

بنام دانای بزرگ مرتبه

طرح ریزی واحدهای صنعتی

Facility Planning and Design

دانشگاه کردستان

دکتر عبدالسلام قادری

A.Ghaderi
University of Kurdistan

موضوعات مورد بررسی جلسه گذشته:

طراحی فرایند

- مراحل انتخاب ماشین آلات و عوامل مؤثر بر آن:
- درجه اتوماسیون بودن ماشین آلات:
- درجه استاندارد بودن ماشین آلات:
- نحوه استقرار ماشین آلات (محصولی، فرایندی، گروهی و خط ثابت):
- تکنیک های متداول تعیین نوع استقرار

A.Ghaderi
University of Kurdistan

موضوعات مورد بررسی:

□ محاسبه تعداد ماشین آلات و نیروی انسانی مورد نیاز

I. محاسبه ی ضایعات و تعداد خرابی ها در خط تولید

(مدل های افت در خط تولید)

○ دورریز یا ضایعات

○ دوباره کاری

II. محاسبه ی تعداد ماشین آلات

III. محاسبه ی تعداد نیروی انسانی

○ مسائل موازنه انسان و ماشین

○ (سرویس دهی همزمان یک کارگر بر چندین ماشین)

A.Ghaderi
University of Kurdistan

3

خرابی

➤ خرابی

• دورریز یا ضایعات

• دوباره کاری

➤ همواره حجم تولید بیش از برنامه تولید است.

4

عوامل موثر در خرابی

- درجه اتوماسیون
- تفرانس‌ها
- جنس مواد

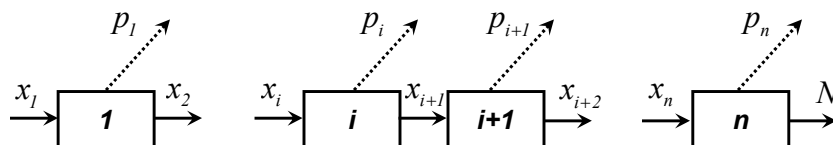
5

محاسبات خرابی

- اولین قدم برای محاسبه ی تعداد ماشین آلات موردنیاز، برآورد میزان ضایعات در خط تولید می باشد.
- هدف: محاسبه ورودی به خط تولید به نحوی که خروجی از قبل تعیین شده‌ای به دست آید:
 - فقط دورریز وجود داشته باشد.
 - هم دورریز و هم دوباره کاری وجود داشته باشد.
 - بازگشت به چند مرحله قبل

6

حالت اول: دورریز



N = تعداد محصولاتی که باید در خروجی وجود داشته باشد.

n = تعداد مراحل انجام عملیات بر روی قطعه / محصول

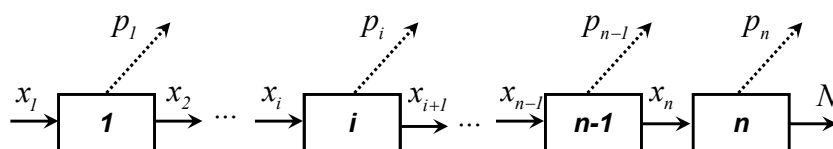
p_i = احتمال خرابی در مرحله i

X_i = تعداد قطعات مورد نیاز ورودی به مرحله i

7

Facility Planning

حالت اول: دورریز



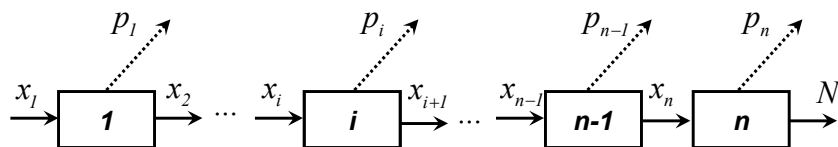
$$x_n(1 - p_n) = N \quad \Rightarrow \quad x_n = \frac{N}{(1 - p_n)}$$

$$x_{n-1}(1 - p_{n-1}) = x_n \quad \Rightarrow \quad x_{n-1} = \frac{x_n}{(1 - p_{n-1})} \Rightarrow x_{n-1} = \frac{N}{(1 - p_n)(1 - p_{n-1})}$$

