستگاه کاری (مرتبط با مطالعات کار) و زمان پردازش هر کار در ایستگاه کاری (مرتبط با زمان‌سنجی) نیاز داریم.

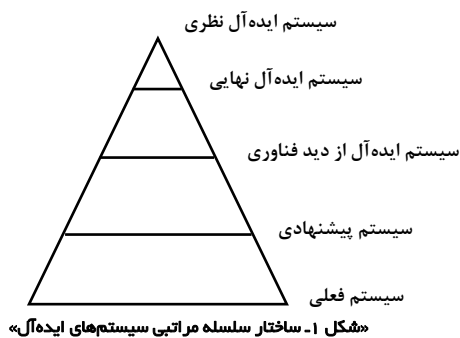
با توضیحاتی که داده شد به طور کامل جایگاه طرح‌ریزی در فرایند ایجاد یک واحد صنعتی و ارتباط آن با سایر مراحل این فرایند مشخص شد. اکنون به بررسی بیشتر مرحله اصلی که همان طراحی کارخانه است می‌پردازیم.

### فرایند طرح‌ریزی یک واحد صنعتی و دیدگاه‌های معتبر راجع به آن

آنچه در این‌جا مدنظر است بیشتر با مفهوم جانمایی واحد صنعتی (Plant Layout) مرتبط است و دیدگاه‌های افراد مشهور و تاثیرگذار در پیشرفت مفاهیم طراحی کارخانه مورد بررسی قرار داده می‌شود.

#### دیدگاه سیستم‌های ایده‌آل ندلر (Nadler)

هر چند در ابتدا این دیدگاه برای طراحی سیستم‌های کاری و اداری در سال ۱۹۶۱ توسعه داده شد اما می‌تواند برای طراحی جانمایی کارخانه نیز به کار رود و عبارت است از:



۱- قراردادن هدف به صورت یک سیستم ایده‌آل

۲- مفهوم بخشیدن به سیستم ایده‌آل نهایی

۳- طراحی سیستم ایده‌آل قابل اجرا از دید فناوری

۴- پیاده‌سازی و اجرای سیستم پیشنهادی

این دیدگاه همانطور که در شکل (۱) نیز دیده می‌شود یک رویه از بالا به پایین است. تمرکز در این دیدگاه برعکس آنچه است که معمولاً در عمل اتفاق می‌افتد و به جای آن که به سیستم حاضر برای شروع کار توجه کند یک سیستم ایده‌آل نظری را به عنوان هدف قرار داده و با یک رویه بالا به پایین به سیستم پیشنهادی می‌رسد.

آنچه که در این دیدگاه اهمیت دارد آن است که پرسیم «سیستم چگونه می‌تواند باشد؟» به جای آن که پرسیم «سیستم چگونه بوده است؟»

#### دیدگاه گام‌های اساسی ایمر (Immer)

دریکی از ابتدایی‌ترین کتاب‌های مربوط به طرح‌ریزی، ایمر در سال ۱۹۵۰ رویه ساده‌ای متشکل از سه گام ساده را ارائه داد که می‌تواند برای هر نوع مسأله جانمایی به کار برده شود. این گام‌ها عبارت‌اند از:

۱- مسأله را (شامل اطلاعات و مشخصات موجود از مسأله) بر روی کاغذ پیاده کنید.

۲- خطوط جریان مواد را نشان دهید.

۳- خطوط جریان مواد را به خطوط جریان روی ماشین‌آلات و تجهیزات تبدیل کنید.

