

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین

دانشکده صنایع و مکانیک

گزیده ای از مطالب درس ارزیابی کار و زمان

مدرس : مهندس محمد حسین رضایی

بهره وری (Productivity) :

$$\text{بهره وری} = \frac{\text{ستاده}}{\text{داده}}$$

داده ها می توانند موارد زیر را شامل شوند :

- زمین و ساختمان
- مواد اولیه
- ماشین آلات
- نیروی انسانی

رابطه بهره وری و سودآوری:

$$\text{هزینه} - \text{درآمد} = \text{سود}$$

$$\text{سودآوری} = \frac{\text{درآمد}}{\text{هزینه}} = \frac{\text{قیمت فروش واحد} \times \text{مقادیر خروجی}}{\text{هزینه هر واحد} \times \text{مقادیر ورودی}} = \text{بهره وری} \times \text{بازیافت قیمت}$$

- نظر آوودیلو در خصوص رابطه بهره وری و سودآوری :

آنچه باید انجام داد	آنچه اتفاق می افتد	سودآوری	بهره وری
حفظ یا افزایش بهره وری	وضعیت مالی منطقی و پایدار است.	بالا	بالا
بهبود بهره وری	بهره وری پایین در بلند مدت پایدار نیست. بهره وری پایین در بلند مدت باعث به زیان رساندن مؤسسه می شود.	بالا	پایین
تقویت راهبرد بازار از طریق اتخاذ	سودآوری پایین در بلند مدت موجب به زیان		

سیاست های مناسب بازاریابی، تبلیغاتی، قیمت گذاری و ...	رساندن مؤسسه می شود و باعث تعطیلی و ورشکستگی می گردد .	پایین	بالا
بهبود بهره وری و تقویت راهبرد بازار از طریق اتخاذ سیاست های مناسب بازاریابی، تبلیغاتی، قیمت گذاری و ...	تعطیلی - ورشکستگی	پایین	پایین

رابطه بهره وری و زمان (راه های افزایش بهره وری) (عوامل کاهش بهره وری) :

مدت زمان اصلی تولید: مدت زمانی که طول می کشد تا یک کالا تولید شود به

شرطی که تمام شرایط حاکم بر تولید کالا ایده آل باشد. (t)

$$T = t + A + B + C + D$$

A: مدت زمانی که به واسطه **نقص در طراحی** محصول، به زمان اصلی تولید اضافه می شود.

B: مدت زمانی که به واسطه **نقص در فرآیند تولید** محصول به زمان اصلی تولید اضافه می شود.

C: مدت زمانی که به واسطه **قصور مدیریت** به زمان اصلی تولید اضافه می شود.

D: مدت زمانی که به واسطه **قصور کارکنان** به زمان اصلی تولید اضافه می شود.

- **نقص در طراحی محصول: (A)**

A1 : طراحی بد محصول

A2: عدم یکنواخت سازی محصول

A3: اتخاذ استانداردهای کیفی نامناسب

الف) سخت گیری بی مورد

ب) سهل گیری بی مورد

A4: طراحی بد محصول که منجر به افزایش دور ریزها می شود.

- نقص در فرآیند تولید محصول : (B)

B1 : استفاده از ماشین نامناسب

B2 : انجام فرآیند در شرایط نامناسب

B3 : استفاده از ابزار نامناسب

- قصور مدیریت (C) :

C1 : تنوع بیش از حد محصول

C2 : عدم یکنواخت سازی محصول

C3 : تغییرات بیش از حد محصول

C4 : برنامه ریزی تولید نامناسب

C5 : برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات نامناسب

C6 : شرایط محیطی نامناسب

C7 : حوادث (ناشی از قصور مدیریت)

- قصور کارگران (D) :

D1 : غیبت ، تأخیر ، کم کاری

D2 : بی دقتی در کار

D3 : حوادث (ناشی از قصور کارگران)

مطالعه روش:

ثبت و بررسی راه های موجود و پیشنهادی انجام کار به منظور ایجاد و به کارگیری راه

های ساده تر و کم هزینه تر.

قدم های مطالعه روش :

۱- انتخاب کار :

- ملاحظات فنی

- ملاحظات اقتصادی

- ملاحظات انسانی

۲- ثبت روش فعلی:

این ثبت باید کاملاً دقیق بوده و تمام موارد را شامل شود، لذا به ابزار مناسبی جهت ثبت نیازاست. روش های ذهنی و یادداشت برداری مناسب نیستند. ابزارهای ثبت روش عبارتند از :

الف) نمودارها Charts :

Operation Process Chart (O.P.C)	- نمودار فرآیند عملیات
Flow Process Chart (F.P.C)	- نمودار فرآیند جریان
Gang Process Chart	- نمودار فرآیند گروهی
Assembly Chart	- نمودار مونتاژ
Man- Machine Chart	- نمودار انسان - ماشین
Two Handed Process Chart	- نمودار فرآیند کار با دو دست
Travel Chart	- نمودار حرکت
Simo Chart	- نمودار سیکل حرکات همزمان

ب) دیاگرام ها Diagrams :

Flow Diagram	- دیاگرام جریان
String Diagram	- دیاگرام ریسمانی
Cyclegraph	- دیاگرام سیکل نگار
ChronoCycle Graph	- دیاگرام سیکل نگار زمانی

۳- بررسی منتقدانه روش فعلی :

این بررسی توسط سلسله ای از سئوالات انجام می پذیرد. (4W, 1H)

What	Where	When	Who	How
چه کاری	کجا	چه موقع	توسط چه شخصی	چگونه

نتیجه	سؤال	مورد سؤال
حذف کارهای غیر ضروری	<p>چه کاری انجام می شود؟</p> <p>- چرا این کار انجام می شود؟</p> <p>- چه کار دیگری ممکن بود انجام شود؟</p> <p>- چه کار باید انجام شود؟</p>	<p>هدف از انجام کار</p> <p>What</p>
بهترین مکان انجام کار	<p>- کجا انجام می شود؟</p> <p>- چرا آنجا انجام می شود؟</p> <p>- چه جای دیگری ممکن بود انجام شود؟</p> <p>- چه جایی باید انجام شود؟</p>	<p>مکان انجام کار</p> <p>Where</p>
<p>- تنظیم مجدد توالی کارها</p> <p>- همزمان سازی انجام کارها</p>	<p>- چه موقع انجام می شود؟</p> <p>- چرا آن موقع انجام می شود؟</p> <p>- چه موقع دیگری ممکن بود انجام شود؟</p> <p>- چه موقعی باید انجام شود؟</p>	<p>توالی انجام کار (موقع انجام کار)</p> <p>When</p>
بهترین شخص انجام کار	<p>- چه شخصی کار را انجام می دهد؟</p> <p>- چرا آن شخص کار را انجام می دهد؟</p>	<p>شخص انجام دهنده کار</p> <p>Who</p>

	<p>- چه شخص دیگری ممکن بود کار را انجام دهد؟</p> <p>- چه شخصی باید کار را انجام دهد؟</p>	
<p>بهترین وسایل و طریقه انجام کار</p>	<p>- به چه طریق انجام می شود؟</p> <p>- چرا به آن طریق انجام می شود؟</p> <p>- به چه طریق دیگری ممکن بود انجام شود؟</p> <p>- به چه طریق باید انجام شود؟</p>	<p>طریقه انجام کار یا وسایل انجام کار</p> <p>How</p>

۴- ایجاد روش اصلاح شده:

- ثبت روش پیشنهادی جهت مقایسه با روش فعلی

- تعیین مزایا و معایب هر دو روش

- نتیجه گیری

- اگر نتیجه گیری در قدم چهارم، منجر به انتخاب روش پیشنهادی شد، به قدم پنجم

می رویم.

۵- مشخص کردن روش پیشنهادی:

- شرح کامل روش

- لیست لوازم و وسایل مورد نیاز

- نقشه میز کار و محل کار

۶- برقراری روش اصلاح شده:

- جلب موافقت مدیر مربوطه
- جلب موافقت مسئول مربوطه
- جلب موافقت کارگران مربوطه
- آموزش کارگران مربوطه
- حفظ ارتباط با کارگران تا برقراری کامل روش

۷- حفظ روش اصلاح شده

نمودارها و دیاگرام ها

نمودار فرایند عملیات (O.P.C) :

