طرح‌ریزی واحدهای صنعتی

Plant Layout

1

تعداد واحد: 3	**شماره درس:** 21-612

پیش نیاز: ارزیابی کار و زمان	**هم نیاز:** تحقیق در عملیات ۱ ، برنامه ریزی و کنترل پروژه، مدیریت موجودی، آمار مهندسی، نقشه کشی صنعتی ۲

سرفصل مطالب:

1. تعریف، اهداف و جایگاه PL
2. معرفی مراحل مختلف PL
3. تشریح پویا بودن مشخصات محصول و تاثیر آن بر PL
4. عوامل موثر بر "ظرفیت کارخانه" و تاثیر آن بر PL
5. معرفی " تکنولوژی ساخت" و " فرایند ساخت" و نقش آنها در PL
6. مفهوم " تکنولوژی تولید" ، انواع آن و چگونگی انتخاب
7. نحوه تعیین منابع تولیدی مورد نیاز به تفکیک تکنولوژی های مختلف تولیدی
8. اصول طراحی سیستم های حمل و نقل درون کارخانه ای
9. معرفی تجهیزات حمل و نقل درون کارخانه ای و چگونگی انتخاب آنها
10. تعیین خدمات تولیدی و غیر تولیدی و تاسیسات مورد نیاز کارخانه
11. تخمین مساحت و فضای مورد نیاز بخش های مختلف کارخانه
12. فرایند طراحی چیدمان کارخانه و ارتباط آن با سیستم حمل و نقل کارخانه
13. الگوریتم های دستی طراحی چیدمان
14. الگوریتم های کامپیوتری طراحی چیدمان
15. مدل های ریاضی طراحی چیدمان و جایابی

References:

Tompkins, James A. et al. Facilities Planning, John Wiley & Sons, Fourth Edition, 2010.
2-Heragu, Sunderesh S., Facilities Design, CRC Press, Fourth Edition, 2016.
3-Francis, Richard L. et al, Facility Layout and Location: an Analytical Approach, Prentice Hall, 1992

روش ارزیابی:

تمرین: ۳ نمره
کوییز: ۵ نمره
میان ترم: ۶ نمره
پایان ترم: ۶ نمره
پروژه: اختیاری

با توجه به کیفیت هر یک از موارد فوق، تغییراتی در میزان نمره هر مورد قابل اعمال است

نام های مختلف طرحریزی واحدهای صنعتی

Plant Layout

طراحی جانمایی

طرحریزی واحدهای صنعتی

طراحی کارخانه

Facility Planning

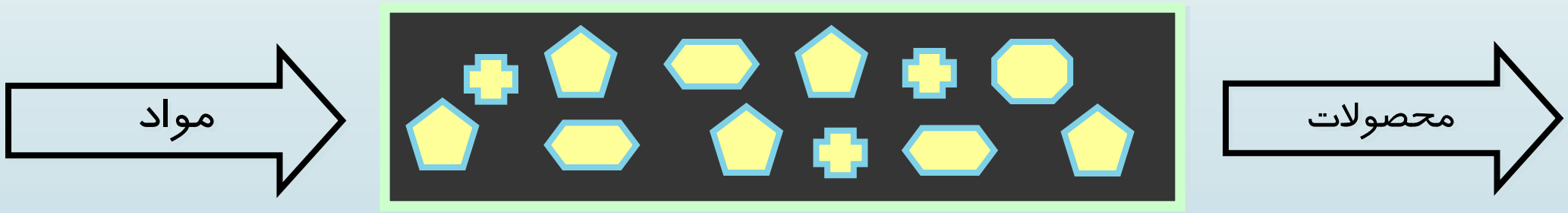
طراحی چیدمان

طرحریزی واحد های صنعتی چه هست و چه نیست؟

- ~~طراحی محصول~~
- تعیین محل قرارگیری ماشین آلات ، تجهیزات و ساختمان ها
- تعیین سیستم حمل و نقل مواد
- ~~طراحی فرایند~~
- ~~طراحی سازه ها~~
- ~~معماری~~
- تعیین ماشین آلات (تعداد ، نوع و ظرفیت)
- تعیین امکانات رفاهی
- تعیین انبارها
- ~~تعیین ظرفیت کارخانه~~
- تعیین فضای مورد نیاز
- ~~تعیین تکنولوژی ساخت~~

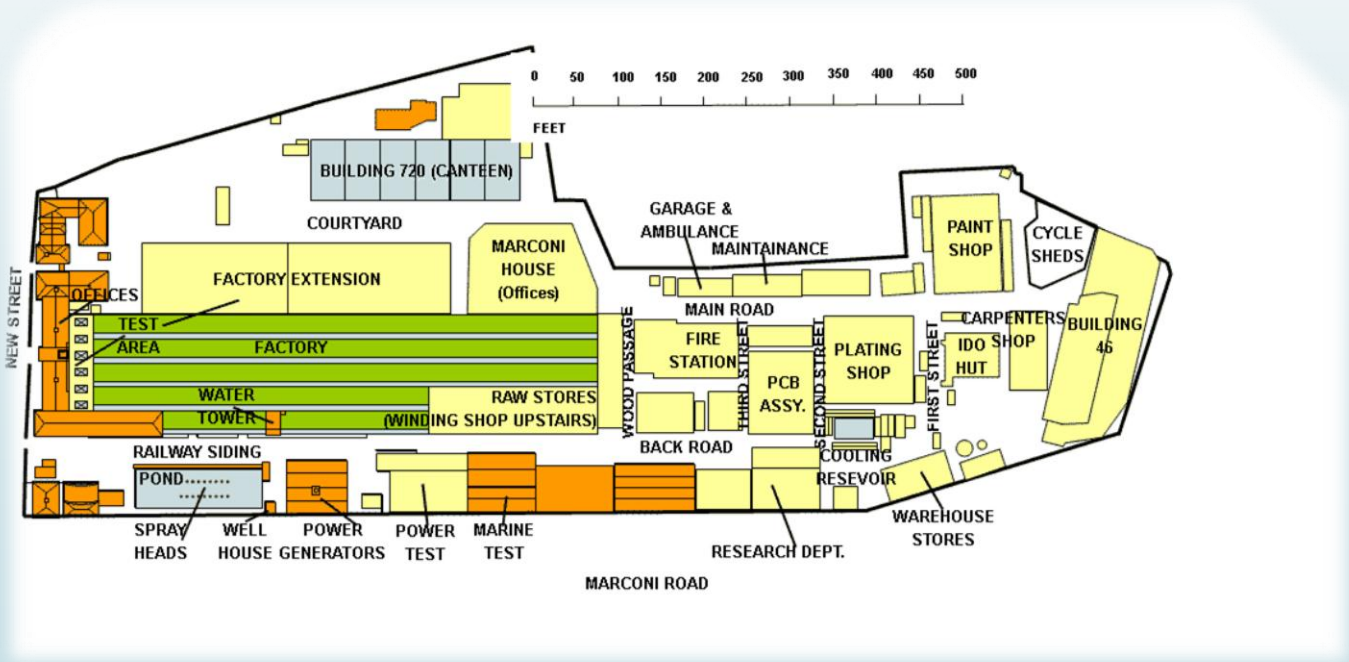
طرح ریزی واحدهای صنعتی

طرحریزی واحدهای صنعتی فرایند انتخاب و آنگاه استقرار مناسب اجزاء فیزیکی مورد نیاز یک کارخانه است به طوری که مواد اولیه و قطعات نیم ساخته به طریق مطلوب از اجزاء فیزیکی عبور کرده تا محصولات مورد نظر کارخانه تولید شود.



از متدولوژی طرحریزی واخدهای صنعتی برای طراحی واحدهای غیر تولیدی نیز میتوان استفاده کرد

خروجی نهایی یک پروژه طرحریزی واحدهای صنعتی:
نقشه کلی کارخانه و نقشه های جزئی کلیه بخش های تولیدی و غیر تولیدی کارخانه میباشد.



مراحل شکل‌گیری واحدهای صنعتی

Soft

- Idea Development
- Product General Design
- Prefeasibility Study
- Feasibility Study
- Product Detailed Design
- Plant Layout

Hard

- Procurement
- Construction
- Installation
  - Mechanical Completion
- Pre- Commissioning
- Commissioning
  - Cold (dry-wet)
  - Hot
- Production
  - Start up
  - Ramp-up

مراحل شکل گیری
واحدهای صنعتی

مراحل طراحی کارخانه

فاز شناخت	فاز تعیین نیازمندی ها	فاز طراحی	فاز اجرا
۱- شناخت استراتژی و اهداف کارخانه	۵- تعیین تکنولوژی تولید	۹- طراحی نقشه‌ی کلی کارخانه و سیستم انتقال مواد	۱۲- تایید و تصویب طرح و نظارت بر اجرا
۲- شناخت محصول	۶- تعیین منابع تولیدی	۱۰- طراحی چیدمان جزیی بخش‌ها	
۳- شناخت ظرفیت تولید	۷- تعیین منابع غیرتولیدی		
۴- شناخت تکنولوژی ساخت	۸-تعیین فضای مورد نیاز		

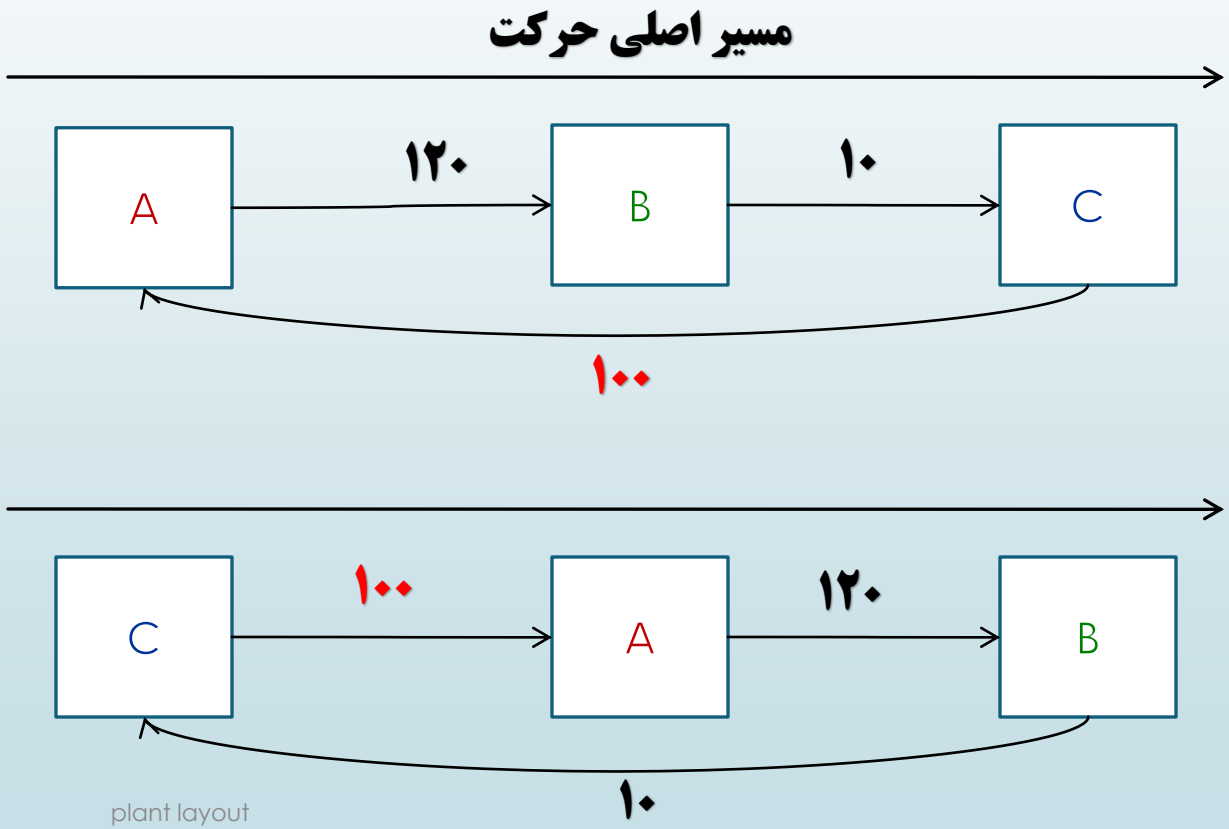
طرح‌ریزی واحدهای صنعتی

Plant Layout

مشخصات یک طرح خوب کارخانه:

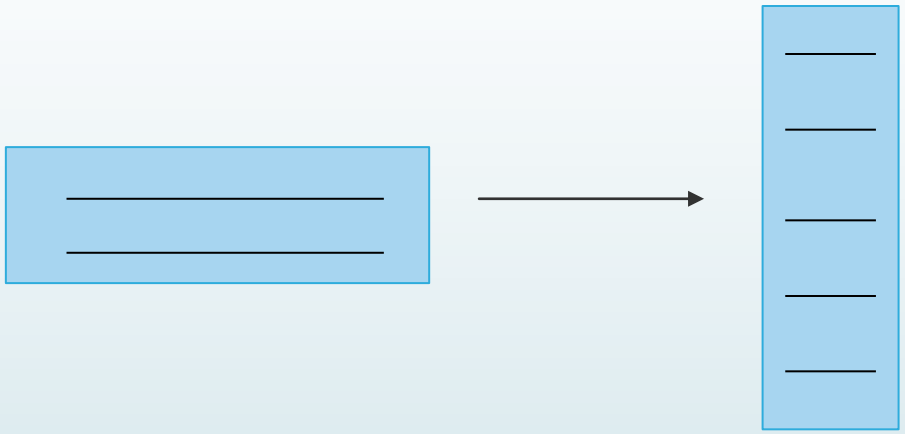
۱) برگشت به عقب هر چه کمتر باشد.

برگشت به عقب موجب کاهش سرعت، افزایش حجم حمل و نقل ، افزایش ضایعات و همچنین کاهش ایمنی می شود.

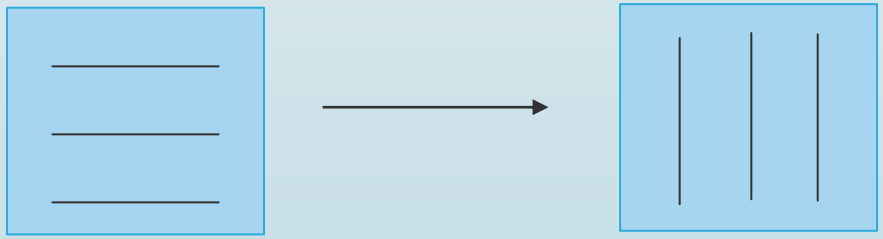


مشخصات یک طرح خوب کارخانه:

۲) انعطاف‌پذیر باشد:



شکل منعطف ✓



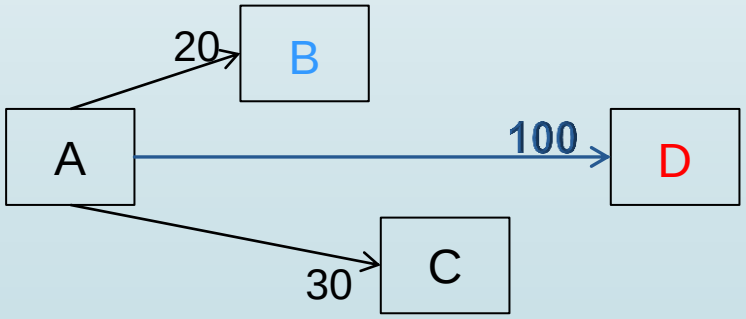
شکل غیر منعطف ✗

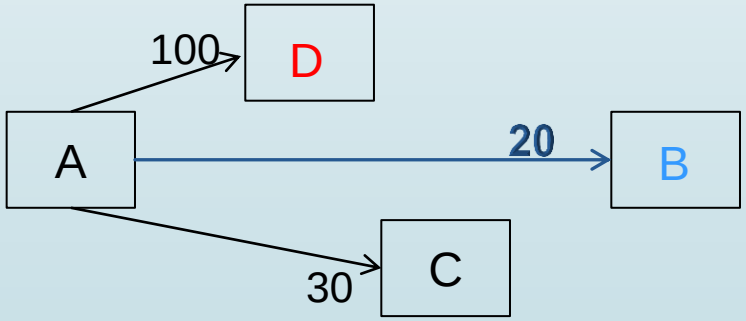
مشخصات یک طرح خوب کارخانه:

۳) **هزینه حمل و نقل کمینه شود:**

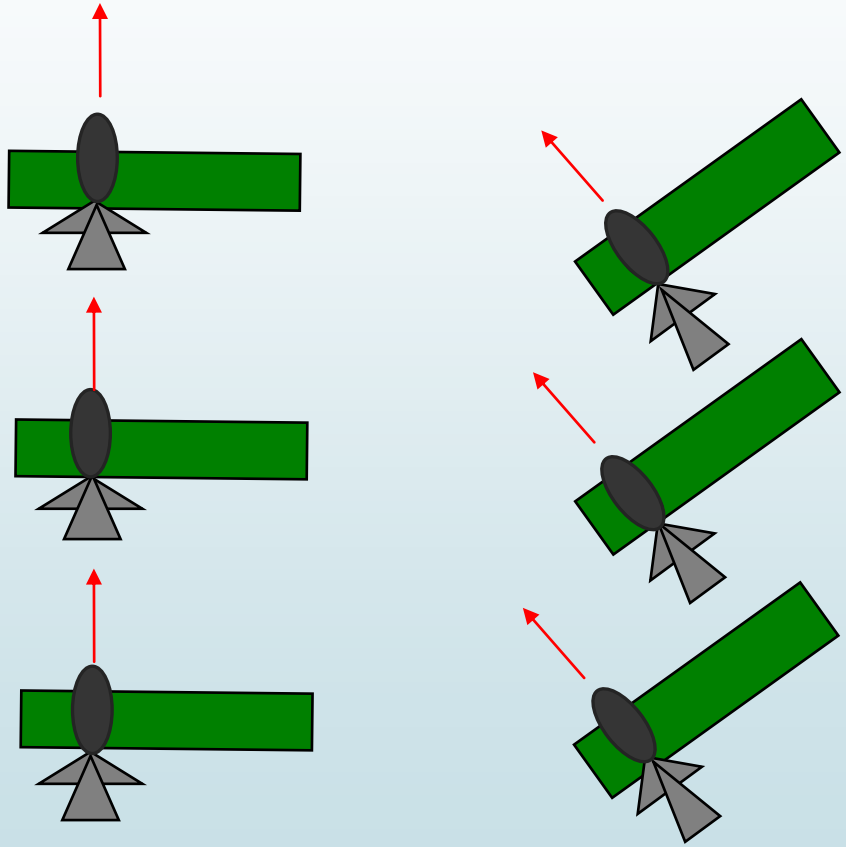
$$\text{Min}\left\{\text{(فاصله)} \cdot \text{(مقدار کالای حمل شونده)}\right\}$$

ماشین آلات یا سالن هایی که ارتباط بیشتری دارندحتی المقدور به هم نزدیک تر باشند.





مشخصات یک طرح خوب کارخانه:

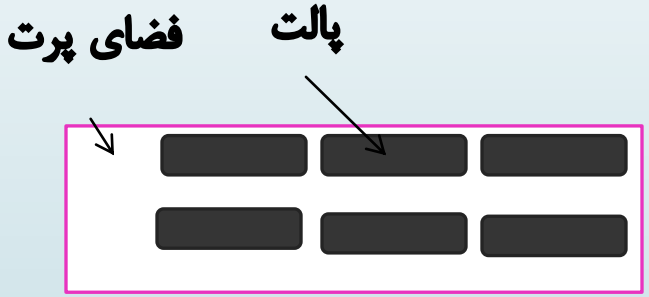


٤) ایمنی وجود داشته باشد.

به عنوان مثال:
چیدمان دستگاههای تراشکاری به نحوی که در صورت پرتاب قطعه از دستگاه به اپراتورها آسیب نرسد.

مشخصات یک طرح خوب کارخانه:

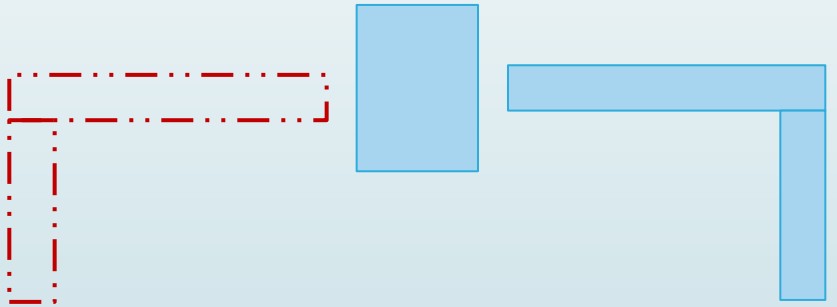
۵) هدر رفت مساحت کم تری داشته‌باشد.



مشخصات یک طرح خوب کارخانه:

٦) امکان توسعه داشته باشد.

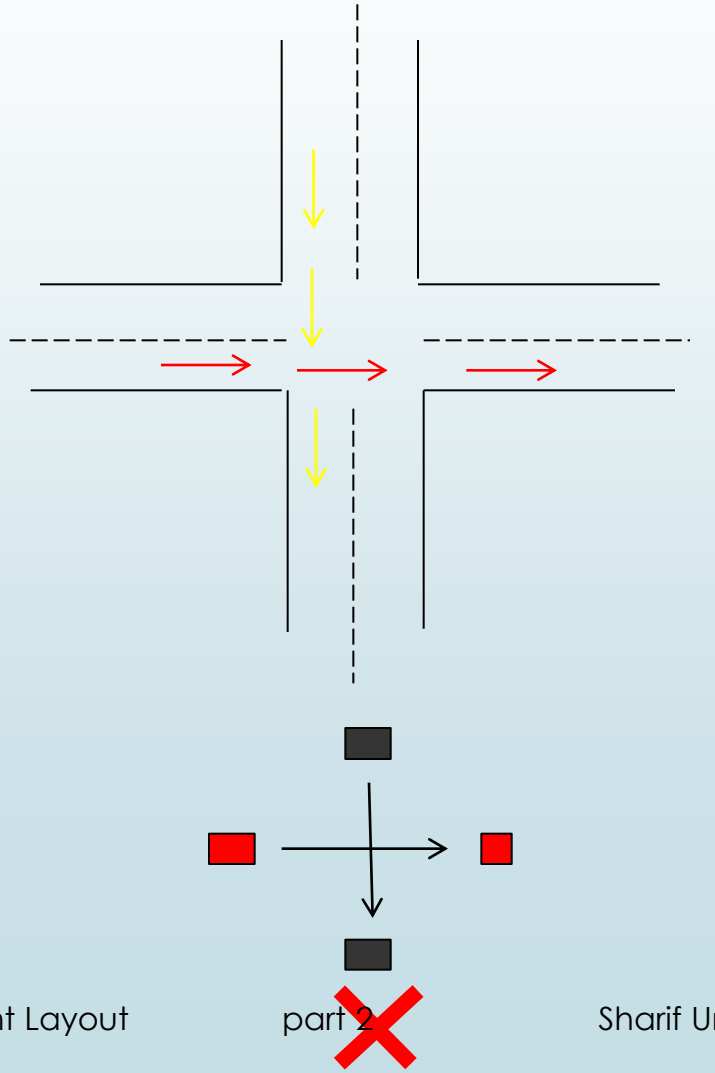
با گذشت زمان و افزایش تولیدات، کارخانه نیاز به توسعه دارد که باید از قبل امکان آن فراهم شده باشد.

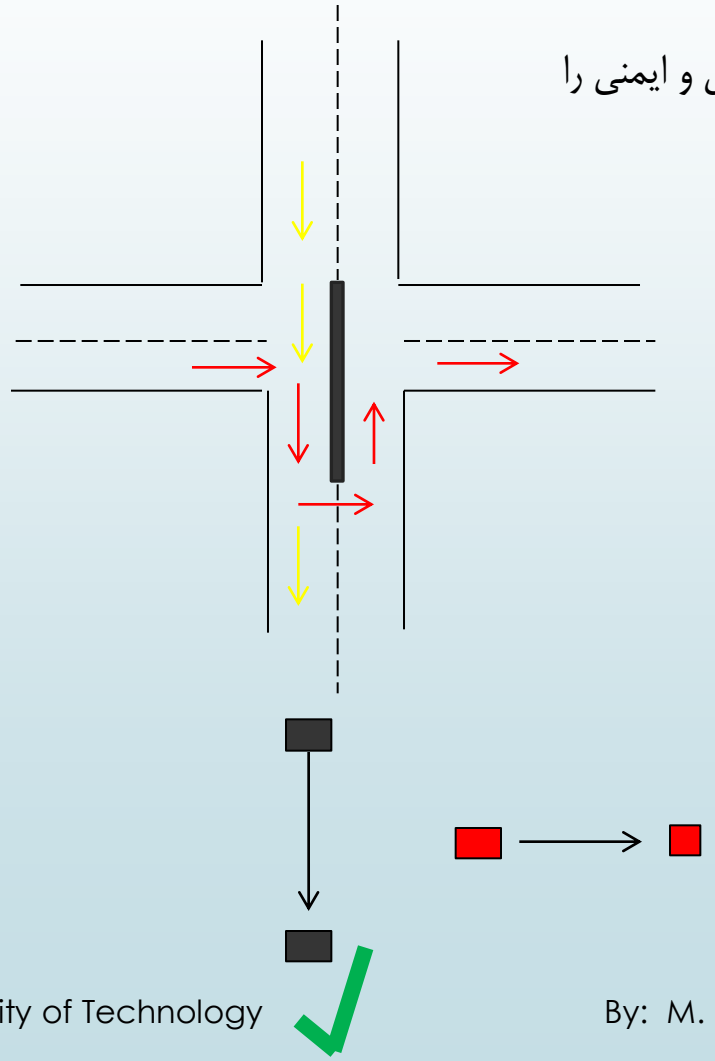


مشخصات یک طرح خوب کارخانه:

۷) تقاطع های کمتر

تقاطع‌ها سرعت جابه‌جایی را کاهش، ضایعات را افزایش و ایمنی را کاهش می‌دهند.