#### دیدگاه مالیک و سانسونتی (Mallick and Sansonetti) (شرکت وستینگهوس الکتریک) (Westinghouse Electric Corporation)

ایمر در کتاب خود در نقل قولی از مالیک و سانسونتی مطلبی را تحت عنوان «جانمایی مناسب یک واحد صنعتی» که برای شرکت وستینگهوس الکتریک تعریف و پیاده‌سازی شده بود، آورده است:

۱- انتخاب تجهیزات مناسب

۳- در مکان درست

۲- به همراه انتخاب روش‌های صحیح

۴- تولید محصول در اثر بخش‌ترین حالت

۶- تولید محصول در کوتاه‌ترین زمان ممکن

۵- تولید محصول از طریق کوتاه‌ترین مسیر ممکن (و کمترین حمل و نقل ممکن)

## دیدگاه اپل (Apple) در جانمایی کارخانه

اپل در سال ۱۹۷۷ گام‌های ریز شده متوالی زیر را برای استفاده در طراحی جانمایی واحدهای صنعتی ارائه نمود.

- |   |  |
|---|--|
| ۱- جمع‌آوری اطلاعات پایه  | ۱۱- تعیین نیازمندی‌های انبار                       |
| ۲- تجزیه و تحلیل اطلاعات پایه   | ۱۲- طرح فعالیت‌های خدماتی و کمک تولیدی             |
| ۳- طراحی بهره‌ور فرایند تولید   | ۱۳- تعیین فضاهاى مورد نیاز                         |
| ۴- طرح الگوی جریان مواد   | ۱۴- تخصیص فعالیت‌ها به فضای کل در دسترس            |
| ۵- تحلیل کلیات طرح سیستم عمومی حمل و نقل مواد (بصورت کلی و غیر تخصصی) | ۱۵- بررسی انواع ساختمان                            |
| ۶- محاسبه تعداد ماشین‌آلات، تجهیزات و نیروی انسانی مورد نیاز          | ۱۶- تهیه طرح‌های اصلی جانمایی (طرح‌ریزی) کارخانه   |
| ۷- طرح ایستگاه‌های کاری بصورت مجزا                                    | ۱۷- ارزیابی، تطبیق و چک کردن طرح توسط افراد شایسته |
| ۸- انتخاب تجهیزات حمل و نقل مواد (بصورت دقیق)                         | ۱۸- تأیید و تصویب طرح                              |
| ۹- هماهنگی گروه‌هایی از فعالیت‌ها که با هم مرتبط‌اند.                 | ۱۹- نصب و پیاده‌سازی طرح                           |
| ۱۰- طراحی ارتباط بین فعالیت‌های تولیدی، خدماتی و کمک تولیدی           | ۲۰- پیگیری و نظارت مستمر بر اجرای صحیح طرح         |

## شرح دیدگاه اپل

از آنجا که کتاب مرجع درس طرح‌ریزی واحدهای صنعتی در بیشتر دانشگاه‌های کشور کتاب اپل می‌باشد، در این جا به شرح بیشتر دیدگاه اپل پرداخته می‌شود.

## ۱- جمع‌آوری اطلاعات اولیه: تعدادی از این اطلاعات عبارت‌اند از:

- |                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| - میزان فروش               | - فرآیندها و عملیات لازم |
| - میزان تولید              | - روش‌های تولید          |
| - برنامه تولید             | - زمان‌های استاندارد     |
| - سیاست کنترل موجودی       | - درصد ضایعات            |
| - نقشه‌های مورد نیاز محصول | - طرح موجود              |
| - فهرست قطعات              | - نقشه ساختمان‌ها        |
| - مسیر تولید               | - تحمل بار سقف و کف      |

۲- تحلیل اطلاعات اولیه: در این قسمت می‌توان از نمودار مونتاژ (AC) استفاده کرد که مراحل سوارکردن قطعات تا تشکیل محصول نهایی را نشان می‌دهد. نمودار مونتاژ به ایجاد یک دید اولیه نسبت به الگوی کلی جریان مواد کمک می‌کند.

۳- طراحی فرایند تولید: در بخش طراحی فرایند، کلیه فرآیندها و عملیات لازم برای تولید محصول مشخص شده و در برگ مسیر تولید آورده می‌شوند. با ترکیب برگ مسیر تولید و نمودار مونتاژ، نمودار فرایند عملیات (OPC) به دست می‌آید که دید بهتری نسبت به الگوی کلی جریان مواد به دست می‌دهد.