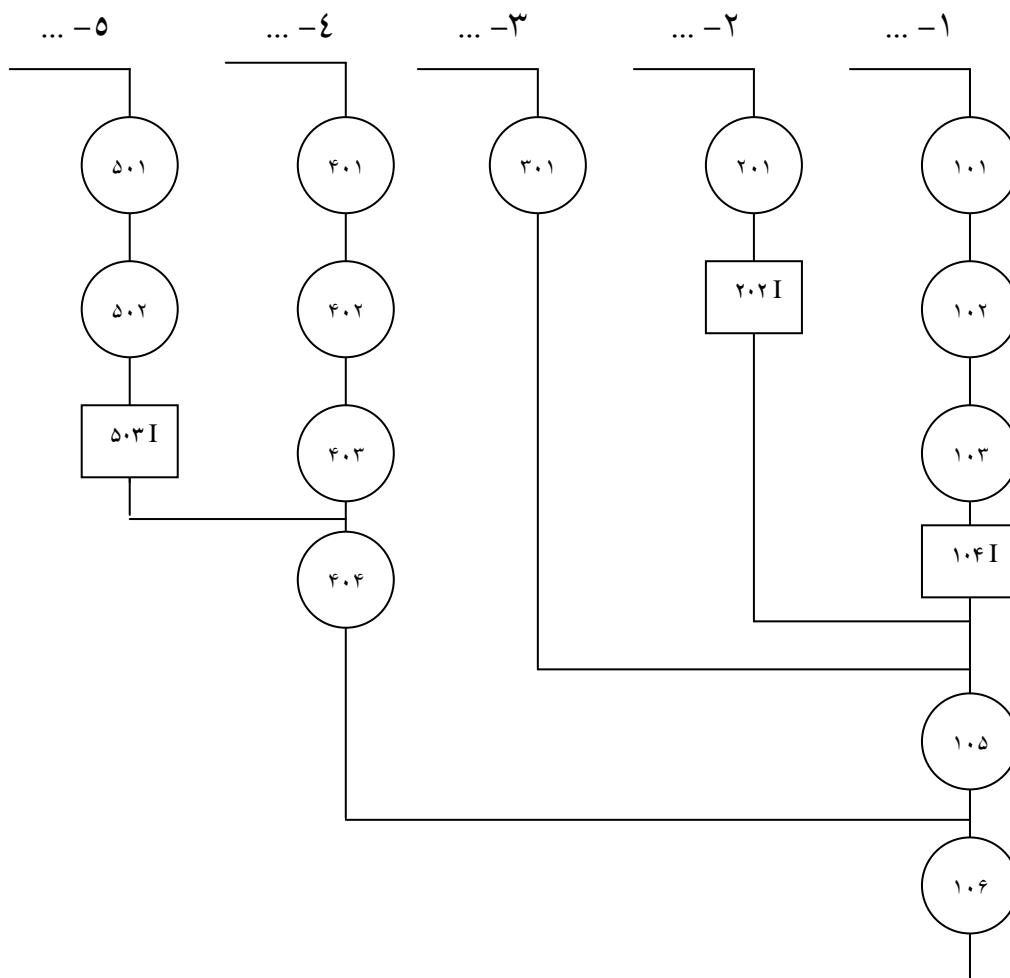
○ : عملیات Operation : هرگونه تغییر حالت اعم از فیزیکی یا شیمیایی که ما را

یک قدم به محصول نهایی نزدیکتر کند.

□ : بازرسی Inspection : کنترل کمی یا کیفی محصول

☐ : اگر بازرسی در بطن عملیات بوده از این علامت استفاده می شود.

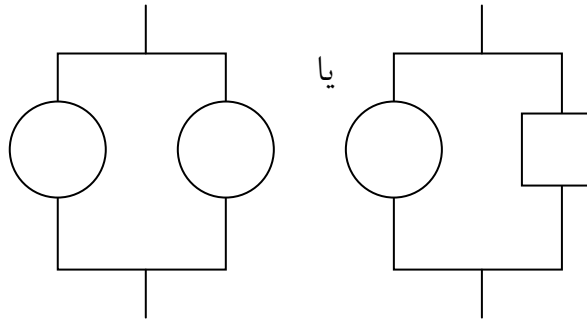
- چگونگی رسم نمودار : O.P.C :



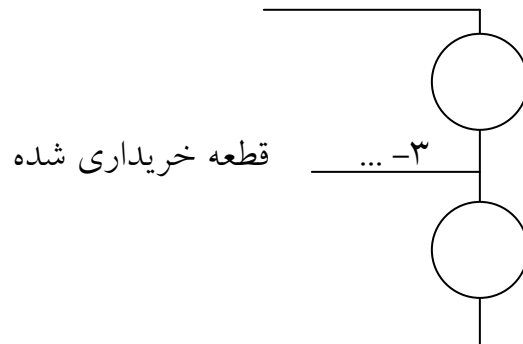
- نکاتی که باید در رسم O.P.C رعایت نمود :

- ۱) اصلی ترین قطعه محصول در منتهی الیه سمت راست کاغذ نشان داده شده و قطعات دیگر در سمت چپ آن آورده می شود.
- ۲) شرح هر عمل یا بازرسی در سمت راست سمبل آن نوشته می شود.
- ۳) مدت زمان هر عمل یا بازرسی در سمت چپ سمبل آن نوشته می شود.
- ۴) یک سیستم کدگذاری مناسب برای عملیات ها و بازرسی ها باید در نظر گرفته شود.

۵) دو عمل همزمان به صورت موازی و به شکل زیر نشان داده می شود:



۶) قطعاتی که خریداری می شوند، به صورت زیر نشان داده می شوند:



۷) تلاقی خطوط در نمودار باید حداقل شود.

۸) هر نمودار باید دارای راهنما باشد، راهنمای نمودار در جنوب غربی کاغذ کشیده می شود.

نمودار فرایند عملیات اسبک موتور	
ترسیم کننده :	تاریخ ترسیم :
تصویب کننده :	تاریخ تصویب :
وضع موجود/پیشنهادی	نسخه : (ورژن)

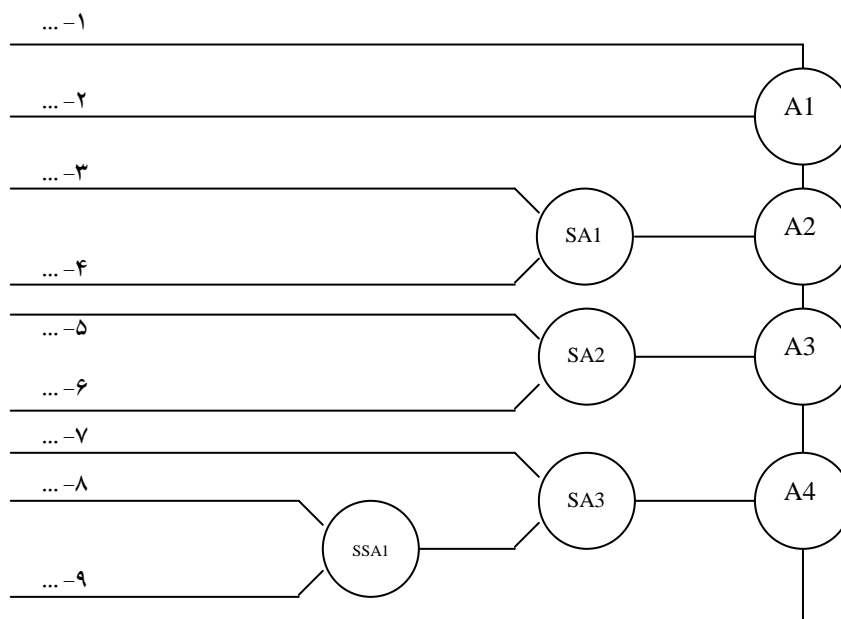
۹) گاهی اوقات برای جلوگیری از شلوغی نمودار، جدولی را مطابق جدول زیر

ضمیمه نمودار کرده و اطلاعات روی نمودار را داخل آن منعکس می کنیم.

ضمیمه نمودار فرایند عملیات اسبک موتور			
کد عمل	شرح عمل	زمان	توضیحات
۱۰۱	برشکاری شناسی	30'	---

نمودار مونتاژ :

- این نمودار مراحل مونتاژ یک محصول را نشان می دهد



نمودار فرایند جریان F.P.C :

این نمودار جریان یک فرایند را به ما نشان می دهد.

در این نمودار علاوه بر دو سمبل دایره و مربع، از سه سمبل دیگر نیز استفاده می شود:

⇒ : حمل و نقل Transportation : هر گونه تغییر مکان مواد، کارگر، تجهیزات

از محلی به محل دیگر . (معمولاً بیشتر از یک متر)

D : تأخیر Delay : توقف غیر ضروری در کار. (توقف ضروری در کار

Operation می شود)

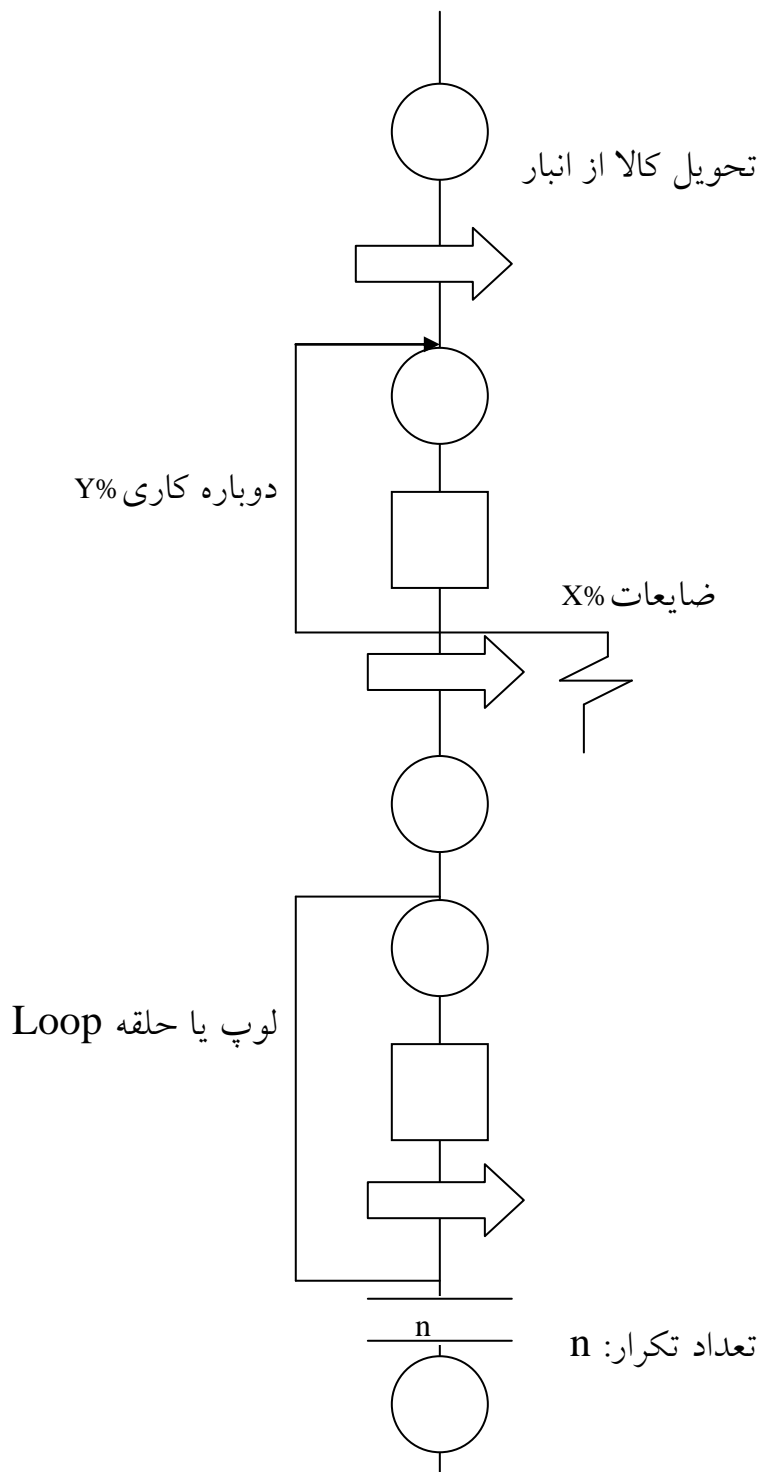
▽ : ذخیره سازی Storage : ذخیره سازی محصول به طور موقت یا دائم .