مسیرهای مناسب
U Turn
پل
زیرگذر
جابجایی دپارتمانها
تغییر توالی
حذف
تغییر وسیله حمل و نقل
...

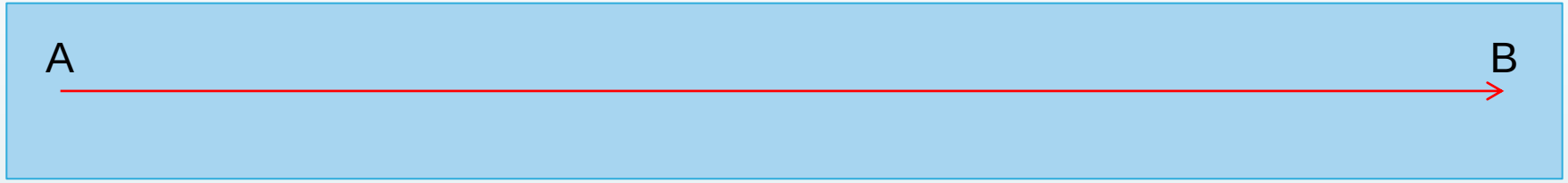
مشخصات یک طرح خوب کارخانه:

۸) استفاده از حجم و نه فقط سطح

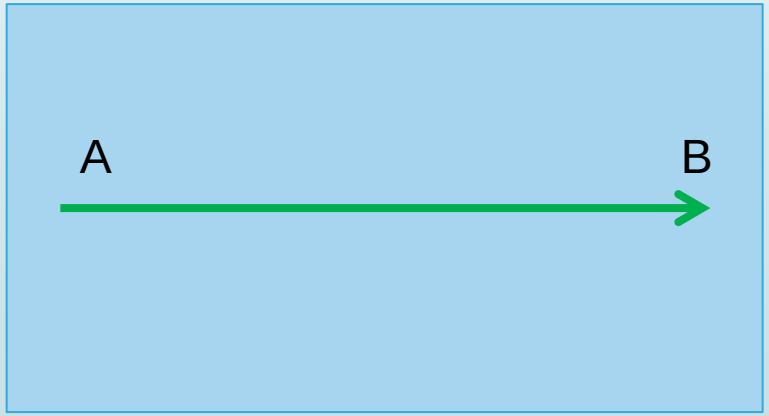
مشخصات یک طرح خوب کارخانه:

۹) نسبت طول به عرض مناسب

نسبت طول به عرض نامناسب



نسبت طول به عرض مناسب



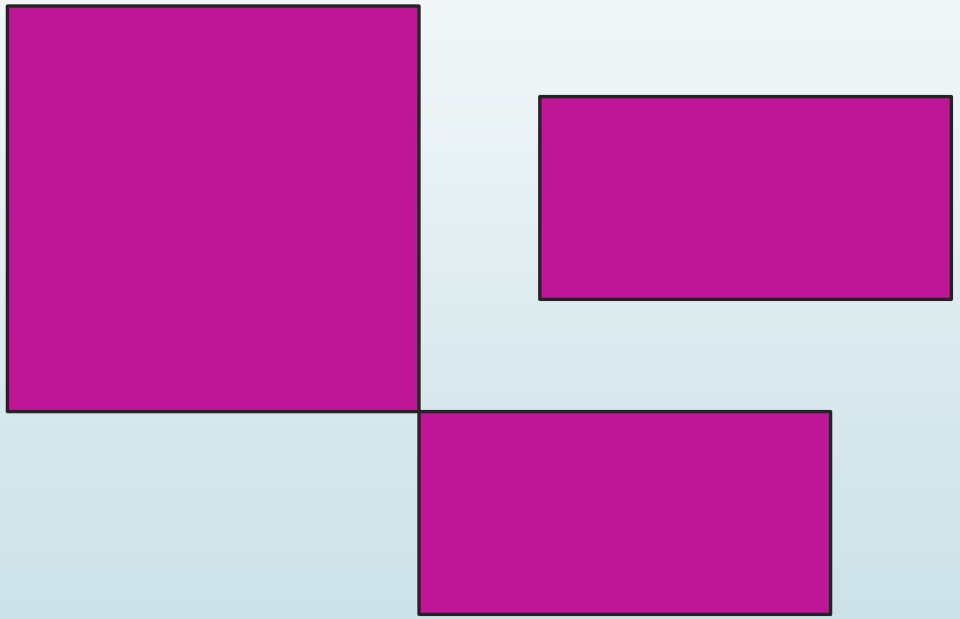
مشخصات یک طرح خوب کارخانه:

۱۰) رعایت اصول ارگونومی

- جهت تابش نور خورشید
- جهت وزش باد
- ...

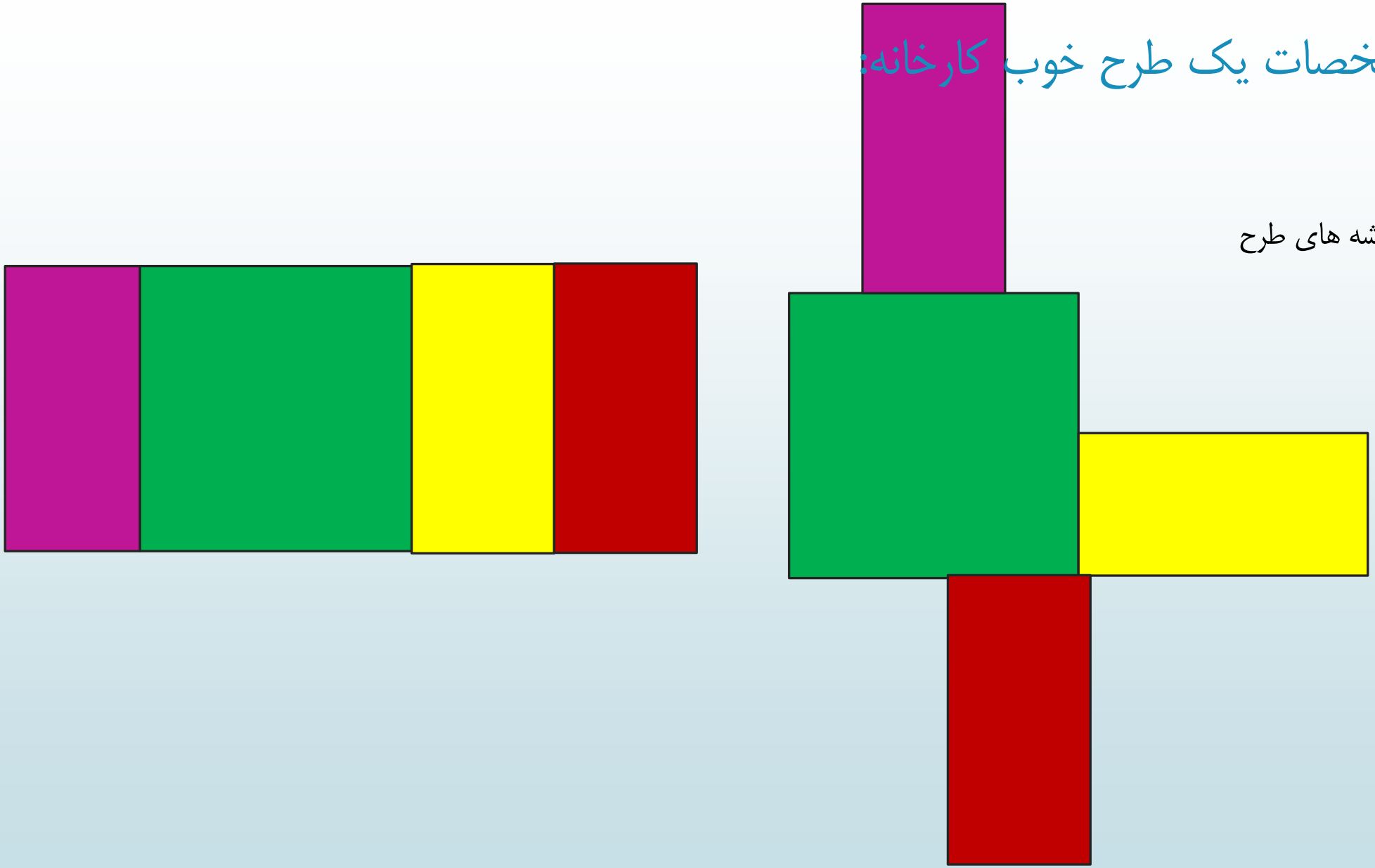
مشخصات یک طرح خوب کارخانه:

۱۱- عدم گسستگی یک دپارتمان

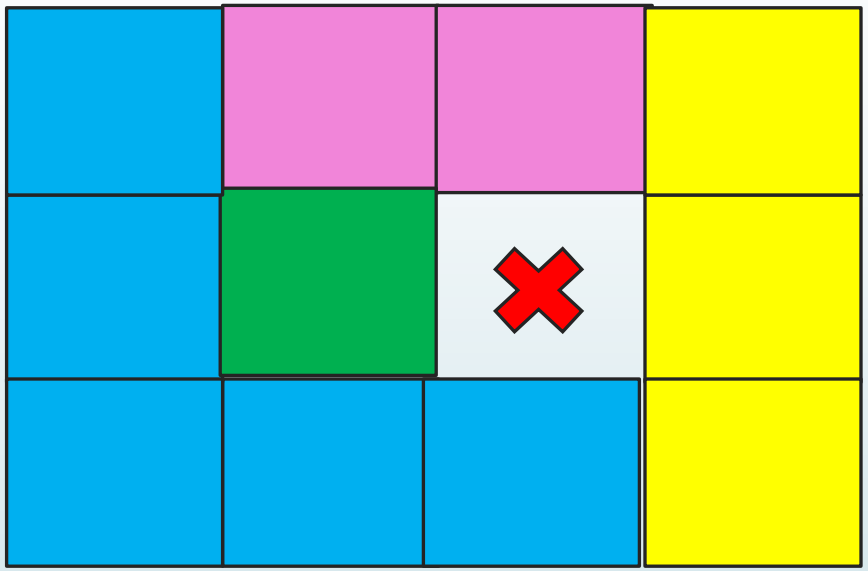


مشخصات یک طرح خوب کارخانه:

۱۲-کم بودن گوشه های طرح

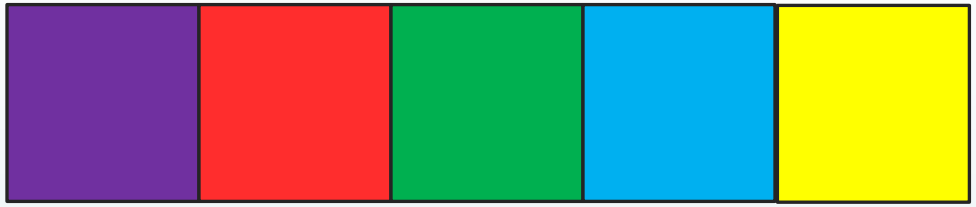


مشخصات یک طرح خوب کارخانه:

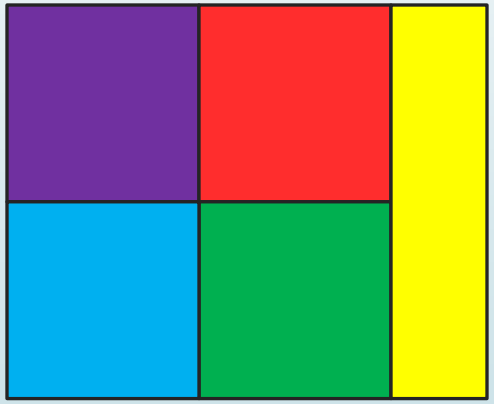


۱۳- نبود حفره های سطحی

مشخصات یک طرح خوب کارخانه:



۱۴- حداکثر شدن همسایگی ها



ماکزیمم تعداد تئوری همسایگی؟

ماکزیمم تعداد عملی همسایگی؟

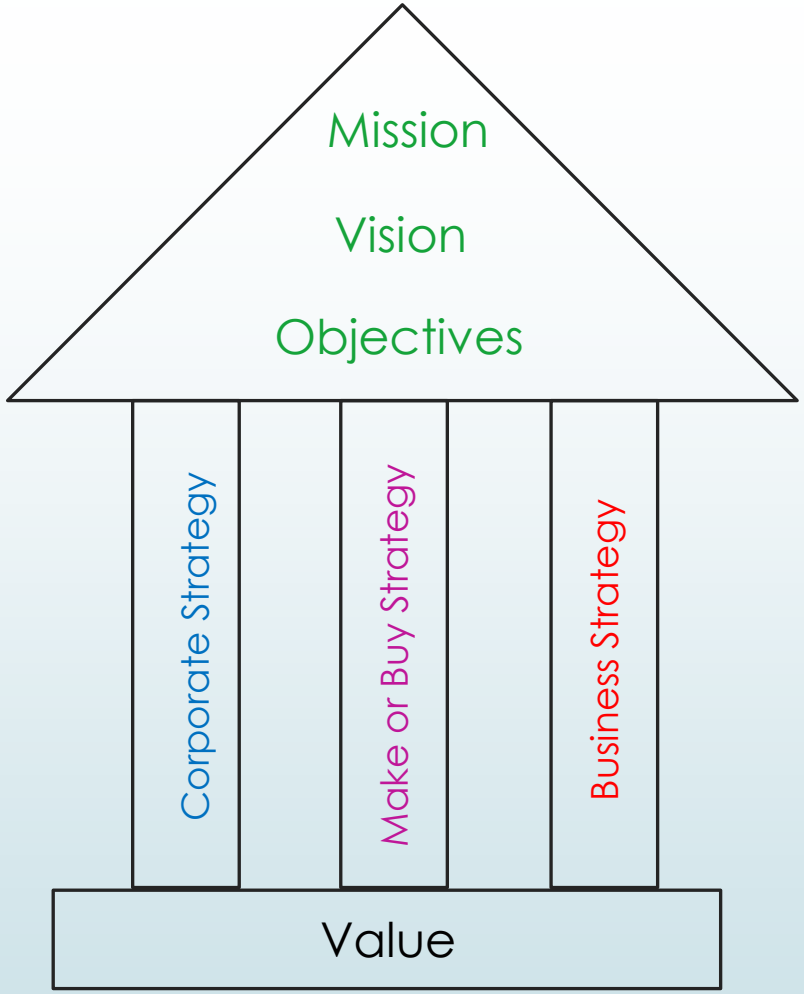
طرح‌ریزی واحدهای صنعتی

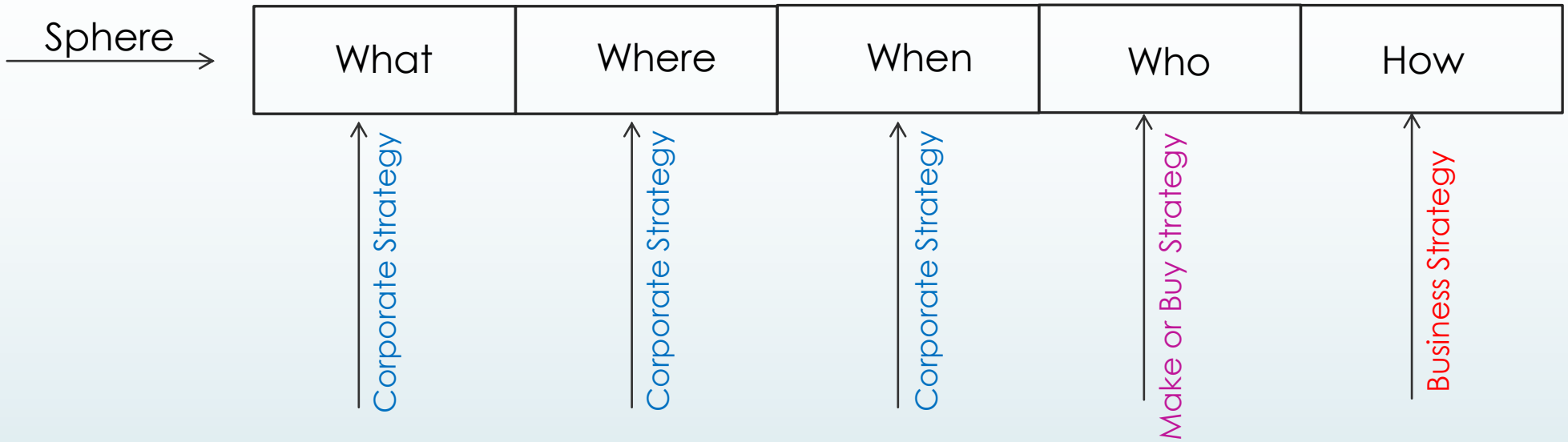
Plant Layout

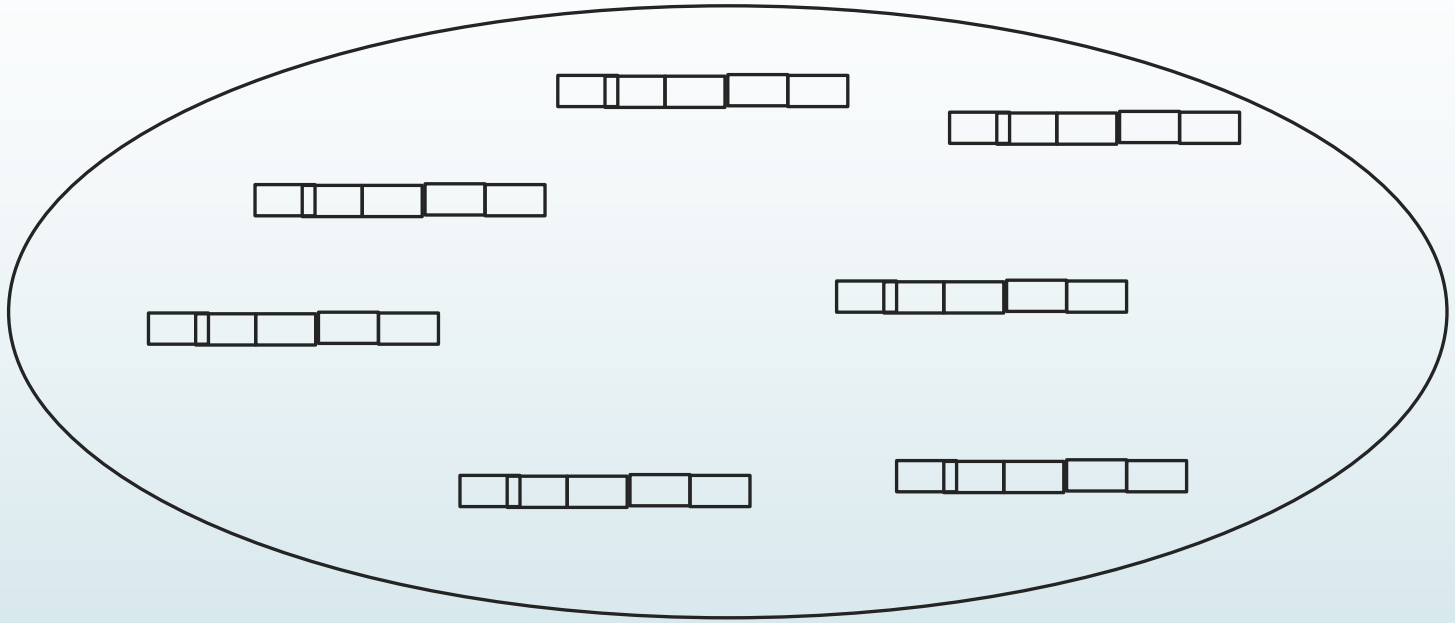
مراحل طراحی کارخانه

فاز شناخت	فاز تعیین نیازمندی ها	فاز طراحی	فاز اجرا
۱- شناخت استراتژی و اهداف کارخانه	۵- تعیین تکنولوژی تولید	۹- طراحی نقشه‌ی کلی کارخانه و سیستم انتقال مواد	۱۱- تایید و تصویب طرح و نظارت بر اجرا
۲- شناخت محصول	۶- تعیین منابع تولیدی	۱۰- طراحی چیدمان جزیی بخش‌ها	
۳- شناخت ظرفیت تولید	۷- تعیین منابع غیرتولیدی		
۴- شناخت تکنولوژی ساخت	۸-تعیین فضای مورد نیاز		

Objectives and
Strategy


Mission
Vision
Objectives
Corporate Strategy
Make or Buy Strategy
Business Strategy
Value


Sphere
What
Where
When
Who
How
Corporate Strategy
Corporate Strategy
Corporate Strategy
Make or Buy Strategy
Business Strategy



Enterprise’s Spheres

مراحل طراحی کارخانه

فاز شناخت	فاز تعیین نیازمندی ها	فاز طراحی	فاز اجرا
۱- شناخت استراتژی و اهداف کارخانه	۵- تعیین تکنولوژی تولید	۹- طراحی نقشه‌ی کلی کارخانه و سیستم انتقال مواد	۱۱- تایید و تصویب طرح و نظارت بر اجرا
۲- شناخت محصول	۶- تعیین منابع تولیدی	۱۰- طراحی چیدمان جزیی بخش‌ها	
۳- شناخت ظرفیت تولید	۷- تعیین منابع غیرتولیدی		
۴- شناخت تکنولوژی ساخت	۸-تعیین فضای مورد نیاز		

شناخت محصول

راه‌های شناخت محصول:

1) نام محصول
2) تصویر محصول
3) نقشه‌ی فنی قطعات و نقشه‌ی مرکب محصول

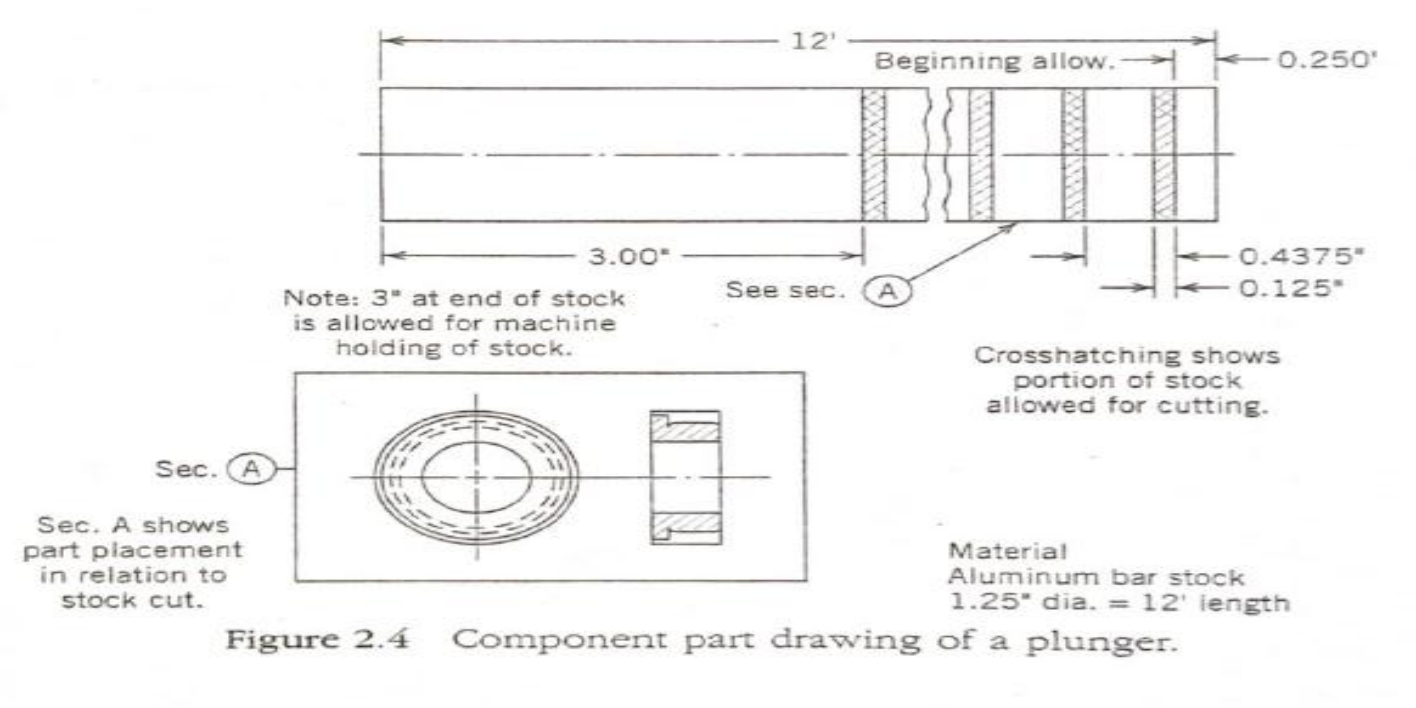


Figure 2.4 Component part drawing of a plunger.

