

# ارزیابی کار و زمان

## جناب آقای مهندس شمس موسوی

نیمسال دوم 88-89

## منابع

- 1) کتاب ارزیابی کار و زمان - دکتر مرعشی
- 2) کتاب ارزیابی کار و زمان موسسه بین المللی کار
- 3) کتاب زمان سنجی - دکتر مرعشی

## بارم بندی

مقاله	1 نمره
میان ترم	3 نمره
پروژه عملی	4 نمره
پایان ترم	13 نمره

## سرفصل های درس ارزیابی کار و زمان

### فصل اول

- مقدمه ای بر ارزیابی کار و زمان

### فصل دوم

- بهره وری

### فصل سوم

- مطالعه کار

### فصل چهارم

- تحلیل عملیات

### فصل پنجم

- مطالعه حرکت

### فصل ششم

- برنامه ریزی کار

### فصل هفتم

- اتوماسیون

### فصل هشتم

- زمانسنجی

### فصل اول

## مقدمه ای بر ارزیابی کار و زمان

### • تعریف مهندسی صنایع

مهندسی صنایع عبارت است از فردی که از طریق مطالعه و تعجزیه و تحلیل و ارزیابی اجزای سیستم متشکل از انسان و ماشین سیستم را طراحی و طراحی مجدد می نماید.

عمده فعالیت ها و مطالعات صورت گرفته در زمینه مباحث مطالعه زمان و حرکت توسط تیلور و گیلبرت صورت پذیرفته است.

### Micro movement study

### • مطالعه حرکت فرد

عبارت است از بررسی عناصر پایه ای و یا زیربخش های یک عملیات در کنار استفاده از یک ابزار تحلیل زمان با استفاده از تصاویر متحرک زمان بندی شده فعالیت های صورت گرفته در حین عملیات مورد بررسی قرار گیرد ، این امر این امکان را ایجاد می نمود که با استفاده از تصاویر موجود تحلیل موثرتری از عملیات صورت پذیرد.

## بهره وری ( productivity )

بهره وری در تعاریف سازمان ها و نهادهای مختلف تعاریف متفاوتی به دنبال داشته است.

بهره وری از دید سازمان بین المللی کار ( ILO ) به معنی ادغام چهار عامل اصلی تأثیرگذار در تولید شامل زمین ، سرمایه ، کار ، سازماندهی سیستم می باشد.

انتظار داریم نسبت تولید حاصل شده در این عوامل معیاری جهت سنجش بهره وری قلمداد گردد البته تعریف ارائه شده مبنی بر نسبت خروجی ها بر یکی از عوامل ورودی نیز اشتباه نمی باشد. (در واقع بخشی از مفاهیم بهره وری است)

از نگاه اجرایی بهره وری را می توان استفاده صحیح از نیروی انسانی ، امکانات و ابزار به نحوی که بالاترین راندمان از منابع مذکور حاصل شود را تعریف می نمائیم.

البته در نظر داشته باشیم سطح کیفی مطلوب و کاهش زمان مصرف نیروی انسانی ، مواد اولیه ، ضریب استهلاک و نرخ ضایعات همواره مد نظر می باشد.

ابزارهای اساسی که منجر به افزایش بهره وری می گردد عبارتند از طراحی کار ، مطالعه زمان استاندارد و روش های کاری

$$\text{بهره وری جزئی} = \frac{\text{خروجی ها}}{\text{بر یکی از عوامل ورودی}}$$

در نظر داشته باشید نمی توان انتظار داشت با افزایش نرخ تولید الزاماً بهره وری نیز افزایش یابد چرا که می توان تصور کرد افزایش نرخ تولید به دنبال آن افزایش ورودی مواد اولیه را نیز داشته است.

مثال) فرض کنید یک شرکت تولید در زمینه قطعات خودرو، خروجی محصولات به تعداد 10.000 واحد دارد تعداد نیروی انسانی شرکت فوق در بخش های مختلف 50 نفر است بر اساس قانون کار هر ماه 25 روز و هر روز 8 ساعت کار می باشد.

مطلوب است بهره وری نیروی انسانی :

$$\text{بهره وری جزئی} = \frac{\text{خروجی ها}}{\text{بر یکی از عوامل ورودی}}$$

$$\text{بهره وری جزئی} = \frac{10.000 \text{ قطعه}}{50 \times 25 \times 8 \text{ نفر-ساعت}} = 1$$

حالا شرایطی را در نظر بگیرید با استخدام 10 نفر نیروی انسانی جدید 2000 واحد به تولیدات ما اضافه شده است بهره وری چقدر می شود؟

$$\text{بهره وری جزئی} = \frac{12.000 \text{ قطعه}}{60 \times 25 \times 8 \text{ نفر-ساعت}} = 1$$

• ارتباط بهره وری، کارائی و اثر بخشی (productivity, effectiveness, efficiency)

ابتداً با داشتن مفهوم بهره وری مبنی بر نسبت خروجی ها و ورودی ها به تعریف کارائی و اثربخشی می پردازیم. کارائی عبارت است از خروجی واقعی حاصل شده بر روی خروجی استاندارد مورد نظر و اثربخشی عبارت است میزان انطباق خروجی ها بر اهداف تعریف شده.

با علم بر تعاریف فوق ارتباط سه مفهوم بهره وری، کارائی و اثربخشی برابر است با :

$$\text{اثر بخشی} = \frac{\text{بهره وری}}{\text{کارایی}}$$

$$F_{\text{productivity}} = \frac{F_{\text{effectiveness}}}{F_{\text{efficiency}}}$$

### • ارتباط ما بین بهره وری و سود دهی

در نظر داشته باشید انتظار داریم با افزایش بهره وری به دلیل افزایش تأثیر ورودی های تولید ، سود دهی ما (به دلیل تقسیم هزینه ها) افزایش یابد ولیکن چون شاخص سوددهی متأثر از مصادیق اقتصادی می باشد همچون تورم ، فعالیت های کلان اقتصادی ، میزان عرضه ، نمی توان انتظار داشت که نرخ بهره وری افزایش یابد.

### • سوددهی

$$\text{بازیافت هزینه} \times \text{بهره وری} = \frac{\text{قیمت فروش} \times \text{میزان محصولات خروجی}}{\text{قیمت واحد} \times \text{ورودی ها}} = \frac{\text{درآمدها}}{\text{هزینه}} = \text{نرخ سوددهی}$$

### • عوامل موثر بر بهره وری

عوامل موثر بر بهره وری به دو دسته عوامل داخلی (درون سازمانی) و عوامل خارجی (برون سازمانی) ارتباط دارد

\*\*\* عوامل داخلی (درون سازمانی)

عوامل داخلی به دو دسته قابل تقسیم می باشند :

#### 1. عوامل سخت

به عنوان عواملی که تغییر در آن ها مشکل و هزینه بر می باشد.

مثل : ماشین آلات ، تکنولوژی و محصول و مواد و انرژی

## 2 عوامل نرم

عواملی است که تغییر در آن ها سختی کمتر بر سیستم تحمیل می نماید.

مثل : روش ها ، مدیریت ، سازمان و کارکنان

\*\*\* عوامل خارجی (برون سازمانی)

عوامل خارجی دسته ای از عوامل بوده که تحت اختیار و کنترل سازمان نمی باشد همانند سیاست های اقتصادی ، اصلاحات اقتصادی ، منابع طبیعی ، قوانین و مقررات و ...

### • انواع بهره وری

#### partial productivity

#### 1. بهره وری جزئی

همانطور که اشاره شد بهره وری جزئی عبارت است از نسبت خروجی ها به یکی از عوامل ورودی این نوع از بهره وری مزایا و معایبی نیز دارد. مزایای آن عبارت است از:

- 1) سهولت جمع آوری اطلاعات لازم
- 2) درک راحت
- 3) سهولت محاسبه شاخص ها
- 4) وجود برخی از اطلاعات در بانک های اطلاعاتی

محدودیت های آن عبارتند از :

- 1) کاربری منحصر به فرد این شاخص منجر به اشتباه در تصمیم گیری می گردد.
- 2) توانایی توجیح افزایش هزینه را ندارد.
- 3) قابلیت کنترل سود نسبت به افزایش و یا کاهش بهره وری را دارا نمی باشد



**Total factor**

## • بهره وری عوامل کلی

بهره وری عوامل کلی عبارت است از نسبت خروج خالص و یا محصول خالص به مجموع عوامل ورودی خالص

$$\text{بهره وری عوامل کلی} = \frac{\text{خروجی خالص}}{\text{عوامل ورودی کار و سرمایه}} = \frac{\text{مجموع مواد و ورودی و خدمات ارائه شده - خروجی کل}}{\text{عوامل ورودی کار و سرمایه}}$$

## • بهره وری کلی

بهره وری کلی عبارت است از خروجی و یا محصول به حاصل جمع تمامی عوامل ورودی مزیت های این نوع بهره وری عبارتند از :

با در نظر گرفتن عوامل کمی ورودی و خروجی می توان تصویر اقتصادی واقعی را ترسیم نمود :

قابلیت کنترل سوددهی توسط مدیران را دارا می باشد تحلیل حساسیت آن ساده تر است. ارتباط مستقیم با هزینه کل دارد از جمله محدودیت های آن می توان به سختی جمع آوری اطلاعات و دید کلی این نوع بهره وری اشاره کرد.

