

## (۱) طرح استقرار براساس محصول

خواص :

حجم تولید بالا ، تنوع کم ، ماشین آلات به صورت پیوسته هستند . در این طرح ، نقش ماشین بیشتر از انسان است .  
تذکره : در این طرح استقرار ، تقاضا تقریباً ثابت است .

مزایای طرح استقرار براساس محصول

- نظارت و برنامه ریزی ساده است و شیتر کارگران ساده و آسانتر هستند .
- حمل و نقل در حداقل ممکن و عقب گرد کم است .
- تمرکز در عملیات باعث بکارگیری بهتر فضاست .
- زمان تولید کمتر می شود .
- موجودی در جریان ساخت کاهش می یابد .
- افزایش انگیزه کارگر و هی
- حداکثر بهره گیری از ماشین آلات . در این روش بکارگیری کارگران ماهر کمتر ضرورت می یابد .
- فضای مورد نیاز به دلیل تمرکز عملیات کمتر است .
- زمان راه اندازی یا بلا استفاده ماندن ماشین آلات کاهش می یابد و در کل زمان تولید صرفه جویی می شود .
- امکان برقراری توازن کاری بین انسان و ماشین راحت تر است .
- بازرسی و کنترل کیفیت بهتر انجام می شود .

مزایای طرح استقرار براساس محصول

- عدم انعطاف پذیری . به کارگیری یک ماشین در چند خط تولید ممکن نیست .
- حجم بالای سرمایه گذاری
- در حجم تولید کم ، قیمت تمام شده افزایش می یابد ، چون از ظرفیت کامل استفاده نمی شود .
- با تغییر طرح محصول ، خط تغییر می کند .

- فرای یک ماشین باعث کنزی ویا توقف خط می گردد .
- سرعت خط تولید با کمترین ماشین معین می گردد .

#### ۲) طراحی استقرار براساس فرایند

خواص :

تنوع محصولات زیاد ، حجم تولید متوسط ویا کم است . ماشین آلات با عملکرد مشابه در یک بخش قرار می گیرند ، قطعه از بخشی به بخش دیگر منتقل می شود .  
 ماشین آلات گران یا دارای هزینه های بالاهستند ، دفعات تعمیر در خط تولید زیاد است . زمان ساخت کالا زیاد و زمان آماده سازی نیز زیاد است .

مزایای طرح استقرار براساس فرایند

- سرمایه گذاری برای ماشین ها کم است .
- سرپرستی عملیات به خاطر تخصصی بودن کارها ساده تر است .
- در حجم تولید کم و متوسط بیشترین بهره گیری از ماشین آلات ممکن است .
- با از کار افتادگی یک ماشین خط متوقف نمی گردد .
- ایجاد تعمیر در محصول بدون تعمیر اساسی در ماشین آلات ممکن است .
- توسعه کارخانه با هزینه کم امکان پذیر است .
- کارایی کارکنان به دلیل تنوع کار افزایش می یابد .
- ماشین آلات چند منظوره هستند .
- قابلیت انعطاف پذیری کارگران زیاد است .

- مکانی طرح استقرار براساس فرایند
- کنترل و برنامه ریزی در آن دشوار است .
  - حمل و نقل ها و در نتیجه هزینه و زمان افزایش می یابد .
  - به علت ایجاد ابعاد هفت ، فضای بستری اشغال می گردد و نرخ تولید کاهش می یابد .
  - به خاطر تنوع محصولات ، زمان آماده سازی ماشین آلات بالا رفته و باعث عدم به کارگیری مجدد ماشین آلات می شود .
  - تعیین قیمت تمام شده سخت است .
  - ماشین آلات سنگین زیاد است .
  - نیاز بستری به کارگر ماهر وجود دارد .
  - بازرسی ها زیاد و دقیق است .
  - سفارشات به تنوع می افتند .
  - اوقات بستری بصورت کمی عمل می شود .
  - انگیزش کارکنان کمی می شود .
  - توازن کاری بین انسان و ماشین مشکل است .

#### ۳) طراحی استقرار تکنولوژی گروهی (Group Technology)

در این نوع طراحی ، در هر خانواده استقرار کارگاهی ، محصولات استقرار محصولی را پیاده می کنیم . قطعات به خانواده های مختلف تقسیم می شوند و براساس معیار خاص قطعات آن در یک خانواده قرار می گیرند و برای تولید قطعات هر خانواده یک سلول تشکیل می شود . یعنی یک مجموعه از ماشین آلات ، فرایندها و نیروی کار در فضای مشخص بصورت یک خط تولید محصول یا قطعه تولید می کنند .

✓ در این سیستم هر سلول خواص استقرار کارگاه و برای مونتاژ کلی محصول فرایند محصولی بکار می رود.  
 ✓ این روش زمانی بکار می رود که دوره تولید قطعات کم و تشابه بین قطعات محصولات از لحاظ طراحی یا ساخت وجود داشته باشد.

✓ در استقرار کارگاهی ماشین آلات با عملکرد مشابه در یک بخش قرار می گیرند، در صورتیکه در روش گروهی قطعات با روش ساخت مشابه در یک بخش قرار می گیرند.

معیار دسته بندی قطعات (تسکین سلولها)

- ۱- محصولات که قطعات مشترک دارند.
- ۲- محصولات که فرایند تولید مشترک دارند.
- ۳- محصولات که به تجهیزات مشترک نیاز دارند.

انواع سلولها

(۱) دستی (غیر اتوماتیک) (۲) اتوماتیک (FMS = سیستم تولید انعطاف پذیر)

در سلولهای دستی

(۱) حداکثر ۱۵ ماشین ابزار

(۲) ابزار که ابزار کاره اند.

(۳) امکان افزایش توان تولید از طریق توان ابزار

(۴) کاهش حجم ابزار

(۵) انعطاف پذیری ماشین آلات

در سلولهای اتوماتیک

(۱) دارای یک سری ماشین آلات CNC هستند.

(۲) عملها اتوماتیک و توسط ربات است.

(۳) سیستم شبکه کامپیوتری برای کنترل بکار می رود.

#### ۴) طراحی براساس نیازت محل مراد

خواص :

های محصول ثابت است (مانند سلفت کستی، هواپیما سازی، سد، ساختمان). مهارت کارگران زیاد بوده و ابزارهای دستی یا ماشین های سبک و ساده زیاد استفاده می شوند.