A.Ghaderi
University of Kurdistan

8

حالت اول: دورریز



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

ضرب افت خط

A.Ghaderi
University of Kurdistan

9

مثال

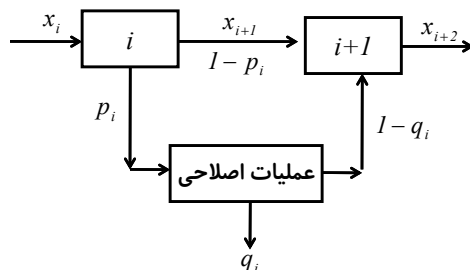


$$x_1 = \frac{N}{\prod_{i=1}^n (1 - p_i)} = \frac{100}{(0.95)(0.96)(0.92)(0.90)(0.80)} = 165$$

A.Ghaderi
University of Kurdistan

10

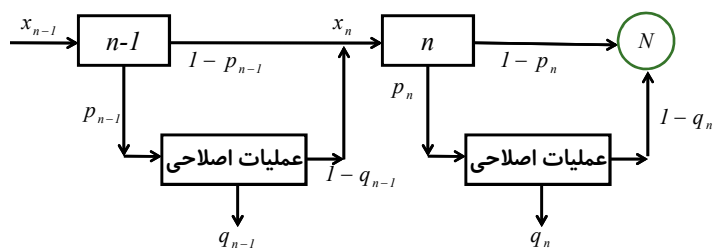
حالت دوم: دورریز و دوباره کاری (مورد اول)



11

A.Ghaderi
University of Kurdistan

حالت دوم: دورریز و دوباره کاری (مورد اول)



$$x_n(l - p_n) + x_n p_n(l - q_n) = N \quad \Rightarrow \quad x_n = \frac{N}{l - p_n q_n}$$

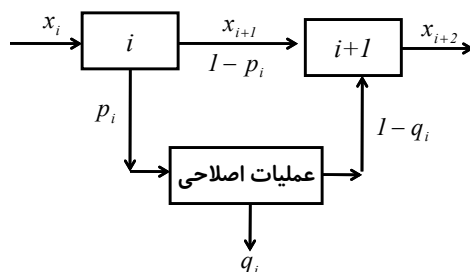
$$x_{n-1}(l - p_{n-1}) + x_{n-1} p_{n-1}(l - q_{n-1}) = x_n$$

$$\Rightarrow x_{n-1} = \frac{x_n}{l - p_{n-1} q_{n-1}} \Rightarrow x_{n-1} = \frac{N}{(l - p_{n-1} q_{n-1})(l - p_n q_n)}$$

12

A.Ghaderi
University of Kurdistan

حالت دوم: دورریز و دوباره کاری (مورد اول)



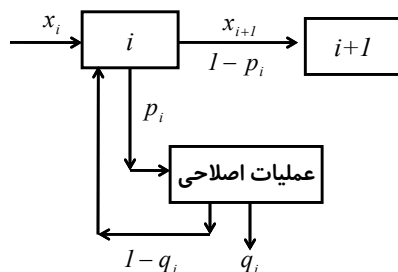
$$x_i = \frac{N}{\prod_{j=i}^n (1 - p_j q_j)}$$

ضریب
افت خط

13

A.Ghaderi
University of Kurdistan

حالت دوم: دورریز و دوباره کاری (مورد دوم)



$$x_i = \frac{N \prod_{j=i}^n [1 - p_j (1 - q_j)]}{\prod_{j=i}^n (1 - p_j)}$$

ضریب
افت خط

$$x_{i+1} = x_i (1 - p_i) + x_i p_i (1 - q_i) (1 - p_i) + x_i p_i^2 (1 - q_i)^2 (1 - p_i) + \dots$$