(مثال) در یک شرکت تولیدی در زمینه مواد غذایی داده های زیر استخراج شده است :

10.000	خروجی
3.000	ورودی نیروی انسانی
2.000	ورودی مواد
3.000	ورودی سرمایه
1.000	انرژی
500	سایر هزینه های ورودی

واحد می باشد مطلوبست محاسبه هر سه شاخص بهره وری ؟

## مطالعه کار

تکنیک های مطالعه روش و زمانسنجی را در بر گرفته و هدف آن تأمین حداکثری استفاده از منابع (شامل نیروی انسانی ، تجهیزات ، مواد اولیه ، سرمایه) برای انجام یک کار مشخص

مطالعه کار تکنیکی است تحلیلی که در مسائل و مشکلات کارائی تولید جهت بهبود و افزایش میزان کار مفید صورت می پذیرد. از اهداف مطالعه کار می توان موارد زیر را نام برد :

1- استفاده از ماشین آلات و نیروی انسانی و مواد اولیه

2- ایجاد عملکرد مطلوب از ترکیب اجرایی ماشین آلات ، مواد اولیه و نیروی انسانی

انتظار داریم در فرآیند مطالعه کار جهت تأثیرگذاری فرایند مطالعه قدم های زیر تکرار شود :

1) مطالعه وضعیت فعلی

منظور کسب اطلاعات واقعی از شرایط فعلی فعالیت های اجرایی و یا کار می باشد.

2) کاربردها

انتظار داریم فرایند مطالعه کار قابلیت کاربرد در اشکال مختلف اعم از دستی و یا ماشینی را داشته باشد.

3) انعطاف پذیری

فرایند مطالعه کار فرایندی منعطف با توجه به ماهیت اجرایی فعالیت های مختلف می باشد و می بایست قابلیت تطبیق را نیز در آن به وجود آورد.

4) مطالعه کار به عنوان ابزار مدیریت

به دلیل اینکه با فرایند مطالعه کار اطلاعات دقیق و جزئی از فرایند کار فراهم آید مدیران را در تصمیم گیری یاری می نماید.

## 5) مسئولیت پذیری

اگرچه انتظار داریم فرایند مطالعه کار توسط یک دپارتمان مشخص صورت پذیرد و لیکن اجرای موثر آن بر عهده دیگر بخش ها خواهد بود.

دستورالعمل اجرای فرآیند مطالعه کار :

انتظار داریم فرآیند مطالعه کار در هشت گام صورت پذیرد :

قدم اول ( انتخاب

در این مرحله کار مورد مطالعه یا عملیات اجرایی جهت مطالعه انتخاب می شود.

قدم دوم) ثبت

هدف گردآوری جزئیات استخراج شده می باشد.

قدم سوم) بررسی

در این مرحله بررسی منتقدانه از اطلاعات جمع آوری شده صورت می پذیرد.

قدم چهارم) طراحی و تدوین

پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع آوری شده طراحی روش های اجرایی بهینه که منطبق بر شرایط واقعی می باشد حائز اهمیت است.

قدم پنجم) زمانسنجی

در این قدم هدف اندازه گیری احجام (فعالیت ها) و زمان مورد نیاز می باشد.

قدم ششم) تعریف

در این قسمت طراحی های زمانسنجی شده تبدیل به روش های اجرایی می گردد.

## قدم هفتم) اجراء و اعمال

در این قسمت رویه های تعريف شده به مرحله اجرائی می رسد.

## قدم هشتم) ابقاء تثبيت

در این بخش هدف تعريف سیستم و مکانیزمی است که بتواند رویه های طراحی بهینه شده را (بهینه در دسترس) برای شما در سیستم پایدار نماید.

همانطور که گفته شد مطالعه کار از دو بخش روش و زمانسنجی تشکیل شده که هر یک اهداف جداگانه ای را دنبال می نماید. اهداف مطالعه روش عبارتند از :

بهبود فرآیندها ، بهبود استقرار تجهیزات و ماشین آلات ، بهبود روش های اجرائی ، استفاده موثر از مواد اولیه ، تجهیزات و نیروی انسانی و ماشین آلات

هدف از زمانسنجی عبارت است از بهبود برنامه ریزی ، افزایش شاخص های قابلیت اطمینان ، پیاده سازی سیستم های تشویق و تنبیه و ...

در نظر داشته باشید فرآیند مطالعه روش در قالب چهار اصل در نظر می گیریم.

- 1) حذف عملیات زائد و یا گاهاً عملیات غیر اقتصادی
- 2) تفکیک یک عمل به چند عملیات
- 3) تشخیص ترتیب یا توالی صحیح انجام فعالیت ها
- 4) ساده سازی فرآیند اجرائی

## ثبت :

جهت گردآوری و ثبت اطلاعات فعالیت انتخاب شده از یکسری از نمودارها و دیاگرام ها استفاده می نمائیم که به سه دسته قابل تقسیم می باشد.

1) نمودار کاربردی جهت تجزیه و تحلیل عملیات

- |                                  |                      |
|----------------------------------|----------------------|
| 1) Flow Diagram (FD)             | دیاگرام جریان        |
| 2) Process chart (PC)            | نمودار فرآیند        |
| 3) Flow process chart (FPC)      | نمودار فرآیند جریان  |
| 4) Assembly chart (AC)           | نمودار مونتاژ        |
| 5) Operation process chart (OPC) | نمودار فرآیند عملیات |
| 6) Trip frequency diagram (TFD)  | دیاگرام فرکانس سفر   |
| 7) Trip frequency chart (TFC)    | نمودار فرکانس سفر    |

2) نمودارهای کاربردی در زمینه برنامه ریزی کار

- |  |                           |
|--|---------------------------|
| 1) Man-machine diagram                       | دیاگرام انسان - ماشین     |
| 2) Multiple Activity chart                   | نمودار فعالیت های چندگانه |
| 3) نمودارهایی که جهت مطالعه روش کاربرد دارد. |                           |
| 1) Left hand - Right hand diagram            | نمودار دست راست و دست چپ  |
| 2) SIMO chart                                | نمودار همزمانی حرکت       |

توضیحات :

1) ابزارها و نمودارهای تجزیه و تحلیل عملیات

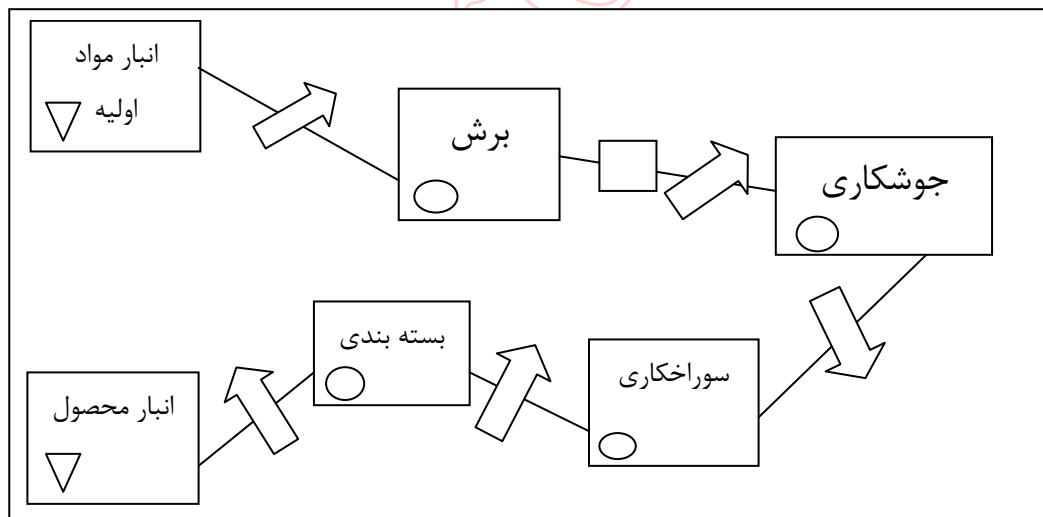
- |                      |               |
|----------------------|---------------|
| 1) Flow Diagram (FD) | دیاگرام جریان |
|----------------------|---------------|

به عنوان اولین ابزار تجزیه و تحلیل عملیات در سال 1947 میلادی طراحی و استفاده شد. این نمودارها با استفاده از اشکال گرافیکی نسبت به ثبت اطلاعات گردآوری شده اقدام نمود این تعاریف و اشکال عبارتند از :

به معنی هر تغییر آگاهانه در یک یا چند مشخصه ی یک شیء	○	عملیات	Operation_1
حمل و نقل به معنی چنانچه جابجایی محصول و مواد اولیه و یا هر یک از قطعات تولید جهت ادامه فعالیت و یا انبار	⇒	حمل و نقل	Transportation_2
کلیه فرآیندهای انطباق محصول تولید شده با مشخصات از پیش تعریف شده را بازرسی قلمداد می کند.	□	بازرسی	Inspection_3
هر گونه نگهداشت و یا انبارش از مواد اولیه ، محصولات نهایی و کالای نیمه ساخته که مبنای نگهداری داشته باشند به عنوان انبار کردن یا انبار تلقی می گردد.	▽	انبار	Storage_4
شامل بخشی از فرآیند اجرایی بوده که در پروسه تولید زمان هایی به صورت اجتناب ناپذیر و یا قابل اجتناب به این امر اختصاص یابد.	D	تأخیر	Delay_5

نحوه رسم دیاگرام های جریان :

این نمودارها ابتداءً با در نظر گرفتن نقشه جانمایی واحد تولیدی (طرح اسقرار و یا چیدمان و یا layout) با در نظر گرفتن نقشه جانمایی فرآیندهای شناخت در مورد اجزای کاری را تعریف و ترسیم می نماید.



نمودار یا دیاگرام جریان :

با توجه به توسعه واحدهای صنعتی و افزایش تعداد واحدها عملاً کاربردی خود را از دست می دهند.

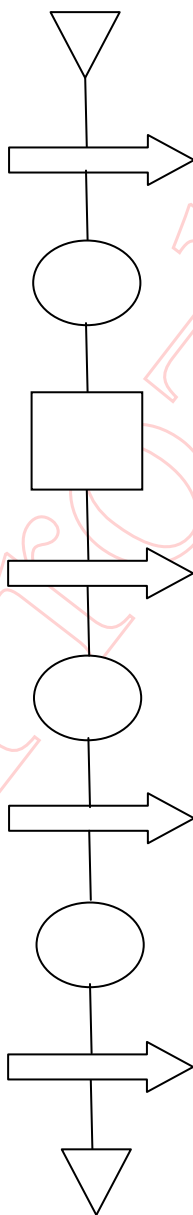
PC

2) نمودار فرآیند

نمودارهای فرآیند از همان کاراکترهای دیاگرام جریان استفاده نموده و دیگر نیازی به نقشه جانمایی ندارد.  
 در نمودارهای فرآیند جدولی به عنوان مشخص کننده بخش های مختلف ترسیم می شود.