- نحوه رسم نمودار :

الف) ستونی ب) جدولی

نکته : این نمودار را از ۳ بعد مواد، تجهیزات، یا نیروی انسانی می توان رسم کرد.

ستونی:











جدولی

اطلاعات سربرگی								
توضیحات	زمان	سمبل					شرح عمل	کد عمل
		▽	D	⇒	□	○		
	۱۵'					×	تحویل کالا از انبار	۱۰۱
	۱۰'			×			حمل کالا به کنار دستگاه تراش	۱۰۲

نمودار فرایند کار با دست:

○ : حرکت دست

○ : عملیات‌های دست

اطلاعات سربرگی								
کد عمل دست چپ	شرح عمل دست چپ	سمبل	زمان	زمان غالب	زمان	سمبل	شرح عمل دست راست	کد عمل دست راست
۱۰۱ L	حرکت دست به سمت کاغذ		4"	4"	4"		حرکت دست به سمت چپ	۱۰۱ R
۱۰۲ L	گرفتن کاغذ		3"	3"	3"		گرفتن قلم	۱۰۲ R
--			-	3"	3"		درآوردن قلم از جیب	۱۰۳ R
۱۰۳ L	آوردن کاغذ روی میز		4"	5"	5"		آوردن قلم به روی میز	۱۰۴ R

نمودار حرکت :

نمودار آمد و شد:

جدول از - به :

ماتریس از - به :

به



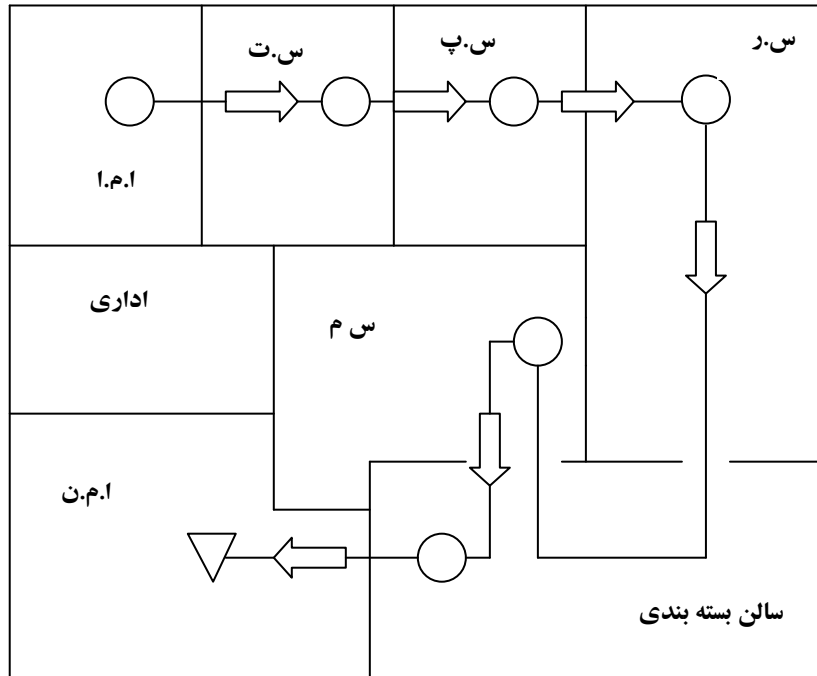
	ام ا	س ت	س پ	س ر	س م	ام ن
انبار اولیه مواد		۲				
سالن تراش	۱		۳	۴		
سالن پرس	۱	۱		۳	۲	
سالن رنگ					۴	
سالن مونتاژ						۴
انبار مواد نهایی						

از



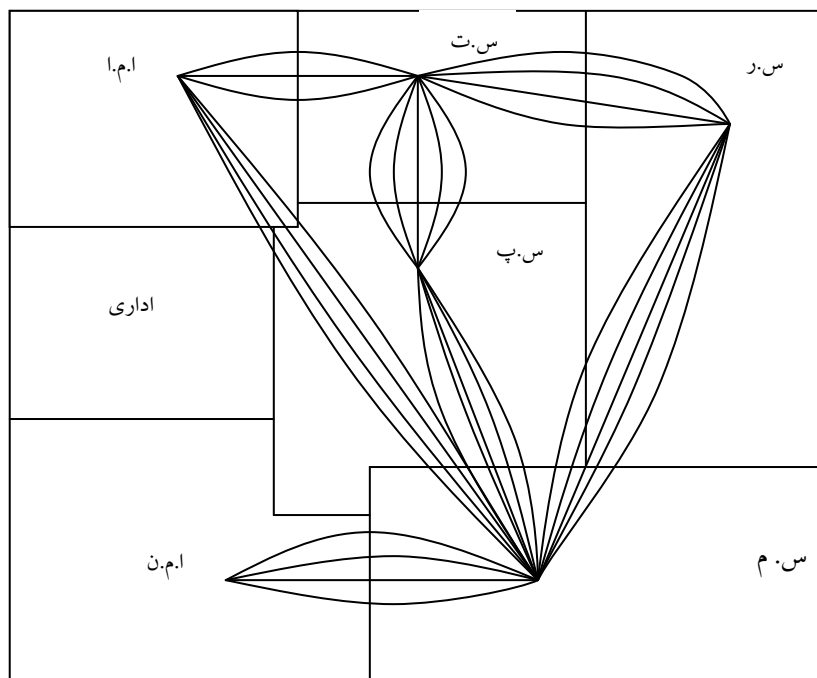
دیاگرام جریان : F.D.

اگر F.P.C ستونی را روی نقشه محل مورد مطالعه پیاده کنیم F.D. پدید می آید.



دیاگرام ریسمانی : String D.

اگر اطلاعات جدول از - به را روی نقشه محل مورد مطالعه منتقل کنیم String D. پدید می آید.



برنامه ریزی کار روی ماشین (حالت قطعی) :

الف (دید ترسیمی

همان طوری که می دانیم، فرایندهای تولید را می توان به سه حالت تقسیم نمود. فعالیت های توأم انسان و ماشین ، فعالیت های صرفاً توسط انسان و فعالیت هایی که صرفاً توسط ماشین انجام می شوند.

بدیهی است چنانچه تمام ماشین ها به یک اپراتور اختصاص یابند، ماشین ها بیکاری خواهند داشت و از طرفی چنانچه به هر ماشین یک اپراتور اختصاص یابد، کارگر بیکاری خواهد داشت.

هدف در برنامه ریزی کار روی ماشین، آن است که تعداد ماشین بهینه اختصاص یافته به یک اپراتور را بدست آوریم.

- چنانچه مدت زمان عملیات های فوق، مشخص و معین باشد، حالت قطعی گفته می شود.

- برنامه ریزی کار روی ماشین را می توان به کمک دو گروه المنت (عنصر یا جزء) انجام داد:

الف) المنت های کوچک : این گروه شامل ۵ المنت به قرار زیر است:

۱- تنظیم (Setup – SU): آماده سازی ماشین جهت انجام عملیات برنامه ریزی

شده .

۲- قرار دادن قطعه روی ماشین (**Load - L**): قرار دادن قطعه روی ماشین یا پر کردن ماشین از مواد، مانند بستن قطعه به ماشین.

۳- برداشتن قطعه از روی ماشین (**Unload - UL**): باز کردن قطعه از روی ماشین یا تخلیه ماشین از مواد .

۴- انجام عمل (**Do-Do**): انجام عمل برنامه ریزی شده روی ماشین .

۵- برداشتن دورریزها (**Putaway - PA**): برداشتن دورریزها و مواد زاید مانند براده از روی ماشین.

ب) المنت های بزرگ: این گروه المنت شامل دو المنت به قرار زیر است :

۱- سرویس (**S - Service**): انجام هر نوع کار یا عمل روی ماشین به طوری که هم ماشین و هم اپراتور توأمأً درگیر باشند.

۲- انجام عمل (**R - Run**): عیناً معادل DO می باشد.

مثال: عملیات های لازم برای سوراخکاری یک قطعه ریخته گری شده به قرار زیر است:

۱- برداشتن قطعه، گذاشتن قطعه در قرارگاه، بستن قطعه، پایین آوردن مته جهت تنظیم سوراخکاری . این عمل معادل L با زمان 0.5' (نیم دقیقه) می باشد.