۴- طراحی الگوی جریان مواد: الگوی جریان مواد باید بگونه‌ای باشد که موجب آسان شدن فرایند تولید شده و علاوه بر ایجاد رابطه مناسب بین فعالیت‌ها، انتقال مواد را نیز به حداقل برساند. الگوی اولیه جریان مواد با تکیه بر تصویری که از نمودار مونتاژ، برگ مسیر تولید و نمودار فرایند عملیات در ذهن شکل گرفته است و همچنین عواملی چون حجم و فراوانی حرکت‌ها طراحی می‌گردد. طراحی الگوی جریان مواد باید براساس مبانی و روش‌های عمومی جریان مواد باشد و در نهایی کردن آن باید به سایر عوامل موثر بر الگوی جریان مانند انعطاف‌پذیری و توسعه نیز توجه داشت. لازم بذکر است که در تحلیل جریان می‌توان از شکل جریان (FD) که در فصول بعدی به آن اشاره می‌شود استفاده کرد.

۵- بررسی طرح کلی انتقال مواد: الگوی جریان مواد طراحی شده در مرحله قبل با تعیین سیستم انتقال مواد که مجموعه‌ای به هم پیوسته از روش‌ها و تجهیزات انتقال مواد است، به جریان پویای مواد در داخل کارخانه مبدل می‌گردد. در این مرحله برخی تصمیم‌های مقدماتی در مورد روش‌های کلی و تجهیزات انتقال مواد گرفته می‌شود. ولی تصمیم نهایی در مورد روش‌های انتقال و تعیین قطعی مشخصات تجهیزات انتقال مواد تا زمان بررسی یک به یک ایستگاه‌های کار (گام هفتم) به تعویق می‌افتد.

۶- محاسبه تجهیزات مورد نیاز: در این مرحله تصمیم نهایی در مورد تعداد ایستگاه‌های کار، تعداد دستگاه‌ها، فضای مورد نیاز هر فعالیت و تعداد کارگران گرفته می‌شود.



۷- طرح ایستگاه‌های کار: در این مرحله جزئیات هر فعالیت، ایستگاه کار، محوطه، فرایند و مانند این‌ها به دقت طراحی می‌شود و ترکیب و ارتباط دستگاه‌ها، کارگران و تجهیزات کمکی به همراه بررسی‌های لازم در زمینه چرخه انجام کار، عملیات ماشین، اصول اقتصادی حرکت و روش‌های انتقال مواد در ایستگاه‌های کار مشخص می‌شوند. در این مرحله هر ایستگاه کار را باید به صورت یک کارخانه کوچک ببینیم.

۸- انتخاب تجهیزات انتقال مواد: بررسی مسایل انتقال مواد دومین موضوع مهم طراحی کارخانه پس از تعیین فرایندها و روش‌هاست که خود نشان دهنده اهمیت این گام و گام‌های مرتبط با مسأله انتقال مواد است.

۹- هماهنگی فعالیت‌ها: این گام مکمل کارهایی است که در گام‌های ۴ و ۷ در زمینه ارتباطات فعالیت‌ها انجام شده است. در این مرحله می‌توان از نمودار طرح‌ریزی کارخانه که بعداً به آن اشاره می‌کنیم، استفاده کرد و نتایج حاصل را نیز می‌توان در شکل جریان (FD) نشان داد.

۱۰- بررسی رابطه فعالیت‌ها: در این گام رابطه فعالیت‌های خدماتی و کمک تولیدی با تولید و با یکدیگر بررسی می‌شوند و نتیجه آن در نمودار و شکل رابطه فعالیت‌ها نشان داده می‌شود.

۱۱- تعیین انبارهای مورد نیاز: در این گام از برگ تحلیل انبار استفاده می‌شود.