مجموع جملات یک تصاعد هندسی

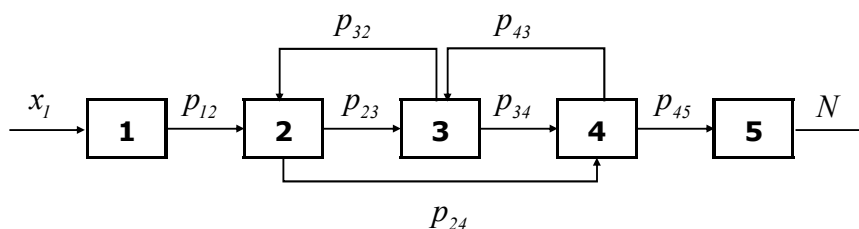
$$S_n = \frac{a}{1 - q}$$

14

A.Ghaderi
University of Kurdistan

حالت سوم: وضعیت‌های ترکیبی

در این حالت اپراتور بعد از عمل قطعه را بررسی می‌کند و بسته به وضعی که دارد قطعه را به یک یا چند مرحله قبل تر باز می‌گرداند.

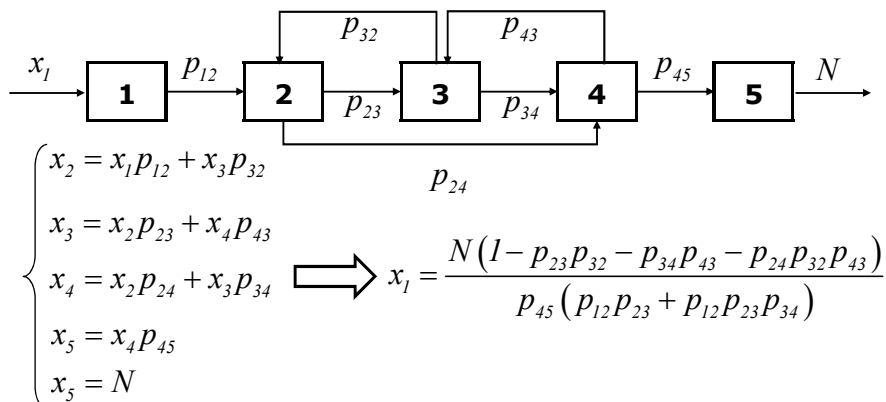


A.Ghaderi
University of Kurdistan

15

حالت سوم: روش حل

➤ به ازای هر یک از گره‌های موجود یک معادله، نوشته می‌شود:

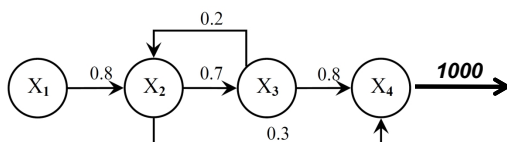


A.Ghaderi
University of Kurdistan

16

حالت سوم: وضعیت‌های ترکیبی (مثال)

در جریان خط تولید زیر مقدار ورودی به مرحله اول برای رسیدن به ۱۰۰۰ واحد خروجی از مرحله چهار چقدر است؟



$$x_2 = 0.8x_1 + 0.2x_3$$

$$x_3 = 0.7x_2$$

$$x_4 = 0.3x_2 + 0.8x_3 = 1000$$

A.Ghaderi
University of Kurdistan

17

$$x_2 = 0.8x_1 + 0.2x_3$$

$$x_3 = 0.7x_2 \quad (1)$$

$$x_4 = 0.3x_2 + 0.8x_3 = 1000 \quad (2)$$

$$(1) \quad (2) \Rightarrow 0.3x_2 + 0.8 \times (0.7x_2) = 1000$$

$$0.3x_2 + 0.56x_2 = 1000 \Rightarrow 0.86x_2 = 1000$$

$$x_2 = \frac{1000}{0.86} = 1163$$

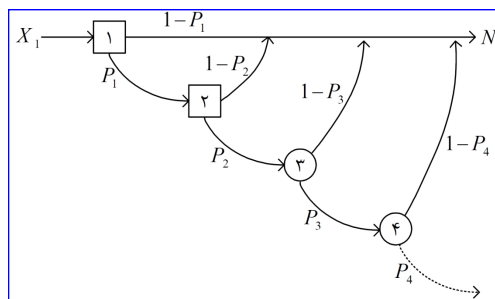
$$x_3 = 0.7x_2 = 0.7(1163) = 814$$

$$x_2 = 0.8x_1 + 0.2x_3 \Rightarrow x_1 = \frac{1163 - 0.2(814)}{0.8} = 1250$$

A.Ghaderi
University of Kurdistan

18

(۱) در مدل های زیر رابطه ی قطعات ورودی و خروجی به شکل زیر است:



احتمال ضایعات $= P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4 \times \dots$

$$\Rightarrow X_1 = \frac{N}{1 - \left(\prod_i P_i \right)}$$

A.Ghaderi
University of Kurdistan

19

(۲) تعیین هزینه تولید یک قطعه سالم به صورت زیر خواهد بود:

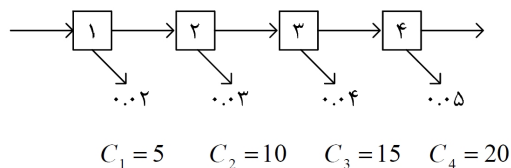
■ فرض کنید C_i هزینه انجام کار بر روی یک قطعه در ایستگاه i ام باشد.

□ قدم (۱): تمام C_i ها را با هم جمع بزنید، این مقدار حد پایین جواب است و تمام گزینه هایی که کمتر از این مقدار هستند حذف می شوند.

□ قدم ۲- حال خروجی را یک قطعه در نظر می گیریم و براساس درصد ضایعات هر مرحله، ورودی آن مرحله را محاسبه می کنیم و در C_i ضرب می کنیم. مجموع این مقادیر هزینه تولید یک قطعه سالم است. (این کار را می توان به صورت ایستگاه به ایستگاه انجام داد و گزینه های نادرست را حذف کرده شاید لازم نباشد تمام ایستگاه ها را حل کرد تا به جواب رسید).

20

مثال: در سیستم زیر اگر هزینه تولید هر قطعه در ایستگاه ها به ترتیب ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ تومان باشد، هزینه تولید یک قطعه سالم را محاسبه کنید:



۵۱
۵۲
۴۵
۵۴ (۴)

ابتدا جمع C_i ها را محاسبه می کنیم:

$$\sum C_i = 20 + 15 + 10 + 5 = 50$$

در این حالت کلیه گزینه های کمتر و مساوی ۵۰ تومان حذف می شوند ← گزینه ۳ حذف

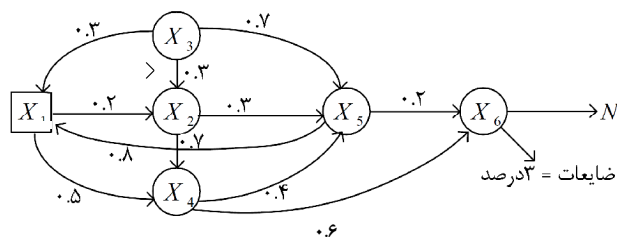
سپس خروجی را در آخرین مرحله ۱ می گیریم و میزان ورودی هر مرحله را محاسبه کرده و هزینه را نیز به دست می آوریم و گزینه های کمتر مساوی آن را حذف می کنیم:

$$X_4 = \frac{1}{0.95} = 1/05 \rightarrow 5 + 10 + 15 + (1/05 \times 20) = 51 \rightarrow \text{گزینه ۱ حذف می شود.}$$

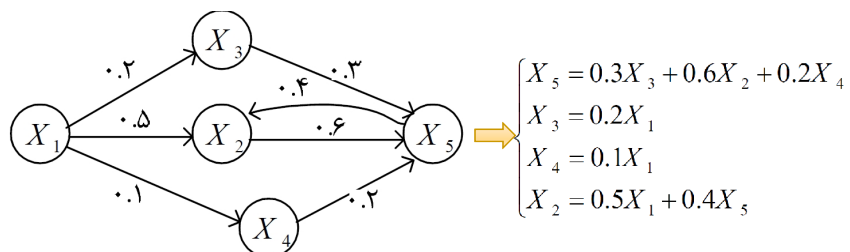
$$X_3 = \frac{1/05}{0.96} = 1/093 \rightarrow 5 + 10 + (15 \times 1/093) + 21 = 52/4 \rightarrow \text{گزینه ۲ هم حذف می شود.}$$

پس گزینه ۴ پاسخ است.