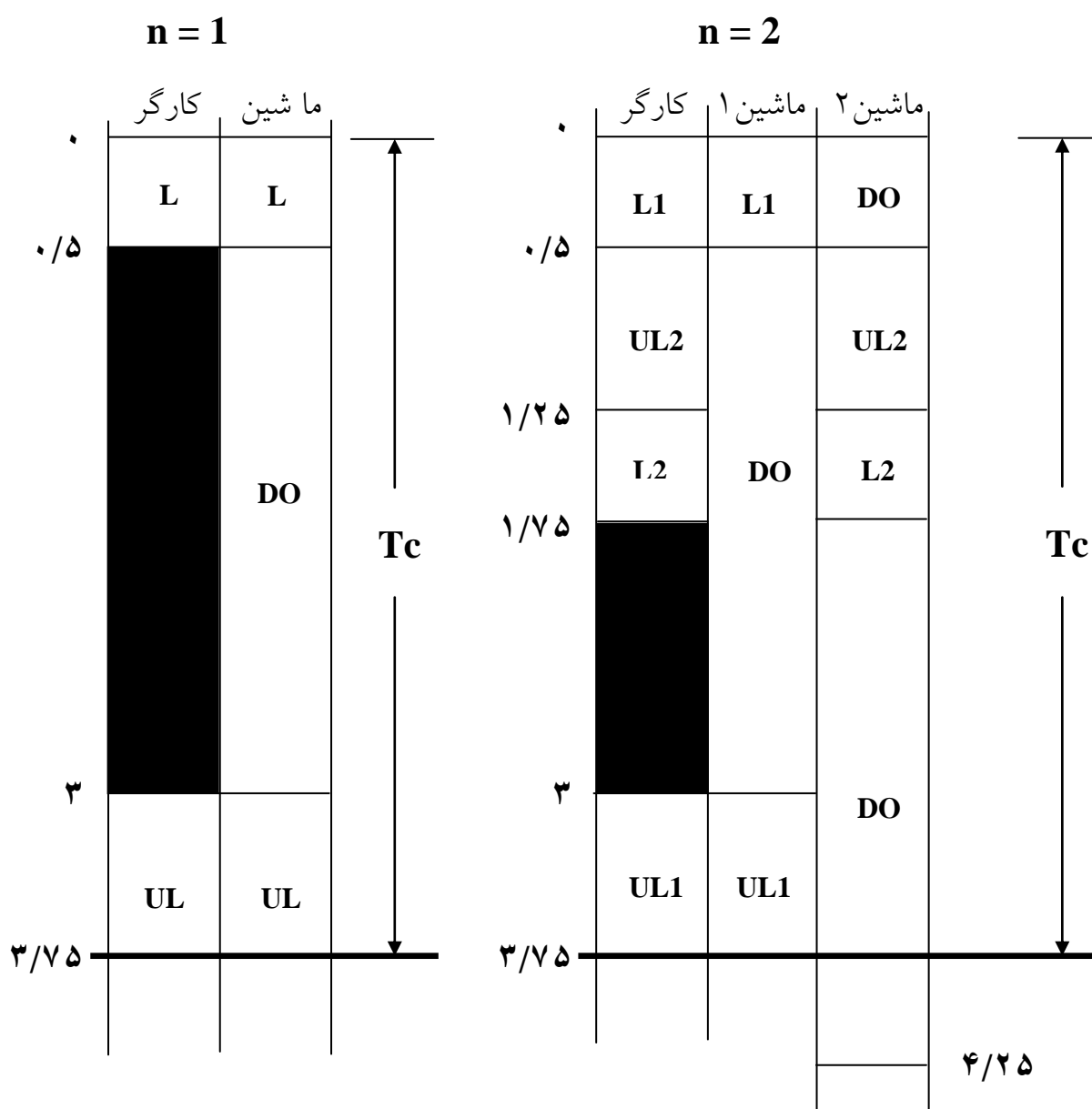
۲- زدن سوراخی به عمل $2.25cm$ در قطعه . این عمل معادل DO با زمان 2'.30 می باشد.

۳- بالا بردن مته باز کردن نگه دارنده و برداشتن قطعه. این عمل معادل UL با زمان

0.75 دقیقه می باشد.

تعریف نمودار انسان- ماشین: نشان دادن فعالیتهای اپراتور و ماشین ها در یک

سیکل کاری.



$n = 3$

	کارگر	ماشین ۱	ماشین ۲	ماشین ۳	
۰	L1	L1	DO		Tc
۰/۵	UL2	DO	UL2	DO	
۱/۲۵	L2		L2		
۱/۷۵	UL3			UL3	
	L3		L3		
۳	UL1	UL1	DO	DO	
۳/۷۵					
		۴/۲۵			
			۵/۵۰		

برنامه ریزی کار روی ماشین (حالت قطعی):

ب) دید تحلیلی

a: مدت زمان فعالیت توأم انسان و ماشین فقط برای یک ماشین

b: مدت زمان فعالیت مستقل انسان

t: مدت زمان فعالیت مستقل ماشین

n' : تعداد ماشین تخصیص یافته به کارگر به طوری که نه ماشین و نه کارگر بیکاری داشته باشند.

m: تعداد صحیح ماشین اختصاص یافته به کارگر

T_c : مدت زمان سیکل کار

I_0 : بیکاری کارگر در یک سیکل کار

I_m : بیکاری ماشین در یک سیکل کار

C_1 : هزینه یک ساعت کار کارگر

C_2 : هزینه یک ساعت کار ماشین

$TC(m)$: هزینه تولید یک قطعه وقتی m ماشین به یک کارگر اختصاص می یابد.

$$n' = \frac{a+t}{a+b} = 2.85 \Rightarrow \begin{cases} 3 & [n'] + 1 = m & m > n' \\ 2 & [n'] = m & m \leq n' \end{cases}$$

$$T_c = \begin{cases} m(a+b) & m > n' \\ a+t & m \leq n' \end{cases}$$

$$* I_0 = \begin{cases} 0 & m > n' \\ (a+t) - m(a+b) & m \leq n' \end{cases} \quad I_m = \begin{cases} m(a+b) - (a+t) & m > n' \\ 0 & m \leq n' \end{cases}$$

$$TC(m) = \frac{(c_1 + mc_2)T_c}{m} \Rightarrow TC(m) = \begin{cases} (c_1 + mc_2)(a+b) & m > n' \\ \frac{(c_1 + mc_2)(a+t)}{m} & m \leq n' \end{cases}$$

برنامه ریزی کار روی ماشین (حالت احتمالی):

p : احتمال در حال کار بودن ماشین

q : احتمال down بودن ماشین (نیاز به سرویس کارگر دارد) ماشین خراب نیست

L : متوسط مدت زمان سرویس برای هر قطعه

m : متوسط مدت زمان کار ماشین برای هر قطعه

n : تعداد ماشین اختصاص یافته به کارگر

C₁ : هزینه یک ساعت کار کارگر

C₂ : هزینه یک ساعت کار ماشین

TEC (n) : متوسط هزینه تولید یک قطعه وقتی n ماشین به یک کارگر اختصاص

یابد.

$$TEC(n) = \frac{C_1 + nC_2}{X_n}$$

$$X_n = \frac{\text{زمان های از دست رفته} - (n*1)}{L+m}$$

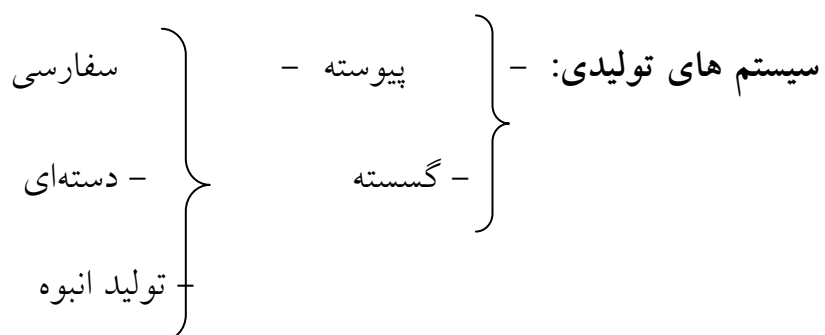
$$(p+q)^n = p^n + \binom{n}{1}p^{n-1}q + \binom{n}{2}p^{n-2}q^2 + \binom{n}{3}p^{n-3}q^3 + \dots + q^n$$

$$\binom{n}{r} = \frac{n!}{r!(n-r)!}$$

نکته: برای به دست آوردن حالت بهینه، حالت‌هایی که اختلاف بین دو مؤلفه بیشتر از

یک است حذف می‌گردد.

متعادل‌سازی خطوط مونتاژ:



Layout مورد استفاده:

- محل ثابت

- کارگاهی

- خط تولید

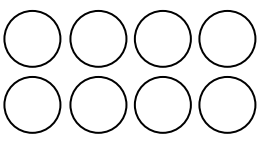
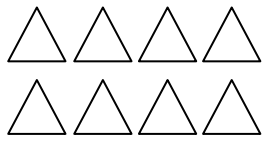
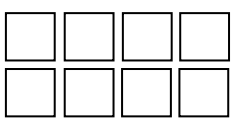
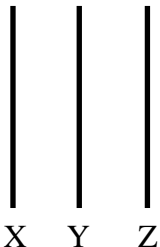
- تکنولوژی گروهی

ویژگی‌های چیدمان کارگاهی:

• کارگران در هر قسمت (سالن برش، پرس و ...) باید متخصص باشند.