۱۲- طراحی فعالیت‌های خدماتی و کمک تولیدی: در این مرحله از برگ برنامه‌ریزی قسمت‌های خدماتی استفاده می‌شود.

۱۳- تعیین فضای مورد نیاز: در این مرحله از برگ فضای تولیدی مورد نیاز برای برآورد میزان فضای قسمت‌های تولیدی استفاده می‌شود. میزان کل فضای قسمت‌های تولیدی و کمک تولیدی و خدماتی را در کاربرد کل فضای مورد نیاز نشان می‌دهند.

۱۴- تخصیص فضای کارخانه به فعالیت‌ها: در این مرحله شکل تخصیص محوطه و شمای کلی کارخانه تهیه می‌شوند.

۱۵- بررسی نوع ساختمان: این گام در مراحل پایانی طراحی کارخانه مورد توجه قرار می‌گیرد.

۱۶- تهیه طرح اصلی کارخانه: این کار با استفاده از شابلون‌ها و مدل‌های دو بعدی، نوار و نخ و ماکت‌های سه بعدی انجام می‌شود.

۱۷- ارزیابی، کنترل و تصحیح طرح

۱۸- تصویب

۱۹- پیاده سازی طرح: طراح کارخانه باید در این مرحله حضور و نظارت کامل داشته باشد.

۲۰- پیگیری و نظارت مستمر: طراح کارخانه در طول زمان بهره‌برداری نیز باید به طور مداوم بر طرح نظارت کند.

نکات:

- مراحل طراحی هیچ کارخانه‌ای به طور کامل از قبل مشخص نیست.
- این دیدگاه باید با حفظ انعطاف‌پذیری کامل پیاده شود.
- تقدم و تأخر مراحل فوق دقیقاً به ترتیب ذکر شده نیست.
- گام‌های ۴، ۵، ۷ و ۸ هیچگونه تقدم و تاخیری نسبت به هم ندارند و به عکس همواره یک رابطه رفت و برگشتی بین آن‌ها حاکم است و در هر گام از نتایج سایر گام‌ها برای تکمیل آن گام استفاده می‌شود.

کج مثال ۴: در ارتباط با مراحل طراحی کارخانه کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) طراحی الگوی جریان مواد قبل از طراحی ایستگاه‌های کار صورت می‌گیرد.
- (۲) طراحی الگوی جریان مواد بعد از طراحی ایستگاه‌های کار صورت می‌گیرد.
- (۳) طراحی الگوی جریان مواد و طراحی ایستگاه‌های کار کاملاً همزمان با هم صورت می‌گیرند.
- (۴) طراحی الگوی جریان مواد و طراحی ایستگاه‌های کار هیچگونه تقدم و تأخیری نسبت به هم ندارند و یک رابطه رفت و برگشتی بین آن‌ها حاکم است.

پاسخ: گزینه «۴» طراحی الگوی جریان مواد و ایستگاه‌های کار به صورت یک ارتباط رفت و برگشتی است.

کج مثال ۵: طراحی فرایند تولید و طراحی الگوی جریان مواد چه رابطه‌ای با هم دارند؟

- (۱) طراحی فرایند تولید قبل از طراحی الگوی جریان مواد انجام می‌شود.
- (۲) طراحی فرایند تولید بعد از طراحی الگوی جریان مواد انجام می‌شود.
- (۳) طراحی فرایند تولید همزمان با طراحی الگوی جریان مواد انجام می‌شود.
- (۴) طراحی فرایند تولید هیچگونه تقدم و تاخیری نسبت به طراحی الگوی جریان مواد ندارد.

پاسخ: گزینه «۱» تا زمانی که فرایند تولید (مونتاژ) طراحی نشود طراحی الگوی جریان مواد معنی پیدا نمی‌کند.