	4		2
	1		-
	5		

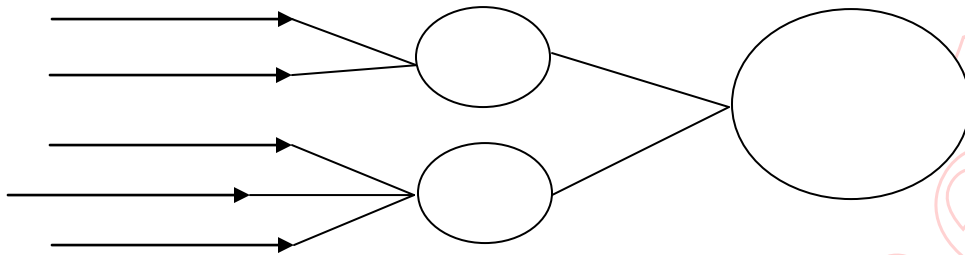
نمودار فرآیند:



در نظر داشته باشیم جهت شناخت هر چه بیشتر اجزاء تشکیل دهنده محصول می توان از نمودارهای انفجاری (Explosion chart) استفاده نمود.

3) نمودارهای مونتاژ

در این نمودارها قطعات مختلف تولید شده محصول که جهت مونتاژ می بایست به مرحله خاصی منتقل شوند نشان داده می شود.



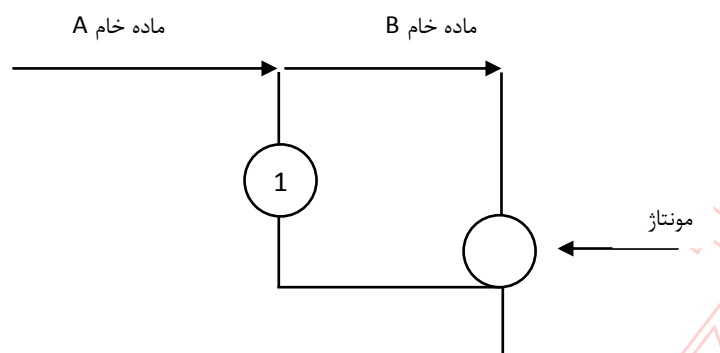
نمودارهای فرآیند جریان :

از همان سیمبل های نمودار فرآیند استفاده نموده ولی به صورت جدولی ترسیم می شود.

FPC						
نام محصول						
کد محصول						
□	▽	D	→	○	شیء	ردیف



نمودار فرآیند عملیات در برگرفته تمامی بخش های اجرایی فرآیند تولید می باشد. شباهت زیادی به نمودار مونتاژ داشته در این نمودار ورودی ها به صورت خطوط مستقیم و عملیات بر روی خطوط عمومی ترسیم می شود.



در نظر داشته باشید نمودار فوق از سمت چپ به راست ترسیم می شود از این نمودار جهت نشان دادن عملیات ساخت و مونتاژ استفاده می شود. ترتیب عملیات مونتاژ را نشان می دهد رابطه بین قطعات مشخص است، رابطه مابین ماشین آلات و تجهیزات مشخص است، جریان حمل و نقل مواد مشخص است و ... شماره گذاری فعالیت ها در این نمودار از سمت چپ و بالاترین قسمت آغاز می گردد. در نظر داشته باشید از نمودارهای تجزیه و تحلیل در عملیات می توان به روشهای بهبود رسید از جمله روشهای بهبود عبارتند از:

(1) روشهای مرتبط با مواد

(2) روشهای مرتبط با ماشین آلات

(3) روش های مرتبط با اپراتور

(4) روشهای مرتبط با شرایط کار

5) روشهای مرتبط با ابزارها ، قرارگاهها و هدایت کننده ها

### 1) روشهای مرتبط با مواد

استفاده از مواد ارزانتر ، استفاده از مواد اضافی و ضایعات ، استاندارد کردن مواد ، استفاده یکنواخت از مواد اولیه و ...

### 2) روشهای بهبود مرتبط با ماشین آلات

بهبود عملکرد ماشین آلات را در دویبخش می توان طبقه بندی کرد :

بخش اول) هنگام آماده سازی ماشین آلات

در این بخش انتظار داریم :

- خود اپراتور فرآیند آماده سازی را انجام دهد.

- تعداد دفعات آماده سازی را کاهش دهد.

- امکانات لازم جهت آماده سازی را انجام دهد.

- بخش دوم ) بهبود ماشین آلات ضمن عملیات

- فعالیت های اضافی را حذف می نمائیم.

- امکان ترکیب چند فعالیت را ایجاد می کنیم.

- سرعت تغذیه ماشین را بالا می بریم.

- امکان جایگذاری قطعه بر روی ماشین جهت فعالیت بعدی را بررسی می نمائیم.

- امکان عملیات گروهی را بررسی می کنیم.

(3) روش های بهبود مرتبط با اپراتور

- حذف خستگی ها در صورت امکان

- استفاده از اپراتورهای کارآموده

- نظارت و رفع اشکال اپراتورها

(4) روشهای بهبود مرتبط با شرایط کار

این متد که عمدتاً توسط کشورهای شرقی توسعه یافته است شامل کنترل رطوبت ف درجه حرارت ، میزان نور ، صدا و نهایتاً ایجاد نظم و ترتیب در محل کارگاه

(5) روشهای بهبود مرتب با ابزار ، هدایت کننده ها و قرارگاهها :

این روش شامل استفاده مناسب از بهترین ابزار ، وجود ابزار در بهترین شرایط ، استفاده از ابزار جایگزین در شرایطی که امکان کاربری با مهارت کمتر وجود داشته باشد و ...

از دیگر موارد قابل بررسی که منجر به بهبود روش ها می شود مسئله حمل و نقل می باشد با توجه به اینکه درصد بالایی از قیمت تمام شده محصول مربوط به هزینه حمل و نقل می باشد اتخاذ سیاست های اجرایی موثر ریال حائز اهمیت است که عبارتند از :

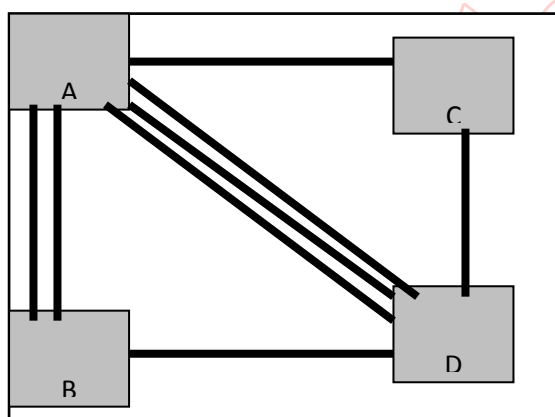
کاهش تعداد دفعات حمل و نقل بار ف کاهش مسافت حمل و نقل ، استفاده از ظروف مناسب جهت حمل و نقل

Trip frequency Diagram

• دیاگرام فرکانس سفر :

این نمودارها به عنوان اولین نمودارهای کاربردی جهت تعیین میزان حمل و نقل مورد استفاده قرار گرفت نحوه ترسیم این نمودارها به این شکل می باشد که ابتداً نقشه جانمایی ( layout ) واحد ترسیم ، محل تجهیزات و بخش های مختلف مشخص شده و سپس حمل و نقل مابین بخش ها و میزان حمل و نقل ترسیم می گردد.

به دلیل عدم قابلیت این نمودار در مواقعی که تعداد ماشین آلات و یا بخش ها و یا حمل و نقل مابین بخش ها زیاد باشد دیگر کارایی ندارد از این نمودارها دیگر استفاده نمی شود.



Trip frequency chart

• نمودار فرکانس سفر :

با توجه به مشکلات دیاگرام های فرکانس سفر و عدم کارایی دیاگرام فوق ف اطلاعات لازم ، میزان حمل و نقل مابین بخش ها بر روی جدول زیر نشان داده می شود.

	A	B	C	D	E
A	-	*	**	*	**
B	*	-			
C	**		-		
D	*			-	
E	**				-

## تحلیل عملیات

پس از طی نمودن مرحله مطالعه کار و استخراج داده های گردآوری شده که بر اساس سیستم های استاندارد نرمال شده جمع آوری شده (مثل نمودارهای OPC ، fpc ، نمودار مونتاژ) مرحله اصلی فعالیت جهت بهینه سازی عملیات فرآیند تحلیل عملیات می باشد. در تحلیل عملیات با پنج سوال کلاسیک جهت جمع آوری و تدقیق داده های جمع آوری شده روبرو هستیم.

- 1) با پرسیدن سوال چرا ، تکیه بر اهداف عملیات داریم.
  - 2) با پرسیدن سوال چگونه بر طراحی عملیات فرایندها ، تلورانس ها ، ابزارهایی در نظر گرفته شده اشاره می کنیم.
  - 3) با سوال چه کسی بر انجام دهنده یک عملیات و طرح کار تمرکز می نمائیم.
  - 4) با پرسیدن سوال کجا ، چیدمان کار را بررسی می کنیم.
  - 5) و نهایتاً با سوال چه موقع بر توالی انجام عملیات تکیه داریم.
- در ادامه تحلیل گر وظیفه خود مبنی بر افزایش راندمان با در نظر گرفتن کاهش هزینه های تولید با تکیه بر کیفیت از پیش تعیین شده اقدام می نمائیم.
- جهت این امر از فعالیت هایی همچون ساده سازی رویه های عملیات ، تغییر رویه های حمل و نقل ، استفاده از ابزار کارآمدتر ، روش های بهینه تر انجام عملیات و... استفاده می نمائیم.
- جهت تعریف بخش های مختلف عملیات ، گیلبرت تحقیقات ابتدایی را آغاز نمود و برای این کار عناصر 17 گانه ای را نیز تعریف نمود.