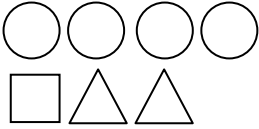
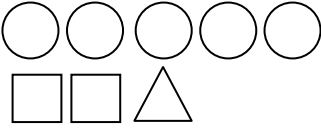
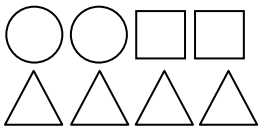
• حمل نقل زیاد دارد.

- کارگاه انعطاف بیشتری دارد(اگر یکی از دستگاه ها خراب شود مدیران قسمت از دستگاه های دیگر جایگزین می کند)

<p>سالن تراش</p> 	<p>سالن پرس</p> 	<p>سالن برش</p> 
اداری	سالن رنگ	<p>خطوط مونتاژ</p>  <p>X Y Z</p>
	انبار	

ویژگی های چیدمان خط تولیدی:

- کارگران باید همه فن حریف باشند.
- چیدمان خط تولیدی، انعطاف کمتری دارد. چون ممکن است مانند خط تولید Y یک دستگاه پرس وجود داشته باشد و در صورت خرابی آن جایگزینی وجود ندارد.
- حمل و نقل کمتری دارد.
- سرمایه بیشتری می خواهد، چون ممکن است محصولی به یک دستگاه کم احتیاج داشته باشد. اما باید یک دستگاه به آن اختصاص داد.

خط تولید X	خط تولید Y	خط تولید Z
		
انبار	سالن رنگ	انبار

نکته: هدف از متعادل سازی خطوط مونتاژ آن است که با اختصاص عناصر کاری به ایستگاه‌ها بیشترین کارایی را داشته باشیم. بدین معنی که بیکاری ایستگاه‌ها (کارگران و ماشین‌آلات) و انتظار محصولات به حداقل برسد.

انواع مسائل متعادل سازی خطوط مونتاژ :

(۱) مسائل متعادل سازی خطوط مونتاژ ساده :

(Simple Assembly Line Balancing Problems)

(۲) مسائل متعادل سازی خطوط مونتاژ عمومی :

(General Assembly Line Balancing Problems)

(۳) مسائل طراحی خطوط مونتاژ

(Assembly Line Design Problems)

فرضیات حاکم برای مسائل متعادل سازی خطوط مونتاژ ساده :

۱- هر عملیات یا عنصر فقط در یک ایستگاه انجام می شود و قابل تقسیم نمی باشد.

۲- در خط مونتاژ فقط یک محصول مونتاژ می شود (یک نوع محصول)

۳- خط مونتاژ فرعی وجود ندارد

۴- زمان انجام هر عملیات مستقل از زمان عملیات قبل یا بعد آن است.

* مسائل متعادل سازی خطوط مونتاژ ساده خود به سه دسته تقسیم می شوند:

SALBP 1

SALBP 2

SALBP 3

SALBP 1 : در SALBP 1 (مسائل متعادل سازی خطوط مونتاژ ساده نوع اول)،

سیکل تولید یا نرخ خروجی مشخص است و هدف آن است که عناصر کاری طوری

به ایستگاه ها اختصاص یابند. که تعداد ایستگاه ها حداقل شود.

نرخ خروجی: فاصله زمانی خروج دو محصول کامل از انتهای خط

SALBP 2 : در SALBP 2 تعداد ایستگاه ها مشخص است و هدف آن است که

عناصر کاری طوری به ایستگاه ها اختصاص یابند که نرخ خروجی حداقل شود.

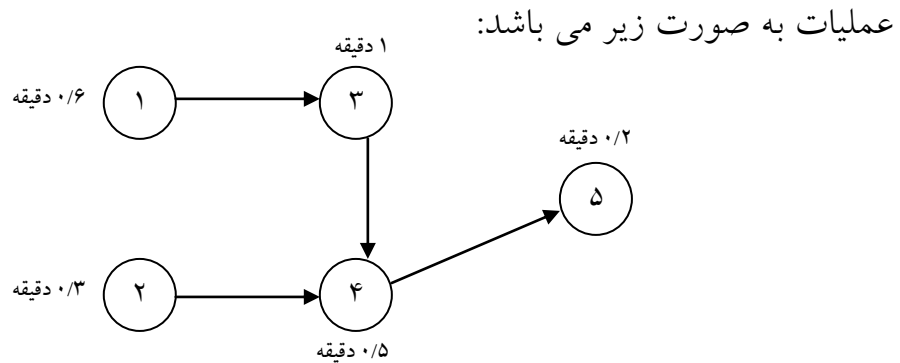
SALBP 3 : در SALBP 3 هم نرخ خروجی و هم تعداد ایستگاه ها مشخص

است و هدف آن است که تعداد مناسبی نیروی انسانی به هر ایستگاه اختصاص یابد به

طوری که نرخ خروجی تامین شود.

الگوریتم Ranked Positional Weight برای حل مسائل SALBP 1 :

مثال : برای مونتاژ محصولی ، پنج عملیات که لازم است و نمودار تقدم - تأخر پنج



چنانچه بخواهیم هر یک دقیقه یک محصول تولید شود ، حداقل ایستگاه های لازم به

همراه عملیات های آن ایستگاه ها را بدست آورید ؟

الگوریتم:

قدم ۱ : بدست آوردن وزن یا اهمیت هر عنصر با استفاده از فرمول زیر:

جمع زمان عناصری که عنصر i پیشتر از آن عناصر است + زمان عنصر i = وزن یا اهمیت عنصر i

$$W1 = 0.6 + 1 + 0.5 + 0.2 = 2.3$$

$$W2 = 0.3 + 0.5 + 0.2 = 1$$

$$W3 = 1 + 0.5 + 0.2 = 1.7$$

$$W4 = 0.5 + 0.2 = 0.7$$

$$W5 = 0.2$$

$$C = \frac{\text{زمان مفید در دسترس}}{\text{تعداد محصول مورد نیاز}} = \frac{60 \times 7}{420}$$

قدم ۲: مرتب کردن عناصر، به ترتیب نزولی وزن آن‌ها (یعنی از زیاد به کم):

I	W_i
1	2.3
3	1.7
2	1
4	0.7
5	0.2

قدم ۳: اختصاص عناصر به ایستگاه‌ها از بالاترین اهمیت با رعایت دو شرط زیر:

شرط ۱: در هنگام تخصیص، زمان باقیمانده برای اختصاص عنصر به ایستگاه مورد

نظر وجود داشته باشد.

شرط ۲: در هنگام تخصیص، پیشنهادهاى عنصر انجام شده باشد.

تذکر: تکمیل جدول زیر کمک بسزایی در انجام قدم ۳ دارد:

ایستگاه	عنصر	زمان عنصر	زمان انباشته ایستگاه	زمان باقیمانده ایستگاه	رد یا قبول
1	1	0.6	0.6	0.4	ق
	3	1	1.6		رد
	2	0.3	0.9	0.1	ق
2	3	1	1	0	ق
3	4	0.5	0.5	0.5	ق
	5	0.2	0.7	0.3	ق

- به ایستگاهی که بیشترین زمان را به خودش اختصاص می دهد، ایستگاه **گلوگاه** می گویند.

- به زمان ایستگاه گلوگاه ، **نرخ خروجی واقعی** می گویند.

راندمان :

$$\eta = \frac{\text{مجموع زمان عناصر یا (مجموع زمان ایستگاه‌ها)}}{\text{نرخ خروجی واقعی} \times \text{تعداد ایستگاه‌ها}}$$

$$= \frac{0.9+1+0.7}{3 \times 1} = \frac{2.6}{3} = 88\%$$

- بعد از ایستگاه گلوگاه، همیشه ایستگاه منتظر می ماند.

نکته: در مثال بالا اگر زمان عنصر 3، 1.7 دقیقه باشد، به این ترتیب آن را حل می

کنیم:

حرکات اساسی (The Fundamental Motions):

مطالعه حرکات بدن در کار، اولین بار وسیله فرانک گیلبرت (Frank Gilbreth) ۱۷ حرکت اساسی که در بر گیرنده کلیه فعالیت های لازم است پیشنهاد گردید. این حرکات به طور وسیعی در ارتباط با صنعت مورد استفاده بوده اند. حرکات فوق به صورت معکوس نام گیلبرت به Therbligs شهرت یافته است.

حرکات Therbligs عبارتند از:

۱. جست و جو کردن (Sh) Search: آن بخش از کار است که چشم یا دست برای پیدا کردن شیء مشغول است. (Sh) موقعی که چشم یا دست شروع به جست و جو می کند شروع می شود و موقعی که شیء پیدا شود تمام می شود.
۲. انتخاب کردن (St) Select: منظور انتخاب شیء از بین چند شیء است. معمولاً (Sh) و (St) را به صورت ترکیبی به جای (Sh) مورد استفاده قرار می دهیم. بنابراین (Sh) جست و جو و پیدا کردن یک شیء از بین چند شیء است.
۳. گرفتن (G) Grasp: منظور گرفتن یک شیء است. این عمل با تماس دست با شیء شروع شده و با کنترل جسم خاتمه می پذیرد.
۴. حرکت خالی دست (TE) Transport Empty: منظور حرکت خالی دست به طرف یک شیء است. فرض می شود که هیچ نوع مقاومتی در مقابل حرکت دست وجود ندارد. (TE) با حرکت دست شروع و با توقف دست خاتمه می پذیرد.