## دیدگاه رید (Reed) در جانمایی کارخانه

رید در سال ۱۹۶۱ گام‌های زیر را برای برنامه‌ریزی جانمایی کارخانه ارائه نمود:

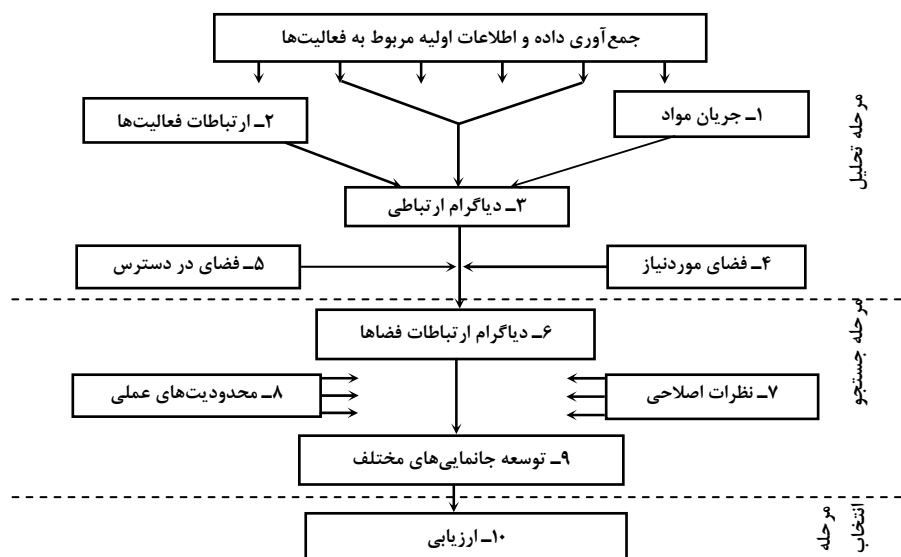
- ۱- تحلیل محصولات یا فرآیندهایی که باید تولید یا انجام شوند.
- ۲- تعیین فرایندهای مورد نیاز برای تولید محصول
- ۳- تهیه نمودارهای برنامه‌ریزی جانمایی
- ۴- تعیین ایستگاه‌های کاری
- ۵- تحلیل فضاهای مورد نیاز انبار
- ۶- تعیین کمترین عرض راهروها
- ۷- تعیین نیازمندی‌های اداری
- ۸- بررسی تسهیلات کارمندی و خدماتی
- ۹- مطالعه و بررسی واحدهای خدماتی و خدمات ارائه شده در کارخانه
- ۱۰- تدارکات برای توسعه آینده

نمودار برنامه‌ریزی جانمایی شامل موارد زیر است:

عملیات، حمل و نقل، انبار، بازرسی، زمان‌های استاندارد برای هر عنصر کاری، انتخاب ماشین‌آلات و توازن آن، انتخاب نیروی کار و توازن آن و نیازمندی‌های حمل و نقل مواد.

## دیدگاه برنامه‌ریزی جانمایی سیستماتیک [Systematic Layout Planning (SLP)] میوتِر (Muther)

این دیدگاه تا حدود زیادی با دیدگاه‌های قبلی متفاوت است. دیدگاه‌های قبلی در درجه خصوصیاتشان با یکدیگر تفاوت داشتند اما به هر حال در تأکیدشان بر جنبه‌های طراحی در برنامه‌ریزی جانمایی مشابه بودند. مجتمع کردن این روش‌ها به همراه رویه طراحی مهندسی یک روش برنامه‌ریزی جانمایی فراگیر را بوجود می‌آورد. در طول سال‌ها محبوبترین روش مورد استفاده در طراحی جانمایی کارخانه SLP بوده است که توسط میوتِر در سال ۱۹۶۱ ارائه شد. این روش برای سیستم‌های مختلفی مانند تولیدی، حمل و نقل، انبار، خدمات پشتیبانی و فعالیت‌های اداری به کار برده شده است. رویه SLP در شکل (۲) نشان داده شده است. مشاهده می‌شود هنگامی که اطلاعات کافی جمع‌آوری شد، آنالیز جریان می‌تواند با آنالیز فعالیت‌ها ترکیب شده و دیاگرام ارتباطی را شکل دهد. وقتی که ملاحظات مربوط به فضا با دیاگرام ارتباطی ترکیب می‌شود، دیاگرام ارتباط فضاهای شکل می‌گیرد و بر پایه آن و با توجه به محدودیت‌های عملی و نظرات اصلاحی، تعدادی جانمایی به عنوان گزینه‌های مورد انتخاب، طراحی و ارزیابی می‌شوند تا در نهایت از بین آن‌ها یکی انتخاب شود.