فرایند تحلیل عملیات در 9 بخش اساسی قابل تفکیک می باشد که اولین گام آن قبل از این تفکیک جمع آوری اطلاعات اهرم کار می باشد.

مرحله اول) تعیین هدف عملیات

از مهم ترین بخش های 9 گانه ی تحلیل عملیات می باشد. در این بخش قانون اصلی تحلیل گرفته مبنی بر حذف و یا ترکیب یک عملیات قبل از بهینه سازی آن مد نظر می باشد.

در این راستا ابتداءً کارهای غیر ضروری کنار گذاشته و با مابقی عملیات امکان اجرای عملیات را بررسی می کنیم. در نظر داشته باشید در بعضی مواقع به دلیل کارایی نامناسب عملیات های قبلی فعالیت هایی جهت اصلاح ایجاد می شوند که حدالمقدور با تصحیح عملیات اول می توان عملیات دوم را حذف نمود.

مرحله دوم) طراحی قطعه

مهندسين روش بر این باورند هنگامی که قطعه ای طراحی شد می توان با تغییراتی هر چند اندک بهبود های احتمالی را در فرایند اجرایی ایجاد نمود.

جهت بهبود طرح ، تحلیل گر می بایست موارد زیر را در نظر داشته باشد.

1) با ساده سازی طراحی از تعداد قطعات کاست.

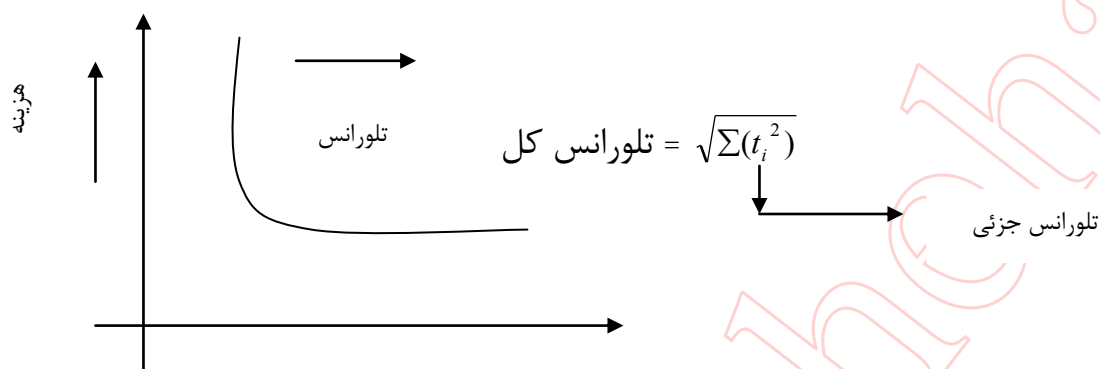
2) در حد امکان با ترکیب قطعات و ساده نمودن ماشین کاری و مونتاژ از تعداد عملیات و طول حرکت تولید (تشکیل تولید) کم کرد.

3) حدالمقدور از تلورانس های بزرگ تر استفاده نمود.

4) طراحی می بایست ماهیت امکان پذیری تولید را تأمین نماید.

## مرحله سوم) طراحی تلورانس

تلورانس ها مشخصاتی بوده که توانایی محصول به برآورده ساختن نیازهای مشخص شده را تبیین می نماید. انتظار داریم با کاهش تلورانس هزینه های اجرایی افزایش یابد.



## مرحله چهارم) مواد

در انتخاب مواد عملیات موارد زیر می بایست در نظر گرفت :

- 1) حدالمقدور مواد ارزانتری را انتخاب کرد.
- 2) در حد امکان موادی با فرآوری ساده تر را انتخاب نمود.
- 3) استفاده از مواد دور ریز
- 4) استاندارد کردن مواد
- 5) یافتن تأمین کننده مناسب از حذف قیمت و موجودی کالا.

## مرحله پنجم) توالی و فرآیند تولید

یکی از بخش های پر اهمیت وتأثیر گذار در تحلیل عملیات بررسی توالی عملیات جهت تولید می باشد.

معمولاً زمانی که صرف تولید می شود به سه دسته قابل تقسیم است :



1) کنترل موجودی و برنامه ریزی

2) آماده سازی

3) تولید

جهت بهبود فرآیند تولید تحلیل گر می بایست موارد زیر را در نظر داشته باشد.

1) طراحی مجدد عملیات

2) مکانیزه کردن عملیات دستی

3) استفاده از تجهیزات با کارایی بالاتر

4) تولید نزدیک به شکل واقعی (یعنی کارهای تکمیلی به حداقل برسد)

5) استفاده از روبات ها

مرحله ششم) فرآیند آماده سازی و ابزارها

یکی از موارد تأثیر گذار در فرآیند تولید زمان های آماده سازی می باشد که وظیفه تحلیل گران و برنامه ریزی کنندگان تولید کاهش زمان های آماده سازی و تعداد دفعات آماده سازی می باشد.

مرحله هفتم) حمل و نقل مواد

یکی از موارد تأثیر گذار در فرآیند تولید مسأله حمل و نقل مواد می باشد.

در نظر داشته باشید بر اساس بررسی های به عمل آمده بین 85٪- 30٪ هزینه تمام شده محصول ، هزینه

حمل و نقل می باشد. لذا می بایست در تحلیل این بخش موارد زیر را در نظر گرفت :

1) زمان برداشتن و گذاشتن مواد را کاهش داد.

2) از تجهیزات مکانیزه استفاده نمود.

3) از تجهیزات جا به جایی موجود استفاه بهتری نمود.

4) در حین حمل و نقل دقت بیشتری را انجام داد.

مرحله هشتم) چیدمان کارخانه

بر حسب شرایط تولیدی چیدمانهای متفاوتی می توان جهت فرایند تولید در نظر گرفت که به چهار دسته زیر تقسیم می شود.

1) product layout flow shop چیدمان محصول

2) process layout job shop چیدمان فرآیندی

3) fixed position layout چیدمان حمل ثابت

4) continous layout چیدمان پیوسته

مرحله نهم) طراحی کار

یکی از موارد حائز اهمیت در طراحی کار بررسی قوانین اجتماعی ، قوانین کار و سلامت اپراتور می باشد. در این بخش نسبت به محل اجرای عملیات قوانین و مقررات متفاوت می باشد.

## مطالعه حرکت

همانطور که اشاره شد در حین فرآیند مطالعه حرکت نسبت به شناخت بخش های مختلف عملیاتی ، اشراف پیدا می کنیم و این قضیه و یا مساله را جهت شناخت دقیق تر به مطالعه حرکت خود جزئی تر می کنیم. ابتداءً فرآیند مطالعه حرکت خرد را توسط عکس برداری توسط فرآیند اجرایی صورت گرفت.

که از این طریق سیکل حرکت و یا فواصل اصلی زمانی حرکت را بررسی می نمودند.

جهت تعریف بخش های مختلف یک عملیات گیلبرت عناصر یگانه ای را تعریف نمود که به آن عناصر پایه ای دست نام نهادند.

(1) جستجو sh

(2) انتخاب st

دو عنصر اول ماهیت ذهنی داشته و قابل تفکیک به فعالیت های فیزیکی ندارند.

(3) حرکت G

(4) حرکت خالی دست TE

(5) حرکت پر دست TL

(6) نگه داشتن H

(7) رها کردن RL

(8) تنظیم کردن P

9) پیش تنظیم PP

10) مونتاژ A

11) بازرسی A

12) باز کردن یا مونتاژ DA

13) استفاده کردن U

14) تأخیر غیر قابل اجتناب UD

15) تأخیر قابل اجتناب AD

16) استراحت کردن R

17) طرح کردن (طراحی نحوه انجام کار) Pn

( مثال )

مونتاژ پیچ بر روی قطعه توسط اپراتور

1- جستجو

2- انتخاب

3- حرکت خالی دست

4- گرفتن

5- حرکت پر دست

6- نگه داشتن

7- جستجو

8- انتخاب

9- حرکت خالی دست

10- گرفتن

11- حرکت پر دست

12- پیش تنظیم پیچ

13- تنظیم پیچ

14- رها کردن پیچ

15- پیش تنظیم مهره

16- تنظیم مهره

17- نگه داشتن مهره

18- مونتاژ پیچ

اصول اقتصادی حرکت :

در نظر داشته باشید معمولاً اصول مرتبط با حرکت را (جزئی از اجرای عملیات) که به عنوان یک پایه مناسب جهت افزایش و بهبود کارایی و کاهش خستگی در نیروی انسانی قلمداد می گردد مدنظر قرار می گیرد. این اصول به سه دسته تقسیم می شود :

این اصول عبارتند از :

### 1- اصول اقتصادی مرتبط با استفاده از بدن عبارتند از :

الف) انتظار داریم در شروع عملیات دستگاه همزمان آغاز و در آخر کار نیز همزمان از کار بایستد.

ب) به جز در هنگام بیکاری های مجاز هر دو دست بیکار نباشد.

ج) حرکات دست ها و بازوها به صورت قرینه باشد.

د) انتظار داریم دستها و بدن در پائین تر سطح خود فعالیت نمایند.

هـ) انتظار داریم امکان عملکرد ریتمیک در حین انجام کار وجود داشته باشد.

### 2- اصول اقتصادی حرکت مرتبط با طراحی ابزار و تجهیزات :

الف) در استفاده از ابزار و تجهیزات ، انتظار داریم تجهیزاتی با عملکرد و کاربری کار بیشتری باشد.

ب) از 2 یا تعداد بیشتری از ابزارهای ترکیبی استفاده نمود.

ج) اهرم ها و زمان های کنترلی را به نحوی طراحی نمود که اپاتور نسبت به آن تسلط داشته و به راحتی کار کند.