مزایای طرح :

- انعطاف پذیری و تغییرات در طرح محصولی نسبتاً ممکن می گردد.
- میزان حمل و نقل به حداقل ممکن می رسد.
- سرمایه گذاری کاهش می یابد.
- زمانبندی و اجرای تولید آسانتر است.

معایب طرح :

- عدم بکارگیری در تولید انبوه
- عدم بکارگیری ماشین آلات بزرگ
- بازده کمتر

تکنیک‌های متداول برای تعیین نوع استقرار

الف) نمودار تنوع-حجم (P-Q)

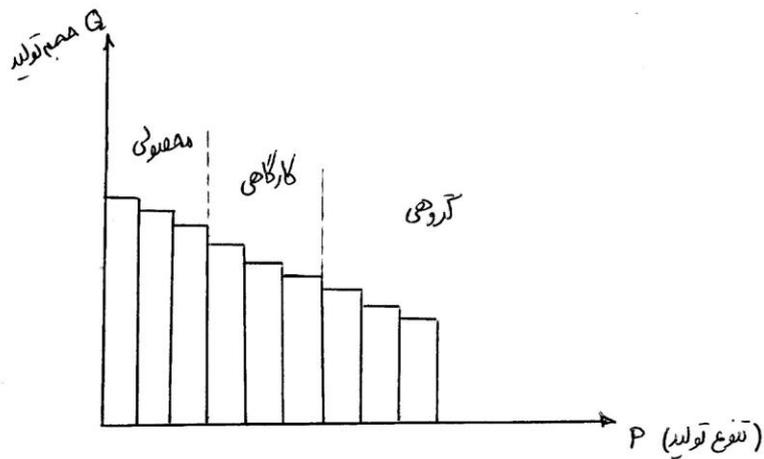
ب) نمودار هزینه-حجم (C-Q)

ج) قانون پارکو (آنالیز ABC)

د) وزن‌دهی فاکتورها

الف) نمودار P-Q

این نمودار برای تعیین نوع استقرار و تحلیل گوناگونی - حجم به کار می‌رود.



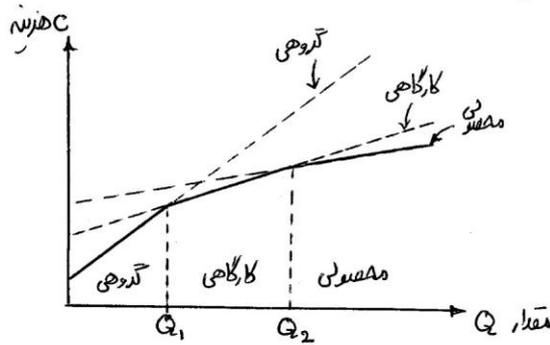
✓ آرد  $\frac{Q}{P}$  بزرگ باشد، بهتر است از فرآیند مصنوعی استفاده شود.

✓ آرد  $\frac{Q}{P}$  متوسط باشد، بهتر است از فرآیند لاکاهی استفاده شود.

✓ آرد  $\frac{Q}{P}$  کوچک باشد، بهتر است از فرآیند ترویجی و سفارشی استفاده شود.

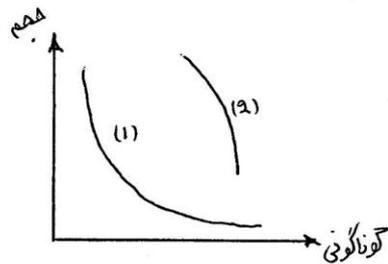
ب) نمودار C-Q

این نمودار رابطه نوع استقرار و تحلیل اقتصادی روشهای استقرار دگر می رود.



ج) قانون یارتو

در این قانون کلیه اقلام تولیدی به سه دسته A، B و C تقسیم می شوند. اقلام دسته A که 15٪ اقلام را تشکیل می دهند، 85٪ هزینه مواد تولیدی را دارند. یعنی تعداد کمی از اقلام، بیشترین حجم مالی را دارند. بنابراین به کمک این روش برای هر یک از اقلام طرح استقرار مناسب را می توان طراحی نمود.



در روش (1) تعداد کمی از قطعات بیشترین حجم را دارند و بجهت است از فرایند کارگاهی استفاده شود.  
نمودار (2) از قانون یارتو پیروی نمی کند، زیرا همه محصولات تقریباً دارای حجم و هزینه یکسانی هستند و بجهت از فرایند مصوبی استفاده شود.

د) روش اولویت دهی (وزن دهی)

در این روش وزن هر یک از عوامل را به روشهای مختلف تعیین و سپس با جمع وزنها در هر روش، آن روشی که بیشترین وزن را دارد، انتخاب می کنیم.

## مماسبه تعداد ماشین آلات

عوامل بسیاری در مماسبه تعداد ماشین آلات تأثیر دارند که خرابی و ضایعات از مهمترین این عوامل استند:

مماسبه خرابی

خرابی ها به چند دسته تقسیم می شوند:

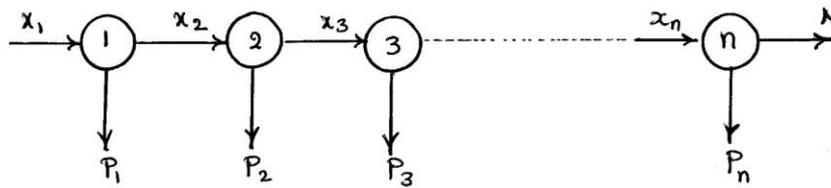
الف) قطعاتی که پس از انجام عمل بازرسی به دور رخت می شوند و دوباره کاری هم نمی شوند.

$N$ : نشان دهنده تعداد قطعات سالم پس از مرحله  $n$  ام است.

$n$ : تعداد مراحل است.

$P_n$ : درصد (احتمال) معیوب بودن قطعه در مرحله  $n$  ام است.

$X_n$ : تعداد قطعات مورد نیاز ورودی به مرحله  $n$  ام.