۵. حرکت پُر دست (Transport Loaded (TL): منظور حرکت شیء به وسیله دست از یک نقطه به نقطه دیگر است. شیء ممکن است به وسیله انگشتان یا دست حرکت داده شود. امکان دارد شیء از نقطه ای به نقطه دیگر کشیده، هل داده و یا لغزیده شود. (TL) زمانی شروع می شود که دست شروع به حرکت دادن شیء کند و تمام می شود وقتی که دست پُر متوقف شود.
۶. نگه داشتن (Hold (H): منظور نگه داشتن شیء به وسیله عضوی از بدن است. در این حالت شیء حرکت نمی کند. توقف شیء به وسیله عضوی از بدن زمان شروع و رها کردن آن زمان اختتام نگه داشتن است.
۷. رها کردن شیء (Released Loaded (RL): منظور، از کنترل خارج نمودن شیء است. زمانی که دست شروع به باز شدن کرد (RL) شروع و وقتی که شیء کاملاً از دست جدا شد (عدم تماس) نیز (RL) خاتمه می پذیرد.
۸. تنظیم کردن (Position (P): منظور چرخاندن و یا قرار دادن یک شیء در جای خود و در حالت صحیح است. می توان عمل (P) را در حین (TL) نیز انجام داد. (P) موقعی شروع می شود که دست شروع به چرخاندن و یا قرار دادن شیء در محل مخصوص خود کند و زمانی که شیء در محل خود قرار گرفت خاتمه می پذیرد. معمولاً در انتهای عمل، دست جسم را رها نمی کند.
۹. تنظیم قبلی (Preposition (PP): قرار دادن شیء در محل تعیین شده قبلی به منظور سهولت دستیابی آن را (PP) گوئیم.
۱۰. بازرسی کردن (Inspection (I): بازدید شیء به منظور این که با استاندارد وضع شده از نظر اندازه، شکل، رنگ و با کیفیت های دیگر مطابقت دارد را (I) گوئیم. در بازرسی از ۵ حواس ممکن است استفاده شود. بازرسی یک عکس العمل مغزی است. موقعی که یک یا جمعی از حواس عمل (I) را شروع کنند شروع و وقتی که بازرسی تمام شد خاتمه می پذیرد.
۱۱. مونتاژ کردن (Assemble (A): قرار دادن شیء داخل و یا روی شیء دیگر به طوری که هر دو با هم جسم مستقل دیگری را تشکیل دهند (A) گوئیم. (A) موقعی که دست شروع به وصل کردن شیء می کند شروع و وقتی که این عمل انجام شد خاتمه می پذیرد.

۱۲. باز کردن (Disassemble (DA): جدا کردن شیء ای از شیء دیگر که با هم جسم مستقلى را تشکیل داده اند (DA) گوئيم. (DA) وقتى که دست شروع به عمل جدا کردن مى کند شروع و وقتى که اين عمل تمام مى شود خاتمه مى پذيرد.

۱۳. استفاده کردن (Use (U): به کارگيرى يک ابزار يا وسيله و يا قسمتى از يک دستگاه به همان منظورى که طرح شده است را (U) گویند. (U) موقعى که استفاده از وسيله را آغاز مى کنيم شروع و وقتى که استفاده تمام مى شود خاتمه مى يابد.

۱۴. تاخير مجاز (Unavoidable Delay (UD): تاخيري است که از کنترل عمل کننده خارج است. (UD) ممکن است در اثر عوامل زير به وجود آيد:

(a) خرابی یا وقفه در پروسه انجام یک کار؛

(b) ترتيب عمليات طوري است که يک قسمت از بدن از کار کردن باز داشته و قسمت ديگر مشغول کار باشد؛

موقعى که دست انجام کار را متوقف کند (UD) شروع و موقعى که دست کار را دوباره شروع نمايد (UD) تمام مى شود.

۱۵. تاخير غير مجاز (Avoidable Delay (AD): هر نوع تاخير در کار که عمل کننده مسئول آن باشد و روى آن کنترل داشته باشد را تاخير غير مجاز گوئيم. (AD) موقعى که سلسله عمليات معينى توقف کند شروع شده و وقتى که دوباره آغاز شود تمام مى گردد.

۱۶. طرح کردن (Plan (Pn): عکس العمل مغزى قبل از شروع انجام کار است. (Pn) از زمانى که عمل کننده در مورد انجام کارى فکر کند شروع و وقتى که عمل کننده به نتيجه رسيد پايان مى پذيرد.

۱۷. استراحت جهت رفع خستگى (Rest for Overcoming Fatigue (R): زمانى است که عمل کننده براى تمديد انرژى به استراحت مى پردازد. (R) با شروع استراحت آغاز و با شروع کار مجدد خاتمه مى پذيرد.

اصول اقتصادى حرکت (Principles of Motion Economy):

۲۲ اصل در ارتباط با اصول اقتصادى حرکت مطرح است. از اين تعداد:

- ۹ اصل در ارتباط با نحوه استفاده از بدن (Use Of The Human Body)؛
- ۸ اصل در ارتباط با نظم و ترتیب در محل کار (Arrangement Of Work Place)؛
- ۵ اصل در ارتباط با طرح ابزار و تجهیزات (Design Of Tools And Equipment) است.

اصول مربوط به نحوه استفاده از بدن:

۱. دست ها بایستی کار را در یک زمان شروع و در یک زمان به اتمام برسانند.
 ۲. به جز در مواقع استراحت دست ها مجاز نیستند که به طور هم زمان بیکار باشند.
 ۳. حرکات دست و بازوها بایستی به طور قرینه و در جهات مخالف و به طور همزمان باشند.
 ۴. حرکات دست و بدن در انجام کار بایستی در پایین ترین حد ممکن انجام شود.
- حرکات دست ترجیحا به صورت زیر انجام می گیرد:
- (a) حرکات فقط شامل انگشتان دست می شود. (کار با پیچ گوشتی ساعت)
 - (b) حرکات منحصر به انگشتان و مچ دست می شود. (باز و بسته کردن شیر آب)
 - (c) حرکات منحصر به انگشتان و مچ دست و ساعد می شود. (کار با پیچ گوشتی)
 - (d) حرکات منحصر به انگشتان و مچ دست و ساعد و بازو می شود. (کار با فرمان ماشین)
 - (e) حرکات منحصر به انگشتان و مچ دست و ساعد و بازو و شانه می شود. (هندل زدن موتور برق)
۵. چنانچه ممکن است در انجام کار از Momentum استفاده شود (در مواردی Momentum افزایش و مواردی کاهش داده شود)
- مثال: استفاده از چکش سنگین در کار، استفاده از ابزار با دسته بلند، استفاده از پیچ گوشتی کارا و سبک
۶. حرکت دست ها حتی المقدور پیوسته، منحنی وار (طبیعی) و نرم انجام گیرد. از حرکات با تغییرات سریع و زاویه دار پرهیز شود.
 ۷. حرکات بالستیکی معمولا تندتر، آسانتر و دقیقتر از حرکات کنترل شده انجام می گیرند.
- توجه: در حرکات بالستیکی فقط عضلات مثبت درگیر می شوند. در حرکات غیر بالستیکی هم عضلات مثبت و هم منفی (مقاومت) درگیر می باشند.

۸. نحوه انجام کار باید طوری باشد که اجازه دهد در صورت امکان، کار به طور ریتمیک انجام شود، یعنی تکرار حرکات بدن به صورت سیکلی انجام شود.

مثال: تغذیه یک ماشین یک عمل ریتمیک است که بستگی به سرعت ماشین دارد.

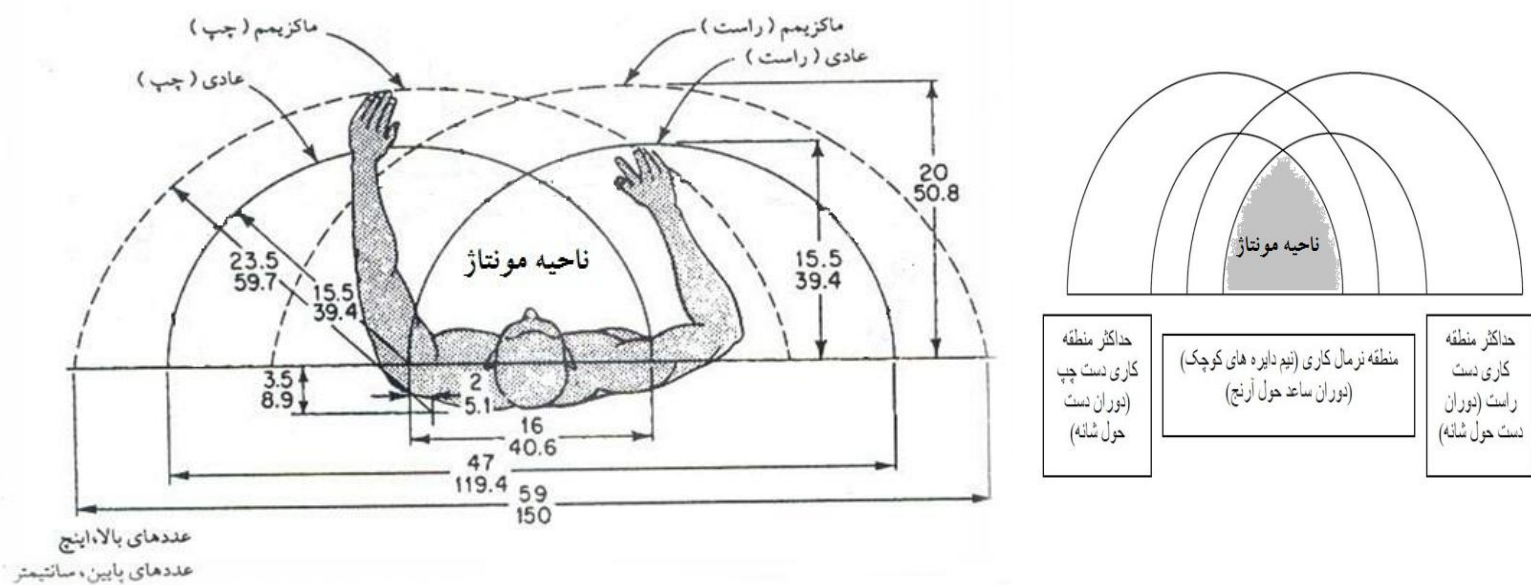
۹. تثبیت دید (Eye Fixation): بایستی حتی المقدور کم و هرچه بیشتر به یکدیگر نزدیک باشند. نتیجه: اشیا در محل کار بایستی حتی المقدور نزدیک به هم و در دید باشند.