راه‌های شناخت محصول:

۴) نقشه‌ی انفجاری یا گسترده‌ی محصول

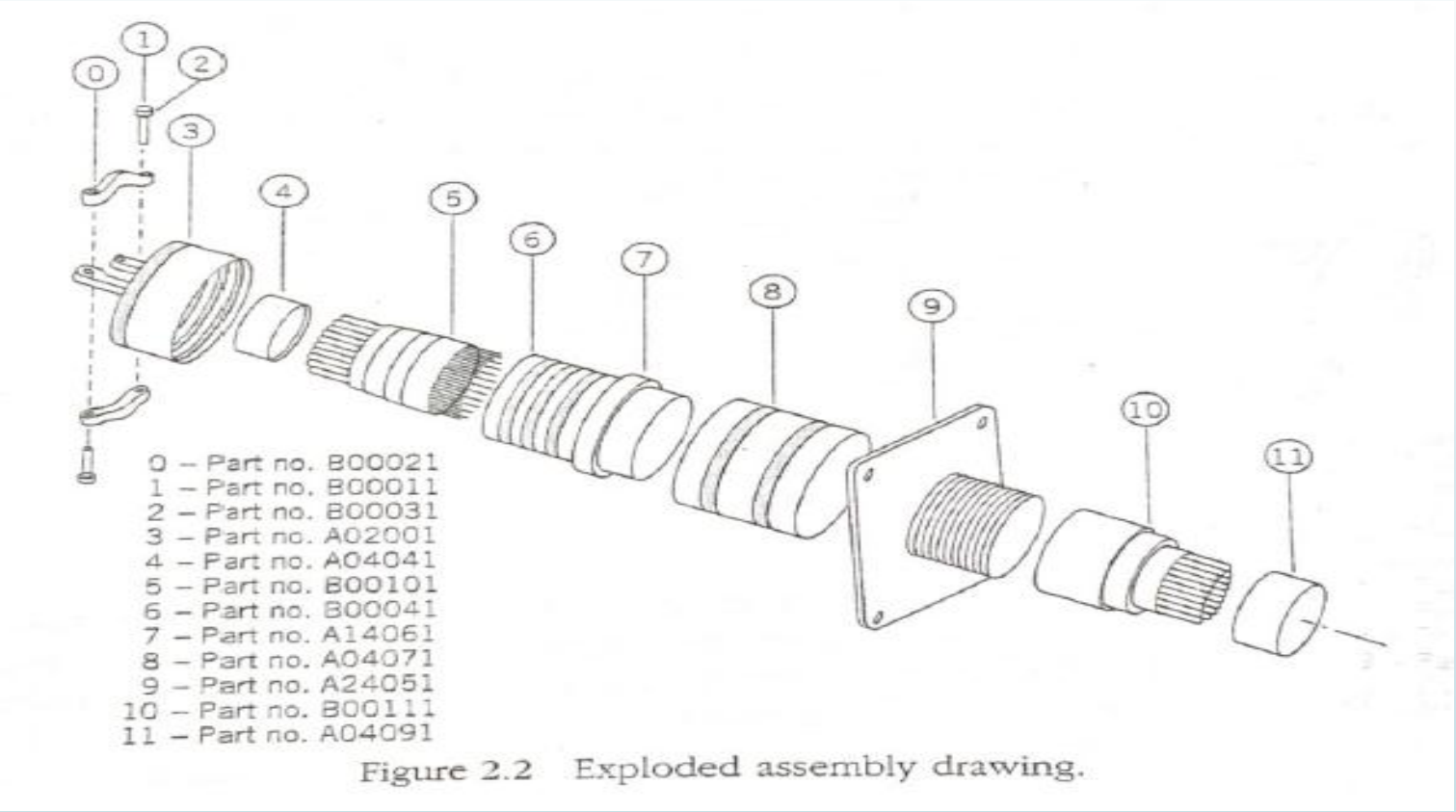


Figure 2.2 Exploded assembly drawing.

راه‌های شناخت محصول:

۵) لیست قطعات

PARTS LIST

Company T. W., Inc. Prepared by J. A.
Product Air Flow Regulator Date

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

Figure 2.7 Parts list for an air flow regulator.

راه‌های شناخت محصول:

۶) Bill of Materials

BILL OF MATERIALS

Company T. W., Inc. Prepared by J. A.
Product Air Flow Regulator Date

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

Figure 2.8 Bill of materials for an air flow regulator.

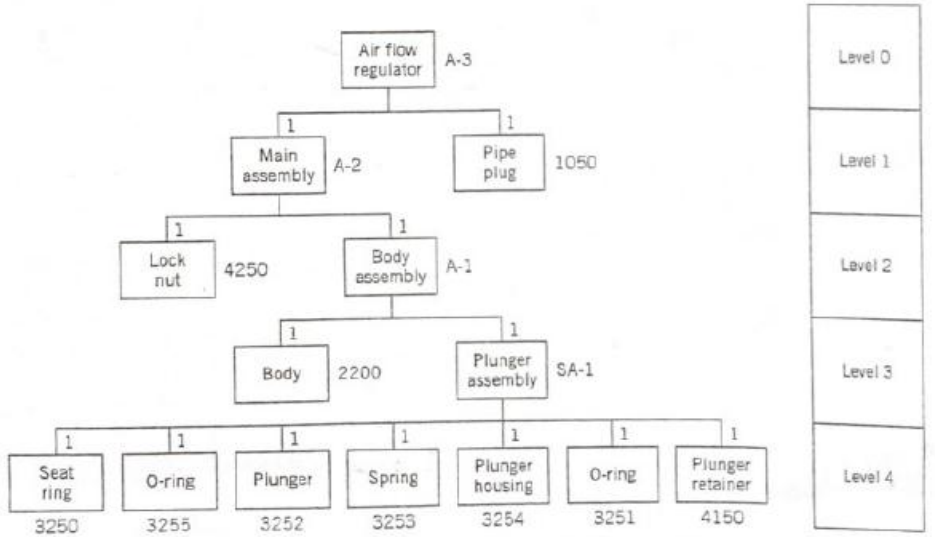
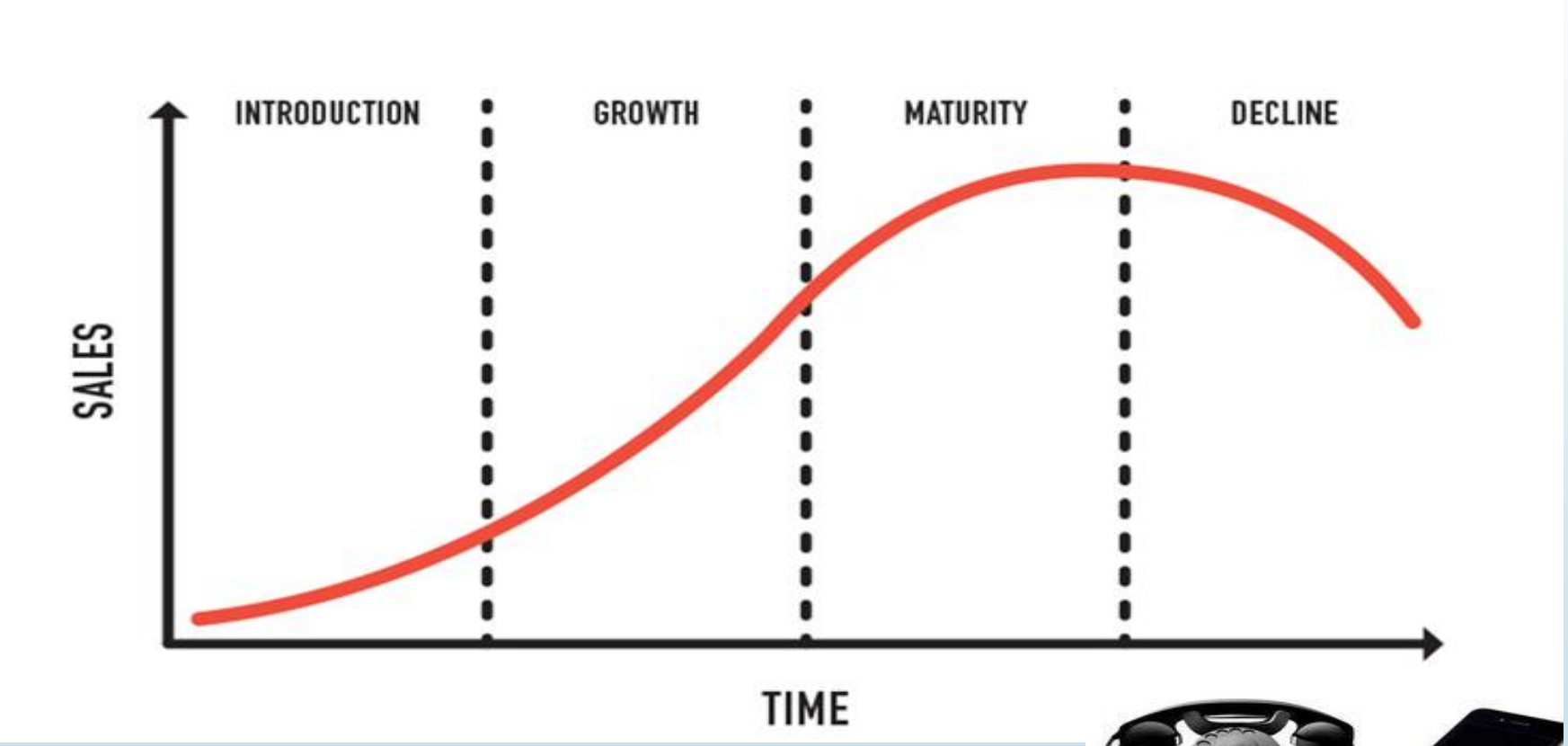


Figure 2.9 Bill of materials for an air flow regulator.

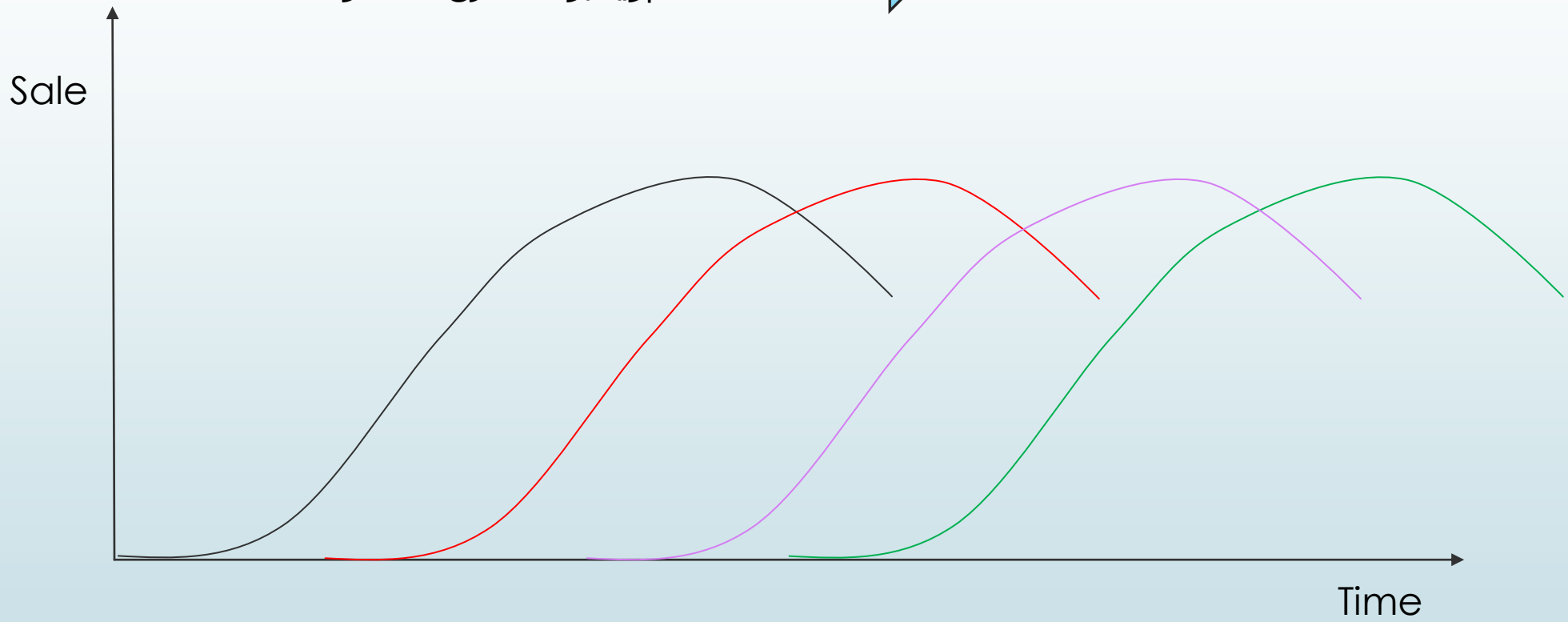
Product Life Cycle

سیکل زندگی محصول:



پویا بودن طرح محصول

پویا بودن طرح کارخانه



طرح‌ریزی واحدهای صنعتی

Plant Layout

مراحل طراحی کارخانه

فاز شناخت	فاز تعیین نیازمندی ها	فاز طراحی	فاز اجرا
۱- شناخت استراتژی و اهداف کارخانه	۵- تعیین تکنولوژی تولید	۹- طراحی نقشه‌ی کلی کارخانه و سیستم انتقال مواد	۱۲- تایید و تصویب طرح و نظارت بر اجرا
۲- شناخت محصول	۶- تعیین منابع تولیدی	۱۰- طراحی چیدمان جزیی بخش‌ها	
۳- شناخت ظرفیت تولید	۷- تعیین منابع غیرتولیدی		
۴- شناخت تکنولوژی ساخت	۸-تعیین فضای مورد نیاز		

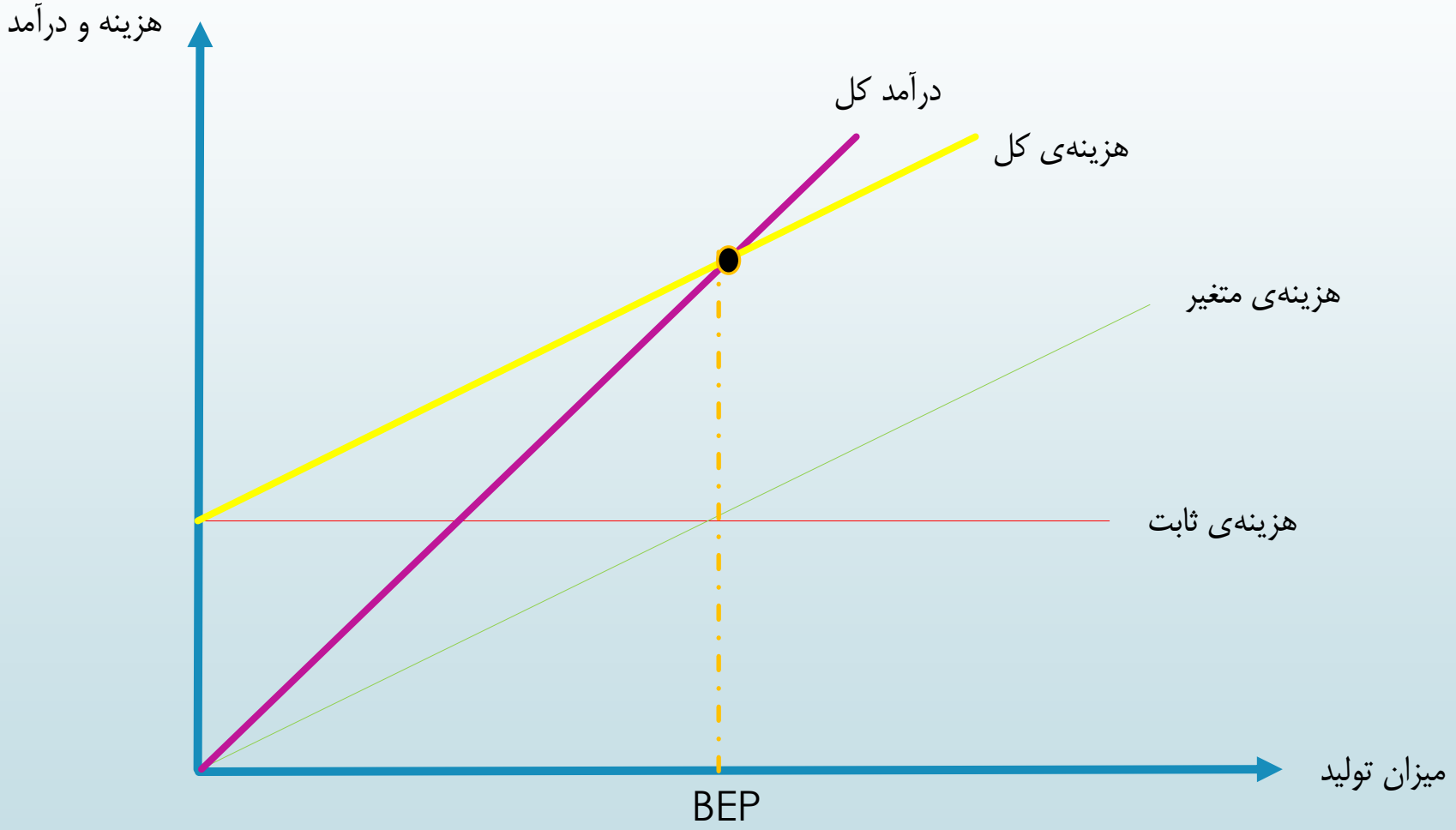
ظرفیت کارخانه

ظرفیت محصول:

1) سرمایه‌ی اولیه و در گردش
2) تقاضای تامین نشده بازار هدف
3) میزان در دسترس بودن عوامل تولید
4) ضریب نفوذ در بازار
5) سیاست‌های دولت
6) توان مدیریتی
7) نقطه‌ی سربه‌سر

Break Even Point

نقطه‌ی سربه‌سر



تکنولوژی ساخت

تکنولوژی ساخت:

مجموعه‌ای از سخت‌افزار(Hardware)، نرم‌افزار(Software)، نیروی انسانی(Humanware) و سازمان‌افزار(Orgaware)

مثال:

انواع تکنولوژی ساخت برای قطعه‌ی روبه‌رو:

1) ریخته‌گری
2) فورجینگ
3) براده‌برداری
4) پرس‌کاری
5) متالورژی پودر
6) ...

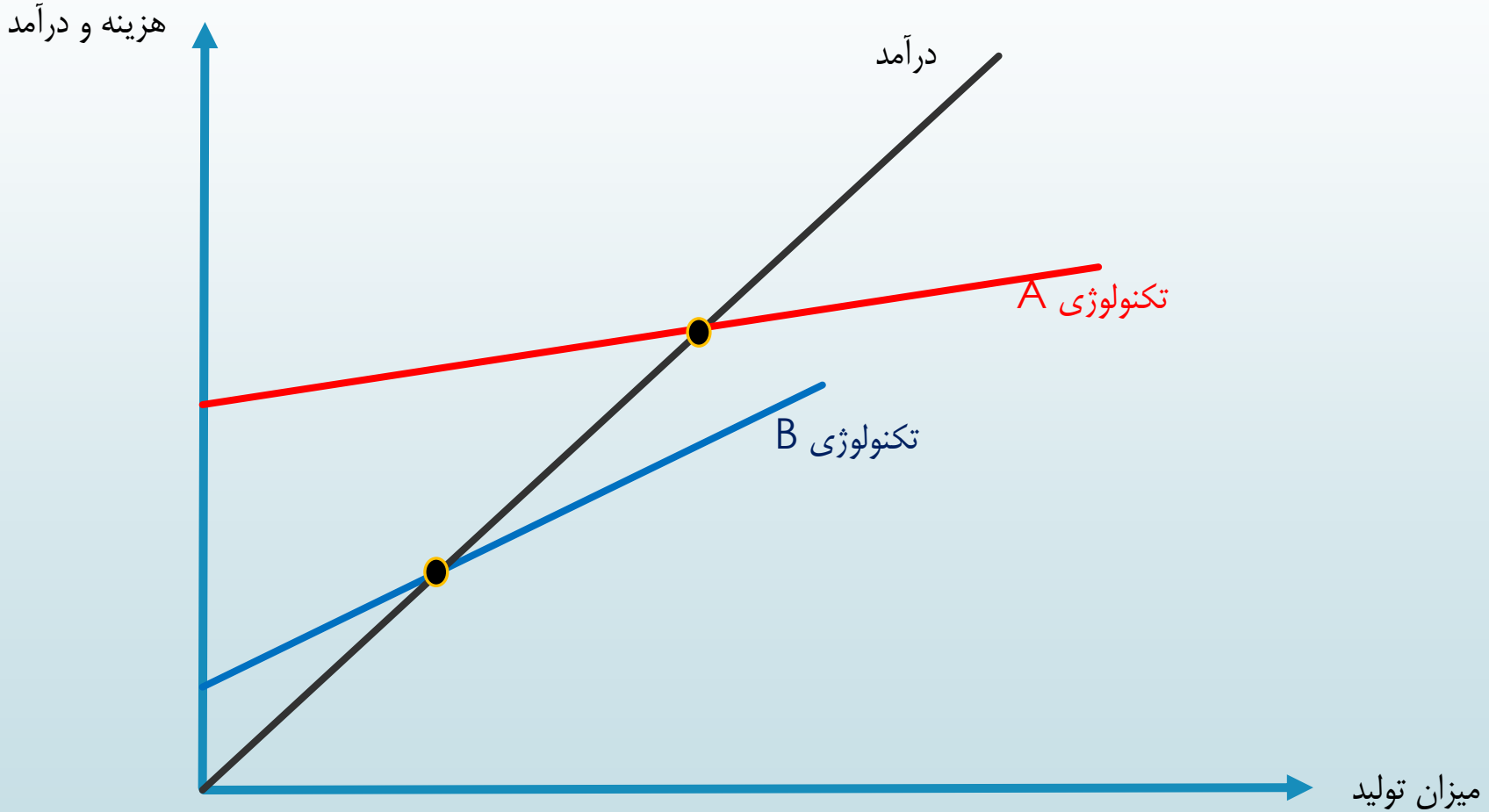
سطح اتوماسیون برای تولید قطعه‌ی روبه‌رو:

1) تمام اتوماتیک
2) نیمه اتوماتیک
3) دستی

عوامل موثر بر انتخاب انواع تکنولوژی ساخت

۱-توانایی جذب تکنولوژی
۲-هزینه‌ی خرید،، بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری و اسقاط تکنولوژی
۳-پیاده‌شدن تکنولوژی در سایر کارخانجات
۴-سیاست‌های دولت
۵-تجربه و سابقه‌ی ابداع‌کننده و انتقال‌دهنده‌ی تکنولوژی
۶-سازگاری با فرهنگ جامعه
۷-سوابق فروشنده‌ی تکنولوژی در کشور
۸-انطباق با امکانات زیربنایی کشور
۹-هماهنگی با سایر تکنولوژی‌ها
۱۰-موقعیت سیکل عمر تکنولوژی
۱۱-نقطه‌ی سربه‌سر تکنولوژی
۱۲-کارایی کارخانه

نقطه‌ی سربه‌سر تکنولوژی



کارایی کارخانه

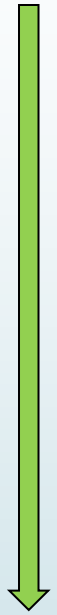
طرح‌ریزی واحدهای صنعتی

Plant layout

مراحل شکل‌گیری واحدهای صنعتی

Soft
- Idea Development
- Product General Design
- Prefeasibility Study
- Feasibility Study
- Product Detailed Design
- Plant Layout

Hard
- Procurement
- Construction
- Installation
  - Mechanical Completion
- Pre- Commissioning
- Commissioning
  - Cold (dry-wet)
  - Hot
- Production
  - Start up
  - Ramp-up

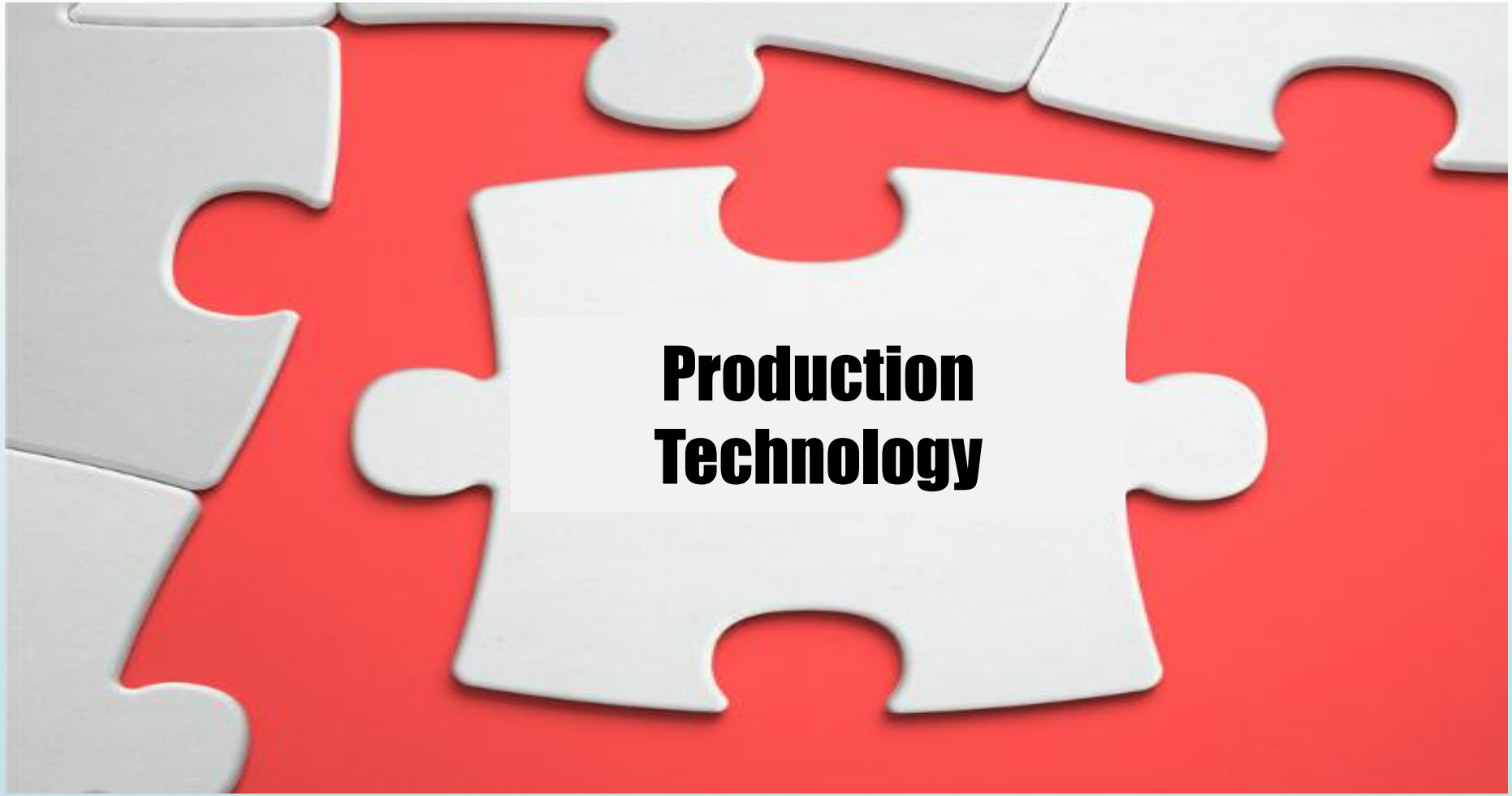


مراحل شکل گیری
واحدهای صنعتی

مراحل طراحی کارخانه

فاز شناخت	فاز تعیین نیازمندی ها	فاز طراحی	فاز اجرا
۱- شناخت استراتژی و اهداف کارخانه	۵- تعیین تکنولوژی تولید	۹- طراحی نقشه‌ی کلی کارخانه و سیستم انتقال مواد	۱۱- تایید و تصویب طرح و نظارت بر اجرا
۲- شناخت محصول	۶- تعیین منابع تولیدی	۱۰- طراحی چیدمان جزیی بخش‌ها	
۳- شناخت ظرفیت تولید	۷- تعیین منابع غیرتولیدی		
۴- شناخت تکنولوژی ساخت	۸-تعیین فضای مورد نیاز		

تکنولوژی تولید



انواع تکنولوژی تولید:

- محل ثابت
- خط تولید
- کارگاهی
- گروهی
- ماژولی
- توزیع شده

Fixed Location Tech.