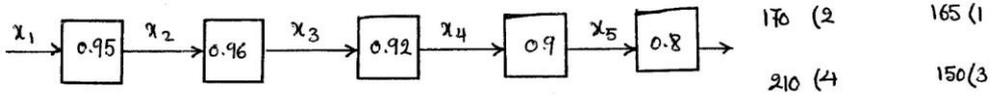
$$x_1 (1 - P_1) = x_2 \rightarrow x_1 = \frac{x_2}{1 - P_1}$$

$$x_2 (1 - P_2) = x_3 \rightarrow x_2 = \frac{x_3}{1 - P_2} \rightarrow x_1 = \frac{x_3}{(1 - P_1)(1 - P_2)}$$

$$x_1 = \frac{N}{\prod_{i=1}^n (1 - P_i)}$$

$$x_i = \frac{N}{\prod_{j=i}^n (1 - P_j)}$$

مثال: فرض کنید فرآیند تولید قطعه‌ای بصورت شکل زیر است. اگر در نهایت ۱۰۰ قطعه نیاز داشته باشیم و احتمال سالم بودن قطعات در هر مرحله داده شده باشد، تعداد قطعات ورودی به سیستم کدام است؟

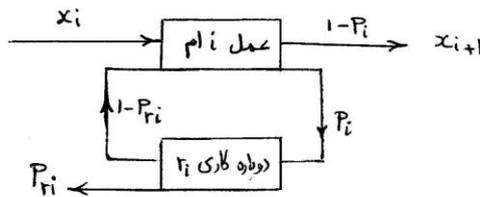


$$x_1 = \frac{100}{(0.95)(0.96)(0.92)(0.9)(0.8)} = 165$$

حالت دوم:

$P_i$ : احتمال اینکه قطعه بعد از مرحله  $i$  ام نیاز به دوباره کاری داشته باشد.

$P_{ri}$ : احتمال خرابی قطعه بعد از دوباره کاری.



$$P = \frac{1 - P_i}{1 - P_i(1 - P_{ri})} = \text{احتمال سالم بودن قطعه در مرحله } i \text{ ام}$$

$$1 - P = \frac{P_i \cdot P_{ri}}{1 + P_i P_{ri} - P_i} = \text{احتمال خراب شدن قطعه در مرحله } i \text{ ام}$$

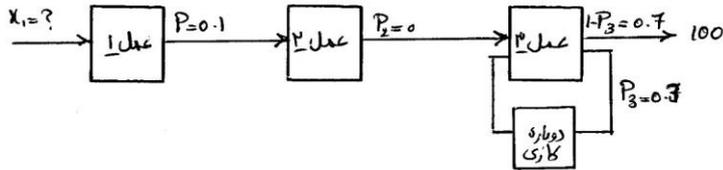
مثال: در نظر بگیرید قطعه‌ای در مرحله  $i$  ام با احتمال  $1/8$  خراب می‌شود و بعد از دوباره کاری با احتمال  $1/2$  خرابی صنایع محسوب گردد. احتمال خرابی و سالم بودن قطعه در این مرحله کدام است؟

$$P_i = 0.08, \quad P_{ri} = 0.02$$

$$P = \frac{1 - 0.08}{1 - 0.08(1 - 0.02)} = 0.998 = \text{احتمال سالم بودن}$$

$$P = \frac{(0.08)(0.02)}{1 + (0.08)(0.02) - (0.08)} = 0.02 = \text{احتمال خراب بودن}$$

مثال: قطعه ای برای ساخت باید سه مرحله عملیاتی را طی کند. احتمال خرابی در مرحله اول 0.1 و در مرحله دوم صفر و در مرحله سوم 0.3 می باشد. اگر در مرحله سوم دوباره کاری داشته باشیم، آنرا عمل دوباره کاری انجام شود با احتمال 0.1 خراب شود. تقاضای برای محصول 100 می باشد. تعداد قطعه ورودی مرحله اول چقدر است؟



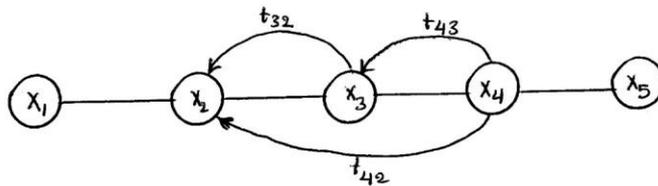
1 احتمال سالم بودن بعد از مرحله 1 =  $1 - P_1 = 0.9$

2 احتمال سالم بودن بعد از مرحله 2 =  $1 - P_2 = 1$

3 احتمال سالم بودن بعد از مرحله 3 =  $P = \frac{1 - P_3}{1 - P_3(1 - P_{r3})} = \frac{1 - 0.3}{1 - 0.3(1 - 0.1)} = 0.96$

$$x_i = \frac{N}{\prod_{j=i}^n (1 - P_j)} \rightarrow x_1 = \frac{N}{(1 - P_1)(1 - P_2)P}$$

$$x_1 = \frac{100}{0.9 \times 1 \times 0.96} = 115.7 \approx 116$$



حالت سوم

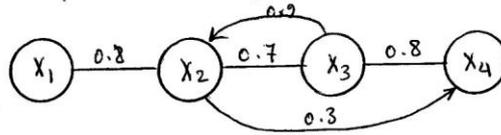
$t_{ij}$  = درصد انتقال = مقدار انتقال از گره  $i$  به گره  $j$

$$x_j = \sum x_i t_{ij}$$

$$x_2 = x_1 t_{12} + x_3 t_{32} + x_4 t_{42} \quad x_3 = x_2 t_{23} + x_4 t_{43}$$

$$x_4 = x_3 t_{34} + x_4 t_{44} \quad x_5 = x_4 t_{45}$$

مثال: در جریان خط تولید زیر مقدار ورودی به مرحله اول برای رسیدن به 1000 واحد خروجی از مرحله چهارم مقدار است؟



$$x_2 = 0.8x_1 + 0.2x_3 = 0.8x_1 + (0.2)(0.7)x_2$$

$$x_3 = 0.7x_2$$

$$x_4 = 1000 = 0.3x_2 + 0.8x_3 = 0.3x_2 + (0.8)(0.7)x_2 = 0.86x_2$$

$$\begin{cases} 0.86x_2 = 0.8x_1 \\ x_2 = \frac{1000}{0.86} \end{cases} \longrightarrow x_1 = 1250$$

تعیین تعداد ماشین آلات مورد نیاز در سیستم کارگاهی

$P_n$ : تعداد قطعه مورد نیاز برای هر عمل

$T_n$ : زمان استاندارد انجام عمل

$H_n$ : زمان تولید در دسترس برای انجام هر عمل

$U_n$ : ضریب استفاده (بهره وری) ماشین

$F_n$ : کسر ماشین مورد نیاز برای عمل  $n$  ام

$$F_n = \frac{P_n \cdot T_n}{H_n \cdot U_n}$$

$U_n$ : رصدهی از زمان ماشین که برای انجام عمل  $n$  ام در اختیار ماست و به عوامل زیر بستگی دارد:

- (۱) درجه تخصصی بودن ماشین: هرچه ماشین تخصصی تر باشد، ضریب استفاده از آن کوچکتر می شود.
- (۲) بستگی استفاده از ماشین: هرچه استفاده از ماشین بیشتر باشد و وقفه کاری نداشته باشیم،  $U_n$  کاهش می یابد.
- (۳) سیاست تعمیر و نگهداری: هرچه سیستم نگهداری و تعمیرات قوی تر باشد،  $U_n$  افزایش می یابد.
- (۴) زمان های آماده سازی: هرچه زمان آماده سازی زیادتر باشد،  $U_n$  کمتر است و زمان کار ماشین هم کمتر است.