شکل ۲- رویه برنامه‌ریزی جانمایی سیستماتیک (SLP)

پنج گام اول SLP مربوط به مرحله تحلیل مسأله و گام‌های ۶ تا ۹ آن شامل تولید جانمایی‌های مختلف است که تحت عنوان مرحله جستجو مطرح شده است. مرحله انتخاب نیز شامل گام دهم SLP است.

باید متذکر شد هرچند SLP بسیار مقبولیت پیدا کرده است اما جدید بودن، جزئی‌نگری، مشخص بودن جزئیات مراحل کار و طبقه‌بندی مناسب در دیدگاه اپل باعث توجهات بیشتری به دیدگاه اپل در مجامع علمی و همچنین محیط‌های کاری شده است.

کدام یک از گام‌های اصلی دیدگاه رید (Reed)، در سایر دیدگاه‌های معروف جانمایی کارخانه کمتر مورد توجه قرار گرفته است؟

- ۱) تحلیل محصول
- ۲) تحلیل فضاهای مورد نیاز انبار
- ۳) تعیین نیازمندی‌های اداری و خدماتی
- ۴) تعیین کمترین عرض راهروها

پاسخ: گزینه «۴»



## انواع مسایل طرح‌ریزی

طراحی کارخانه منحصر به طراحی یک کارخانه جدید نیست و بسیاری از مسائل طرح‌ریزی مربوط به بهبود وضعیت یک طرح موجود می‌باشند. معروفترین و متداولترین مسایل طراحی کارخانه عبارت‌اند از:

- ۱- طراحی یک کارخانه جدید: مهمترین مسأله در بین مسائل طراحی کارخانه است. هیچ محدودیتی وجود ندارد و طراح آزاد است تا بهترین طرح ممکن را با بالاترین کارایی طراحی کند.
- ۲- تغییر روش تولید
- ۳- اضافه کردن محصول جدید: منظور محصولی است که روش تولید آن با محصولات فعلی تفاوت اساسی داشته باشد، در غیر این صورت با بزرگ کردن دپارتمان‌ها مشکل حل می‌شود.
- ۴- تغییر محل یک دپارتمان
- ۵- اضافه کردن یک دپارتمان جدید
- ۶- جایگزینی دستگاه‌های قدیمی
- ۷- تغییر طرح محصول
- ۸- بزرگ کردن دپارتمان‌ها: میزان تولید محصول افزایش یابد و یا محصول جدیدی مشابه محصولات فعلی اضافه شود.
- ۹- کوچک کردن دپارتمان‌ها: میزان تولید محصول کاهش یابد و یا محصولی از تولید حذف شود.
- ۱۰- کاهش هزینه‌ها: می‌تواند علت یا معلول موارد قبلی به جز مورد اول باشد.