مثال: در خط تولید زیر چقدر ورودی باشد تا خروجی مرحله ی آخر ۹۷۰ واحد شود؟



مثال: در خط تولید زیر چقدر ورودی داشته باشیم تا خروجی مرحله ی آخر (پنجم) ۵۰۰ واحد باشد؟



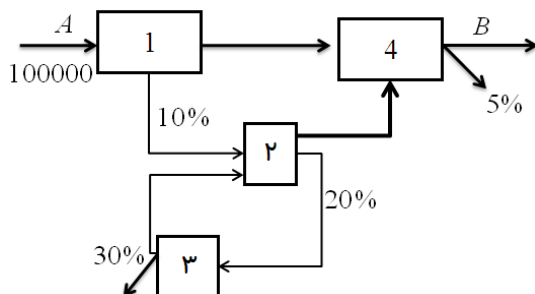
$$\Rightarrow X_5 = 0/06X_1 + 0/3X_1 + 0/24X_5 + 0/02X_1 \Rightarrow X_5 = 0/38X_1 + 0/24X_5$$

$$\Rightarrow 0/76X_5 = 0/38X_1 \Rightarrow X_1 = \frac{0/76}{0/38}X_5 \Rightarrow X_1 = \frac{0/76}{0/38}(500) = 1000 \text{ واحد}$$

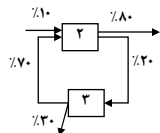
23

سوال:

خط تولید ترکیبی زیر شامل ۴ ایستگاه است، مقادیر درصد تولیدات معیوب روی شکل نوشته شده است. اگر میزان مواد اولیه ورودی بر خط A برابر با ۱۰۰۰۰۰ واحد بوده و در ایستگاه سوم دو بار عملیات دوباره کاری انجام گیرد. میزان خروجی سالم از خط B و میزان ضریب افت خط را تعیین نمایید؟



24

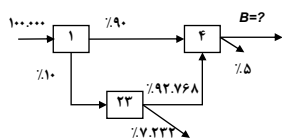
حل:

احتمال سالم ماندن قطعه‌ای که از ایستگاه اول وارد ایستگاه دوم می شود متشکل از ۳ مورد زیر است:

- احتمال سالم ماندن بعد از وارد شدن به (۲) = ۰.۸
 - احتمال سالم ماندن بعد از یکبار دوباره کاری در ایستگاه (۳) = $۰.۸ * ۰.۷ * ۰.۲$
 - احتمال سالم ماندن بعد از دوبار دوباره کاری در ایستگاه (۳) = $۰.۸ * ۰.۷ * ۰.۲ * ۰.۷ * ۰.۲$
- با حاصل جمع سه مورد بالا احتمال سالم ماندن برابر خواهد بود با : ۹۲.۷۶۸ درصد
لذا احتمال معیوب بودن ۷.۲۳۲ درصد به دست می آید (احتمال سالم بودن - ۱) . از رابطه زیر نیز

این مقدار قابل محاسبه است:

$$۰.۲ * ۰.۷ * ۰.۲ * ۰.۷ * ۰.۲ + ۰.۳ * ۰.۲ * ۰.۷ * ۰.۲ + ۰.۳ * ۰.۲ * ۰.۷ * ۰.۲ + ۰.۳ * ۰.۲ * ۰.۷ * ۰.۲$$



حال، تعداد قطعات سالم ورودی به مرحله (۴) به صورت زیر به دست خواهد آمد:

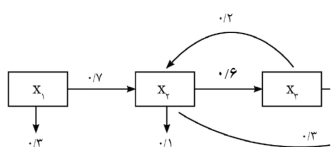
$$۹۹۲۷۶ = ۰.۹ * ۱۰۰,۰۰۰ + ۰.۹۲۷۶۸ * ۰.۱ * ۱۰۰,۰۰۰$$

همچنین در تنها ۹۵ درصد قطعات در مرحله (۴) سالم می باشند لذا
تعداد قطعات سالم خروجی از خط یعنی B برابر با $۰.۹۵ * ۹۹۲۷۶$ می باشد که ۹۴۳۱۳ مورد می باشد.