تکنولوژی محل ثابت:

در این تکنولوژی محل محصول ثابت است و ماشین‌آلات محصولات در اطراف محصول حرکت می‌کنند تا محصول تولید شود.

Product based Technology.

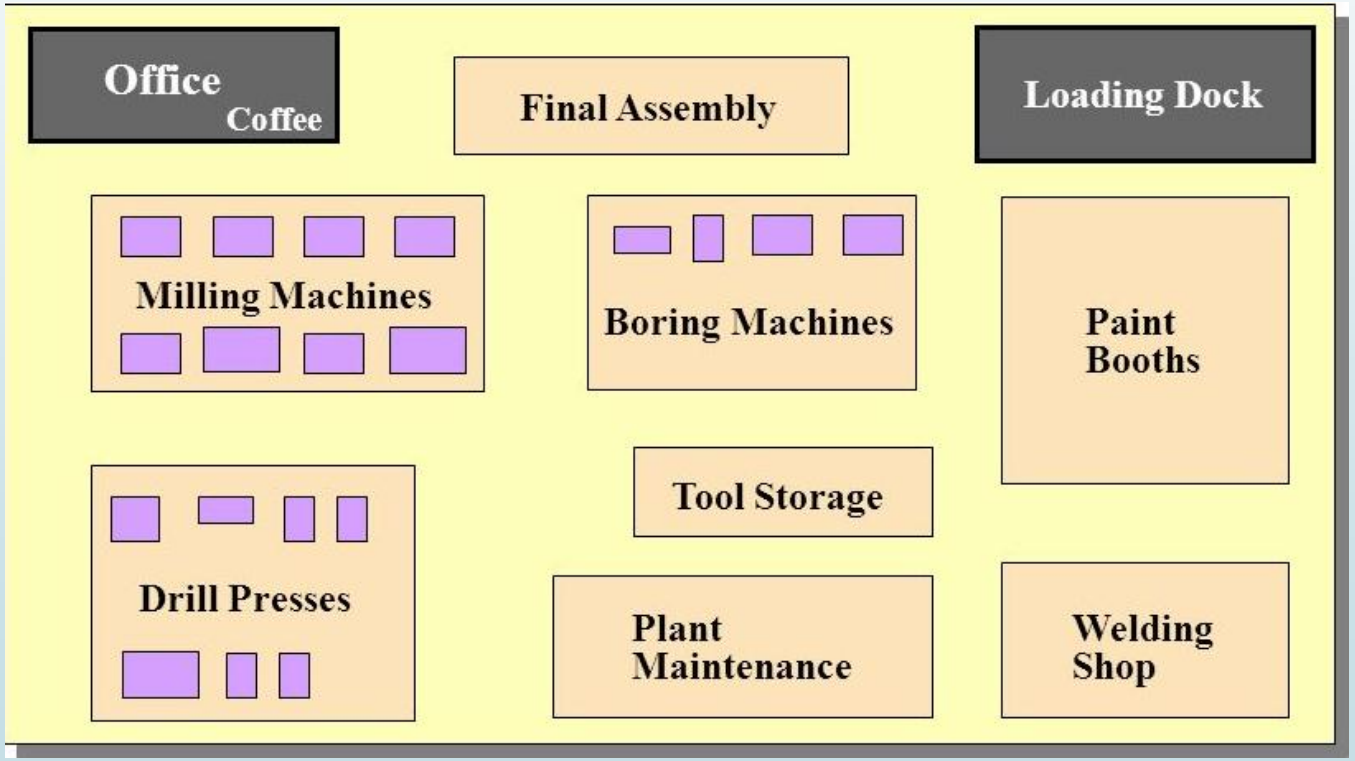
تکنولوژی خط تولید:

تعدادی ایستگاه کاری به صورت متوالی وجود دارند و قطعه با حرکت از میان این ایستگاه‌ها به تدریج کامل می‌شود.

Process based Techno.

تکنولوژی کارگاهی

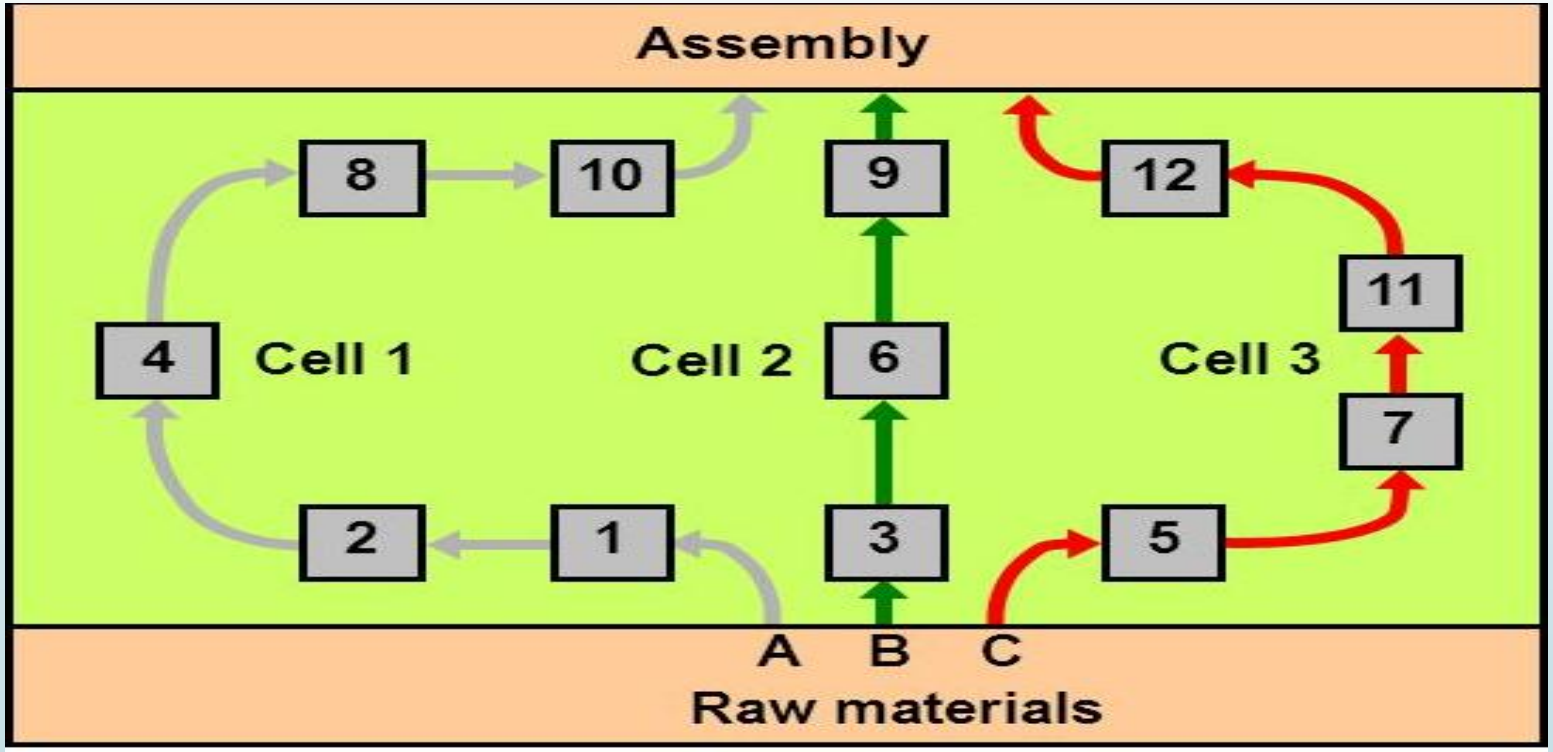
در این نوع تکنولوژی کارخانه به کارگاههای مختلفی تقسیم میشود و کلیه ماشن آلات مشابه در یک کارگاه قرار میگیرند. n نوع محصول به صورت دسته ای وارد می شوند. قطعات مختلف بنا بر مسیر ساختشان از میان کارگاهها عبور می کنند.



Group Technology.

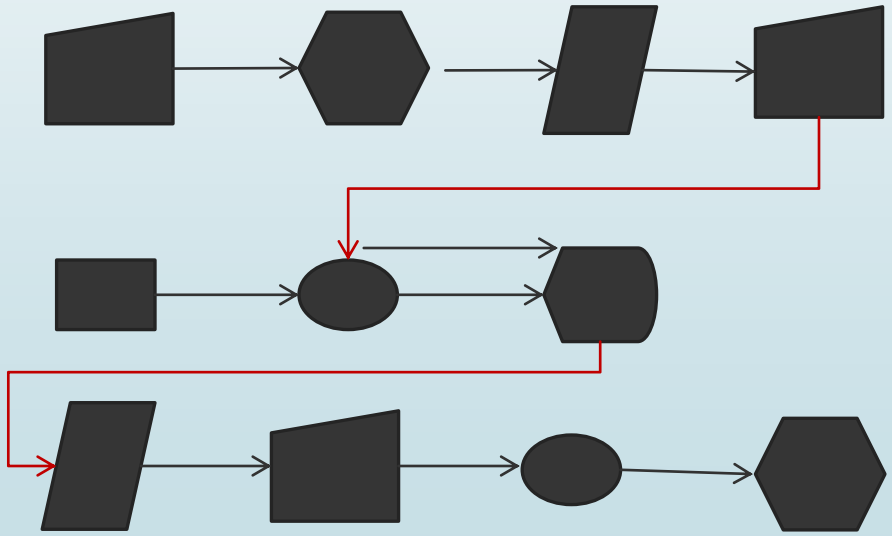
تکنولوژی گروهی:

در این نوع تکنولوژی محصولات در خانواده‌هایی دسته‌بندی می‌شوند. هر خانواده شامل قطعاتی است که فرایند ساخت شبیه به هم دارند. هر خانواده در یک شبه خط تولید یا سلول کاری تولید میشود.



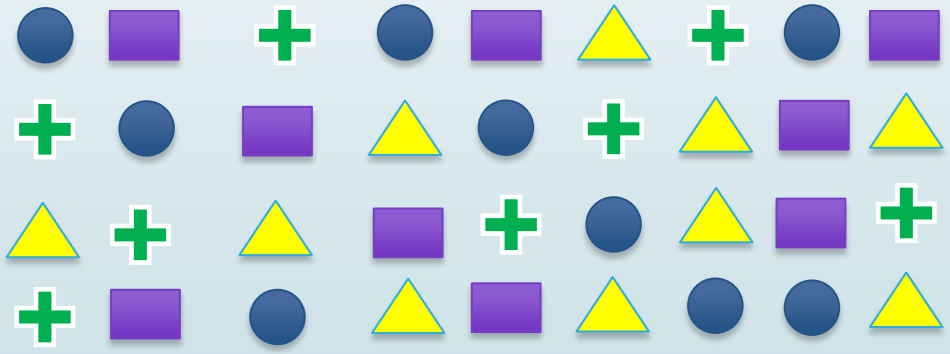
تکنولوژی ماژولی: Modular Technology.

در این نوع تکنولوژی تعدادی از فرایندها در کنار هم قرار گرفته و تشکیل یک ماژول می‌دهند. هر کدارم از محصولات می‌توانند از یک یا چند ماژول بگذرند.



تکنولوژی توزیع شده: Distributed Technology

در این نوع تکنولوژی ماشین آلات به صورت تصادفی یا نیمه تصادفی در کارگاه پخش میشوند.



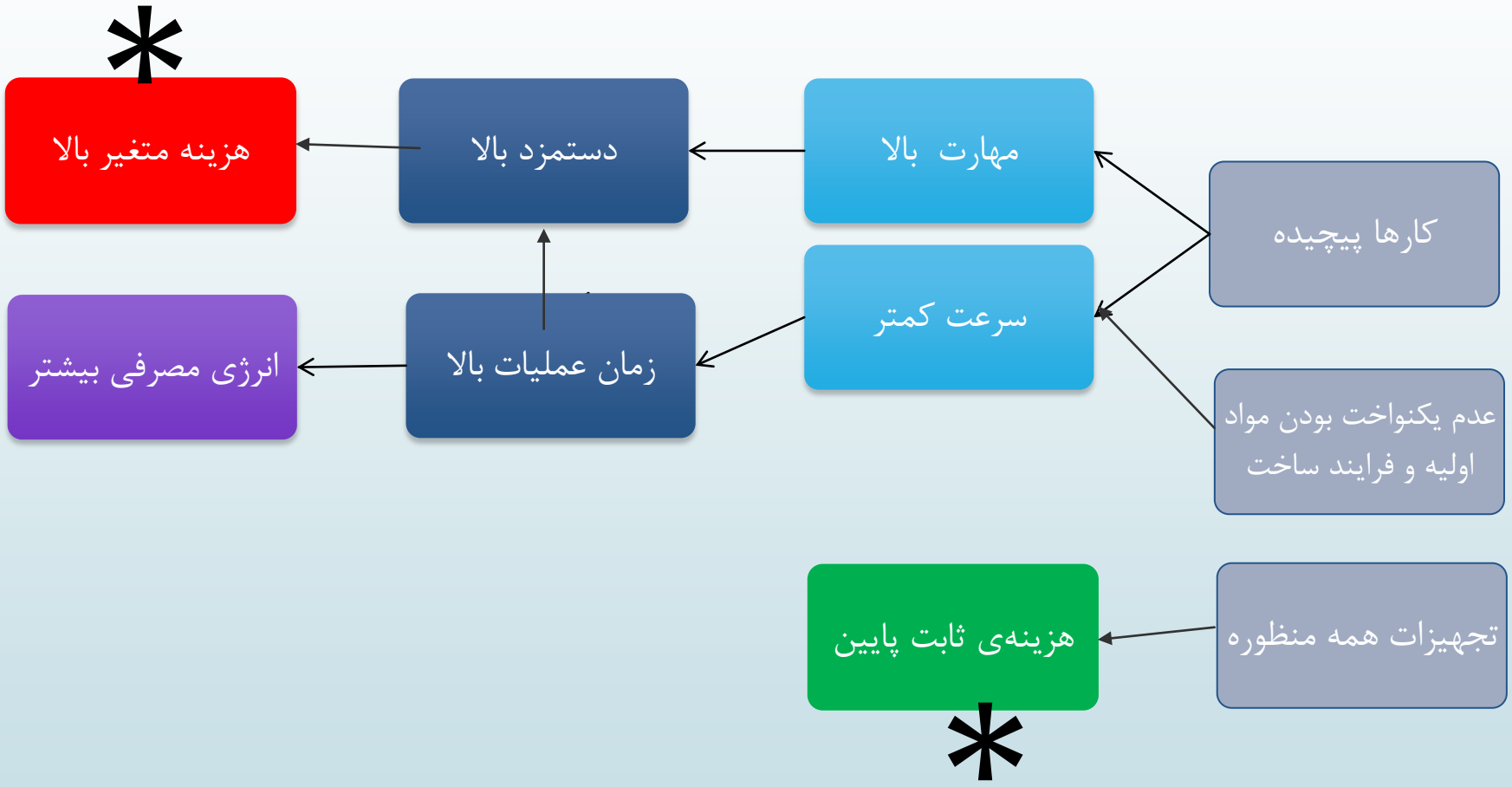
تحلیل تکنولوژی های تولید

Fixed Location Tech.

تکنولوژی محل ثابت:

در این تکنولوژی محل محصول ثابت است و ماشین‌آلات محصولات در اطراف محصول حرکت می‌کنند تا محصول تولید شود.

ویژگی‌های تکنولوژی محل ثابت

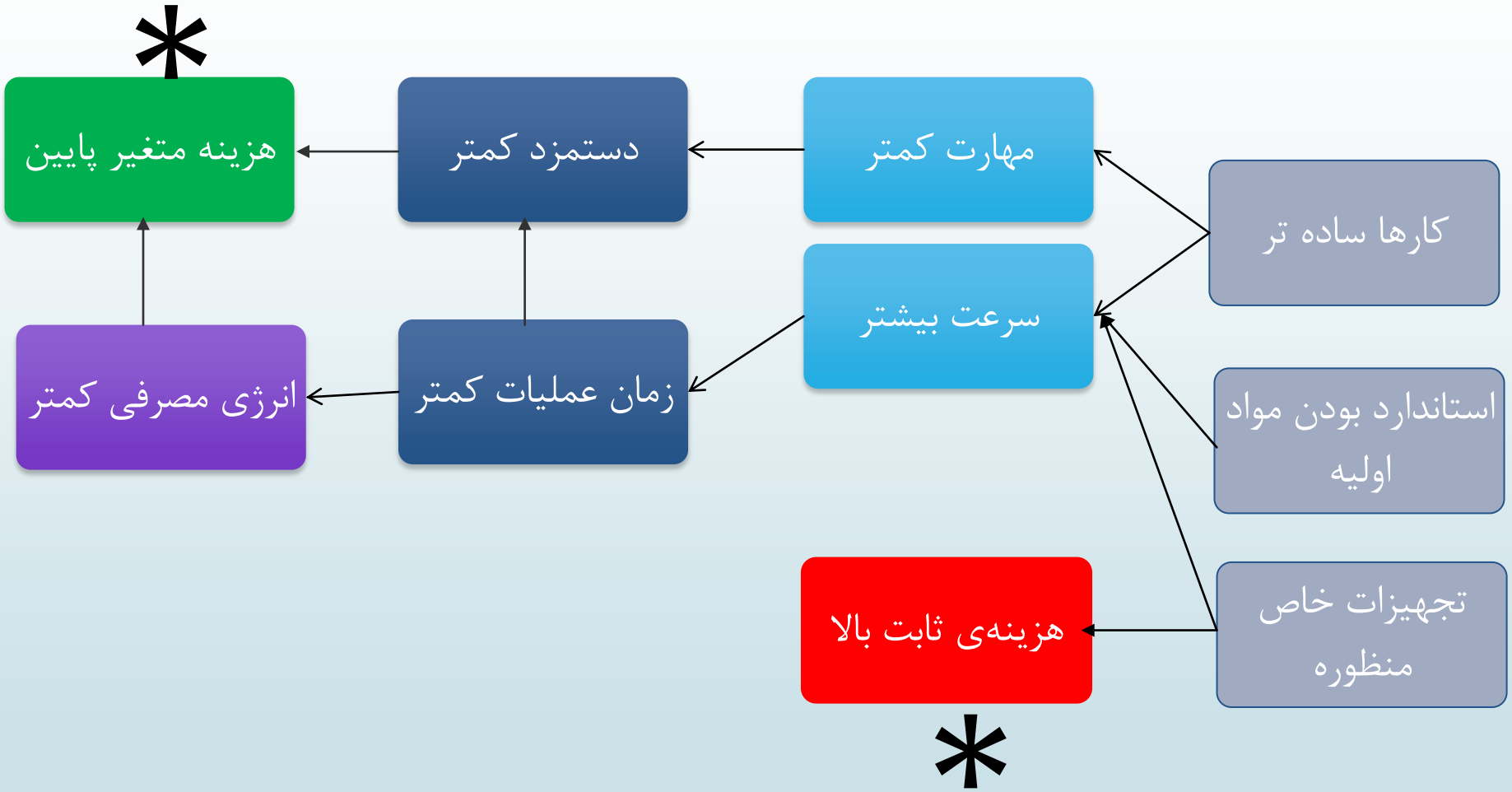


Product based Technology.

تکنولوژی خط تولید:

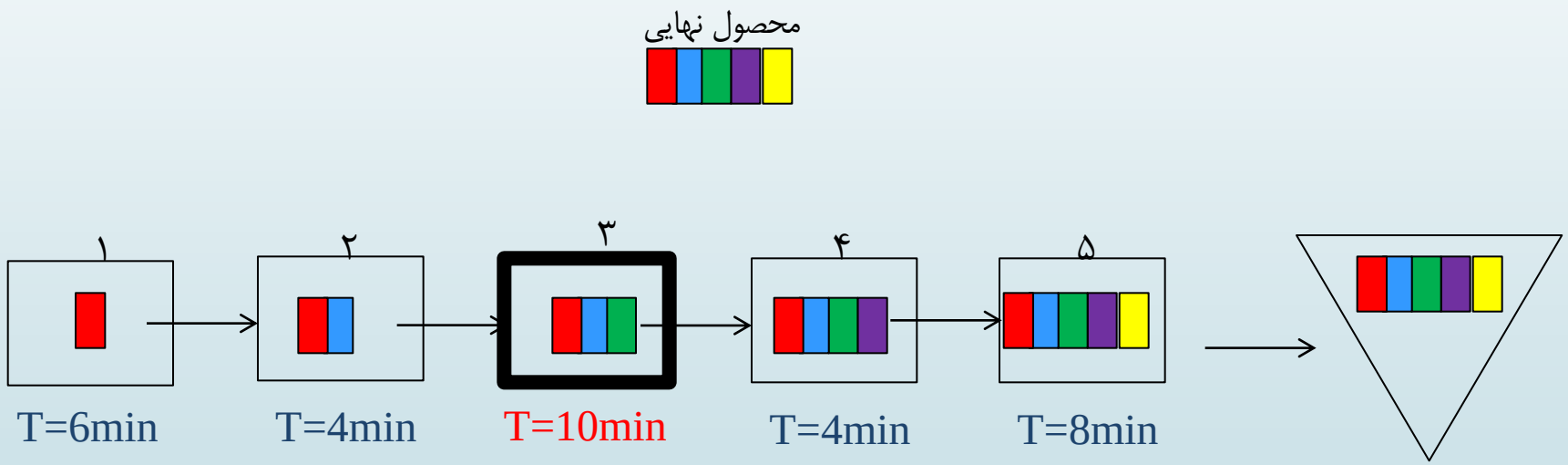
تعدادی ایستگاه کاری به صورت متوالی وجود دارند و قطعه با حرکت از میان این ایستگاه‌ها به تدریج کامل می‌شود.