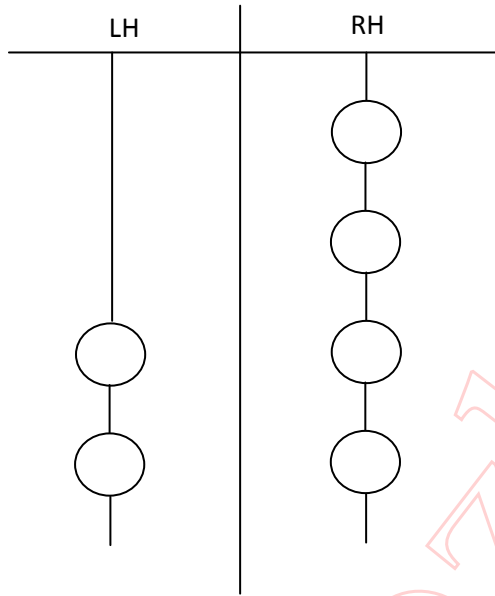
### 3- اصول اقتصادی حرکت مرتبط با نظم و ترتیب محل کار

الف) از جمله اینکه برای هر ابزار محل مشخصی تعبیه شود.

ب) ابزارها و مواد کنترل کننده نزدیک محل استفاده قرار گردد.

### نمودار دست راست - دست چپ

این نمودار بیان کننده حرکات دست چپ و دست راست در حین انجام عملیات می باشد.  
 تقریباً به نمودار OPC شبیه بوده و به قرار زیر ترسیم می شود.



نمودار همزمان حرکت (SIMO Chart)

این نمودار بر پایه نمودارهای دست راست و دست چپ تهیه شده با این تفاوت که شرح انجام هر عملیات به صورت کامل و زمان انجام عملیات نیز ذکر می شود.

LH	تعداد دفعات	زمان اجرا	زمان اجرا	تعداد دفعات	RH
شروع عملیات					شروع عملیات

در نظر داشته باشید یکی از مهمترین دلایل ایجاد و استفاده این موارد تاکنون نیز امکان آموزش به اپراتورها با استفاده از این نمودارها می باشد.

## فصل ششم

### برنامه ریزی کار

پس از طی نمودن عنوان فرآیند مطالعه کار و حرکت و با جمع آوری داده های لازم و اطلاعات مورد نیاز در زمینه جزء جزء عملیات ها موضوع برنامه ریزی عملیات و کار به عنوان هدف اصلی مطرح می گردد. فرآیند برنامه ریزی کار (منظور از برنامه ریزی کار با برنامه ریزی کار بر روی ماشین) در سه فاز صورت می گیرد.

#### فاز اول

نسبت به شناخت ساختار عملیات آگاهی از توانایی عناصر درگیر در کار (اپراتور و ماشین) که عمدتاً اطلاعات فوق در مراحل قبل جمع آوری شده است تحلیل گر نسبت به تعیین انطباق هر یک از عناصر در مراحل مختلف و میزان نیاز آن اقدام می نماید ، به یاد داشته باشید هر یک از عناصر فوق دارای ویژگی های منحصر به فردی می باشد.

ویژگی های انسان در کار :

- 1) عامل احساسی : صدا و ارتعاش و گرما ، بینایی
- 2) توانایی ذاتی جهت انجام برخی از عملیات ها بدون آمادگی
- 3) ذخیره نمودن تدریجی اطلاعات (تجربه)



4) توانایی تجزیه و تحلیل و محاسبات

5) خلاقیت

ویژگی های ماشین در کار عباتست از :

1) عملکرد سریع و یکنواخت

2) ارائه حجم نیروهای زیاد حین انجام عملیات

3) انجام عملیات دقیق با ضریب اطمینان بالا

فاز دوم )

پس از طی نمودن فاز اول شناخت جزئی و کلی فرآیند کار و ویژگی های عناصر واگذاری دو بخشی کار اپراتور مورد بررسی قرار می گیرد و جهت این امر چک لیست های استاندارد طراحی شده است.

فاز سوم ) در این امر نسبت به واگذاری ماشین با در نظر گرفتن عامل پر اهمیت اقتصادی بودن صورت می پذیرد. برنامه کار بر روی ماشین در دو حالت صورت می پذیرد :

1) قطعی

2) احتمالی

در مورد قطعه حجم کار ، زمان های سرویس ، میزان تولید ، مدت زمان سرویس و ... مشخص می باشد در حالیکه در شرایط احتمالی عمدتاً زمان سرویس و مدت زمان سرویس متناسب توابع توزیع احتمالی می باشد.

در این بخش از فرآیند برنامه ریزی نسبت به تعریف المان های کاری اقدام می نماییم. این المان های استاندارد شده جهت سهولت فرآیند برنامه ریزی استفاده می شود که به دو دسته المان های کوچک و المان های بزرگ تقسیم می گردد.

1) المان های کوچک :

شامل پنج جزء بوده که عبارتند از

الف) تنظیم (SU)-setup ، آماده سازی ، بارگذاری ، پر کردن ماشین

ب) بارگذاری یا Load(L)

ج) تخلیه (UL) Unload

د) تمیزکاری محیط کار PA(put Away)

هـ) عمل یا اجراء که با DO

2) المان های بزرگ :

تفاوت المان های کوچک و بزرگ در تجزیه به (تفکیک) فعالیت های جزئی تر می باشد در حالیکه در تعریف اجزای المان های بزرگ با دیدی کلی تر به مطلب نگاه می شود.

S , PA , UL , L \_1

Do = Run \_2 (اجراء)

جهت برنامه ریزی کار در شرایط قطعی با دو راهکار روبرو هستیم :

(1) استفاده از نمودارهای انسان - ماشین

(2) استفاده از مدل های ریاضی

موارد فوق با ذکر یک مثال تشریح می شود.

(مثال)

فرض عملیات سوراخ کاری بر روی یک قطعه ریخته گری شده مد نظر باشد ، عملیات زیر جهت این فرآیند طراحی شده است.

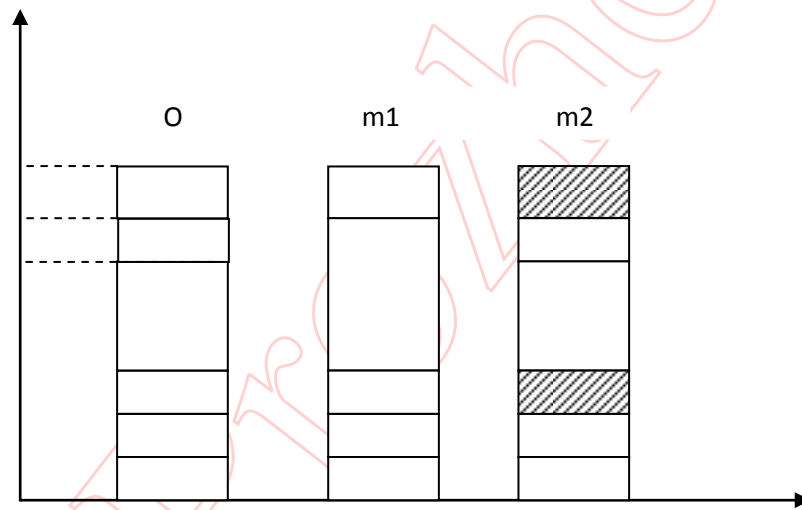
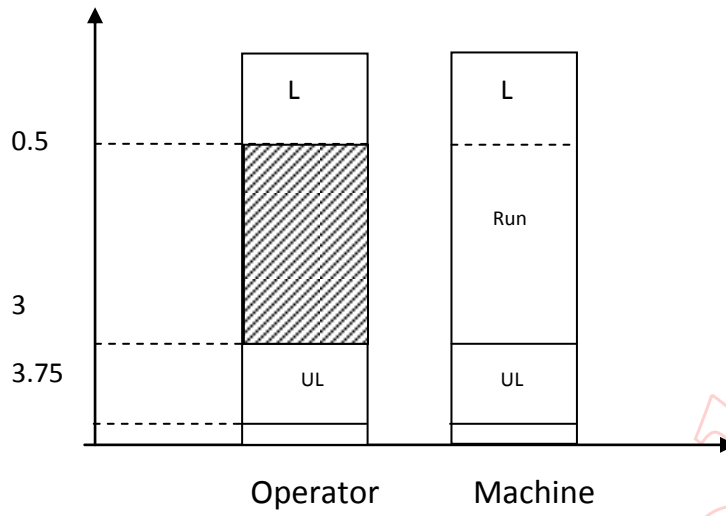
(1) برداشتن قطعه ، قرار دادن فیکسچر ( Fixture ) ، بستن قطعه ، پائین آوردن مته جهت تنظیم برای

سوراخکاری مجموعاً نیم دقیقه

(2) اجرای عملیات سوراخکاری 2/5 دقیقه

(3) بالا آوردن مته ، برداشتن قطعه کار و تمیز نمودن محیط انجام عملیات برابر با 0/75 دقیقه

مطلوبست محاسبه تعداد ماشین آلات تخصیص یافته ، در شرایط تخصیص 1و2و3 ماشین به یک اپراتور



استفاده از مدل های ریاضی در برنامه ریزی کار بر روی ماشین :

تبعاً انتظار داریم مدل های ریاضی جواب دقیق تری نسبت به تعداد بهینه ماشین آلات در اختیار ما قرار دهد. ابتدا متغیرهای زیر را تعریف می کنیم.

(A) زمان عملکرد توأم اپراتور و ماشین

(B) زمان عملکرد مستقل اپراتور

(T) زمان عملکرد مستقل ماشین

(N) کسر  $2/3$  ماشین آلات تخصیص داده شده به اپراتور

(M) تعداد صحیح از  $2/3$  ← یا 2 یا 3 ماشین تخصیص داده شده

(Io) بیکاری اپراتور در یک سیکل کاری

بیکاری ماشین در یک سیکل کاری

زمان سیکل

هزینه کل

زمان هر ساعت کار اپراتور

زمان هر ساعت کار ماشین

عملکرد مستقل و توأم ایمنی ماشین به انسان و بالعکس نیازی ندارد. حال زمان کار بر روی یک ماشین جهت تولید یک واحد محصول مرتبط با اپراتور برابر با  $(A+B)$  و زمانی که یک ماشین صرف می نماید یک واحد محصول تولید شود برابر با  $(A+T)$  خواهد بود. کسر ماشین تخصیص داده شده به اپراتور از رابطه زیر بدست می آید:

$$n = \frac{a+t}{a+b}$$

حال با توجه به مقدار محاسبه شده  $n$  با دو حالت رو به رو مواجه هستیم:

1) چنانچه  $n$  مقداری صحیح باشد که دیگر نیاز به محاسبات نمی باشد و لیکن اگر  $n$  مقداری کسری باشد با دو حالت روبرو هستیم:

$$2.3 \rightarrow 2 \quad m < n$$

که در این شرایط با اشتغال 100 درصدی ماشین و بیکاری اپراتور روبه رو هستیم که در این شرایط نیز با

$$2.3 \rightarrow 3 \quad m < n \quad \text{اشتغال صد در صدی}$$

اپراتور و بیکاری ماشین هستیم.