مراحل مناسبه تعداد ماشین آلات:

- I - مناسبه کسر ماشین آلات مورد نیاز برای هر عمل
- II - جمع کردن تعداد ماشین مورد نیاز برای کل عملیات مناسبه
- III - برقراری توازن بین ماشین آلات
- IV - حک کردن نهایی تعداد ماشین آلات با توجه به برنامه تولید امکان پذیر

تست: در یک فرایند یکی هر قطعه ۴ دقیقه زمان تولید لازم است. اگر 500 قطعه در روز نیاز داریم با ۱۲ راندها 80 درصد ریک سفید 8 ساعت هم تعداد ماشین نیاز داریم؟

12 (۲)

8 (۳)

5 (۲)

1 (۱)

$$\text{تعداد ماشین} = \frac{\text{زمان تولید} \times \text{تعداد قطعه}}{\text{زمان در دسترس} \times \text{راندها}} = \frac{500 \times 4}{0.8 \times 8 \times 60} = 5.2$$

گزینه 2 صحیح است.

نسبت: زمان استاندارد تولید قطعه ای 2.8 دقیقه روی یک ماشین دریل است. این ماشین 80 درصد از زمان کار می‌کند و در زمانی هم که کار می‌کند، 95 درصد قطعات تولید می‌شود. اگر تقاضای این قطعه در هر شیفت 200 و 181 باشد، تعداد ماشین آلات مورد نیاز در هر شیفت مقدار است؟

- 1) 0.881      2) 0.982      3) 1.385      4) 1.535

$$\text{کسر ماشین} = \frac{\text{زمان تولید} \times \text{تعداد قطعه}}{\text{ضریب استفاده ماشین} \times \text{راندها} \times \text{زمان در دسترس}}$$

$$= \frac{200 \times 2.8}{8 \times 60 \times 0.95 \times 0.8} = 1.535$$

نسبت: سه محصول که به وسیله های تولید هر کدام بصورت زیر است و توسط ماشین آلات عمومی در یک واحد صنعتی تولید می‌شوند، در نظر گرفته می‌شوند. اگر زمان در اختیار برای هر سه محصول برای ماشین تراش 150 ساعت در ماه و زمان تولید روی ماشین تراش برای محصول 1، یک دقیقه، محصول 2، دو دقیقه و محصول 3، سه دقیقه باشد و اگر میزان تقاضا در ماه برای محصول 1، 3000 عدد، محصول 2، 3500 عدد و محصول 3، 4400 عدد باشد،

کسر تعداد ماشین آلات تراش لازم مقدار است؟

سنگ کاری → فرزکاری → تراشکاری	محصول یک
فرزکاری → تراشکاری → برش	محصول دو
تراشکاری → دریل کاری → برش	محصول سه

- 1) 2.58      2) 2.12      3) 2.33      4) 1.88

$$\text{کسر ماشین} = \sum \frac{\text{زمان تولید} \times \text{میزان تقاضا}}{\text{زمان در دسترس}} = \frac{3000 \times 1 + 3500 \times 2 + 4400 \times 3}{150 \times 60} = 2.58$$

نسبت: زمان استاندارد تولید یک قطعه 4 دقیقه، راندها ماشین 90 درصد و میزان تولید آن در یک شیفت 8 ساعته با فرض ضرایب صفر برابر 600 قطعه است. چند ماشین در این مفهوم تولیدی مورد نیاز است؟

- 1) 6      2) 5      3) 1      4) 4

$$\text{کسر ماشین} = \frac{\text{زمان استاندارد} \times \text{تعداد قطعه}}{\text{راندها} \times \text{زمان در دسترس}} = \frac{600 \times 4}{8 \times 60 \times 0.9} = 5.55 \approx 6$$

تست: یک محصول کارگاهی از سه ایستگاه تولید تشکیل شده است:

قطعه 600 3 → 2 → 1

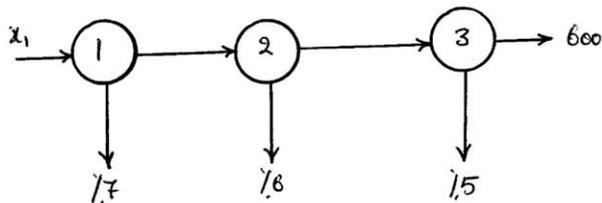
نرخ ضایعات در ایستگاه 3 مساوی 5 درصد محصول، نرخ ضایعات در ایستگاه 2 مساوی 6 درصد محصول،  
 (همان ایستگاه) و نرخ ضایعات در ایستگاه 1 مساوی 7 درصد محصول آن ایستگاه می باشد. در صورتیکه تعداد  
 محصول نهایی (در ایستگاه 3) برابر 600 قطعه در سفته 8 ساعت و زمان استاندارد تولید یک قطعه در ایستگاه یک  
 برابر 8 دقیقه فرض شود، با فرض راندمان 95 درصد میز ماشین در ایستگاه یک مورد نیاز است؟

5 (۴)

10 (۳)

13 (۲)

20 (۱)



$$x_i = \frac{N}{\pi (1 - P_i)} \Rightarrow x_1 = \frac{600}{(1 - 0.05)(1 - 0.06)(1 - 0.07)} = 722.5$$

$$\text{کسومین} = \frac{722.5 \times 8}{8 \times 60 \times 0.95} = 12.77 \approx 13$$

بالانس خط تولید

تعریف بالانس خط

عبارتست از تعداد میزان کاری من افراد، بخشها و تجهیزات  
زمان تأخیر (زمان از دست رفته)

✓ عبارتست از مجموع زمانهای باقیمانده (بیکاری) در ایستگاههای کاری

✓ زمان که واقعا صرف شده - زمانی که سیستم طی کرده = میزان تأخیر

✓ شرط تعادل (بالانس) کامل خط آنست که زمان تأخیر معادل صفر باشد.