ویژگی‌های تکنولوژی خط تولید:



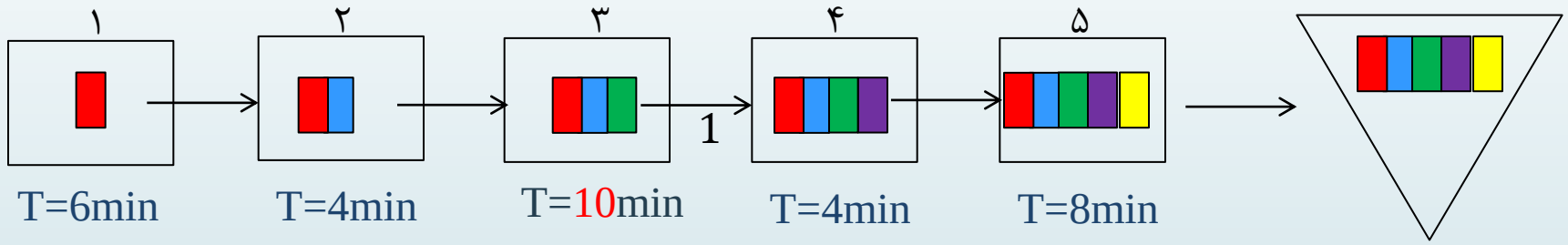
مفاهیم مورد استفاده در تکنولوژی خط تولید:

گلوگاه (Bottleneck) : ایستگاه با بیشترین زمان یا با کمترین ظرفیت



مفاهیم مورد استفاده در تکنولوژی خط تولید:

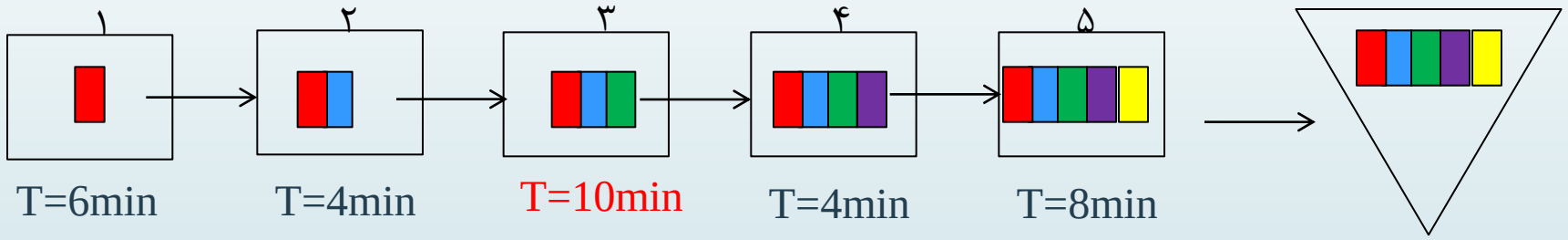
زمان بیکاری (Idle Time) : مدت زمان بیکاری در هر ایستگاه



$IT_1 = 4$ min
$IT_2 = 6$ min
$IT_3 = 0$ min
$IT_4 = 6$ min
$IT_5 = 2$ min

مفاهیم مورد استفاده در تکنولوژی خط تولید:

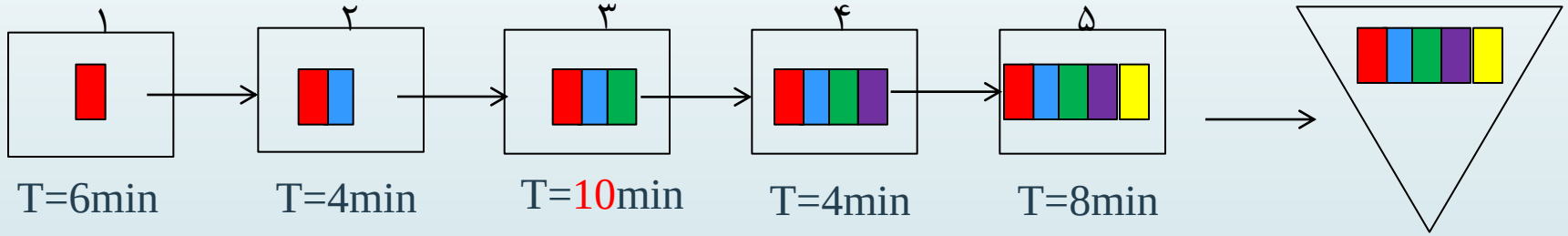
سیکل تولید (Cycle Time) : فاصله‌ی زمانی بین خروج دو محصول متوالی



C. T. = 10 min

مفاهیم مورد استفاده در تکنولوژی خط تولید:

نرخ تولید (Production Rate): مقدار تولید در بازه‌ی زمانی مورد نظر

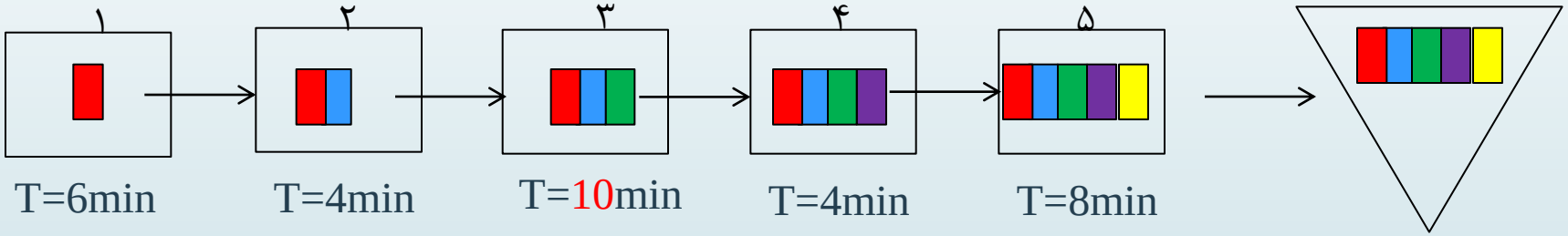


$$\text{نرخ تولید} = {}^{1}/_{CycleTime}$$

۶ محصول در ساعت = **۰.۱ محصول در دقیقه** = $^{1}/_{10}$ min

مفاهیم مورد استفاده در تکنولوژی خط تولید:

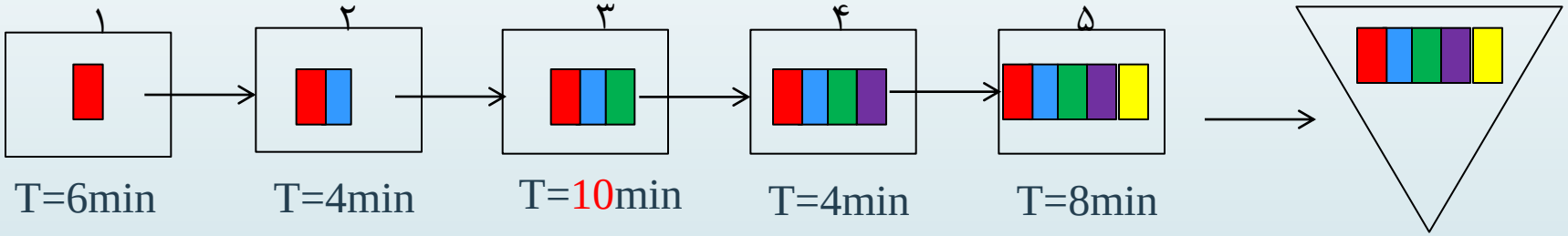
مدت زمان فرایند (Process Time): مدت زمانی که طول می‌کشد یه محصول تکمیل شود.



PT = 10+10+10+4+8= 42min

مفاهیم مورد استفاده در تکنولوژی خط تولید:

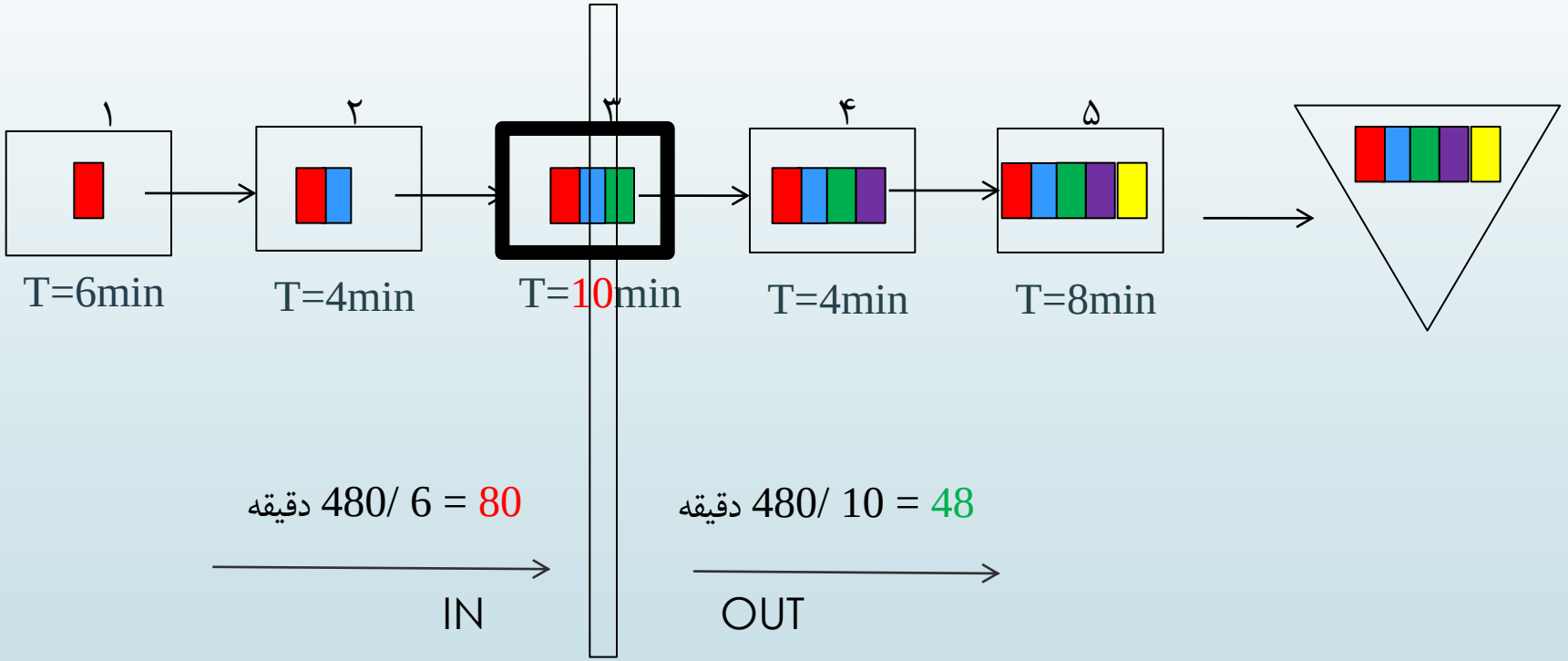
مدت زمان مجاز فرایند (Allowed Process Time): مدت زمانی فرایند تکمیل ساخت یک قطعه می‌تواند طول بکشد.



APT = 10+10+10+10+10= 50min

مفاهیم مورد استفاده در تکنولوژی خط تولید:

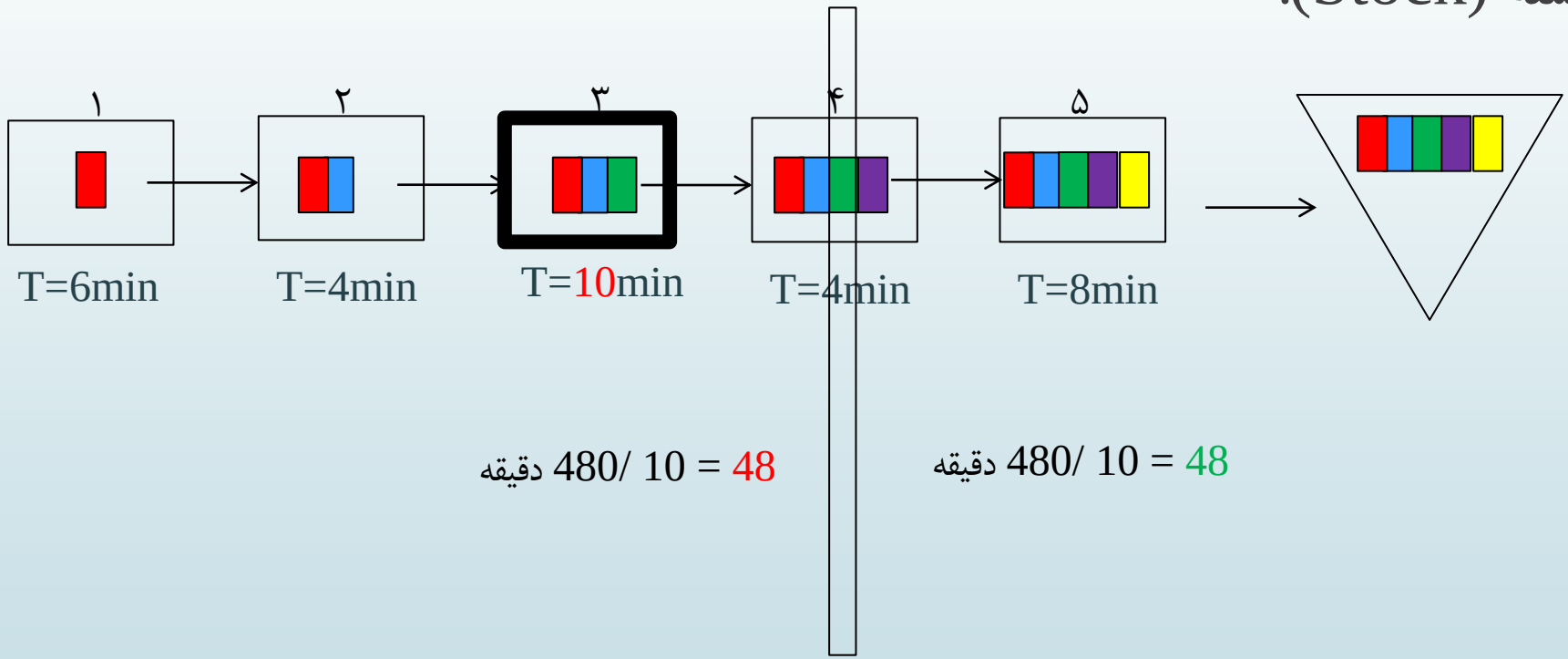
کالای انباشته (Stock):



80-48= 32

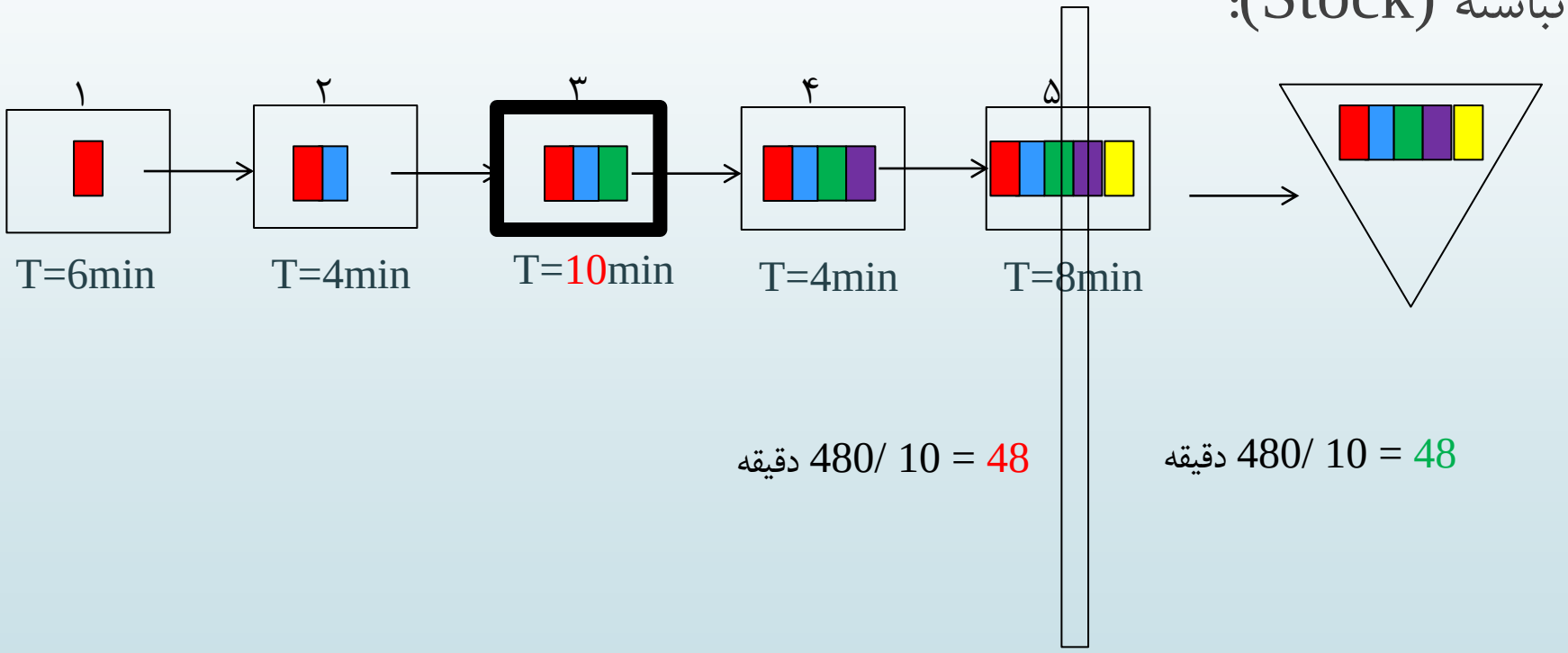
مفاهیم مورد استفاده در تکنولوژی خط تولید:

کالای انباشته (Stock):



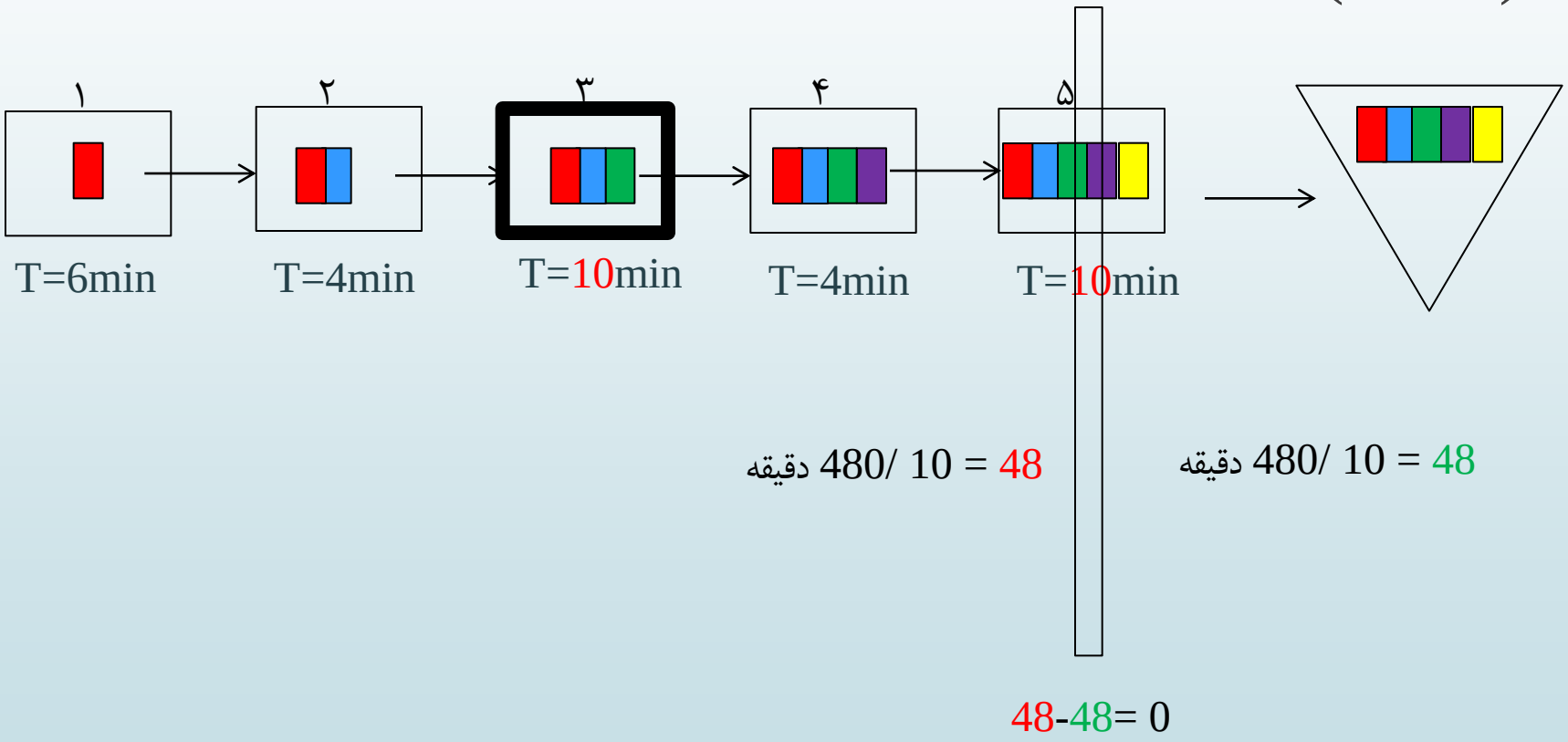
مفاهیم مورد استفاده در تکنولوژی خط تولید:

کالای انباشته (Stock):



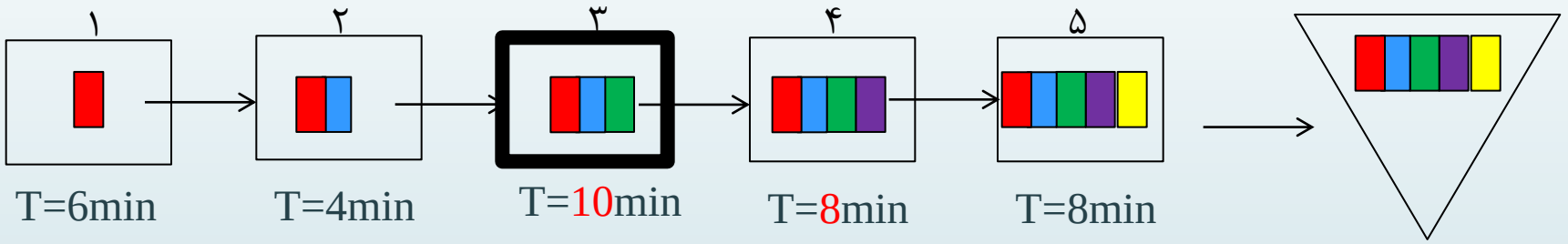
مفاهیم مورد استفاده در تکنولوژی خط تولید:

کالای انباشته (Stock):



مفاهیم مورد استفاده در تکنولوژی خط تولید:

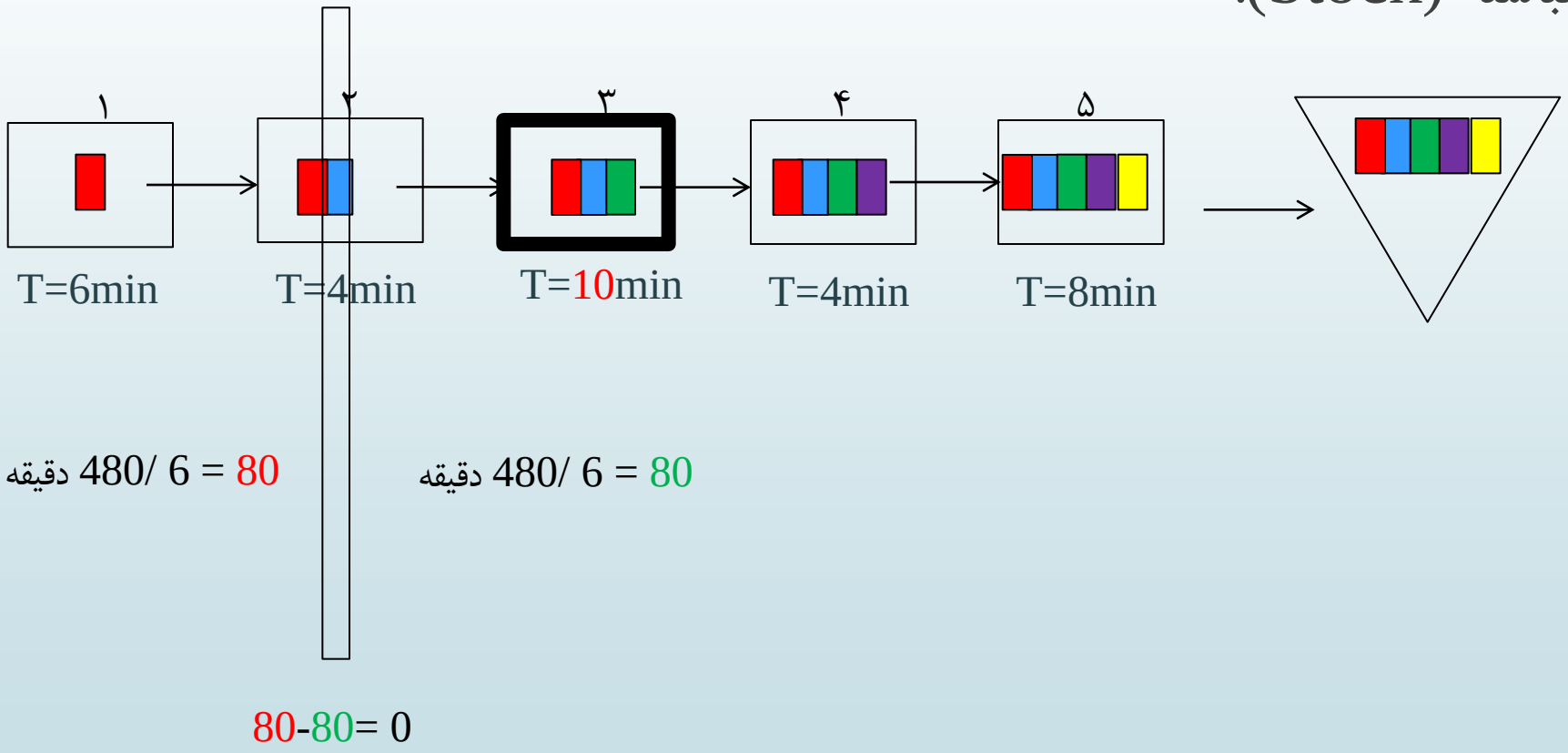
کالای انباشته (Stock):