اصول مربوط به نظم و ترتیب در محل کار:

۱۰. برای هر ابزار و مواد بایستی محلی مشخص در نظر گرفته شود (در ارتباط با میزکار). در این صورت برای دسترسی به یک جسم احتیاج به فکر و در نتیجه اتلاف وقت نیست مثل مونتاژ و اشهرای مختلف روی پیچ.

۱۱. ابزار، مواد و کنترل ها بایستی نزدیک به محل استفاده باشند. در ارتباط با این اصل حدود نرمال

محل کار (Working Area Normal) و حدود ماکزیمم محل کار (Maximum Working Area) مطرح است.



۱۲. جهت تغذیه مواد از ظروف زاویه دار و در نزدیک ترین نقطه استفاده شود.

۱۳. طراحی میزکار طوری باشد که حتی المقدور بتوان اجسام را سریع تر رها نمود. در مواردی ممکن است لازم شود که از ضربه گیر در تعبیه چنین محل هایی استفاده شود.

۱۴. نحوه استقرار ابزار و مواد به نحوی باشد که کار با بهترین و کاراترین ترتیب انجام گیرد.

۱۵. بایستی شرایط مناسب دید را با توجه به:

(a) جهت تابش نور؛

(b) رنگ نور؛

(c) شدت نور فراهم نمود.

مثال: عملیات مونتاژ دقیق مثل ساعت، قطعات ریز الکترونیکی، عملیات بازرسی از محصول و ...

۱۶ و ۱۷. ارتفاع میزهای کار و صندلی های مختلف آن ها بایستی طوری باشد که هر نوع امکان و انتخاب را به کارگر بدهد.

رعایت موارد زیر حائز اهمیت است:

(الف) استفاده از صندلی های قابل انعطاف در ارتفاع؛

(ب) ترجیحاً استفاده از صندلی های که به طور معتدل (کم) نرم بوده و پشتی داشته باشد؛

(ج) صندلی ها لبه های گرد داشته باشند (از داشتن کناره های زاویه دار پرهیز شود)؛

(د) تکیه گاهی برای پاها در زیر میزهای کار تعبیه شود.

اصول مربوط به طرح ابزار و تجهیزات:

۱۸. با استفاده از هدایت کننده ها (Jig)، قرارگاه ها (Fixture) و یا اسباب های عمل کننده پایایی

(foot-operated device) بایستی دست ها را در عمل آزاد نمود.

۱۹. دو یا تعداد بیشتری ابزار را بایستی به صورت ترکیبی در جاهایی که امکان پذیر است به کار گرفت.

۲۰. ابزار و مواد را بایستی در صورت امکان به نحو پیش تنظیم شده (جهت به کارگیری) در آورد.

۲۱. جاهایی که انگشتان بایستی بخشی از کار را انجام دهند (نظیر ماشین های تایپ و یا کامپیوتر

های PC)، مقدار بار تقسیم شده به انگشتان بایستی بر اساس توانایی هر انگشت باشد.

۲۲. اهرم ها، فرمان ها و دیگر کنترل ها بایستی به نحوی در طراحی ماشین ها منظور شوند که اپراتور به راحتی روی آن ها کنترل داشته و حداقل تغییر در بدن کارگر (جهت به کارگیری آن ها) ایجاد شود.

مطالعه کار

۱- مطالعه روش

۲- اندازه گیری کار: کاربرد تکنیک های جهت تعیین زمان استاندارد انجام یک فعالیت

مشخص

کاربردهای اندازه گیری کار:

- محاسبه قیمت تمام شده

- مقایسه دو یا چند روش انجام کار

- برنامه ریزی تولید

- برنامه ریزی کار و ماشین

- بالانس خطوط مونتاژ

- شرکت در مناقصه

- سیستم های تشویق و تنبیه

- ظرفیت سنجی

- برنامه ریزی و کنترل پروژه

روش های اندازه گیری کار:

۱- روش های تخمینی

۲- روش های مشاهده ای

الف) روش زمان سنجی با کرنومتر Stopwatch

ب) روش نمونه برداری از فعالیت Work Sampling

۳- روش داده های از پیش تعیین شده

الف) روش داده های استاندارد

(بر مبنای حرکت فرد می باشد.)

MTM-۱

MTM-۲

MTM-۳

MTM-C

MTM-V

MTM-M

← (ب) روش MTM

Mini Most

Basic Most

Maxi Most

(ج) روش Most (بر مبنای حرکت جسم می باشد.)

زمان سنجی با کرنومتر:

قدم های زمان سنجی با کرنومتر:

۱- انتخاب کار؛

* ملاحظات فنی

* ملاحظات اقتصادی

* ملاحظات انسانی

۲- ثبت روش انجام کار (فرآیند)؛

۳- بهبود روش در صورت لزوم؛

۴- تعیین سیکل کاری؛

مشخص کردن دقیق نقطه شروع و پایان سیکل کاری.

۵- شکستن سیکل کاری به عناصر و تعیین نقاط انفصال عناصر؛

عنصر: قسمتی از یک سیکل کاری است.

نکاتی که باید در شکستن سیکل کاری به عناصر رعایت نمود:

(۱) مدت زمان عنصر کاری به حدی باشد که زمان گیری آن امکان پذیر باشد.

تجربه نشان داده است که این زمان برای زمان سنج های خبره حدود ۳ ثانیه و

برای زمان سنج های مبتدی نباید کمتر از ۶ ثانیه باشد.

(۲) عناصر کاری نقاط انفصال واضحی داشته باشند. این نقاط انفصال می توانند

نور، صدا، تغییر جهت حرکت و از این قبیل باشند.

(۳) اجزای داخل یک عنصر کاری با هم سازگاری داشته و هم سنخ باشند.

۴) عناصر دستی از عناصر ماشینی جدا شوند.

۵) عناصر متغیر از عناصر ثابت جدا شوند.

انواع عناصر:

۱- عنصر تکراری: عنصری که در هر سیکل تکرار می شود (مثل بستن قطعه،

تراشکاری، باز کردن)

۲- عنصر موقت (گاه گاهی): عنصری که هر چند سیکل یک بار تکرار می شود.

(مثل سوخت گیری، بستن تیغه)

۳- عنصر ثابت: عنصری که از نظر تئوری زمان نرمال انجام آن ثابت است.

۴- عنصر متغیر: عنصری که زمان نرمال انجام آن بستگی به مشخصه های معینی

دارد.

۵- عنصر دستی: عنصری که توسط نیروی انسانی انجام می شود.

۶- عنصر ماشینی: عنصری که صرفاً توسط ماشین انجام میشود.

۷- عنصر حاکم: بین چند عنصر که به طور همزمان انجام می شوند، عنصری که

بیشترین زمان را داراست عنصر حاکم نام دارد.

۸- عنصر خارجی: عنصری که جزء لازم از کار نیست. (مثل برق رفتن، شکستن

مته)

۶- m بار زمان سنجی از عناصر با استفاده از کرنومتر (مشاهدات اولیه)

$m=5$: اگر تخمین زمان سنج از مدت زمان عناصر بیشتر از ۲ دقیقه باشد.

$m=10$: اگر تخمین زمان سنج از مدت زمان عناصر کمتر از ۲ دقیقه باشد.

انواع سیستم های ثبت زمانی :

۱- سیستم ثبت زمانی پیوسته (کرنومتر یکبار روشن و یکبار خاموش می شود.)

۲- سیستم ثبت زمانی گسسته

۳- سیستم ثبت زمانی تفاضلی : برای زمان سنجی عناصر بسیار کوچک از سیستم ثبت

زمانی تفاضلی استفاده می شود. بدین صورت که این عنصر کوچک را به یک عنصر

بزرگ (معمولاً قبل یا بعد آن) ملحق می نمایند. حال یکبار عنصر کوچک را با عنصر

بزرگ زمان سنجی می کنند. (A) و یکبار عنصر بزرگ را به تنهایی اندازه گیری می

کنند. (B) از کم کردن این دو زمان (A-B) زمان عنصر کوچک بدست می آید.

برگ مشاهدات زمان سنجی

		مشخصات عملیات:									تاریخ:						
زمان شروع:		عمل کننده:					تصویب:				ناظر:						
زمان پایان:		سیکل									نتایج						
توضیح المنت			۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	\bar{T}	RF	\overline{NT}	All %	\overline{ST}
۱	T																
	R																
۲	T																
	R																
۳	T																
	R																
۴	T																
	R																
۵	T																
	R																
۶	T																
	R																
۷	T																
	R																
۸	T																
	R																
۹	T																
	R																
۱۰	T																
	R																

توضیحات

۷- چک کردن اعتبار داده ها

دو روش برای چک کردن اعتبار داده ها وجود دارد :

روش اول : برای هر عنصر به طور جداگانه t_{min}, t_{max} را بدست آورده ،

چنانچه : $t_{max} \leq 2t_{min}$ بود، داده ها معتبرند. چنانچه $t_{max} > 2t_{min}$ بود، بین

t_{max}, t_{min} آن داده ای که از میانگین داده ها دورتر است ، حذف می شود و مجدداً

این چک تکرار می گردد تا داده های معتبر باقی بمانند.