علاوه بر موارد اصلی فوق، حالت‌هایی نیز وجود دارد که از اهمیت کمتری برخوردارند اما گاهی نیازمند طرح‌ریزی و یا تغییر طرح موجود می‌باشند. برخی از آن‌ها عبارت‌اند از:

- افزایش بی‌مورد تأخیر و بیکاری
- وجود مانع در جریان مواد
- وجود گلوگاه در جریان تولید
- کاهش نرخ تولید یک بخش
- بیکار ماندن افراد و دستگاه‌ها
- افزایش انبار موقت
- نامنظم بودن کارخانه
- حمل و نقل بیش از حد توسط افراد
- وجود مشکلات در تولید و کنترل و برنامه‌ریزی
- اتلاف فضا
- وجود برگشت‌های متعدد
- شلوغی و ازدحام
- بالا بودن میزان محصول در حال ساخت (WIP) و زمان نگهداری آن‌ها

## معیارهای ارزشیابی طرح

به طور قطع طرحی که بیشترین کارایی را داشته باشد بهترین طرح خواهد بود. در زیر به تعدادی از معیارهای یک طرح خوب که در واقع گسترش یافته همان اهدافی هستند که در طراحی کارخانه به دنبال آن‌ها هستیم، اشاره می‌شود.

- ۱- طراحی ساختمان‌ها با تکیه بر مطالعات مربوط به طراحی کارخانه انجام گرفته باشد.
- ۲- محل بخش‌های مختلف تولیدی، خدماتی و کمک تولیدی براساس جریان مواد و اطلاعات بین آن‌ها و روابط متقابل آن‌ها و احتیاجات خاص آن‌ها تعیین شده باشد.
- ۳- اولین فعالیت نزدیک به قسمت تخلیه بار و آخرین فعالیت نزدیک به قسمت بارگیری باشد و مواد همواره از قسمت تخلیه بار به سمت قسمت بارگیری در جریان باشند.
- ۴- بین فعالیت‌های مختلف تولیدی تمایز در نظر گرفته شود و بین آن‌ها فاصله مکانی وجود داشته باشد.
- ۵- راهروها مستقیم، مشخص و طبقه‌بندی شده باشند.
- ۶- نسبت زمان مفید تولید به کل زمان توقف مواد و قطعات در کارخانه حداکثر باشد.
- ۷- الگوی جریان مواد کاملاً مشخص باشد.
- ۸- جریان مواد مستقیم بوده و برگشت به عقب و دوباره کاری در انتقال مواد به حداقل برسد.



- ۹- حجم کل انتقال مواد و مسافت انتقال به حداقل برسد.
- ۱۰- حجم مواد در جریان ساخت (WIP) حداقل و سرعت گردش مواد بالا باشد.
- ۱۱- روش‌های انتقال مواد مشخص و تعریف شده باشد.
- ۱۲- در صورت امکان عملیات تولیدی و انتقال مواد با یکدیگر توأم گردند (با استفاده از تجهیزاتی مثل نقاله و ...).
- ۱۳- تا جایی که ممکن است از وسایل مکانیکی برای انتقال مواد استفاده شود.
- ۱۴- حمل و نقل دستی حداقل باشد.
- ۱۵- انتقال مواد به افرادی غیر از کسانی که عملیات را انجام می‌دهند، سپرده شود.
- ۱۶- از کلیه سطوح کارخانه در کل فضای آن استفاده شود.
- ۱۷- طرح از انعطاف‌پذیری کامل برخوردار باشد.
- ۱۸- الگوی توسعه کارخانه و چگونگی دستورالعمل آن مشخص باشد.
- ۱۹- تا حد ممکن از مفهوم «انبارش در نقطه استفاده» بهره کافی گرفته شده باشد.
- ۲۰- رفت و آمدهای بیهوده به حداقل برسد.
- ۲۱- سر و صدا، دود و گاز و بخار، گرد و غبار، ارتعاش ماشین‌آلات، رطوبت و مانند این‌ها کنترل شده و به حداقل رسیده باشد.
- ۲۲- فضای قسمت‌های مختلف مناسب و کافی باشد.

✓ مثال ۷: کدام گزینه در مورد یک طرح مناسب درست است؟

- ۱) از وسایل مکانیکی برای انتقال مواد استفاده شده باشد.
- ۲) نسبت زمان تولید به کل زمان توقف مواد و قطعات نسبت ثابت و معینی باشد.
- ۳) نسبت زمان تولید به کل توقف مواد و قطعات حداکثر باشد.
- ۴) گزینه‌های ۱ و ۳ صحیح هستند.