هیچگاه بعد از گلوگاه انباشت کالا وجود ندارد

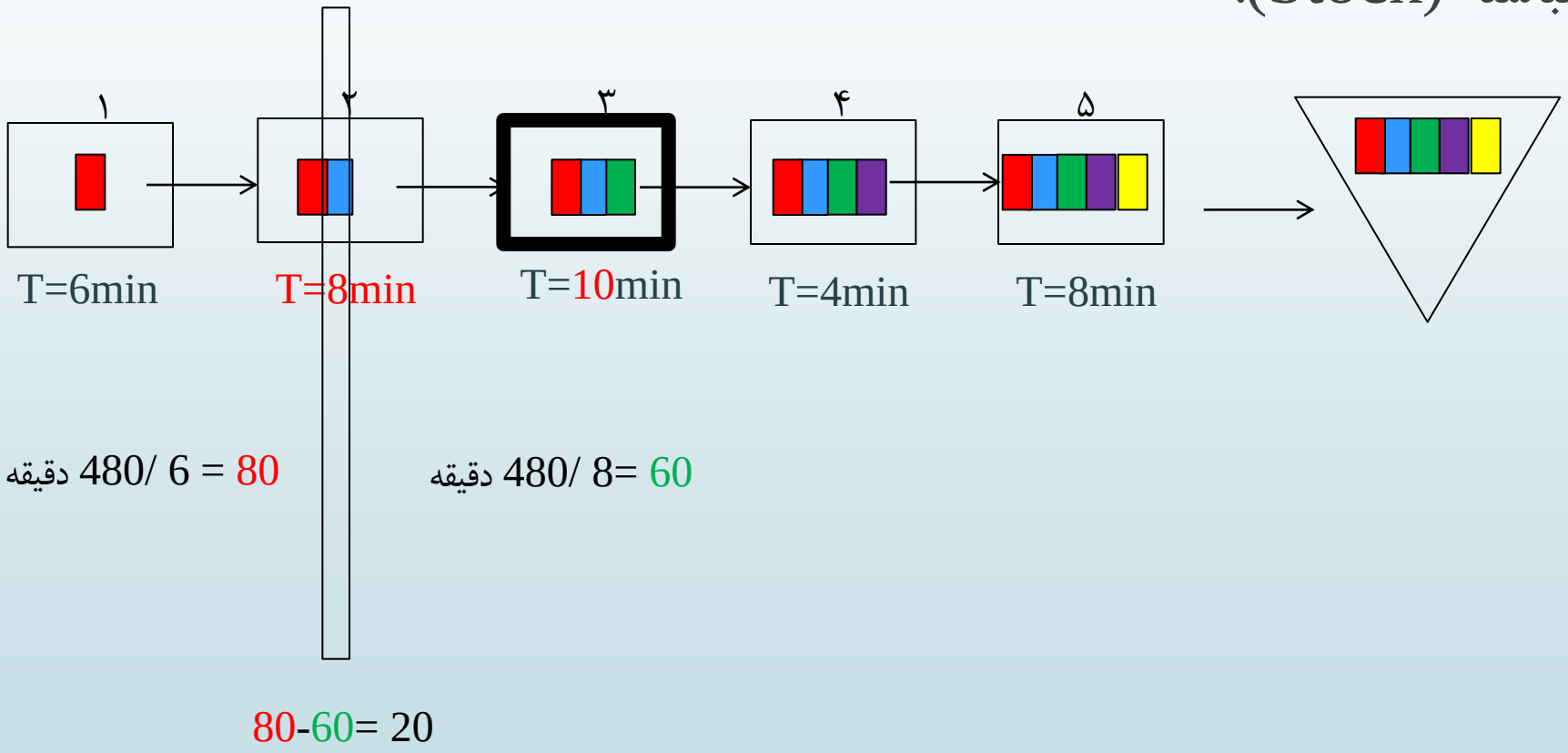
مفاهیم مورد استفاده در تکنولوژی خط تولید:

کالای انباشته (Stock):



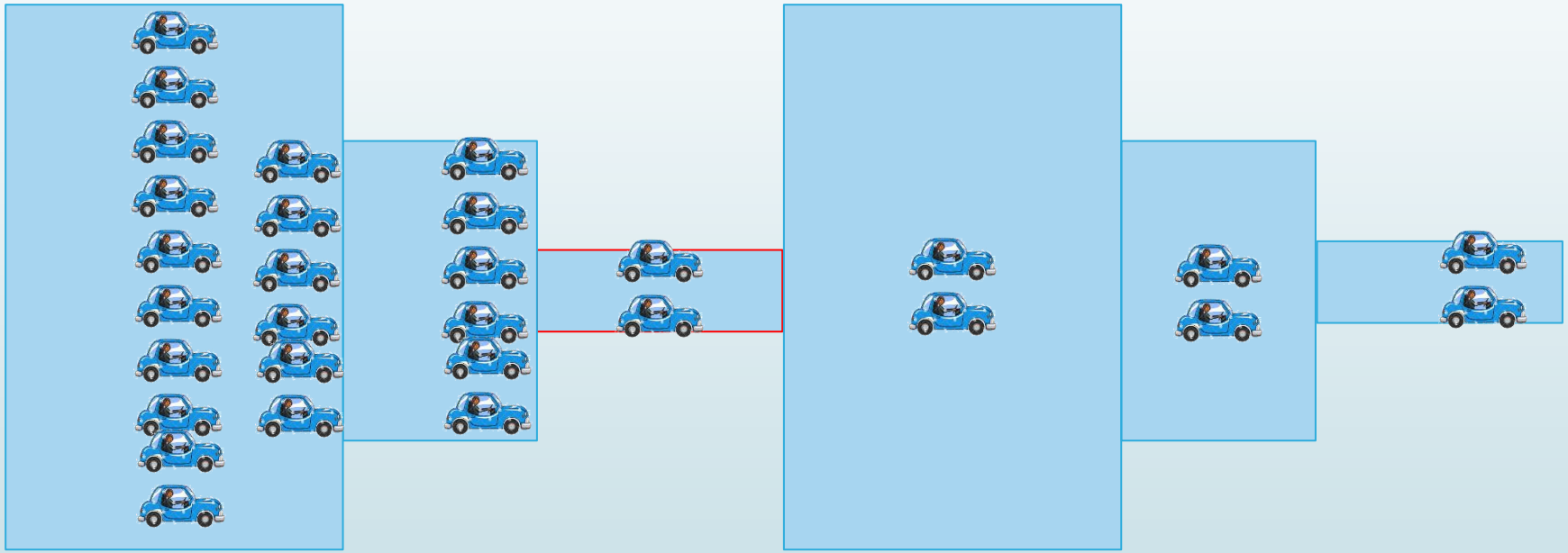
مفاهیم مورد استفاده در تکنولوژی خط تولید:

کالای انباشته (Stock):



مفاهیم مورد استفاده در تکنولوژی خط تولید:

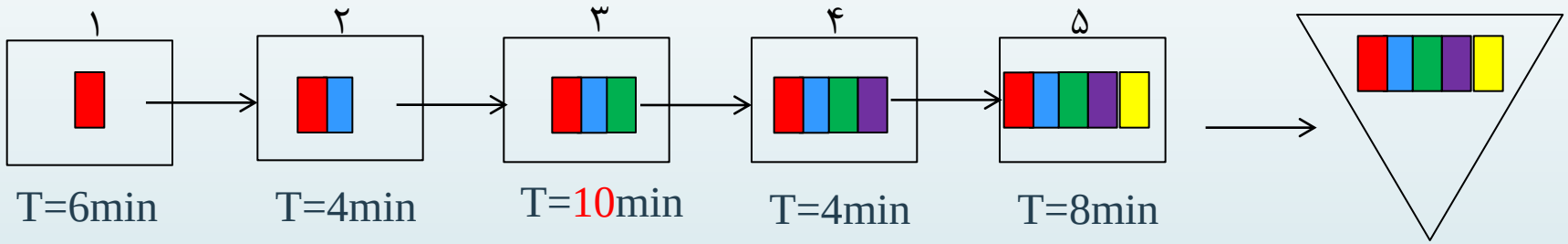
کالای انباشته (Stock):



Efficiency

کارایی:

۱) کارایی ساده(Simple Efficiency):



$E_1 = (6/10) \times 100 = \%60$

$E_2 = (4/10) \times 100 = \%40$

$E_3 = (10/10) \times 100 = \%100$

$E_4 = (4/10) \times 100 = \%40$

$E_5 = (8/10) \times 100 = \%80$

E total = میانگین کارایی ایستگاهها

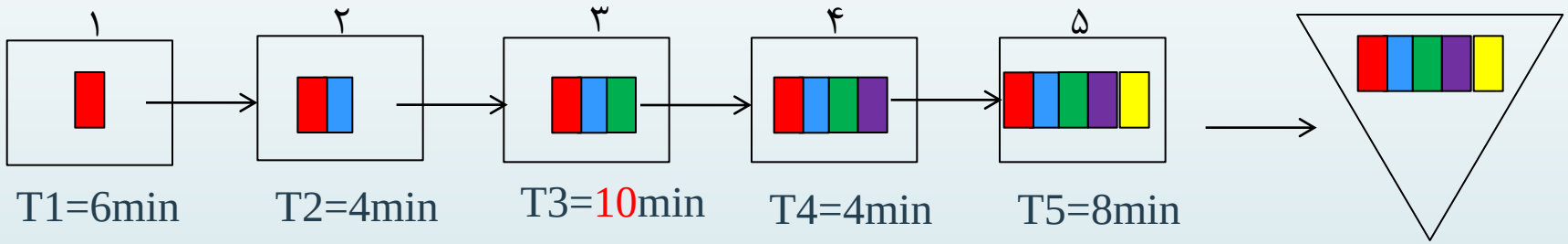
E total $= (60+40+100+40+80)/5) = 64\%$

E total $= (6+4+10+4+8)/(5*10) = 32/50 = 64\%$

Efficiency

کارایی:

۲) کارایی موزون(Weighted Efficiency):



$$WE = \frac{W1.E1+W2.E2+W3.E3+W4.E4+W5.E5}{W1+W2+W3+W4+W5} = \frac{W1.T1+W2.T2+W3.T3+W4.T4+W5T5}{(W1+W2+W3+W4+W5)*10}$$

Wi = i اهمیت (قیمت) ایستگاه

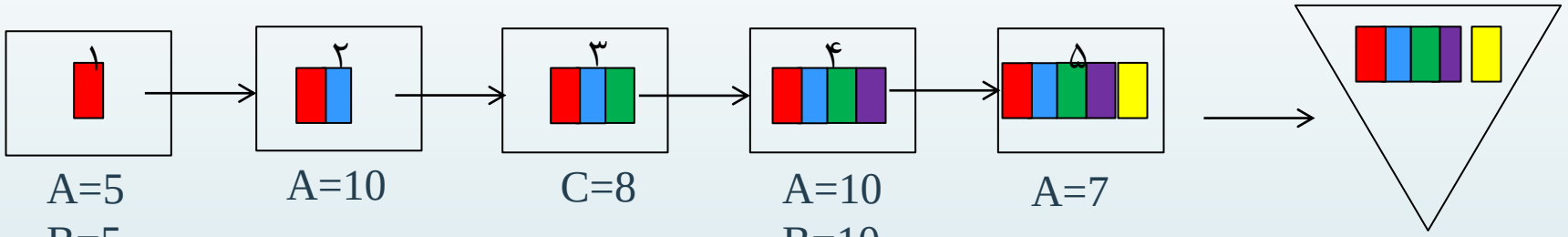
E i = i کارایی ایستگاه

Efficiency

کارایی:

۲) کارایی مرکب(Mixed Efficiency): (به ماشین های مختلف در هر ایستگاه توجه میشود)

Cycle Time:10



ابتدا Aو سپس B

A و B همزمان استفاده می‌شوند

$$\text{کارایی مرکب} = \frac{5+5+10+8+10+10+7}{10+10+10+10+10+10+10} = 0.785$$

$$\text{کارایی ساده} = \frac{(5+5)+10+8+10+7}{(10)+10+10+10+10} = 0.9$$

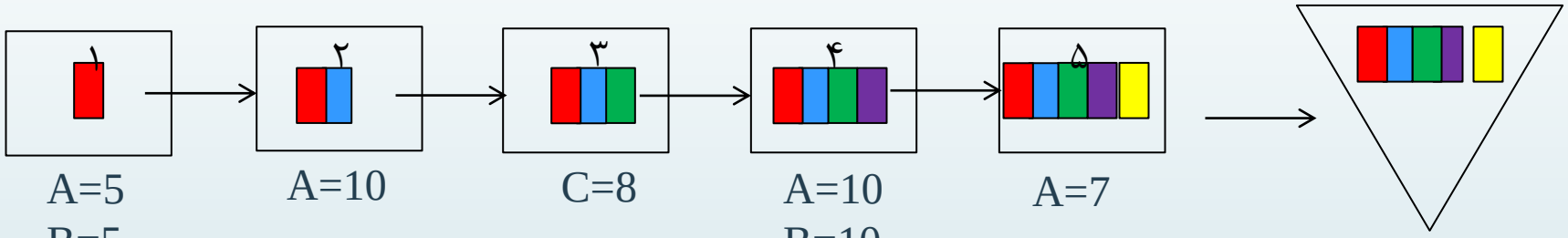
Efficiency

کارایی:

۲) کارایی موزون مرکب(Mixed Weighted Efficiency): (به ماشین های مختلف در هر ایستگاه توجه میشود)

Cycle Time:10

A=2B=C



A=5
B=5
ابتدا Aو سپس B

A=10

C=8

A=10
B=10

A=7

A و B همزمان استفاده می‌شوند

کارایی ساده = $\frac{(5+5)+10+8+10+7}{(10)+10+10+10+10} = 0.9$

کارایی مرکب = $\frac{5+5+10+8+10+10+7}{10+10+10+10+10+10+10} = 0.785$

کارایی مرکب موزون = $\frac{5*2+5*1+10*2+8*2+10*2+10*1+7*2}{10*2+10*1+10*2+10*2+10*2+10*1+10*2} = \frac{95}{120} = 0.792$

مسئله متعادل‌سازی خط تولید

Assembly Line Balancing

متعادل سازی خط تولید : عملیات به ایستگاههای کاری طوری تخصیص داده شود که مقدار بار ایستگاهها حتی المقدور با هم برابر باشد.

مسئله متعادل سازی خط تولید ساده

- نوع 1 Simple Assemble Line Balancing -1
- نوع 2 Simple Assemble Line Balancing -2

مسئله متعادل سازی خط تولید دو طرفه

مسئله متعادل سازی خط تولید N طرفه

مسئله متعادل سازی خط تولید **U** شکل

مسئله متعادل سازی خط تولید **Mix**

مسئله متعادل‌سازی خط تولید ساده نوع ۱

Simple Assembly Line Balancing -1

در این مسئله سیکل کاری مشخص است و هدف کمینه سازی تعداد ایستگاههای کاری است.

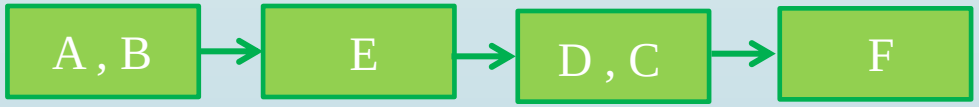
مفروضات:

۱- در خط تولید ساده در هر لحظه فقط یک عملیات بر روی محصول در حال انجام است.

۲- تغذیه کننده میانی وجود ندارد

۳- هر عملیات فقط در یک ایستگاه انجام میشود و قابل تقسیم بین دو یا چند ایستگاه نیست.

۴- همه ایستگاهها آمادگی پذیرش هر عملیاتی را دارند.



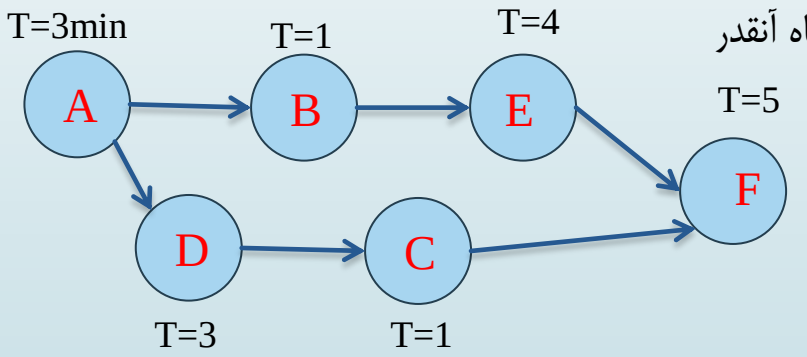
مسئله متعادل‌سازی خط تولید ساده نوع ۱

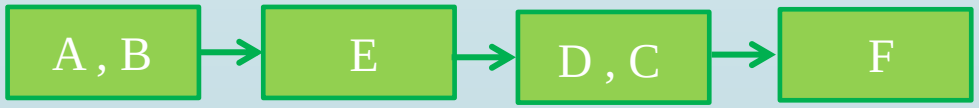
Simple Assembly Line Balancing -1

روش هیورستیک RPW

Ranked Positional Weight

۱- رسم نمودار تقدم و تاخر
۲- شناخت زمان سیکل کاری
۳- تعیین وزن هر عملیات
۴- باز کردن ایستگاه و اختصاص عملیات با وزن بالاتر به آن در صورتی که پیش نیاز آن عملیات قبلا اختصاص داده شده باشد و همچنین در صورتی که زمان عملیات از زمان باقی مانده ایستگاه بیشتر نباشد. اختصاص عملیات به این ایستگاه آنقدر ادامه پیدا میکند تا امکان اختصای عملیات به ایستگاه نباشد.
۵- باز کردن ایستگاه جدید و تکرار قدم ۴.
در صورتی که کلیه عملیات اختصاص پیدا کرد الگوریتم خاتمه پیدا می کند.





مسئله متعادل‌سازی خط تولید ساده نوع ۲

Simple Assembly Line Balancing -2

در این مسئله تعداد ایستگاههای کاری مشخص است و هدف کمینه سازی سیکل کاری است.

مفروضات:

۱- در خط تولید ساده در هر لحظه فقط یک عملیات بر روی محصول در حال انجام است.

۲- تغذیه کننده میانی وجود ندارد

۳- هر عملیات فقط در یک ایستگاه انجام میشود و قابل تقسیم بین دو یا چند ایستگاه نیست.

۴- همه ایستگاهها آمادگی پذیرش هر عملیاتی را دارند.

مسئله متعادل‌سازی خط تولید ساده نوع ۲

Simple Assembly Line Balancing -2

روش هیورستیک RPW

Ranked Positional Weight

۱- رسم نمودار تقدم و تاخر
۲- شناخت تعداد ایستگاهها
۳- تعیین حداقل مقدار ممکن زمان سیکل کاری
۴- تعیین وزن هر عملیات
۵- اختصاص عملیات با وزن بالاتر به ایستگاه جاری در صورتی که پیش نیاز آن قبلا اختصاص داده شده باشد
و همچنین در صورتی که زمان عملیات از زمان باقی مانده ایستگاه بیشتر نباشد.
۶- باز کردن ایستگاه جدید در صورتی که نتوان عملیاتی را به ایستگاه جاری اختصاص داد
۷- اگر همه عملیات به ایستگاههای موجود اختصاص پیدا کرد ختم محاسبات
در غیر اینصورت زمان سیکل کاری را افزایش میدهیم و مجددا عملیات را به ایستگاهها اختصاص میدهیم. این کار آنقدر ادامه پیدا میکند تا کلیه عملیات اختصاص یابند.

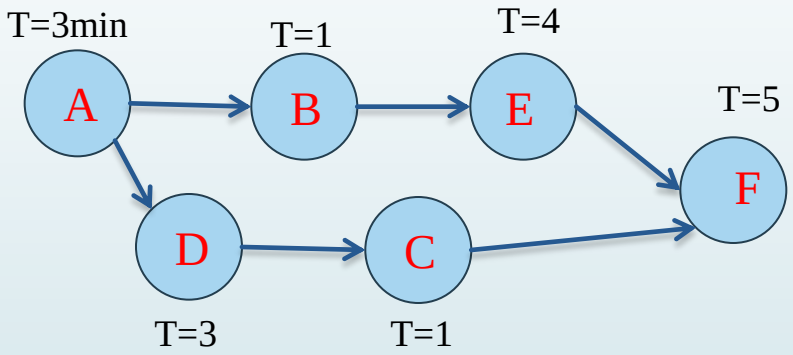
Simple Assembly Line Balancing -2

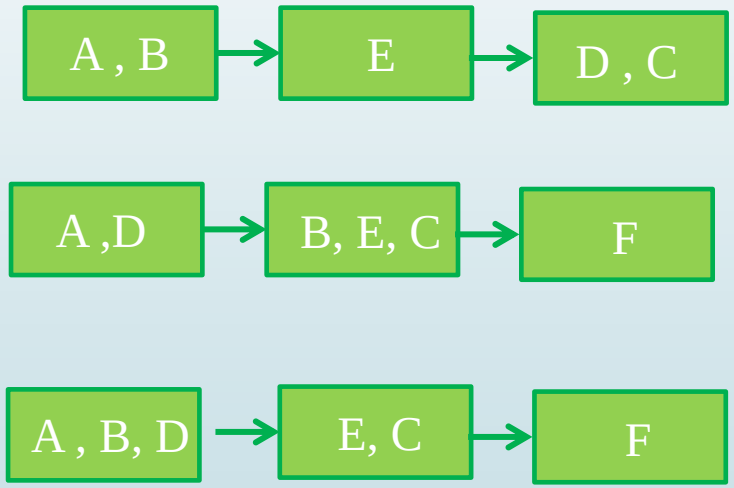
مسئله متعادل‌سازی خط تولید ساده نوع ۲

در این مسئله تعداد ایستگاههای کاری مشخص است و هدف کمینه سازی سیکل کاری است.

Ranked Positional Weight

روش هیورستیک RPW





First Cycle Time : 17/3 = 5.7 min

Second Cycle Time : 6 min ✓

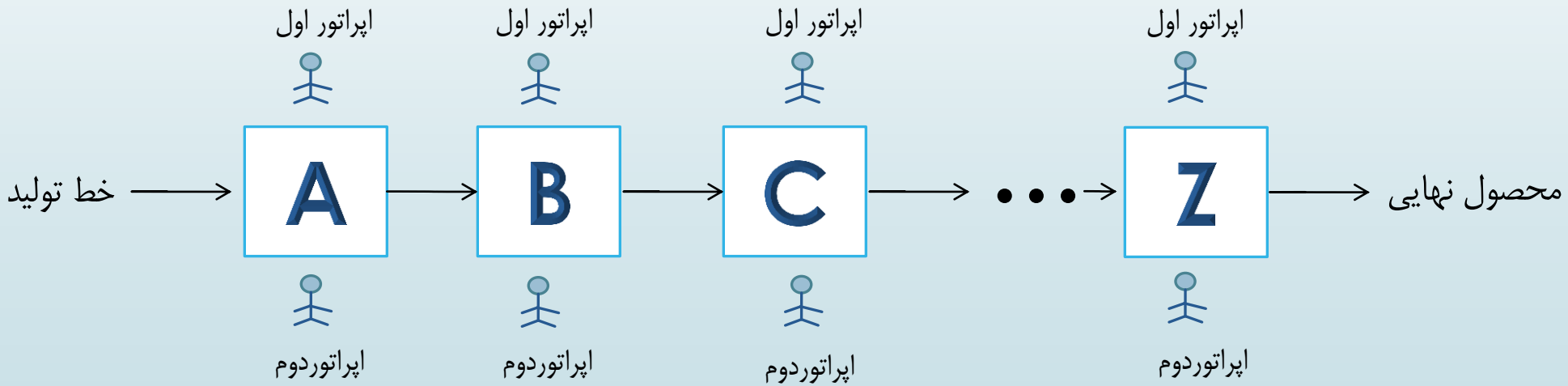
Cycle Time : 7 min ✗

Two Sides Line Balancing

متعادل سازی خط تولید دو طرفه:

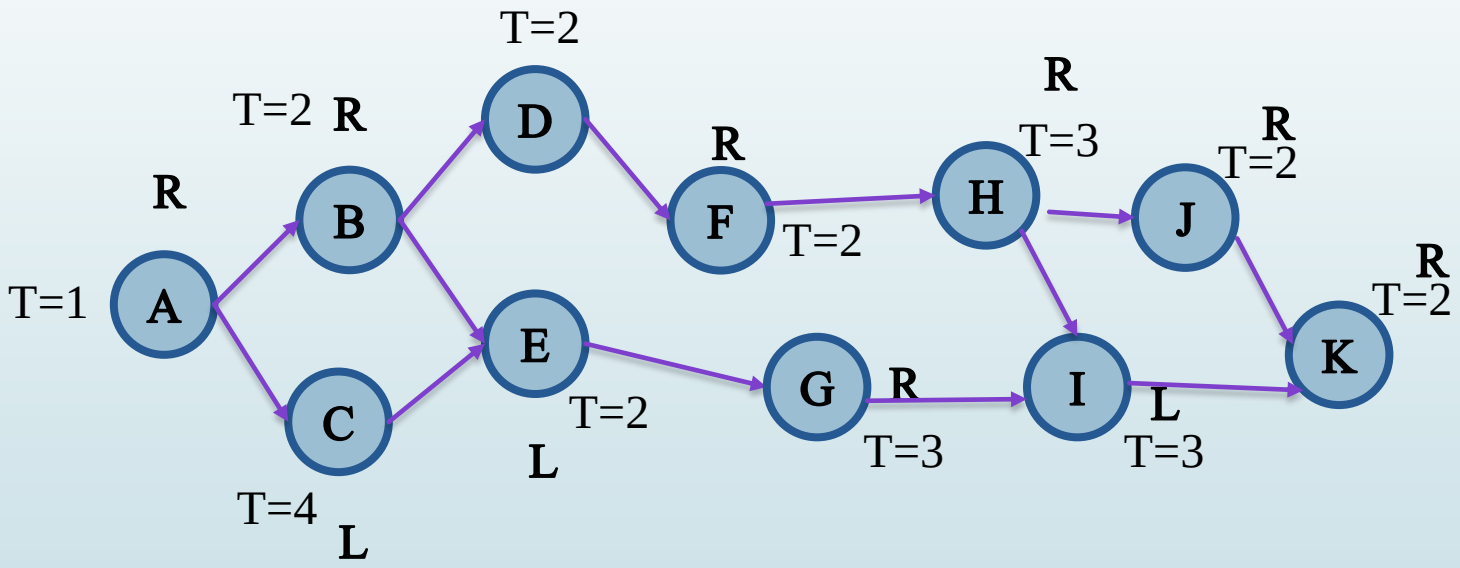
در خط تولید دو طرفه، دو اپراتور (منبع) در دو طرف خط تولید قرار دارد که به طرف R یا L معروفند و دو اپراتور به طور همزمان در طرف راست و چپ بر روی محصول کار می‌کنند.