روش دوم : برای هر عنصر به طور جداگانه محدوده $\bar{t} \pm 3S$ را محاسبه نموده

داده هایی که خارج محدوده فوق بیفتد حذف می شوند و داده هایی که داخل محدوده

قرار بگیرند معتبر بوده و باقی می ماند. این کار آن قدر تکرار می شود تا داده های

معتبر باقی بمانند.

(S : انحراف معیار)

* با داده های غیر معتبر کاری نداریم *

۸- تعیین تعداد مشاهدات مورد نیاز برای رسیدن به دقت و اطمینان مورد نظر

C_B : ضریب اطمینان

I_B : دامنه اطمینان

$$I_m = 2t_c \frac{S}{\sqrt{m}}$$

I_m : دامنه اطمینان داده های معتبر

S: انحراف معیار داده های معتبر

m: تعداد داده های معتبر

t_c : ضریب توزیع C

برای هر عنصر به طور جداگانه ، دامنه اطمینان داده های معتبر را (I_m) با استفاده از فرمول زیر محاسبه نموده .

$$I_m = 2t_c \frac{S}{\sqrt{m}}$$

چنانچه $I_m \leq I_B$ بود، تعداد مشاهدات کافی است.

چنانچه $I_m > I_B$ بود؛ تعداد مشاهدات کافی نیست. تعداد مشاهدات مورد نیاز برابر است با :

$$n = \frac{4t_c^2 s^2}{I_B^2}$$

حال به اندازه $(n-m)$ مشاهده دیگر زمان سنجی می کنیم و با کل n داده ها به قدم هفتم بر می گردیم.

قدم های ۷ و ۸ را آن قدر تکرار می کنیم تا تعداد مشاهدات کافی گردد. یعنی $I_m \leq I_B$ شود.

۹- تعیین زمان نرمال (N.T.) Normal Time

- ضریب عملکرد عناصر ماشینی (یعنی عناصری که فقط ماشین در آنها کار می کند) ، ۱۰۰٪ است. یعنی ۱

$$\overline{N.T.} = \bar{t} \times RF$$

RF (Rating Factor) : ضریب عملکرد.

روش بدست آوردن ضریب عملکرد :

۱ روش کارشناسی

۲ روش وستینگهاوس :

امتیاز

در هنگام نمونه گیری RF را وارد می کنیم.

(از +۲۰ تا -۲۰)

• مهارت

(از +۲۰ تا -۲۰)

• سعی و تلاش

(از +۲۰ تا -۲۰)

• سازگاری با کار

(از +۲۰ تا -۲۰)

• سازگاری با محیط

۱۰- تعیین درصد استراحت مجاز Allowance

1-Constant allowance:	%																										
a) Personal allowance	5																										
b) Basic fatigue allowance	4																										
2-Variable Allowance:	%																										
A. Standing allowance	2																										
B. Abnormal position allowance																											
a) Slightly awkward	0																										
b) Awkward(bending)	2																										
c) Very awkward(lying,stretching)	7																										
C. Use of force,or muscular energy (lifting,pulling,or pushing): Weight lifted,pounds:																											
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="padding: 2px;">Weight lifted(pounds)</th> <th style="padding: 2px;">%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="padding: 2px;">5</td><td style="padding: 2px;">0</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">10</td><td style="padding: 2px;">1</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">15</td><td style="padding: 2px;">2</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">20</td><td style="padding: 2px;">3</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">25</td><td style="padding: 2px;">4</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">30</td><td style="padding: 2px;">5</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">35</td><td style="padding: 2px;">7</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">40</td><td style="padding: 2px;">9</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">45</td><td style="padding: 2px;">11</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">50</td><td style="padding: 2px;">13</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">60</td><td style="padding: 2px;">17</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">70</td><td style="padding: 2px;">22</td></tr> </tbody> </table>	Weight lifted(pounds)	%	5	0	10	1	15	2	20	3	25	4	30	5	35	7	40	9	45	11	50	13	60	17	70	22	
Weight lifted(pounds)	%																										
5	0																										
10	1																										
15	2																										
20	3																										
25	4																										
30	5																										
35	7																										
40	9																										
45	11																										
50	13																										
60	17																										
70	22																										
D. Bad light:																											
a) Slightly below recommended	0																										
b) Well below	2																										
c) Quite inadequate	5																										
E. Atmospheric conditions (heat and humidity)																											
a) Variable	0-10																										
F. Close attention:																											
a) Fairly fine work	0																										
b) Fine or exacting	2																										
c) Very fine or very exacting	5																										
G. Noise level:																											
a) Continuous	0																										
b) Intermittent – loud	2																										
c) Intermittent - very loud	5																										
d) High-pitched – loud	5																										
H. Mental strain:																											
a) Fairly complex process	1																										
b) Complex or wide span of attention	4																										
c) Very complex	8																										
I. Monotony:																											
a) Low	0																										
b) Medium	1																										
c) High	4																										
J. Tediousness																											
a) Rather tedious	0																										
b) Tedious	2																										
c) Very tedious	5																										

۱۱- تعیین زمان استاندارد (S.T.) Standard Time

$$\overline{S.T.} = \overline{N.T.} (1 + \%All + \text{درصد پیشامدهای احتمالی})$$

$$\overline{S.T.} = \overline{N.T.} \frac{1}{\text{درصد پیشامدهای احتمالی} - \%All - 1}$$

$$0 \leq \% \leq \text{درصد پیشامدهای احتمالی}$$

$$\text{کل } \overline{S.T.} = \overline{S.T.} + \frac{1}{f} \overline{S.T.}$$

↙
↘

عناصر تکراری
عناصر موقت

F: فرکانس تکرار عنصر موقت.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m t_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^m t_i)^2}{m}}{m-1}}$$

انحراف استاندارد

t distribution critical values

ν	$\frac{\alpha}{2}$						
	0.02	0.015	0.01	0.0075	0.005	0.0025	0.0005
1	15.895	21.205	31.821	42.434	63.657	127.322	636.590
2	4.849	5.643	6.965	8.073	9.925	14.089	31.598
3	3.482	3.896	4.541	5.047	5.841	7.453	12.924
4	2.999	3.298	3.747	4.088	4.604	5.598	8.610
5	2.757	3.003	3.365	3.634	4.032	4.773	6.869
6	2.612	2.829	3.143	3.372	3.707	4.317	5.959
7	2.517	2.715	2.998	3.203	3.499	4.029	5.408
8	2.449	2.634	2.896	3.085	3.335	3.833	5.041
9	2.398	2.574	2.821	2.998	3.250	3.690	4.781
10	2.359	2.527	2.764	2.932	3.169	3.581	4.587
11	2.328	2.491	2.718	2.879	3.106	3.497	4.437
12	2.303	2.461	2.681	2.836	3.055	3.428	4.318
13	2.282	2.436	2.650	2.801	3.012	3.372	4.221
14	2.264	2.415	2.624	2.771	2.977	3.326	4.140
15	2.249	2.397	2.602	2.746	2.947	3.286	4.073
16	2.235	2.382	2.583	2.724	2.921	3.252	4.015
17	2.224	2.368	2.567	2.706	2.898	3.222	3.965
18	2.214	2.356	2.552	2.689	2.878	3.197	3.922
19	2.205	2.346	2.539	2.674	2.861	3.174	3.883
20	2.197	2.336	2.528	2.661	2.845	3.153	3.849
21	2.189	2.328	2.518	2.649	2.831	3.135	3.819
22	2.183	2.320	2.508	2.639	2.819	3.119	3.792
23	2.177	2.313	2.500	2.629	2.807	3.104	3.768
24	2.172	2.307	2.492	2.620	2.797	3.091	3.745
25	2.167	2.301	2.485	2.612	2.787	3.078	3.725
26	2.162	2.296	2.479	2.605	2.779	3.067	3.707
27	2.158	2.291	2.473	2.598	2.771	3.057	3.690
28	2.154	2.286	2.467	2.592	2.763	3.047	3.674
29	2.150	2.282	2.462	2.586	2.756	3.038	3.659
30	2.147	2.278	2.457	2.581	2.750	3.030	3.646
40	2.125	2.250	2.423	2.542	2.704	2.971	3.551
60	2.099	2.223	2.390	2.504	2.660	2.915	3.460
120	2.076	2.196	2.358	2.468	2.617	2.860	3.373
∞	2.054	2.170	2.326	2.432	2.576	2.807	3.291

t distribution critical values

ν	$\frac{\alpha}{2}$						
	0.40	0.30	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025
1	0.325	0.727	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706
2	0.289	0.617	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303
3	0.277	0.584	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182
4	0.271	0.569	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776
5	0.267	0.559	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571
6	0.265	0.553	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447
7	0.263	0.549	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365
8	0.262	0.546	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306
9	0.261	0.543	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262
10	0.260	0.542	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228
11	0.260	0.540	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201
12	0.259	0.539	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179
13	0.259	0.537	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160
14	0.258	0.537	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145
15	0.258	0.536	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131
16	0.258	0.535	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120
17	0.257	0.534	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110
18	0.257	0.534	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101
19	0.257	0.533	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093
20	0.257	0.533	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086
21	0.257	0.532	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080
22	0.256	0.532	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074
23	0.256	0.532	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069
24	0.256	0.531	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064
25	0.256	0.531	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060
26	0.256	0.531	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056
27	0.256	0.531	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052
28	0.256	0.530	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048
29	0.256	0.530	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045
30	0.256	0.530	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042
40	0.255	0.529	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021
60	0.254	0.527	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000
120	0.254	0.526	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980
∞	0.253	0.524	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960