پارامترهای مدل بالانس خط

$m$  = تعداد عملیات موازی

$n$  = تعداد ایستگاههای کاری

$c$  = زمان سیکل

$t_i$  = زمان انجام عمل  $i$  ام

$d$  = نسبت تأخیر

$R_i$  = راندهای ایستگاه  $i$  ام

$R$  = راندهای کل خط تولید

$T = \sum t_i$  زمان انجام کلیه عملیاتها

$$\text{زمان تأخیر} = nc - \sum_{i=1}^n t_i$$

$$d = \frac{nc - \sum_{i=1}^n t_i}{nc}$$

$$d=0 \rightarrow nc = \sum_{i=1}^n t_i \rightarrow n = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{c}$$

آنگاه  $d=0$  باشد، آنگاه شرایط زیر نیز برقرار است:

(الف)  $n$  عدد صحیح است.  $n=1, 2, 3, \dots$

(ب) زمان سیکل از همه  $t_i$  ها بزرگتر است.  $\max\{t_i\} \leq c \leq \sum_{i=1}^n t_i$

(ج) تعداد ایستگاه کاری از تعداد عملیات موازی کمتر است.  $n \leq m$

انفورم با لانس خط تولید

۱) زمان جمعی هر یک از دستگاهها را به ترتیب از آخر به اول محاسب کنید (جمع زمان دستگاههای بعدی)

۲) محاسبه زمان مسیكل و تعداد دستگاه کاری.

$$\text{زمان مسیكل (C)} = \frac{\text{زمان مفید}}{\text{تعداد اتمام مورد نیاز}} = \frac{\text{زمان موجود}}{\text{تعداد اتمام مورد نیاز}}$$

$$n = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\text{زمان مسیكل}} = \frac{\text{جمع زمان عملیات}}{\text{زمان مسیكل}}$$

۳) به ترتیب زمان جمعی تا زمانی که جمع زمانی عملیات از زمان مسیكل تجاوز نکرده عملیات را به دستگاه اول اختصاص دهید.

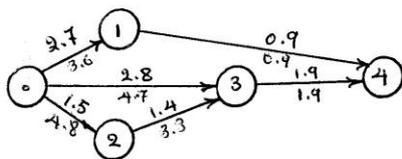
✓ در صورتیکه عملیات با اولویت اول قابل تخصیص نباشد عملیات با اولویت بعدی به شرط رعایت پیش نیاز و عدم تجاوز از زمان مسیكل قابل تخصیص است.

۴) رانزمان دستگاه را محاسبه کرده و به قدم سوم برگردید.

$$R = \frac{t_i}{\text{زمان مسیكل}} \quad \text{رانزمان کل خط} = \frac{\sum t_i}{\text{زمان مسیكل}}$$

۵) تخصیص عملیات را به دستگاههای بعدی تا اتمام دستگاهها و عملیات ادامه دهید.

مثال: شبکه تولید محصول مشخصی با زمان استاندارد در اختیار است. 160 واحد محصول در 8 ساعت کاری مفید روزانه تولید می شود. تعداد دستگاههای کاری و رانزمان خط را بدست آورید.



$$\sum t_i = 2.7 + 2.8 + \dots + 0.9 = 11.2$$

$$C = \frac{8 \times 60}{160} = 3 \text{ Min}$$

ایستگاه 1		ایستگاه 2		ایستگاه 3		ایستگاه 4	
د-2	1.5	ع-3	2.8	ع-1	2.7	3-4	1.9
2-3	1.4		2.8		2.7	1-4	0.9
	2.9						2.8

$$R_{\text{اسی}} = \frac{11.2}{3 \times 4} = 0.9333 = 93.33\%$$

$$R_{\text{واتی}} = \frac{11.2}{2.9 \times 4} = 0.9655 = 96.55\%$$

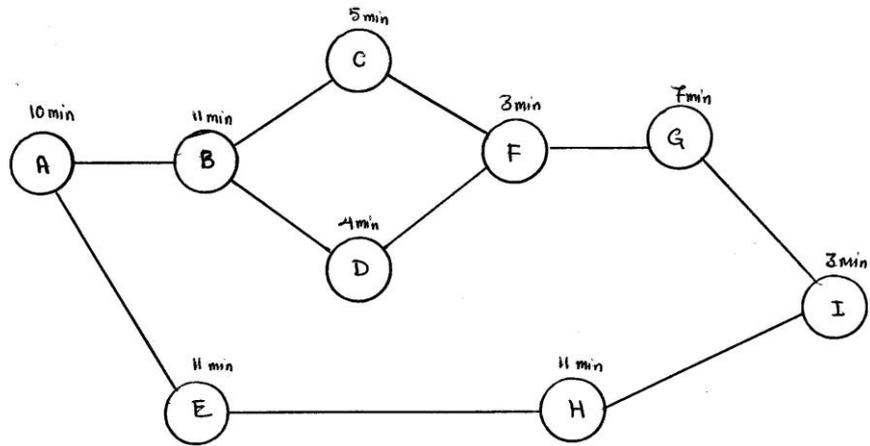
$$\text{تعداد ایستگاه محتمل} = \frac{\sum t_i}{c} = \frac{11.2}{3} = 3.7 \approx 4$$

مثال: شرکت پوشاک متوجه شد برای بخش الکترونیکی نایل خود یک نمودار رسم کرده و 65 دقیقه زمان مونتاژ دارد.

TASK	Assembly Time (min)	TASK MUST Follow
A	10	-
B	11	A
C	5	B
D	4	B
E	11	A
F	3	C, D
G	7	F
H	11	E
I	3	G, H

شرکت پوشاک مشخص کرد که 480 دقیقه در هر روز برای تولید و هر روز علاوه بر این، طبق زمانبندی تولید باید روزانه 40 تا تکمیل شود. چند ایستگاه کاری باید ایجاد شود؟

آنگار I، برای 3 دقیقه، 6 دقیقه زمان لازم داشته باشد، این تغییر چه تغییری در ساخت ایجاد می کند؟



$$\text{زمان سبیل (به دقیقه)} = \frac{480 \text{ (دقیقه)}}{40 \text{ (واحد)}} = 12 \text{ واحد/دقیقه}$$

$$\text{استگاه تعداد استیلاها} = \frac{\text{کل زمان}}{\text{زمان سبیل}} = \frac{65}{12} = 5.42 \approx 6 \text{ استیلا}$$