برای مواقعی که ایجاد ایستگاه کاری جدید هزینه زیادی دارد سعی میشود از دو طرف یک ایستگاه استفاده شود.
همچنین زمان فرایند (Process Time) کاهش پیدا میکند
همچنین در این خطوط میزان موجودی در خط کاهش پیدا میکند



متعادل‌سازی خط تولید دو طرفه

هر یک از فعالیت‌ها که مختص یکی از طرفین باشد باید به همان سمت مشخص وصل شده ولی فعالیت‌هایی که مشخص نشده می‌تواند به هر دو سمت تخصیص داده شود.

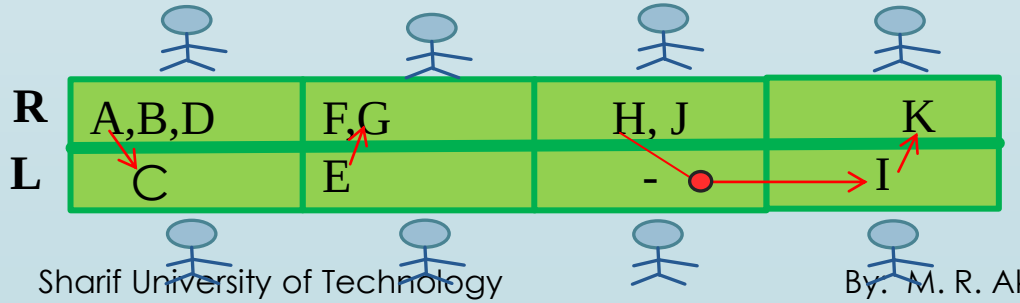


Cycle Time = 5

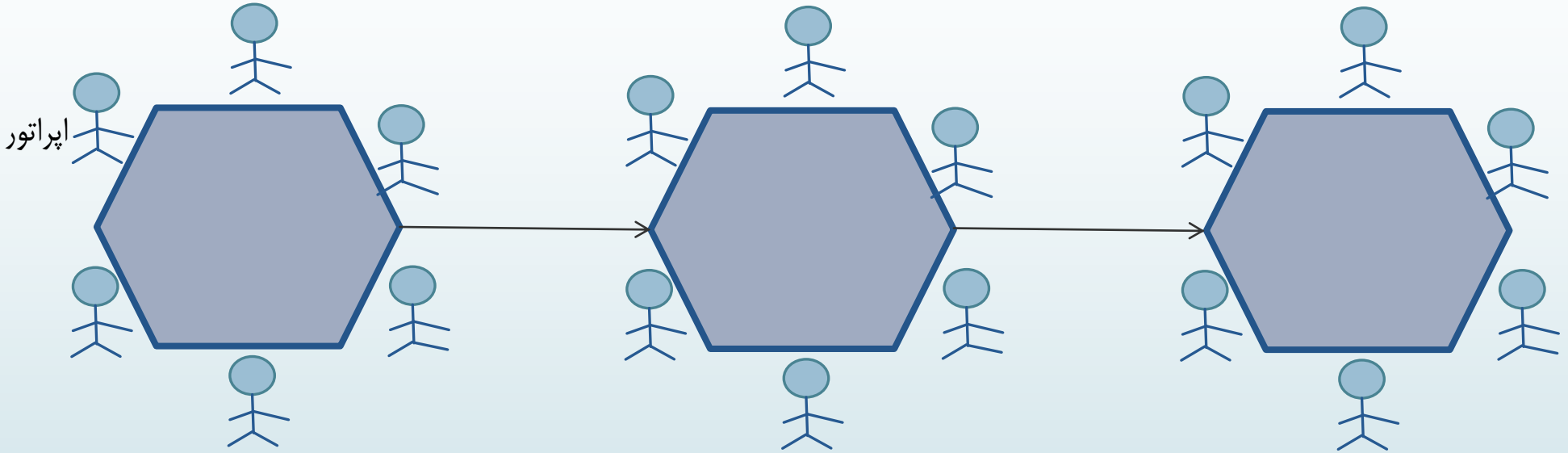
تمرین: یک الگوریتم برای بالانس خطوط دو طرفه بر مبنای RPW طراحی کنید

تمرین کلاسی: مقدار کارایی ساده، موزون، مرکب و مرکب موزون خط تولید دوطرفه روبرو را محایبه کنبد.

کوئیز: خط تولید دوطرفه با سیکل کاری C چه تفاوتی با خط تولید یک طرفه با همان سیکل کاری C از جهت مقدار موجودی در گردش(WIP) دارد؟

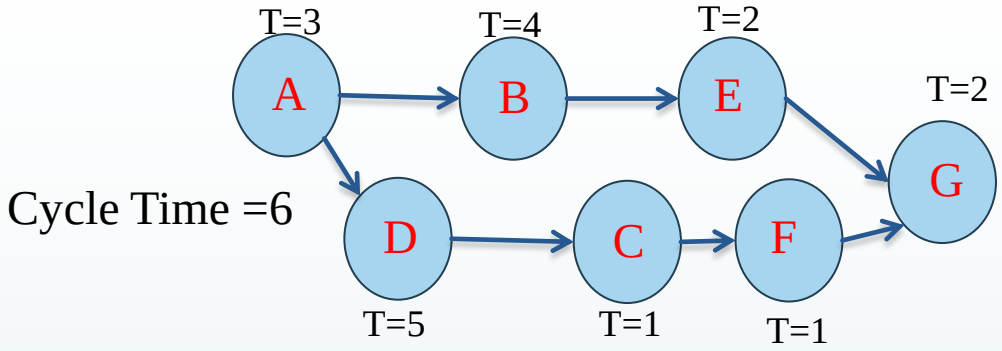


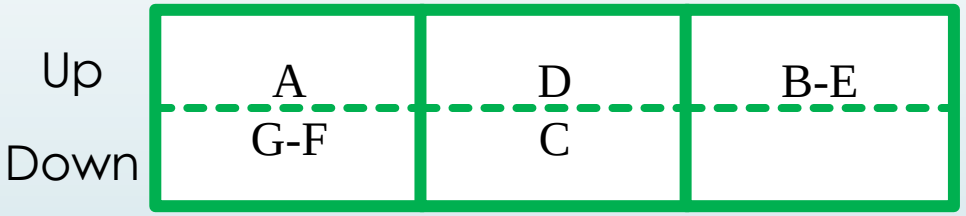
خط تولید چند طرفه:

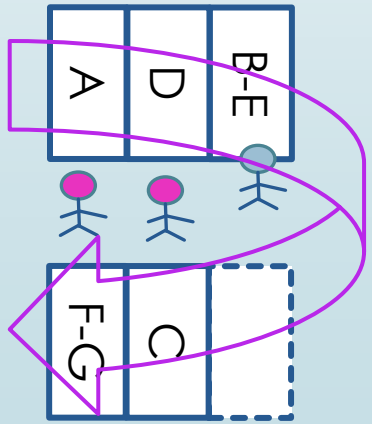


کوییز: خط تولید N طرفه با افزایش N به سمت چه تکنولوژی تولید میل میکند؟

بالانس خط تولید U شکل از روش RPW





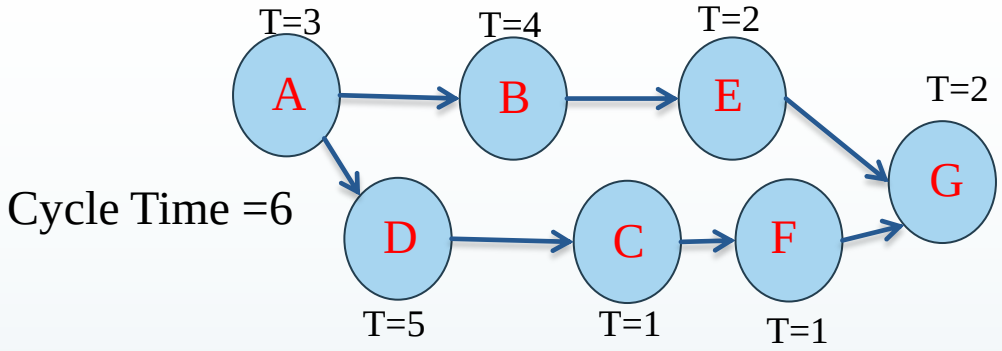


گام اول: از میان فعالیت هایی که پیش نیازی آنها انجام شده یکی را انتخاب کرده و در صورتی که زمان باقی مانده ایستگاه اجازه میداد آنرا در قسمت Upایستگاه قرار دهید. در شرایط یکسان فعالیت با وزن بیشتر انتخاب شود.
این کار را آنقدر تکرار کنید تا هیچ فعالیتی قابل اختصاص نباشد.

گام دوم: از میان فعالیتهایی که پس نیاز آنها انجام شده یکی را انتخاب کنید و در صورتی که زمان باقی مانده ایستگاه اجازه میداد آنرا در قسمت Downایستگاه قرار دهید. در شرایط یکسان فعالیت با وزن کمتر انتخاب شود.
این کار را آنقدر تکرار کنید تا هیچ فعالیتی قابل اختصاص نباشد

گام سوم: ایستگاه جدیدی باز کنید و قدمهای ۱ و ۲ را برای آن ایستگاه تکرار کنید. اگر کلیه فعالیت ها اختصاص پیدا کرده اند الگوریتم متوقف میشود

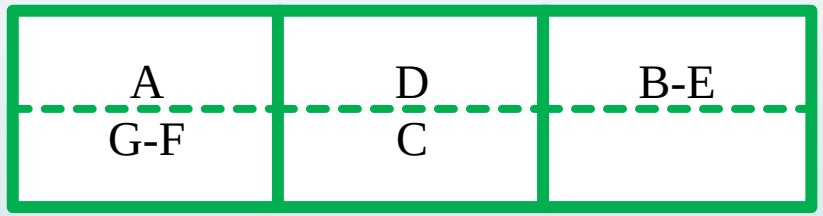
کارایی خط تولید U شکل



کارایی ساده‌ی خط تولید U شکل حداقل به اندازه‌ی کارایی ساده‌ی خط تولید مستقیم است.

$$E = \frac{3+4+5+2+1+1+2}{3*6} = 1$$

خط تولید U



$$E = \frac{3+4+5+2+1+1+2}{4*6} = 0.75$$

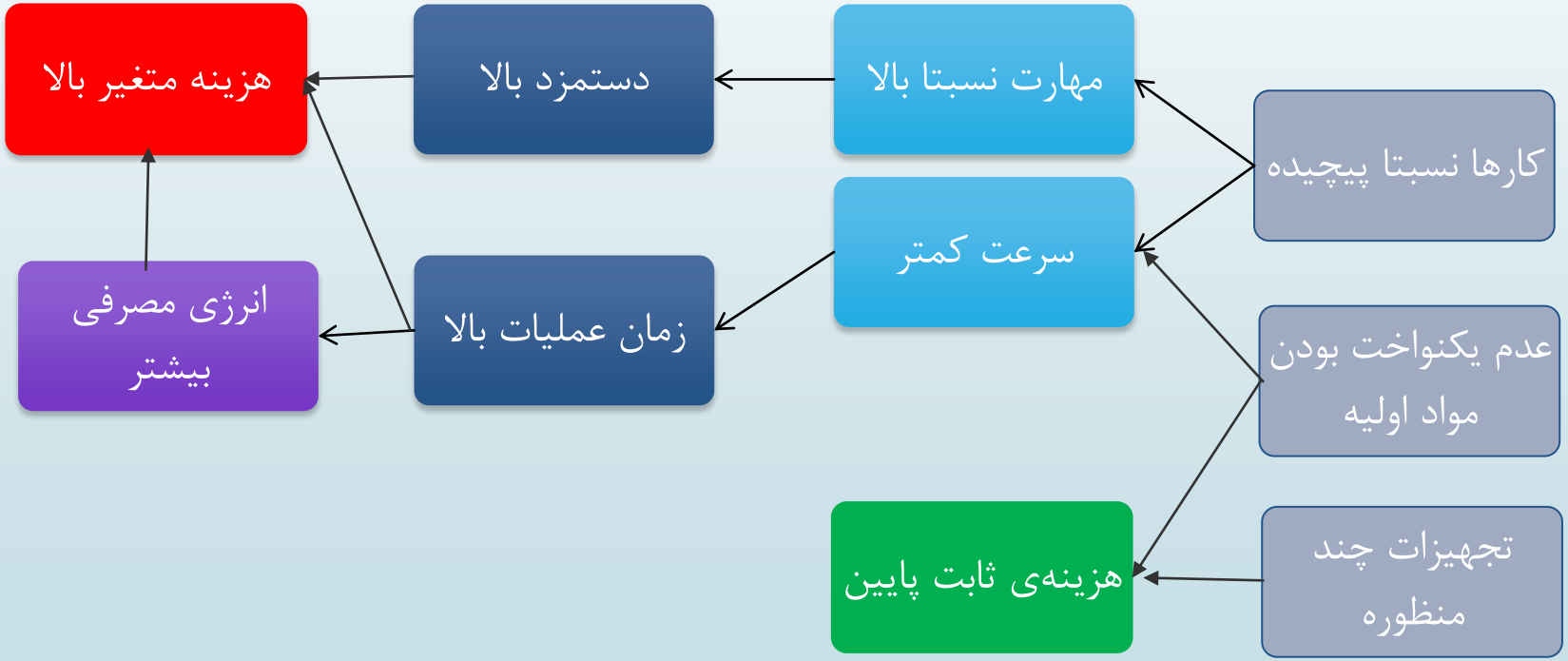
خط تولید مستقیم

تمرین

تحلیل تکنولوژی های کارگاهی

ویژگی‌های تکنولوژی کارگاهی

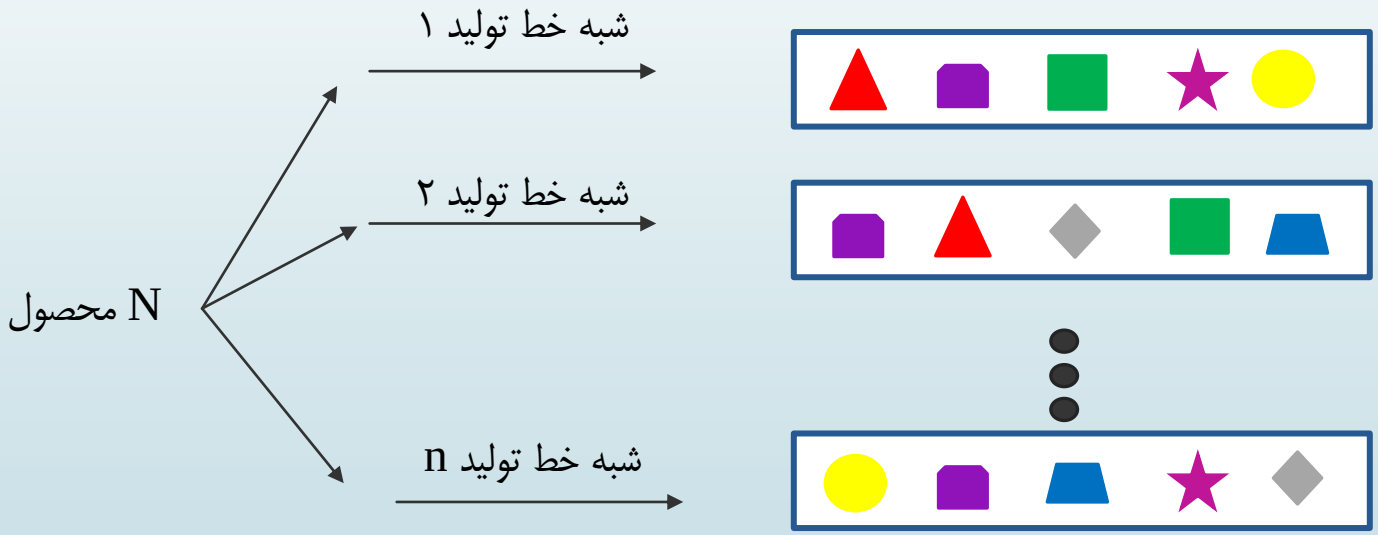
از چند کارگاه تشکیل شده است و در هر کارگاه تعدادی از یک نوع ماشین خاص موجود است و هر کارگاه وظیفه ای خاص را انجام می دهد.
n نوع محصول به صورت دسته ای وارد می شوند. قطعات مختلف بنا بر مسیر ساختشان از میان کارگاهها عبور می کنند.



تحلیل تکنولوژی های گروهی

تکنولوژی گروهی:

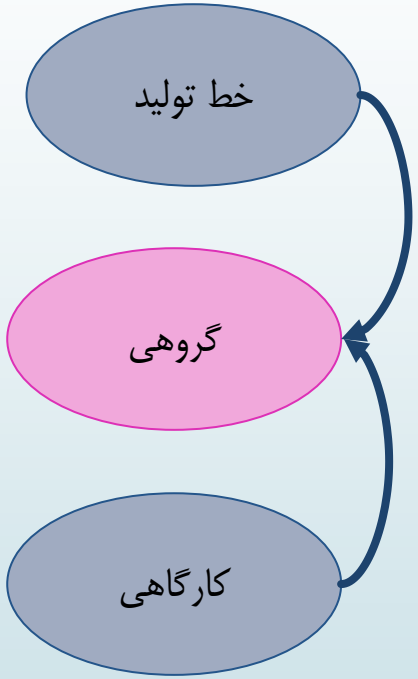
خانواده و تولید هرخانواده در یک شبه خط تولید M محصول به Nدسته بندی



- هر محصول فقط از یکی از شبه خط تولیدها می‌گذرد.
- برگشت به عقب به جز در موارد استثنا مکن نیست.
- یک محصول ممکن است از بعضی از ایستگاه‌ها عبور نکند.
- هر محصول در یک گروه خانواده قرار می‌گیرد که فرایند ساخت آن‌ها مشابه هم است.

ویژگی‌های تکنولوژی گروهی:

چون حالت میانی خط تولید و کارگاهی است، ویژگی های تعدیل شده هر دو نوع را داراست.
مثلا هزینه ثابت و متغیر این تکنولوژی بین تکنولوژی کارگاهی و خط تولید است.

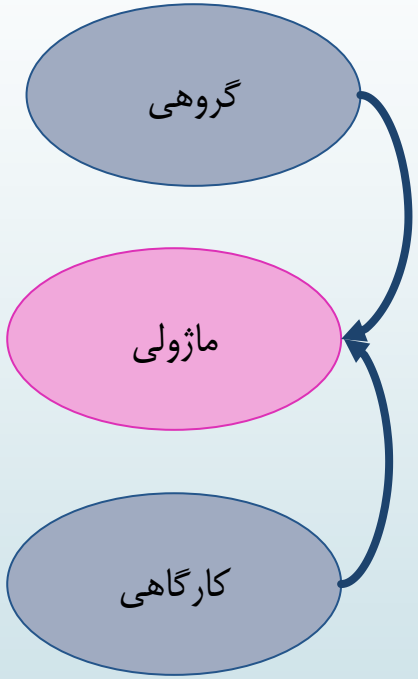


نوع تکنولوژی / ویژگی	خط تولید	گروهی	کارگاهی
هزینه ثابت	زیاد	متوسط	کم
هزینه متغیر	کم	متوسط	زیاد

تحلیل تکنولوژی های ماژولی

Modular Tech.

تکنولوژی ماژولی

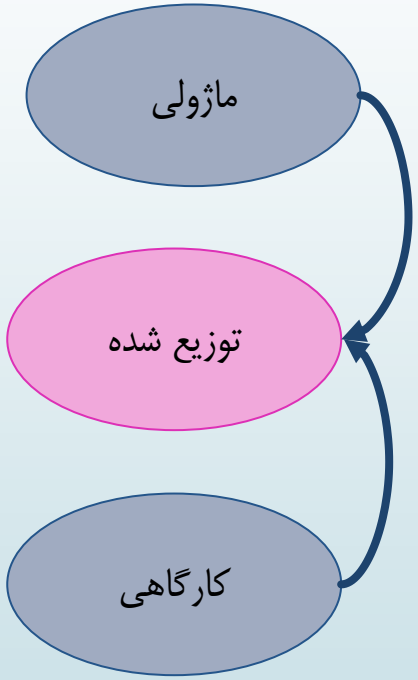


ویژگی‌های تکنولوژی ماژولی بینابین تکنولوژی کارگاهی و خط تولید است، اما ببیشتر شبیه به تکنولوژی کارگاهی است.

تحلیل تکنولوژی های توزیع شده

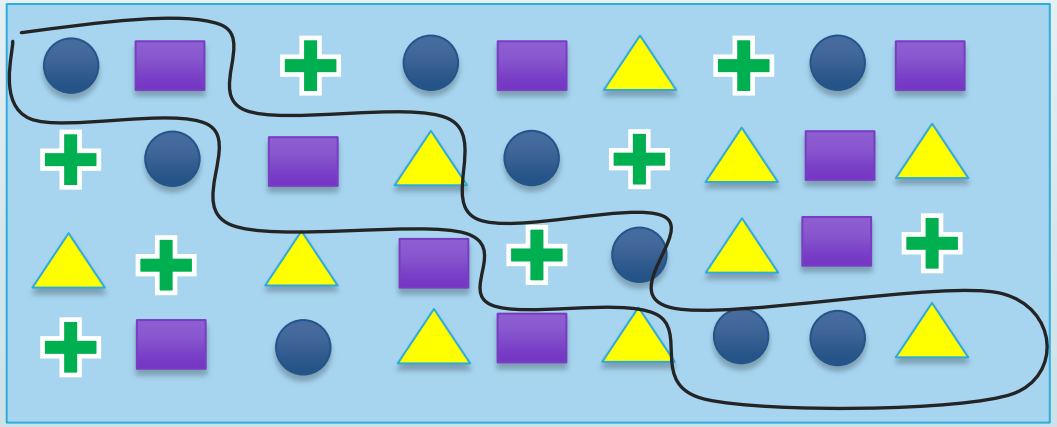
Distributed Tech.

تکنولوژی توزیع‌شده

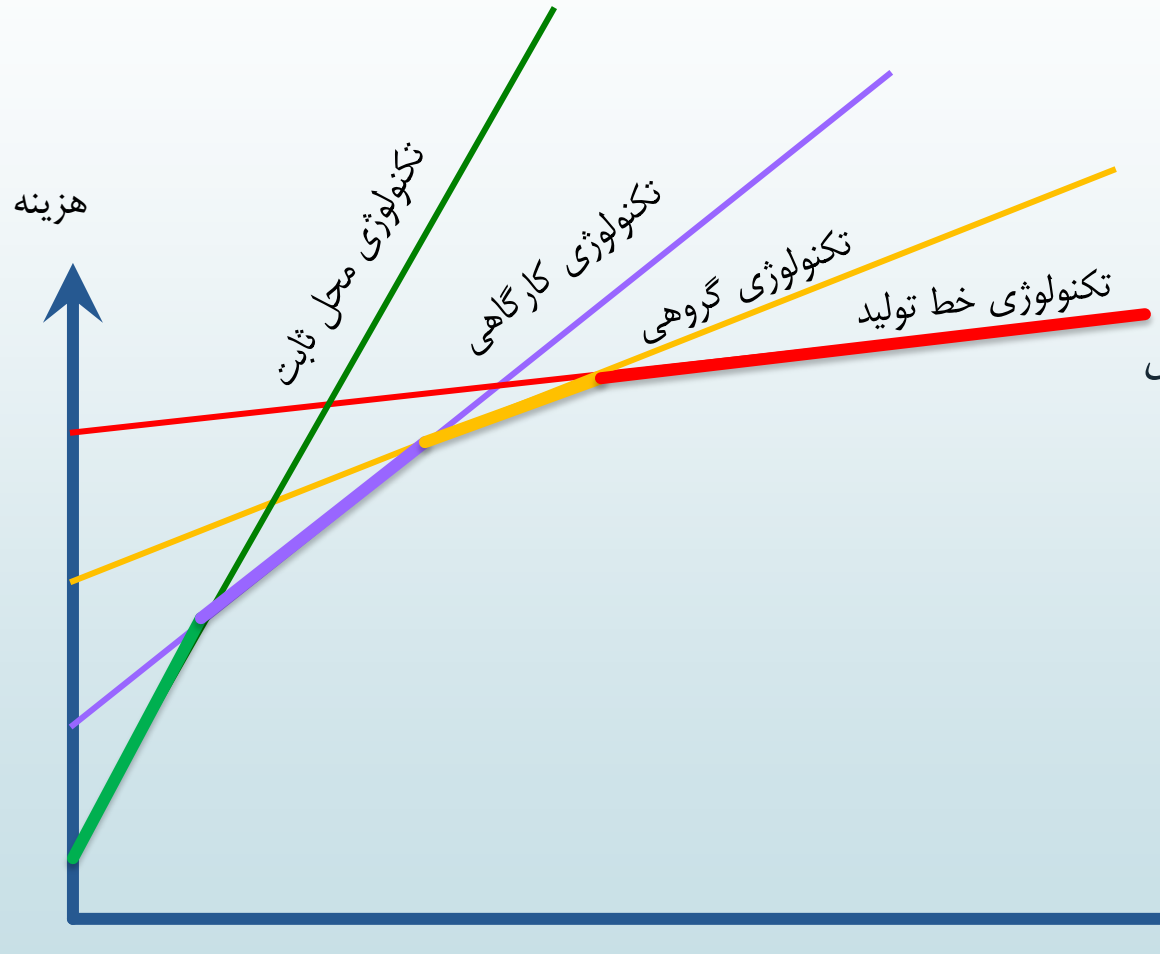


این تکنولوژی شبیه‌ترین تکنولوژی به کارگاهی است، اما دقیقا کارگاهی نیست. برای هر محصول می‌توان یک خط تولید مجازی پیدا کرد.