✓ پاسخ: گزینه «۴»



## تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول

(سراسری ۷۶)

کله ۱- از اهداف طرح‌ریزی واحدهای صنعتی کدام یک با هم در تناقض هستند؟

- ۱) حداقل کردن سرمایه‌گذاری روی ماشین‌آلات و حداکثر کردن بهره‌وری نیروی انسانی
- ۲) تسهیل در فرایند ساخت و برقراری جریان سریع کالای در جریان ساخت
- ۳) حفظ قابلیت انعطاف‌پذیری و استفاده مؤثر از فضا
- ۴) حداقل کردن حمل و نقل و تأمین راحتی و ایمنی پرسنل

(سراسری ۷۷)

کله ۲- در فرایند طرح‌ریزی واحدهای صنعتی:

- ۱) جریان مواد در خلال تعیین وسایل حمل و نقل بررسی می‌شود.
- ۲) تجزیه و تحلیل جریان مواد قبل از طرح استقرار اولیه صورت می‌گیرد.
- ۳) ابتدا سیستم و وسایل حمل و نقل مشخص می‌شود و بر مبنای آن استقرار اولیه به دست می‌آید.
- ۴) پس از نهایی کردن طرح استقرار، جریان مواد و رابطه فعالیت‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

(سراسری ۷۸)

کله ۳- در مراحل طراحی کارخانه کدام گزینه صحیح است؟

- ۱) تعیین فضاها قبل از طراحی فرایند صورت می‌گیرد.
- ۲) هماهنگی فعالیت‌های تولیدی در یک بافت کلی بر الگوی جریان مواد تکیه دارد.
- ۳) طراحی الگوی جریان مواد قبل از طراحی فرایند صورت می‌گیرد.
- ۴) طراحی الگوی جریان مواد بعد از طراحی ایستگاه‌های کار صورت می‌گیرد.

(آزاد ۸۲)

کله ۴- کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

- ۱) رویه برنامه‌ریزی سیستماتیک چیدمان همان رویه «میومتر» است.
- ۲) رویه برنامه‌ریزی سیستماتیک حمله‌ای چیدمان همان رویه «میومتر» است.
- ۳) رویه اکتساب و تحلیل داده‌های پایه، مرحله اول چیدمان در رویه «میومتر» و مرحله پایانی چیدمان در رویه «رید» است.
- ۴) رویه SLP همان رویه «رید» است.

(سراسری ۸۷)

کله ۵- در طراحی ظرفیت یک واحد تولیدی کدام یک از مجموعه عوامل زیر موثرتر هستند؟

- ۱) میزان تقاضای بازار، ساختمان کارخانه، نوع محصول
- ۲) میزان دسترسی به منبع مواد اولیه، میزان منابع مالی در اختیار، ساختمان کارخانه
- ۳) نوع محصول، میزان منابع مالی در اختیار، تعداد نیروی انسانی، ساختمان کارخانه
- ۴) میزان تقاضای بازار، میزان دسترسی به منبع مواد اولیه، میزان منابع مالی در اختیار

(آزاد ۹۰)

کله ۶- هوش مصنوعی یا Artificial Intelligence در کدام یک از سیستم‌های خرید تولیدی بیشترین کاربرد را دارد؟

- ۱) سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر
- ۲) طراحی به کمک کارتر
- ۳) سیستم تولید یکپارچه کامپیوتری CIM
- ۴) CAM

(آزاد ۹۰)

کله ۷- در سیستم JIT، از کدام یک از روش‌های تولید زیر استفاده می‌شود؟

- ۱) سیستم کششی
- ۲) سیستم فشاری
- ۳) سیستم قابل انعطاف
- ۴) سیستم زمان‌سنجی