1 استیلا	2 استیلا	3 استیلا	4 استیلا	5 استیلا	6 استیلا
A 10	B 11	E 11	F 3	H 11	I 3
10	11	11	C 5	11	G 7
			D 4		10
			12		

$$\text{کارایی} = \frac{65 \text{ (Min)}}{6 \text{ (stations)} \times 12 \text{ (Minute)}} = \frac{65}{72} = 90.3\%$$

آدم هر دلیلی به های 6 استیلا ، 7 استیلا داشته باشیم ، کارایی کاهش می یابد .

$$\text{کارایی} = \frac{65 \text{ (Min)}}{7 \times 12} = \frac{65}{84} = 77.4\%$$

نست

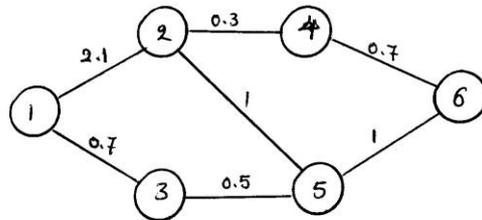
۱) در تعداد خط تولید، میانجی زمان سیکل با  $c$  و زمان ایستگاه کار با  $s_i$  نشان داده شود. از گاه در هم ایستگاههای کار:

۱)  $c \leq s_i$       ۲)  $c > s_i$       ۳)  $s = s_i$       ۴) هیچکدام

۲) شبکه تولید همراه با زمان استاندارد هر فعالیت در اختیار است. قرار است ۲۵۰ عدد محصول در روز با ۸ ساعت کار و در دو آشراکت ۲۵ دقیقه ای تولید شود. کدام گزینه صحیح است؟

۱) سه ایستگاه و ۱،۹۴،۴۵، زمان      ۲) چهار ایستگاه و ۱،۹۱،۴۵، زمان

۳) سه ایستگاه و ۱،۹۸،۴۵، زمان      ۴) چهار ایستگاه و ۱،۹۲،۴۵، زمان



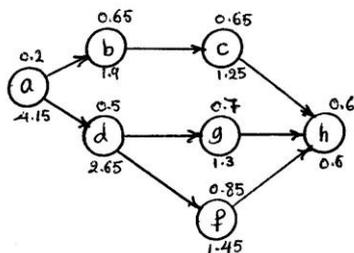
۱۴) نیروی انسانی لازم را جهت تعادل خط تولید زیر تعیین کنید. روزانه ۸ ساعت کار مفید و 320 محصول مورد نیاز است. زمان عملیات در هر دستگاه به حسب دقیق در دست است.

شماره عملیات	زمان استاندارد	۱	۲	۳
1	7.5	(4, 2, 3, 6)	(2, 3, 6, 4)	
2	3	(5, 2, 1, 6)	(2, 5, 6, 1)	
3	1.5			
4	9			

۴) در یک خط مونتاژ زمان عملیات مونتاژ در 6 دستگاه کاری مختلف با تجهیزات و نیروی انسانی یکسان عبارتست از: 9، 17، 11، 14، 14، 13 دقیقه است. ظرفیت تولید در یک شیفت کاری 8 ساعته با زمان 1100 و در دسترس می باشد، واحد است. با توجه به اطلاعات فوق:

- ۱) خط فوق در تعادل کامل نیست .  
 ۲) خط فوق در تعادل کامل است .  
 ۳) با زمان 7.95 خط در تعادل کامل است .  
 ۴) با صنایع 7.2 خط در تعادل کامل است .

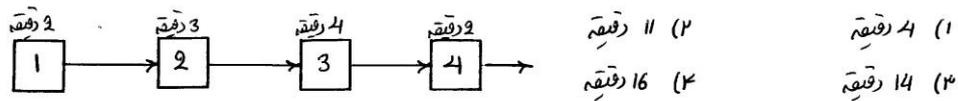
۵) نمودار تعدیم شکل روبرو، اجزاء مونتاژ را نشان میدهد. متوجه اجزای کاری را به سه ابزار تخصیص دهید. حداکثر نرخ تولید در ساعت در چه دامنه ای قرار می گیرد (زمانها دقیق هستند)؟



- ۱) حداکثر نرخ تولید  $< 38$   
 ۲) حداکثر نرخ تولید  $> 42$   
 ۳) حداکثر نرخ تولید  $> 88$   
 ۴) حداکثر نرخ تولید  $< 44$



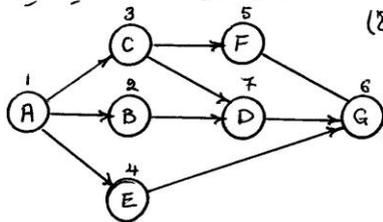
6) طول مدت زمانیکه یک محصول در خط تولید زیر قرار دارد، چقدر است؟ (صنایح-84)



7) کل تعداد نیروی انسانی لازم در یک خط تولیدی با شش عملیات و زمان مطالبی جدول زیر چقدر است؟ اگر تعدادی روزانه 500 واحد محصول باشد و فرض کنید که خط تولید در یک شیفت 8 ساعته با راندمان 90٪ کاری کند؟ (صنایح-84)

عملیات	زمان استاندارد (Min)	17 (1)	18 (2)
1	1.3		
2	2.5		
3	1.1		20 (4)
4	3.8		
5	1.9		
6	2.7		

8) خط مونتاژ کارخانه بصورت زیر است. اگر بتوان با راندمان استیگاه E را به  $\frac{1}{2}$  (یعنی 50 درصد) تحلیل دهیم، آنگاه راندمان خط مونتاژ بعد از بالانس خط چقدر است؟ (صنایح-85)



0.8 (2)      0.78 (1)  
0.93 (4)      0.91 (3)

9) در یک استیگاه مونتاژ که عملیات آن بصورت دستی انجام می پذیرد، 6 نوع محصول مونتاژ می گردد. اگر زمان مونتاژ برای 6 محصول به ترتیب 2، 3، 3.5، 4.5، 5 و 5 دقیقه باشد، اگر بخواهیم در یک شیفت 8 ساعته از هر کدام از محصولات 100 عدد تولید گردد به چه تعداد نیروی انسانی نیاز است. فرض کنید راندمان فعالیت در استیگاه 90٪ باشد؟

6 (4)      5 (3)      1 (2)      3 (1)

۱۰) برای ساخت محصول سه دستگاه مطابق جدول زیر طراحی شده است. قیمت فروش هر واحد محصول برابر با 70 و 180 و هزینه تولید هر محصول (به هر هزینه منابع) 5 واحد است. هزینه ساعتی هر منبع 20 واحد می باشد. اگر یک واحدهم تسکین کاری را به 2 دقیقه برسانیم، سود حاصل از تولید محصولات اضافی