25

سوال (کنکور ۸۹):

۱- در خط تولید زیر، مقدار ورودی در X_1 به ازای ۱۰۰۰۰ واحد خروجی از آخرین مرحله چقدر است؟



- (۱) ۱۶۱۱۷
- (۲) ۱۶۱۶۰
- (۳) ۱۷۱۱۶
- (۴) ۱۷۱۱۰

26

موضوعات مورد بررسی:

■ محاسبه تعداد ماشین آلات و نیروی انسانی مورد نیاز

I. محاسبه ی ضایعات و تعداد خرابی ها در خط تولید

(مدل های افت در خط تولید)

○ دورریز یا ضایعات

○ دوباره کاری

II. محاسبه ی تعداد ماشین آلات

III. محاسبه ی تعداد نیروی انسانی

○ مسائل موازنه انسان و ماشین

○ (سرویس دهی همزمان یک کارگر بر چندین ماشین)

A.Ghaderi

University of Kurdistan

27

■ محاسبه تعداد ماشین آلات

28

محاسبه تعداد ماشین آلات

مراحل محاسبه ماشین آلات به صورت زیر است:

- (1) محاسبه تعداد ماشین آلات مورد نیاز برای انجام هر عمل
- (2) جمع ماشین های مورد نیاز برای عملیات مشابه
- (3) متوازن نمودن تعداد ماشین های مورد نیاز
- (4) کنترل برنامه تولید

□ فرمول اصلی:

$$\text{تعداد ماشین مورد نیاز} = \frac{\text{ظرفیت مورد نیاز}}{\text{ظرفیت موجود}}$$

محاسبه تعداد ماشین آلات

- تعداد قطعات مورد نیاز در طول یک ماه: ۱۰۰۰ قطعه
- مدت زمان لازم برای تولید یک قطعه: ۲۰ دقیقه
- ظرفیت یک ماشین در طول یک ماه: ۱۶۰ ساعت

۱۶۰ ساعت : ظرفیت موجود

ساعت ۳۳۳ = $1000 \times 1/3$: ظرفیت مورد نیاز

$$\text{تعداد ماشین مورد نیاز} = \frac{333}{160} \cong 2$$

نواقص فرمول اصلی

- نادیده گرفتن زمان‌های آماده‌سازی
- نادیده گرفتن زمان‌های بیکاری ماشین‌آلات

31

محاسبه تعداد ماشین‌آلات

F_{ij} = تعداد تئوریک ماشین j ام برای تولید قطعه i ام

T_{ij} = زمان استاندارد انجام عملیات، برای تولید قطعه i توسط ماشین j ام

x_{ij} = تعداد قطعه ورودی i ام به ماشین یا عمل j ام

$$F_{ij} = \frac{x_{ij} \cdot T_{ij}}{h_j \cdot u_j}$$

h_j = طول زمان در دسترس ماشین j ام

u_j = ضریب استفاده از ماشین j ام

$$F_j \Rightarrow \begin{array}{l} \text{تعداد تئوریک ماشین نوع } j \\ \text{برای تولید تمامی قطعات} \end{array} \Rightarrow F_j = \sum_i F_{ij}$$

32

محاسبه ی زمان استاندارد ساخت یک قطعه

- - اگر بیکاری های مجاز در عملیات در نظر گرفته شوند باید زمان مورد نیاز ساخت هر قطعه را به شکل زیر محاسبه کرد:

$$T'_S = [T_S \times (1 + \text{درصد بیکاری مجاز})]$$

- اگر هر قطعه برای تولید نیاز به زمان آماده سازی داشت، یعنی در واقع زمان آماده سازی برای هر قطعه جداگانه داده شده بود می بایست در زمان ساخت منظور شود:

$$T'_S = (T_S + T_P)$$

$T_S \leftarrow$ زمان ساخت هر قطعه

$T_P \leftarrow$ زمان آماده سازی هر قطعه

33

(مثال)