تفاوت این تکنولوژی با کارگاهی در این است که حرکت تنها بین ایستگاه‌ها مجاز است.



نحوه‌ی انتخاب تکنولوژی



- **منحنی هزینه‌ی تولید**

نسبت به میزان تولید،تکنولوژی کم هزینه تر را انتخاب می کنیم.

در محل تقاطع‌ها به طور معمول تکنولوژِ انتخاب می‌شود که با افزایش تولید هزینه‌اش کمتر شود.

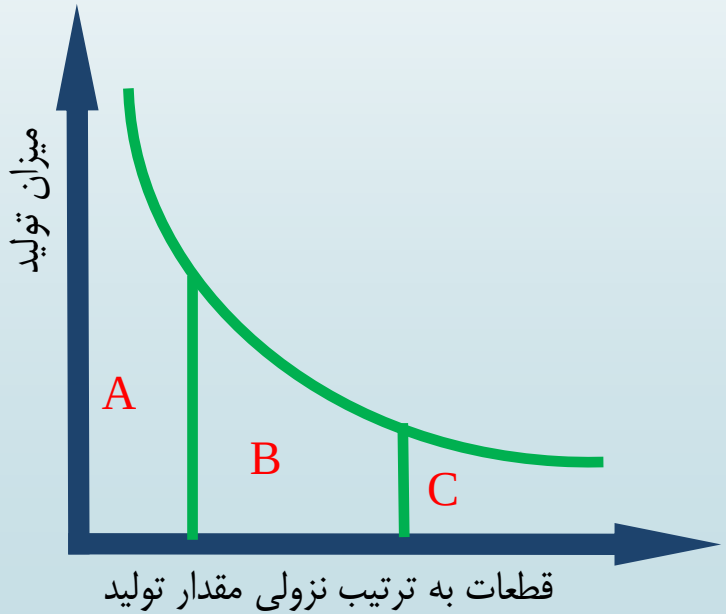
نحوه‌ی انتخاب تکنولوژی

- **آنالیز ABC**

A: حدود ۲۰٪ قطعات که حدود ۸۰٪ تولید کارخانه را به خود اختصاص داده اند.

C: حدود ۸۰٪ قطعات که حدود ۲۰٪ تولید کارخانه را به خود اختصاص داده اند.

B: سایر قطعات



تکنولوژی مناسب :

A: خط تولید

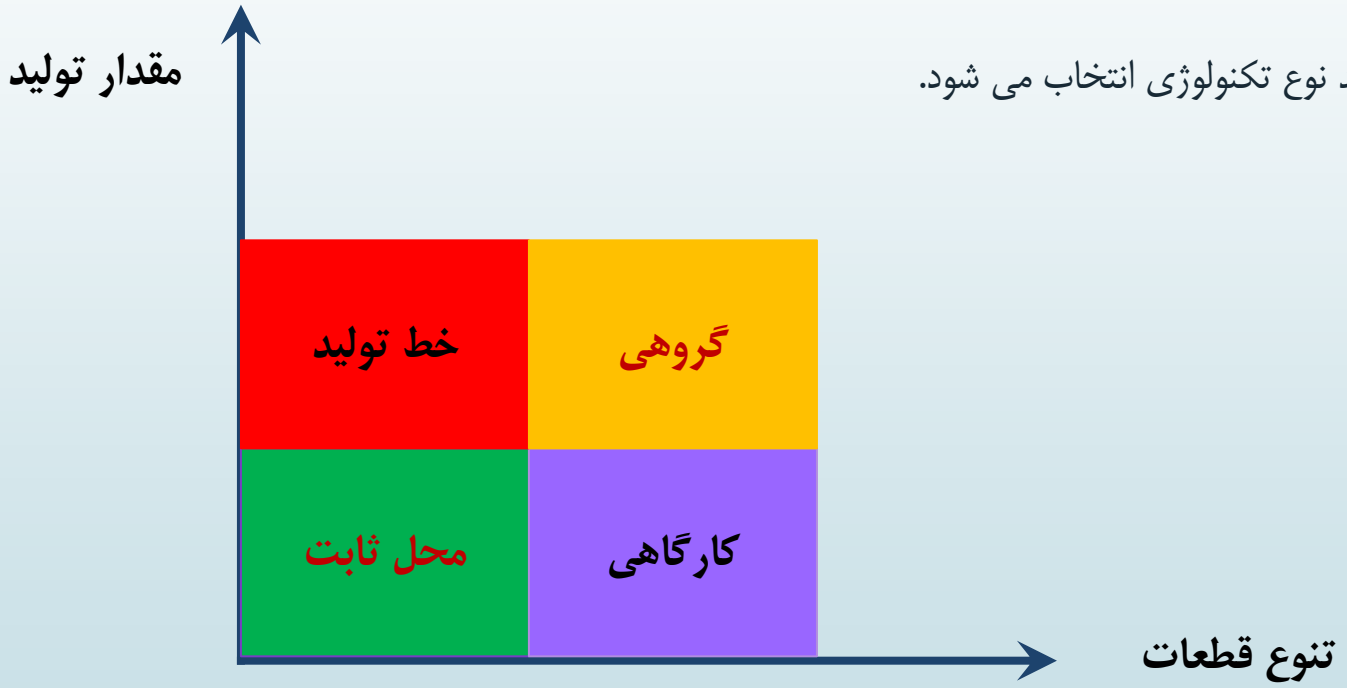
B: گروهی

C: کارگاهی

نحوه‌ی انتخاب تکنولوژی

- ماتریس تنوع–مقدار

با استفاده از اطلاعات تنوع محصولات و مقدار تولید نوع تکنولوژی انتخاب می شود.



طرح‌ریزی واحدهای صنعتی

Plant layout

مراحل شکل‌گیری واحدهای صنعتی

Soft
- Idea Development
- Product General Design
- Prefeasibility Study
- Feasibility Study
- Product Detailed Design
- Plant Layout

Hard
- Procurement
- Construction
- Installation
  - Mechanical Completion
- Pre- Commissioning
- Commissioning
  - Cold (dry-wet)
  - Hot
- Production
  - Start up
  - Ramp-up

مراحل شکل گیری
واحدهای صنعتی

مراحل طراحی کارخانه

فاز شناخت	فاز تعیین نیازمندی ها	فاز طراحی	فاز اجرا
۱- شناخت استراتژی و اهداف کارخانه	۵- تعیین تکنولوژی تولید	۹- طراحی نقشه‌ی کلی کارخانه و سیستم انتقال مواد	۱۱- تایید و تصویب طرح و نظارت بر اجرا
۲- شناخت محصول	۶- تعیین منابع تولیدی	۱۰- طراحی چیدمان جزیی بخش‌ها	
۳- شناخت ظرفیت تولید	۷- تعیین منابع غیرتولیدی		
۴- شناخت تکنولوژی ساخت	۸-تعیین فضای مورد نیاز		

تعیین تعداد منابع

Product based Technology.

تکنولوژی خط تولید:

تعدادی ایستگاه کاری به صورت متوالی وجود دارند و قطعه با حرکت از میان این ایستگاه‌ها به تدریج کامل می‌شود.

تعیین تعداد منابع در تکنولوژی خط تولید (ساده)

مفروضات:

۱- در خط تولید ساده در هر لحظه فقط یک عملیات بر روی محصول در حال انجام است.

۲- تغذیه کننده میانی وجود ندارد

۳- هر عملیات فقط در یک ایستگاه انجام میشود و قابل تقسیم بین دو یا چند ایستگاه نیست.

۴- همه ایستگاهها از نظر امکانات آمادگی پذیرش هر عملیاتی را دارند

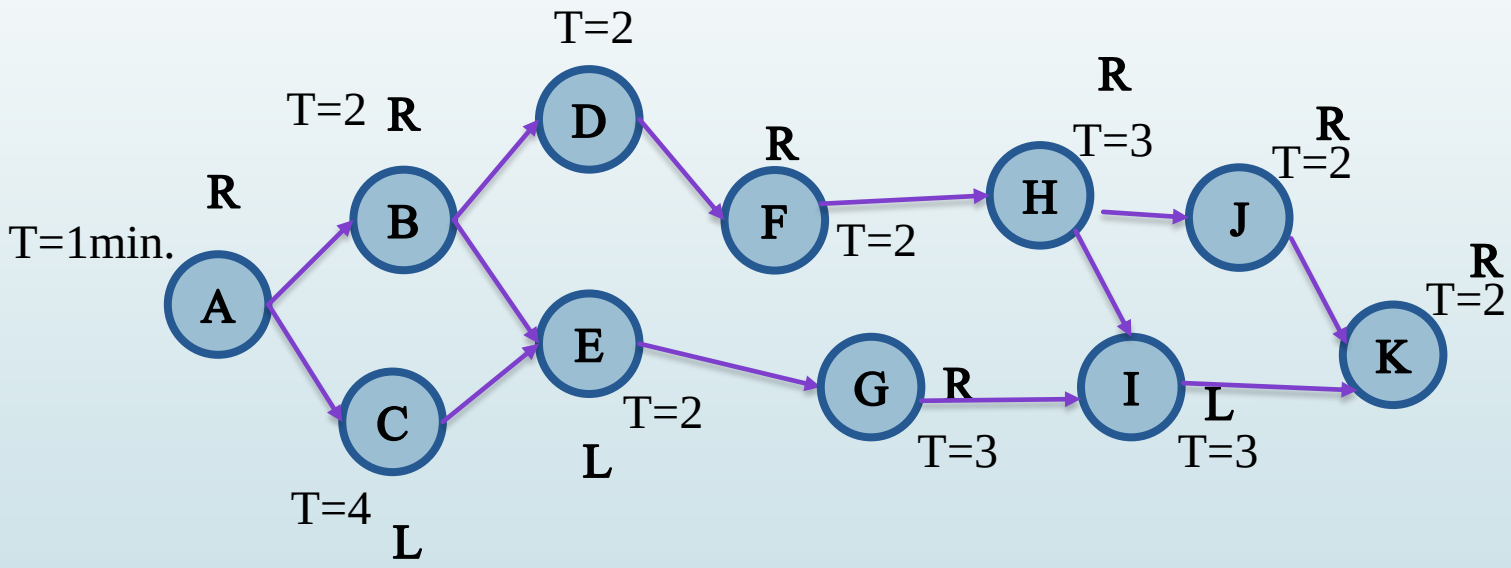
A=α B=β	C= α	D=α E=α	F=β G=α

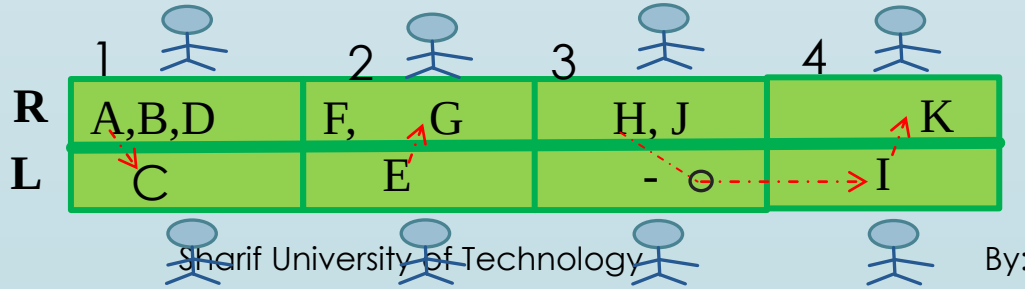
تعداد کل $\beta=2$

تعداد کل $\alpha=4$

تعیین تعداد منابع در تکنولوژی خط تولید (دو طرفه)

C. T = 5 min

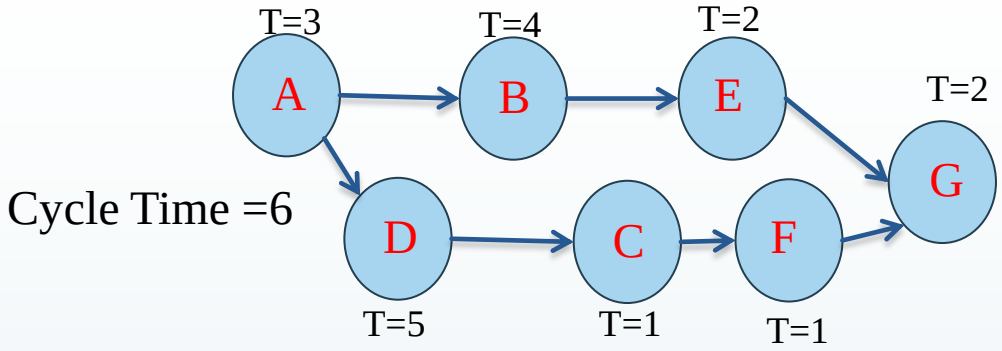


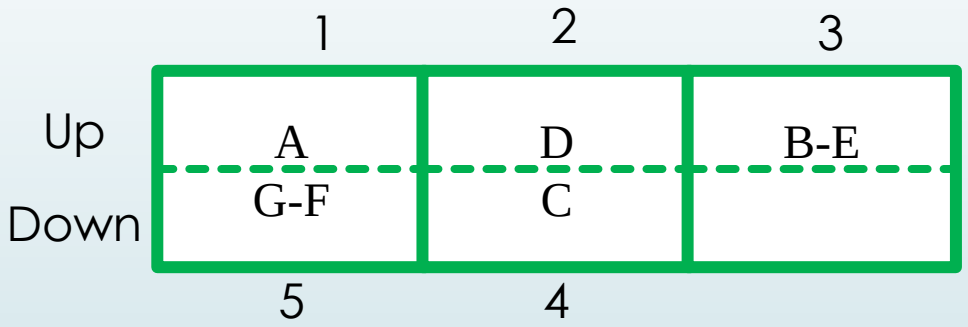


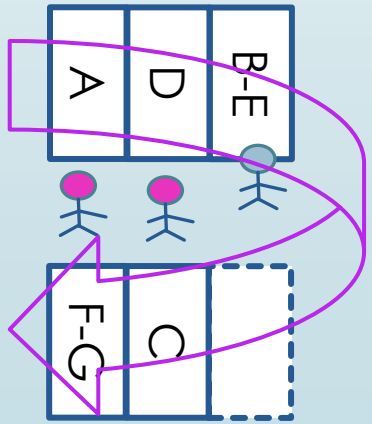
نام عملیات	منبع
A	a
B	a
C	a
D	b
E	c
F	c
G	a
H	a
I	b
J	a
K	b

شماره ایستگاه	تعداد منبع
1	2a+1b
2	2c+a
3	a
4	b

تعیین تعداد منابع در تکنولوژی خط تولید (لاشکل)







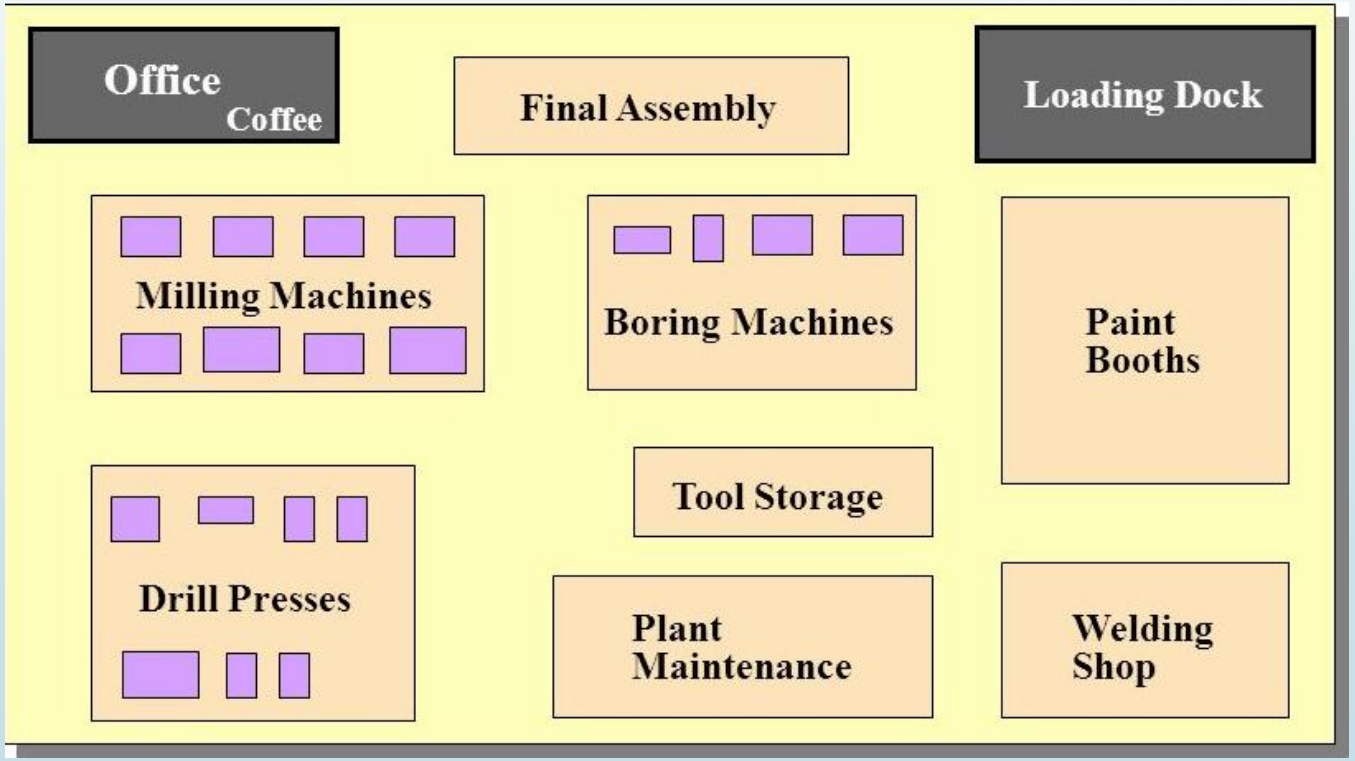
نام عملیات	منبع علاوه بر اپراتور
A	a
B	a
C	a
D	b
E	c
F	a
G	a

شماره ایستگاه	تعداد منبع
1	a
2	b
3	a+c
4	a
5	- با فرض موبایل a بودن

Process based Techno.

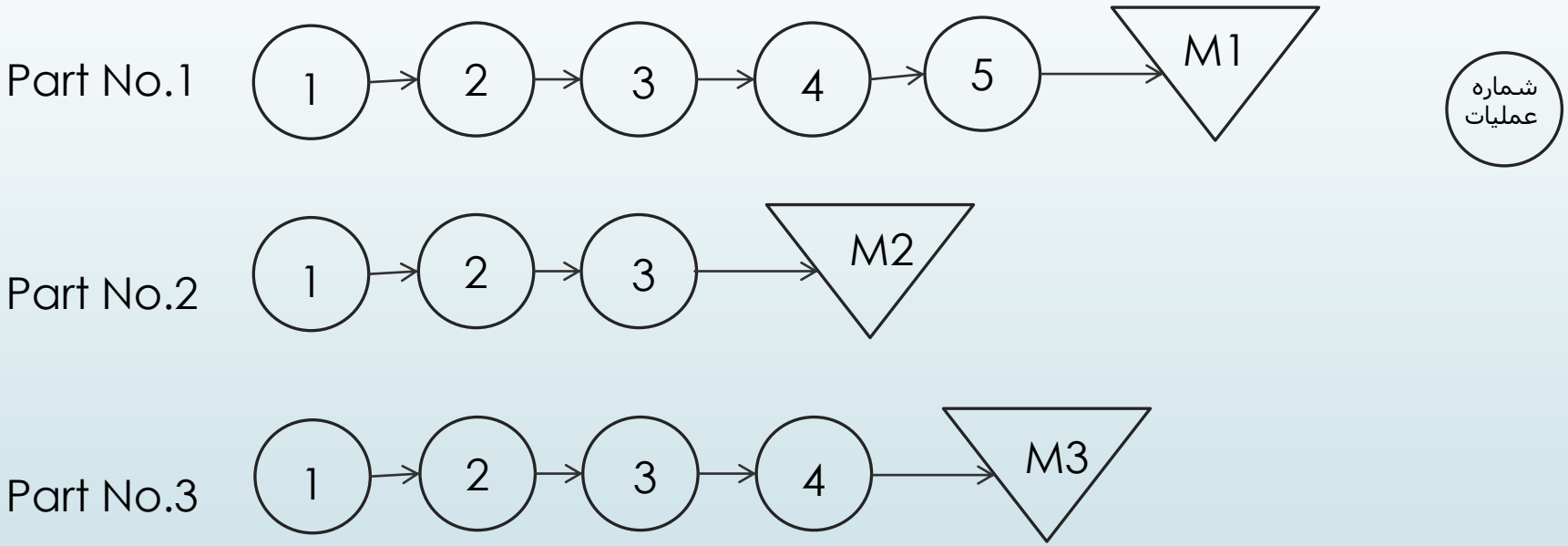
تکنولوژی کارگاهی

در این نوع تکنولوژی کارخانه به کارگاههای مختلفی تقسیم میشود و کلیه ماشن آلات مشابه در یک کارگاه قرار میگیرند. n نوع محصول به صورت دسته ای وارد می شوند. قطعات مختلف بنا بر مسیر ساختشان از میان کارگاهها عبور می کنند.



تعیین تعداد منابع در تکنولوژی کارگاهی:

مسیر تولید:



تعیین تعداد منابع در تکنولوژی کارگاهی:

زمان استاندارد عملیات i ام روی ماشین نوع j ام برای قطعه‌ی p ام	$Tijp$
تعداد قطعه از نوع p که وارد عملیات i ام می‌شود.	Xip
زمان یک دوره‌ی کاری ماشین j ام (شیفت کاری، ساعت کاری،...)	hj
درصد آماده به کاری ماشین j ام.	Uj
کسر ماشین(مقدار تئوری) j ام.	fj
کسر ماشین(مقدار تئوری) j ام برای قطعه‌ی p ام.	Fjp
کسر ماشین(مقدار تئوری) j ام برای قطعه‌ی p ام برای عملیات i ام.	$Fijp$

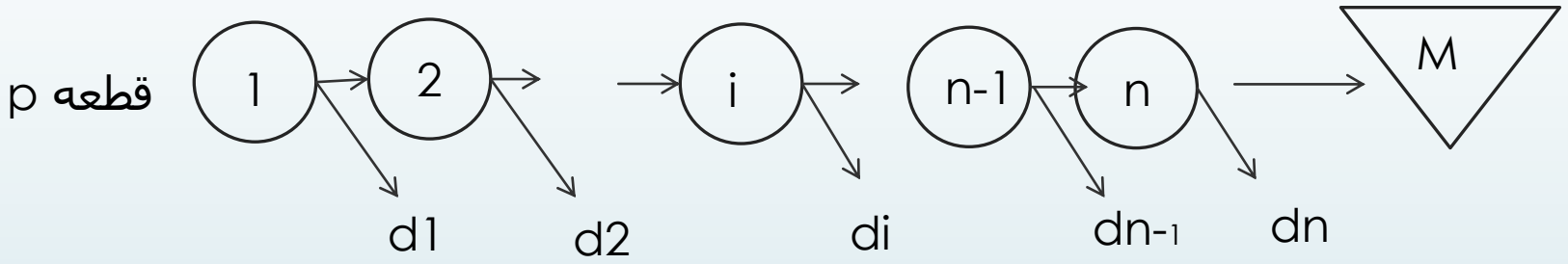
$$Fijp = \frac{Tijp * Xip}{hj * Uj}$$

$$\sum_{i} Fijp = Fjp$$

$$\sum_{p} Fjp = Fj$$

تعیین تعداد منابع در تکنولوژی کارگاهی:

مسیر تولید:



$$Xnp = M/(1-dn)$$

$$Xn\text{-}1 = Xnp\ /(1-dn\text{-}1) \quad = \quad M/(1-dn)\ \ /\ (1-dn\text{-}1) \quad = M/((1-dn)\ (1-dn\text{-}1))$$

$$Xip = \frac{M}{(1-dn)\ (1-dn\text{-}1)\ldots(1-di)}$$