شماره دستگاه	1	2	3
زمان عملیات (Min)	10	20	8
تعداد منبع	3	6	4

در یک دوره زمانی یک ساعت مقدار است؟ (صنایح - 83)

۱) صفر 180 (۲)

۲) 420 (۳) ۴) هزار هجده (۴)

۱۱) در صورتیکه نرخ تولید 200 واحد در روز از محصولی مورد نظر باشد، این تولید نیاز به انجام 5 عمل داشته باشد که

به ترتیب دارای زمانهای 5، 6.5، 7، 15، 2.5 دقیقه باشد، با کارایی 95٪، چند اپراتور باید استخدام کرد؟

۱) 7

۲) 9

۳) 15

۴) 16

۱۲) در یک خط مونتاژ 7 عمل با زمانهای 4، 3، 2.5، 5، 1.5، 3، 2 دقیقه انجام می شود. جهت تولید 500

واحد در یک شیفت 8 ساعته با کارایی 95٪ چند اپراتور لازم است؟

۱) 23

۲) 21

۳) 20

۴) 19

نوع عمل	زمان هر عمل	آد عملیات
3	—	A
1	—	B
2	A	C
1	B, C	D
3	—	E
2	D	F
3	F	G

۱۳) عملیات مونتاژ یک محصول به شرح جدول زیر است.

تقاضای روزانه محصول 96 واحد، ساعات تولیدی روزانه

8 ساعت است. حداقل تعداد دستگاه کاری لازم برابر

است با:

۱) 3 (۲) 4 (۳) 5 (۴) 6

## زمانبندی (Scheduling)

هدف از زمانبندی، تخصیص و اولویت‌بندی تقاضا به امکانات سیستم است.

زمانبندی روی هلو و رو به عقب

زمانبندی‌های توأند روی هلو و رو به عقب شروع می‌شود. زمانبندی روی هلو زمانبندی را از موقع شروع و معرفی کار آغاز می‌کند. این روش در بیمارستانها، کلینیک‌ها و رستورانها اهما می‌شود. در این سیستم‌ها، کارها بر اساس سفارش مشتری انجام می‌شود و معمولاً در زودترین زمان ممکن برای تحویل آماده می‌شود.

برنامه‌ریزی جامع

این برنامه‌ریزی جامع دارای اخصی است، بازدهی سیستم و منابع آن است. در این برنامه از دیدگاه استراتژیک به بیان کلیات طرح تولید می‌پردازیم و در سطحی کلان، میزان کالای تولیدی به عنوان هدف برنامه‌ریزی تولید اعلام می‌گردد.

بارگذاری

در بارگذاری تصمیم می‌گیریم که یک فعالیت تولیدی را به کدام یک از کارگاه‌های تولیدی اختصاص دهیم.

اولویت‌بندی

در اولویت‌بندی تعیین می‌کنیم که ترتیب انجام کارهای مختلف تخصیص داده شده به یک کارگاه تولیدی بر اساس چه منطقی روی ماشین آلات تولیدی بارگذاری می‌شود.

زمانبندی

در زمانبندی، برنامه کاری کارکنان که شامل زمان تقویمی و استاندارد شروع و خاتمه هر فعالیت است، بطور دقیق مشخص می‌شود.

روشهای اولویت‌بندی انجام سفارشات

(۱) روش انجام سفارش به ترتیب ورود (FCFS)

(۲) روش کوتاهترین زمان عملیات (SPT)

(۳) روش حداقل نفود متوسط زمان تأخیر سفارش (Slack)

(۴) روش زودترین زمان سررسید (DD)

(۵) روش حداقل نسبت بحرانی (CR)

۶- روش جانسون

۷- روش حداقل میانگین معزول

۸- روش مور (Moore)

روش FCFS

در این روش سفارش‌های کاری به ترتیب ورود به کارگاه تولیدی روی ماشین آلات بارگذاری می‌شوند.

نکته: هنگامی که در سطوح بارش تولید می‌کنیم، روش FCFS بهترین روش است.

مثال: سفارشات رسیده به یک کارگاه تولیدی و زمان لازم برای پردازش و تحویل آنها در جدول زیر آمده است.

کار	زمان لازم برای پردازش	زمان تحویل
A	7	13
B	4	12
C	8	15
D	9	14

با روش FCFS این فعالیتها را اولویت بندی کنید.

Hint: اولین کار را از زمان صفر شروع کرده و زمان تکمیل برابر مجموع زمان شروع و زمان پردازش است. همچنین زمان شروع کاری همان زمان کار قبلی است و تأخیر برابر است با تاریخ تکمیل منهای تاریخ سررسید و اگر تاریخ تکمیل زودتر و یا برابر با تاریخ سررسید باشد، تأخیر برابر صفر است.

تأخیر	تاریخ تحویل	تاریخ تکمیل	زمان پردازش	توالی
0	13	7	7	A
0	12	11	4	B
4	15	19	8	C
14	14	28	9	D
18	-	28	28	مجموع کل

$$\text{متوسط تعداد سفارشات در سیستم} = \sum_{x=1}^4 \frac{\text{زمان پردازشها در سیستم}}{\text{زمان تکمیل سفارشها}} = \frac{4 \times 7 + 3 \times 4 + 2 \times 8 + 1 \times 9}{28} = \frac{65}{28} = 2.32$$

$$\text{متوسط تعداد سفارش در صف} = \sum_{x=1}^4 \frac{\text{زمان پردازشها در صف}}{\text{زمان تکمیل سفارشها}} = \frac{3 \times 7 + 2 \times 4 + 1 \times 8 + 0 \times 9}{28} = \frac{37}{28} = 1.32$$

## روش SPT :

فعالیت‌های تولیدی بر اساس کوتاه‌ترین زمان پردازش (تولید) روی ماشین آلات با گذاری می‌شوند. هدف اصلی این روش، حداقل نمودن متوسط زمان تکمیل هر سفارش است که به تبع آن میزان موجودی و کالا نیمه ساخته نیز حداقل می‌گردد.

### نکات مهم :

✓ روش SPT نسبت به سایر روش‌ها رهنمای نیمی بستری برای مشتریان ایجاد می‌کند و این روش در سیستم‌های فنجان‌بستری کاربرد را دارد.