در حالت اول زمان سیکل برابر  $(a+t)$  است و در حالت دوم برابر با  $m(a+b)$  می باشد.

(زمان سیکل ← زمان خروج دو قطعه متوالی)

$$T_c \begin{cases} (A+t) & m < n \\ m(a+b) & m > n \end{cases}$$

$$T_o \begin{cases} (A + t) - m(a + b) & m < n \\ 0 & m > n \end{cases}$$

$$T_m \begin{cases} 0 & m < n \\ n(a + b) - (b + t) & m > n \end{cases}$$

از روابط بالا مقدار هزینه کل را می توان محاسبه نمود.

$$T_c = c_1 + mc_2 \left( \frac{T_c}{m} \right)$$

$$T_c \begin{cases} (c_1 + mc_2) \frac{(a+t)}{m} & m < n \\ (c_1 + mc_2) \frac{m(a+t)}{m} & m > n \end{cases}$$

هدف min نمودن هزینه های اجرایی عملیات می باشد لذا دو حالت فوق  $m < n$  و  $m > n$  مقایسه

هزینه ای می گردد و کمترین مقدار فوق مبنای تعداد ماشین تخصیص داده شده می باشد. برای سهولت

انجام محاسبات فوق می توان از رابطه زیر استفاده نمود :

$$R = \frac{T_c(n)}{T_c(n+1)} \quad n \begin{cases} n \\ n+1 \end{cases}$$

با در نظر گرفتن تغییر متغیر  $\theta = \frac{c_1}{c_2}$  رابطه فوق به صورت زیر خلاصه می شود.

$$R = \frac{\theta + n}{\theta + n + 1} \times \frac{n}{n}$$

مقدار ضریب  $R$  در سه حالت تغییر می نماید چنانچه مقدار  $R < 1$  محاسبه شد تخصیص  $n$  ماشین بهینه است اگر  $R > 1$  شد تخصیص  $n+1$  ماشین بهینه است.

اگر  $R=1$  شود در این صورت از حیث دیدگاه هزینه ای تفاوتی مابین تخصیص  $n$  و  $n+1$  ماشین نمی باشد.

$$n = \frac{a+t}{a+b} = \frac{1.25 + 2.5}{1.25 + 0} = 3$$

$$L=0.5$$

$$UL=0.75$$

$$a=0.5+0.75=1.25$$

(مثال)

اطلاعات زیر را در نظر داشته باشید و مطلوبست محاسبه تعداد ماشین آلات تخصیص یافته با استفاده از نمودار انسان - ماشین و مدل های ریاضی زمان گذاشتن قطعه بر روی ماشین 2 دقیقه و زمان برداشتن قطعه 2 دقیقه ، زمان بازرسی 0/5 ، زمان رفتن از یک ماشین به ماشین دیگر 0/5 زمان اجرای عملیات 10 دقیقه ، هزینه 1 ساعت کار اپراتور و هزینه یک ساعت کار ماشین 2000 تومان ؟



برنامه ریزی کار بر روی ماشین در حالت احتمالی :

این حالت هنگامی رخ می دهد که عملکرد ماشین ها و زمان نیاز به سرویس آنها احتمالی باشد. در شرایط احتمالی تابع توزیع منطبق بر رخداد خرابی های تابع توزیع دوجمله ای (Binomial) می باشد.

$$\text{Poss} \rightarrow \text{Binomial} \rightarrow \lambda = np \rightarrow 0$$

در این شرایط  $p$  برابر با احتمال کارکرد ماشین ،  $q$  احتمال نیاز به سرویس ،  $R$  زمان انجام عملیات ماشین (Run) و  $s$  مدت زمان سرویس دهی لذا می توان تابع احتمال خرابی  $n$  ماشین را از بسط دوجمله ای محاسبه نمود.

$$(p + q)^2$$

$$T_c(n) = \frac{c_1 + nc_2}{\text{تعداد قطعه تولید شده در واحد زمان}} \text{ هزینه کل}$$

( مثال )

شرایطی را در نظر بگیرید که زمان نیاز به سرویس یک سری ماشین های مشابه از توابع توزیع احتمالی پیروی می نماید. مدت زمان تولید یک قطعه بدون در نظر گرفتن زمان از دست رفته  $(C_t = 0.5h)0.5h$

می باشد. هر شیفت کاری برابر با 8 ساعت در نظر بگیرید بر اساس تجربیات موجود احتمال کارکرد ماشین برابر 0.6 و احتمال نیاز به سرویس 0.4 می باشد. هزینه هر ساعت کار اپراتور 600 و هزینه هر ساعت کار ماشین 2250 می باشد. با توجه به اطلاعات فوق تخصیص چند ماشین به یک اپراتور اقتصادی می باشد؟

( حل )

در حل اینگونه مثال ها ابتداءً تخصیص های متفاوت از ماشین را بررسی کرده هزینه هر تخصیص را محاسبه می نمائیم و هنگامی که با تخصیص های بیشتر دیگر کاهش هزینه نداشتیم ، تعداد ماشین تخصیص یافته قبلی بهینه خواهد بود.

$$T_c = \frac{200+1(2250)}{2} = 1425$$

هزینه تولید بر قطعه

$$N=2$$

$$(p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2 = 0.36 + 2 \times 0.6 \times 0.4 + 0.16$$

در هنگامیکه هر دو ماشین نیاز به سرویس دارند اپراتور به یک ماشین سرویس داده و ماشین بعدی منتظر اپراتور جهت سرویس می ماند. لذا مدت زمان فوق را زمان از دست رفته می نامیم.

$$\text{زمان از دست رفته} = 0.16 * 8 = 1.28$$

$$\text{زمان در دسترس تولید} = 2 * 8 - 1.28 = 14.72$$

$$\text{تعداد قطعه تولید شده در یک ساعت با اختصاص دو ماشین} = \frac{14.72 * 2}{8} = 3.68$$

$$T_c = \frac{600 + 2 * 2250}{3.68} = 1385.9$$

$$N=3$$

$$(p + q)^3 = p^3 + 3p^2q + 3pq^2 + q^3 = 0.6^3 + 3 * 0.6^2 * 0.4 + 3 * 0.6 * 0.4^2 + 0.4^3$$

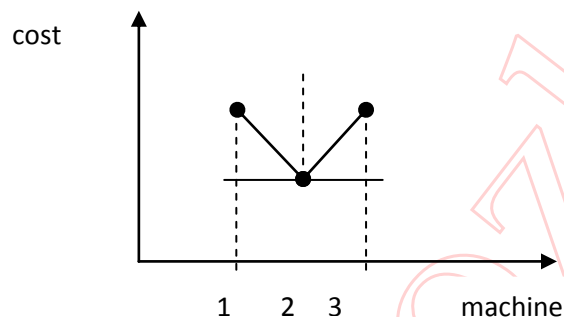
زمان از دست رفته	احتمال رخداد	تعداد ماشین نیاز به سرویس
—	0.216	0
—	0.432	1
0.288*8*1	0.288	2
0.064*8*2	0.064	3
3.328		

زمان در دسترس تولید =  $24 - 3.328$

تعداد دفعات تولیدی در هر ساعت =  $\frac{20.672 * 2}{8} = 5.168$

$$T_c(3) = \frac{600 + 3 * 2250}{5.168} = 1422.2$$

$N=2$



بالانس کار :

به معنی ایجا توازن مابین فعالیت های انجام شده (برنامه ریزی شده) امکانات موجود می باشد در دو حالت قابل بررسی می باشد :

(1) بالانس خط تولید

(2) بالانس خط مونتاژ

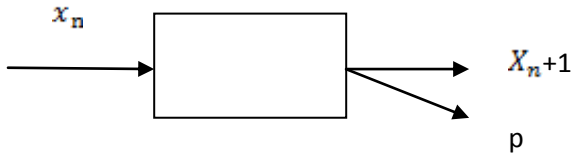
- بالانس خط تولید :

جهت ایجاد توازن و بالانس در خط تولید مطلب حائز اهمیت نرخ خرابی ها می باشد. خرابی ها به سه دسته قابل تفکیک است که عبارتند از :

خرابی ساده که پس از رخداد خرابی قطعه مورد نظر دورریز

(1)

تشخیص داده می شود.

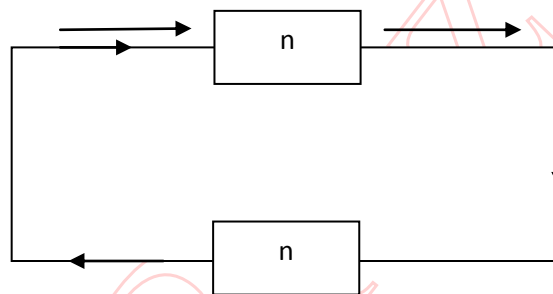


خرابی هایی که پس از رخداد خرابی امکان دوباره کاری جهت

(2)

اصلاح قطعه وجود دارد.

احتمال نیاز به دوباره کاری



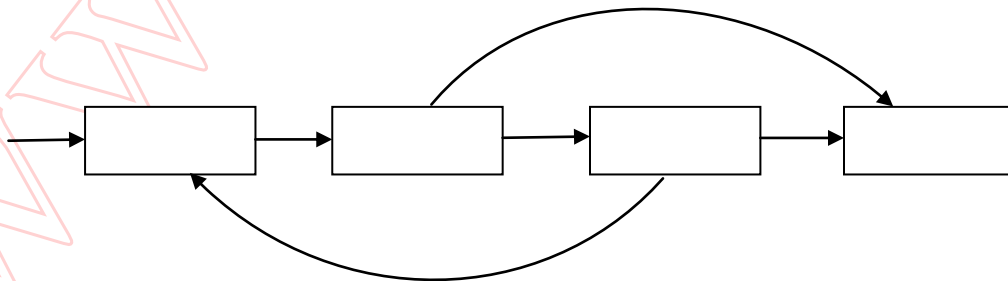
$$p = \frac{1-p}{1-p(1-p_r)} \quad , \quad X_n = \frac{X_{n+1}}{p}$$

احتمال سالم بودن

شرایطی را در نظر بگیرید که پس از خرابی جهت اصلاح قطعه

(3)

(محصول)، محصول به یک یا چند مرحله و یا به عقب تر می رود.



نکته: (خارج از درس)

رفع گلوگاه  $\left\{ \begin{array}{l} \text{اضافه کردن ماشین} \\ \text{جایگزین ماشین} \\ \text{out sourcing} \end{array} \right\}$   $B > C$

(اقتصادی تر)

JIT(just in time)

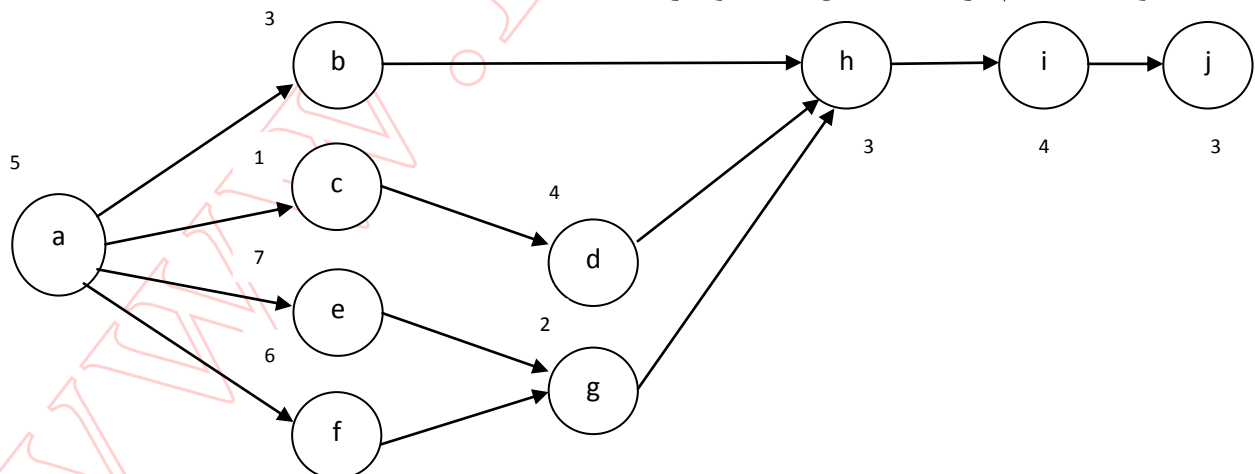
رفع گلوگاه در کشورهای آسیای شرقی ← مِتْد

- بالانس خط مونتاژ

در شرایطی که فرآیند تولید متشکل از چند ایستگاه کاری به منظور مونتاژ می باشد به دلیل عدم برابری سرعت انجام فعالیت ها در ایستگاه های مختلف مساله بالانس خط مونتاژ حائز اهمیت می باشد ، روش های متفاوتی جهت بالانس خط مونتاژ تعریف شده است که عبارتند از :

1) بالانس خط مونتاژ با استفاده از تکنیک موقعیت وزنی :

روش فوق را با ذکر یک مثال تشریح می نماییم دیاگرام تقدم و تأخر جهت تولید محصولی به قرار زیر می باشد مطلوبست انجام فرآیند بالانس خط مونتاژ :



دیاگرام تقدم و تاخر فوق به این معنی است که فعالیت g هنگامی رخ می دهد که فعالیت e و f انجام شده باشد. اعداد نشان داده شده بر روی هر فعالیت نشان دهنده مدت زمان لازم جهت انجام آن فعالیت می باشد. روش موقعیت وزنی به ترتیب زیر انجام می گیرد.

قدم اول)

محاسبه موقعیت وزنی هر عنصر (PW) که برابر با زمان عنصر t مجموع زمان عناصر موخر

عنصر	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
موقعیت وزنی	38	13	15	14	19	18	12	10	7	3

قدم دوم)

در قدم بعد عناصر را براساس موقعیت وزنی مرتب می نماییم.

عنصر	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
موقعیت وزنی	38	13	15	14	19	18	12	10	7	3
زمان اجرا	5	7	6	1	4	3	2	3	4	3

پس از استخراج جدول فوق نسبت به تخصیص عناصر به ایستگاه های کاری بر اساس اولویت فوق و زمان سیکل می باشد. فرض کنید در مثال فوق زمان سیکل می باشد. فرض کنید در مثال فوق زمان سیکل را 10 واحد در نظر بگیرید.

$$C_t = 10$$

$$C_t(\text{cycle time})$$

شماره ایستگاه	a	e	f	c	d	e	f	b	f	g	h	i	g
عنصر کاری	1					2			3		4		
موقعیت وزنی	38	19	18	15	14	19	18	13	18	12			
زمان اجرای عملیات	5	7	6	1	4	7	6	3	6	2			
مجموع زمان ایستگاه	5	-	-	6	10	7	-	10	6	8			
زمان باقیمانده	5	-	-	4	0	3	-	-	4	2			
راندمان			100%				100%			80%		100%	

تعداد کامل :

چنانچه  $n$  تعداد ایستگاه های کاری ،  $m$  تعداد ماشین یا عناصر کار ،  $C$  زمان سیکل  $t_i$  زمان عنصر کار  $i$  ام باشد. در این صورت نسبت بالانس و یا ضرایب بالانس برابر است با :

$$d = \frac{nc - \sum t_i}{nc}$$

انتظار داریم هنگامی که شرایط تعادل کامل برقرار است نرخ  $d$  یا ضریب تأخیر بالانس برابر صفر شود.

$$\text{if } d = 0 \quad \frac{nc - \sum t_i}{nc} = 0 \quad nc = \sum t_i \quad n = \frac{\sum t_i}{c}$$

در نظر داشته باشید  $n$  همواره عدد صحیح می باشد.

انتظار داریم روابط زیر نیز برقرار باشد :

$$\{t_i\}_{max} \leq C_t \leq \sum t_i$$

$n \leq m$  زمان سیکل ما بین

## فصل هفتم

### اتوماسیون

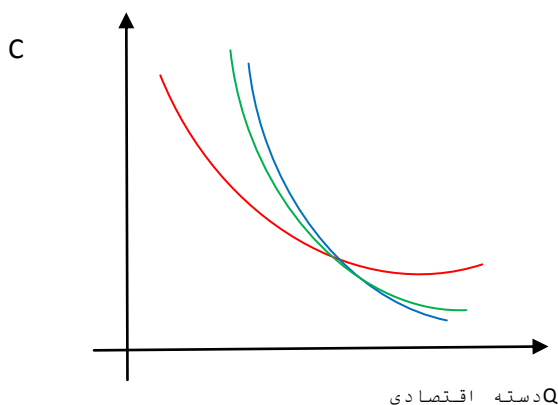
پس از ایجاد مقوله ی حجم تقاضای مصرف کنندگان در خلال و بعد از جنگ جهانی دوم مقوله ی افزایش نرخ تولید و کیفیت کالاهای تولید شده بیش از پیش اهمیت پیدا نمود.

جهت تأمین نیاز بازار و کیفیت محصولات تئوری اتوماسیون مطرح گردید.

اتوماسیون در واقع استفاده از سیستم های رباتیک و یا هوشمند در طی فرآیند تولید می باشد. عمده ترین ویژگی سیستم های رباتیک رخداد تولیدات مستمر با شرایط یکسان می باشد.



دوره زمانی ایجاد تئوری اتوماسیون به سال 1942 میلادی باز می گردد. در آن مقطع زمانی ابتدا ماشین های کنترل عددی در قالب ماشین های MIT وارد بازار گردید سپس در سال های بعد با توجه به نیاز روزافزون صنایع ماشین های NC و CNC نیز روانه ی بازار گردید.



● ماشین های عمومی

● NC و CNC

● خاص منظوره (تک منظوره)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times A}{h}} = Q^*$$

EOQ: مقدار تقاضا  
 D: هزینه سفارش دهی  
 A: اندازه اقتصادی سفارش دهی  
 h: هزینه نگهداری  
 یا اندازه اقتصادی تولید

پس از معرفی ماشین آلات CNC و روزافزون نمودن رشد تکنولوژی ماشین های AGV (وسایل نقلیه راهنمای خودکار) FMS و نهایتاً CDNC وارد بازار گردید. بر اساس تئوری های مختلف تولید سیستم های تولید یکپارچه نیز CIM که در واقع بر پایه ی تئوری های برنامه ریزی تولید استوار است ایجاد گردیدند. در نظر داشته باشید فرآیندهای اتوماسیون در تمامی زمینه های مختلف موثر در تولید تأثیر گذار می باشد.

## زمان سنجی

پس از طی نمودن فرآیند مطالعه کار و مطالعه روش و استخراج تمامی اطلاعات لازم انجام فرآیند زمانسنجی بررسی سیستم های برنامه ریزی تولید حائز اهمیت می باشد.

به طور کلاسیک از عمده دلایل انجام فرآیند زمانسنجی می توان به موارد زیر اشاره نمود.