✓ روش SPT هنگامی مفید است که کالاهای تولیدی از نظر حجم سفارش تولیدی بسیار متراکم شده باشند.  
✓ برای اولویت‌بندی فعالیت‌هایی که محصول خروجی آنها باید در آینده با محصولات دیگر موازنه شود، روش SPT روش نیمی است.

مثال قبلی را با روش SPT حل کنید.

روش SLACK

در این روش فعالیت‌های تولیدی بر اساس این اصل که فعالیت‌های دارای اولویت است که حداقل تأخیر در سفارش را داشته باشد، اولویت‌بندی می‌شوند. تأخیر مدت زمانی است که تولید محصولات را می‌تواند به تعویق انداخت، بدون آنکه از موعد تحویل دیرتر شود.

$$\text{Slack} = \text{زمان پردازش سفارش} - (\text{تاریخ امروز} - \text{تاریخ تحویل})$$

تاریخ تحویل	تاریخ تکمیل	زمان پردازش	توانی	تأخیر
14	9	9	D	0
13	16	7	A	3
15	24	8	C	9
12	28	4	B	16
-	28	28	مجموع کل	28
-	-	-	میانگین	7

$$\text{Slack} = \text{سفارش A} = (13 - 0) - 7 = 6$$

$$\text{Slack} = \text{سفارش B} = (12 - 0) - 4 = 8$$

$$\text{Slack} = \text{سفارش C} = (15 - 0) - 8 = 7$$

$$\text{Slack} = \text{سفارش D} = (14 - 0) - 9 = 5$$

$$\text{متوسط تعداد سفارش در سیستم} = \frac{4 \times 9 + 3 \times 7 + 2 \times 8 + 1 \times 4}{28} = \frac{77}{28} = 2.75$$

$$\text{متوسط تعداد سفارش در صف} = \frac{3 \times 9 + 2 \times 7 + 1 \times 8 + 0 \times 4}{28} = \frac{49}{28} = 1.75$$

روش DD

در این روش سفارش‌های کاری براساس زودترین موعد تحویل اولویت بندی می‌شوند. نظریه‌ای که فعال‌ترین کم‌زودترین تاریخ تحویل را داشته باشد، اولویت بالاتری خواهد داشت.

روش CR

در این روش سفارش‌های کاری براساس کم‌ترین نسبت مجرای می‌شوند، خود محاسبه نسبت مجرای لپورک

زیراست:

$$CR = \frac{\text{زمان تحویل}}{\text{زمان پردازش}}$$

روس هانسون

این روس برای اولویت بندی سفارش های کاری بین دو کارگاه بکاری بود که فعالیت های تولیدی آنها به یکدیگر وابسته هستند، مراحل روس هانسون به شرح زیر می باشد:

- ۱) حداقل زمان موجود از بین تمام زمان ها را مشخص می کنیم.
- ۲) اگر این زمان متعلق به کارگاه شماره (۱) باشد، سفارش را در ابتدا قرار داده و اگر این زمان متعلق به کارگاه شماره (۲) باشد، آن سفارش را در انتها قرار می دهیم.
- ۳) پس از تعیین ترتیب اولویت سفارش در مرحله ۲، زمانهای متعلق به آن سفارش را از جدول حذف می کنیم.
- ۴) به مرحله ۱ برگشته و مرحله (۱) تا (۳) را برای تمامی سفارش ها تکرار می کنیم تا ترتیب تمامی سفارش ها تعیین شود.

نکته: الگوریتم هانسون در شرایطی که فرآیند تولید بین دو کارگاه متوالی همزمان داشته باشد، کاربرد داشته و یک روس ابتکاری است.

نکته: الگوریتم هانسون برای ۳ فعالیت متوالی هم با دو فعالیت کمتری کاربرد دارد، بدین صورت که بانسی ۳ فعالیت متوالی را به ۲ فعالیت مجازی تبدیل نمود (فعالیت دوم به عنوان فعالیت مشترک اول و دوم در نظر گرفته شود).

مثال: فرض کنید یک خط شکل دهی فلزات، یک سفارش کاری را که مستلزم دو فعالیت پرس و همس آمیت را در بر می آید. اطلاعات مورد نیاز در جدول زیر آمده است. ترتیب انجام سفارش ها را بر اساس روس هانسون تعیین نماید.

استگاه کار	۱	۲	۳	۴	۵	۶
پرس	۳۰	۳۵	۷۰	۶۰	۱۵	۲۵
همس آمیت	۴۵	۲۰	۵۵	۵۰	۶۰	۷۵

روش حداقل میانگین مفزون انجام کار (WSPT)

در شرایطی که سفارش‌های کاری دارای اولویت باشند، از روش حداقل میانگین مفزون انجام کار استفاده می‌شود. در این روش هر سفارشی که میانگین مفزون کمتری باشد، دارای اولویت بالاتری است. (نسبت  $\frac{T_i}{w_i}$  هر فعالیتی که کمتر باشد، دارای اولویت بالاتری است).

مثال: سفارشات کار و وزنهای ترتیبی آن مطابق جدول زیر است. اولویت انجام کار بر اساس حداقل میانگین مفزون انجام کار، کدام است؟

سفارش	1	2	3	4	5	6
زمان عملیات	40	85	50	20	30	68
وزن ترتیبی	2	4	7	4	8	3

روش مور Moore

روش مور، روشی است بر پایه این اصل است که تعداد سفارش‌هایی که با برکرد انجام می‌شوند، حداقل باشد. مراحل این روش بدین صورت می‌باشد:

۱) کلیه سفارش‌ها را به ترتیب زودترین زمان تحویل مرتب می‌کنیم.

۲) به ترتیب سفارش‌ها را به ماشین‌ها تخصیص داده و زمان پردازش را محاسبه می‌کنیم. بنابراین مورگومل سفارش پس از زمان پردازش جمع می‌باشد، آن سفارش را تخصیص می‌دهیم و در صورتیکه مورگومل کوچکتر یا مساوی زمان پردازش جمع سفارش باشد، آن سفارش را از نظر اولویت انجام کار در انتها قرار می‌دهیم.

اساس روش مورد بر هداقت نمودن تعداد سفارشات هائی است که با در کرد انجام می پذیرد. ترتیب انجام سفارشات که در روش Moore بر اساس زودترین زمان تحویل است. سپس بر مبنای تسریع بودن زمان تحویل نسبت به زمان پردازش تجزیه سفارشات که تخصیص داده میشوند. بنابراین زمان تحویل از زمان تجزیه کمتر باشد، سفارشات به آنها ورود، در غیر این صورت در انتهای اقراره گردد.