- 1) دستیابی به برنامه ریزی صحیح انجام کار
- 2) تعیین عملکرد عملیات (لزوماً در حال اجرا)
- 3) برآورد و تعیین هزینه های عملیات مورد نظر

به طور کلی زمانسنجی عبارت است از بکارگیری تکنیک هایی که به منظور تعیین زمان انجام عملیات توسط اپراتور واجد شرایط و در سطح عملکرد مناسب صورت می پذیرد.

از روش های مختلف زمانسنجی می توان به انواع MTM-Most اشاره نمود.

به طور کلی زمانسنجی را می توان به دو دسته کلی تقسیم نمود :

- 1) روش های مشاهده ای

که شامل زمانسنجی با کرنومتر و یا نمونه برداری از کار تعریف می شود.

این روشها مشاهده مستقیمی از عملیات صورت نمی پذیرد و تنها بر اساس استانداردها و معیارهای پذیرفته شده بین المللی فرآیند تخمین زمان صورت می گیرد.

زمانسنجی با کرنومتر :

این روش از زمانسنجی جزء ابتدائی ترین روشهای زمان سنجی قلمداد می گردد. قبل از اجرای فرآیند زمانسنجی با کرنومتر چهار وظیفه اصلی می بایست محقق گردد :

1) وظیفه شخص زمانسنج

که شامل اطمینان انجام کار مورد مطالعه به شکل صحیح و استاندارد ف جلب رضایت سرکارگر ، شناخت دقیق مطالعه گر از نحوه انجام کار ف در اختیار داشتن وسایل مورد نیاز ، اعتماد به نفس ف خونسردی ، درست کاری اشاره نمود.

2) وظایف سرکارگرها و نحوه

ارتباط با آنها :

در نظر داشته باشید با تجربه ترین و با اطلاع ترین فرد یک واحد نسبت به انجام عملیات خاص سرپرست و یا سرکارگر آن خط می باشد.

در این زمینه می بایست هماهنگی مناسبی با سرکارگرها جهت تأمین نظر اپراتورها صورت پذیرد.

## وشوراهای کارگری و اصناف

معمولاً اتحادیه ها نسبت به فرآیند زمانسنج حساسیت نشان داده و مانع از انجام این کار می شوند.

## وظایف اپراتورها :

اپراتورها نیز می بایست نهایت همکاری و مساعدت را جهت انجام فرآیند زمانسنجی انجام دهند. مساله حائز اهمیت در زمانسنجی با کرنومتر انجام اندازه گیری زمان در سیکل های تکراری و با زمان نسبتاً کوتاه می باشد.

در نظر داشته باشید مساله حائز اهمیت دیگر در فرآیند زمانسنجی محاسبه ضریب عملکرد می باشد.

در نظر داشته باشید عملکرد طبیعی سرعتی است که کارگز واجد شرایط به طور طبیعی با آن سرعت عملیات اجرایی را انجام دهد.

جهت انجام زمانسنجی به ابزار و تجهیزات عمومی همچون فرم های زمانسنجی ، کرنومتر ، ماشین حساب و ... نیاز می باشد.

## فرم زمانسنجی

فرم زمانسنجی													
فرد زمانسنج :				تاریخ :								شرح عملیات	
				ایپراتور :									
NT	RF	$\bar{T}$	$\sum T$	سیکل زمانسنجی								شرح عملیات	ردیف
				8	7	6	5	4	3	2	1		
													1
													2
													3

مراحل انجام فرآیند زمانسنجی :

جهت انجام فرآیند زمانسنجی قدم های زیر می بایست طی شود :

قدم اول)

جهت شناخت دقیق از عملیات مورد مطالعه می بایست کلیه اطلاعات جزء به جزء مورد بررسی قرار گیرد.

قدم دوم)

به دلایلی امکان تجزیه و تحلیل عملیات به المان های کوچکتر وجود دارد ، از قبیل تفکیک عملیات

دستی از ماشینی.

تفکیک المان های ثابت از متغیر

تجزیه و تحلیل دقیق تر هر جزء کاری

انجام هر بخش کار با سرعت های متفاوت

قدم سوم)

در این مرحله شخص زمانسنج با استفاده از وسایل مورد نیاز و اطلاعات در اختیار ، زمان های خام استخراج شده از کرنومتر را در فرم زمانسنجی ثبت می نماید.

قدم چهارم)

با توجه به اینکه انتظار داشته باشیم فرایند زمانسنجی با چه دقتی صورت پذیرد مقدار تعداد نمونه (  $n$  ) را از جمعیت انتهایی (  $N$  ) انتخاب می نمایم در شرایطی که جامعه انتهایی ما نامحدود باشد به عبارتی تعداد تکرارهای عملیات زیاد باشد. عملیات زمانسنجی بر اساس فاکتورهای ضریب اطمینان (  $C$  ) یا دامنه اطمینان (  $I$  ) مشخص شود.

با توجه به اینکه معمولاً تعداد نمونه های مأخوذه (تعداد دفعات زمانسنجی) :

$$n \leq 30$$

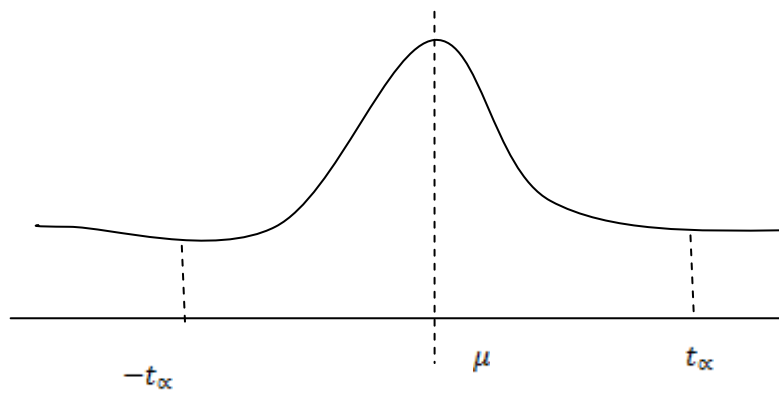
می باشد. تابع توزیع آماری منطبق بر این سیستم نمونه گیری تابع توزیع  $t$  خواهد بود.

لذا در این شرایط جامعه از تابع توزیع  $t$  با میانگین و واریانس  $\mu$  و  $\sigma^2$

$$\sim t(\mu, \sigma^2)$$

و نمونه نیز با همان تابع توزیع با میانگین  $n^2, s$  پیروی می کند.

$$\bar{t}, \frac{s}{n^2}$$



$$\bar{t} \pm 3\sigma_{tc}$$

$$I = \bar{t} \pm 2t_c \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$\bar{t} = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

$$(1-\alpha) = c$$

$$(-t_c < \mu < t_c)$$

$$-t_c < \frac{T - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} < t_c$$

$$\bar{t} = \sqrt{\frac{s^2}{n}} \quad -t_c \frac{s}{\sqrt{n}} < T - \bar{t} < t_c \frac{s}{\sqrt{n}}$$

بر اساس دستورالعمل زیر تعداد مشاهدات لازم جهت زمانسنجی را محاسبه می کنیم:

(1) با توجه به دقت مورد نیاز (از مقدار خطای اول و  $\alpha$ )

مقدار C و I را محاسبه می نمایم.

(2) M مشاهده را جهت زمانسنجی ثبت می کنیم

چنانچه زمان المان های مورد مشاهده 2 دقیقه یا کمتر باشد. M را برابر با 10 و یا چنانچه بیش از 2

دقیقه باشد m را 5 در نظر می گیریم.

انحراف استاندارد نمونه ها را محاسبه می نمائیم.

(3)

$$s^2 = \frac{\sum(\alpha_i - \bar{\alpha})}{n - 1}$$

$$s^2 = \frac{\sum \alpha_i^2 - \sum(\alpha_i)^2}{n(n - 1)}$$

مشاهدات انجام شده را به یکی از دو روش زیر کنترل

(4)

می نمائیم:

الف)  $t_{\min}$  و  $t_{\max}$  را تعیین نموده چنانچه  $t_{\max}$  از میانگین فاصله بیشتری دارد آن را حذف می نمائیم.

ب) چنانچه مشاهده ای خارج از بازه  $t \pm 3s$  باشد آن را حذف می نمائیم.

دقت نمائید در هر یک از دو روش الف و ب فرآیند کنترلی را در نمونه های مأخوذه تا مرحله ای که دیگر دو فرض فوق برقرار نباشد ادامه می دهیم. با توجه به اینکه پس از انجام فرآیندهای کنترلی تبعاً برخی از مقادیر حذف می گردند می بایست مجدداً فرآیند زمانسنجی جهت جایگزینی مقادیر فوق تکرار شود.

مقدار فاصله اطمینان  $I_m$  را از رابطه زیر محاسبه می

(5)

نمائیم.

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

مقدار  $I_m$  محاسبه شده را با  $I_B$  مقایسه نموده

(6)

چنانچه این رابطه  $I_m \leq I_B$  تعداد  $m$  مشاهده کافیست ولی اگر رابطه فوق برقرار نباشد از رابطه زیر

مقدار  $m$  را مقایسه می نمائیم:

در غیر اینصورت تعداد  $n-m$  مشاهده کافیست.



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

قدم پنجم)

در این مرحله ضریب عملکرد (RF) از یکی از روش های نرمال استخراج ضریب عملکرد محاسبه می شود. روش های استخراج ضریب عملکرد عبارتند از :

1- روش بروکس

2- روش westing house

3- روش ارزیابی عملکرد بر اساس شرایط فیزیولوژیک

4) روش وضع دهی عملکرد

از بین روش های فوق روش westing house با در نظر گرفتن 4 عامل :

مهارت ، تلاش و استقامت به عنوان راحتترین روش محاسبه ضریب عملکرد شناخته شده است.

قدم ششم)

بر اساس مقادیر جمع جبری ضرایب westing house زمان نرمال را از رابطه زیر می توان به دست آورد :

$$NT = RF \times \bar{t}$$

قدم هفتم)

با در نظر گرفتن زمان استاندارد و محاسبه ضرایب الونس (allowance) از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$ST = NT \times \frac{1}{1 - t_{allowance}}$$