- مثال: برای قطعه ای زمان مجاز بیکاری حدود ۱۰ درصد است. اگر زمان تولید هر قطعه ۲ دقیقه باشد، در ۸ ساعت چند قطعه تولید می شود؟

$$T'_S = T_S \times (1 + \text{درصد بیکاری}) = 2 \times 1/1 = 2/2$$

$$\Rightarrow \frac{480}{2/2} = 218/1 \quad \text{تعداد قطعات تولیدی}$$

34

تعیین ضریب استفاده از ماشین

- ممکن است ۱۰۰٪ از اوقات ماشین به دلیل خرابی، قطع برق، نبودن قطعات یدکی و... در اختیار ما نباشد لذا U_j را از ۱۰۰٪ کمتر می گیریم.
- مقدار آن با توجه به اطلاعات گذشته قابل محاسبه است.
- برای محاسبه آن کل زمانی که ماشین در یک دوره مشخص در اختیار است و می توان از آن استفاده کرد را بر کل آن دوره تقسیم می کنیم.

عوامل موثر در تعیین ضریب استفاده از ماشین

- طراحی ماشین: هرچه ماشین، پیچیده تر (خاص تر) باشد، ضریب استفاده از آن کمتر می باشد.
- ماشین های یونیورسال : حدود ۹۰ تا ۹۵ درصد
- ماشین های ناشناخته (برای اولین بار استفاده می شوند): حدود ۸۵ درصد
- ماشین های تخصصی : حدود ۶۰ درصد
- پیوستگی استفاده از ماشین: هرچه پیوستگی استفاده از ماشین، بالاتر باشد، یعنی در استفاده از ماشین وقفه کاری کمتر باشد، ضریب استفاده از آن، کاهش خواهد یافت.

عوامل موثر در تعیین ضریب استفاده از ماشین

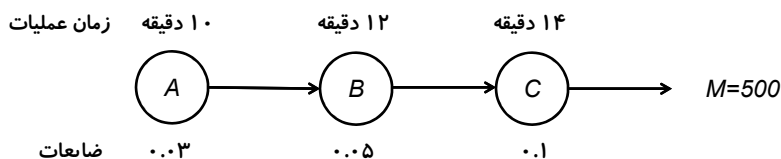
- سیاست‌های نگهداری و تعمیرات: برنامه‌های انجام تعمیرات پیشگیرانه و تعمیرات اساسی، تاثیر مستقیم بر ضریب استفاده از ماشین دارند. هرچه سیاست نت ضعیف تر باشد، ضریب استفاده کاهش می یابد.
- زمان‌های آماده‌سازی: هرچه زمان آماده‌سازی موردنیاز برای یک ماشین، بیشتر باشد، زمان کار ماشین کمتر شده و لذا، ضریب استفاده از آن، کمتر خواهد بود.

A.Ghaderi
University of Kurdistan

37

محاسبه تعداد ماشین آلات

جهت تولید یک محصول به سه ماشین A , B , C نیاز داریم (سیستم خط تولید). در هر پریود ۸ ساعته لازمست تعداد ۵۰۰ قطعه تولید نماییم. تعداد مورد نیاز از هر کدام از ماشین آلات را تعیین نمایید؟



A.Ghaderi
University of Kurdistan

38

محاسبه تعداد ماشین آلات

۱۰ دقیقه زمان عملیات
 ۱۲ دقیقه
 ۱۴ دقیقه
 A → B → C → M=500

ضایعات ۰.۰۳ ۰.۰۵ ۰.۱

$$X_C = \frac{500}{1-0.1} = 555.6 \quad X_B = \frac{555.6}{1-0.05} = 584.8 \quad X_A = \frac{584.8}{1-0.03} = 602.9$$

$$F_A = \frac{602.9 \times 10}{8 \times 60 \times 0.7} = 17.9$$

$h_j = 8 \text{ hour}, u_j = 0.7$

$$F_B = \frac{584.8 \times 12}{8 \times 60 \times 0.7} = 20.9$$

$$F_C = \frac{555.6 \times 14}{8 \times 60 \times 0.7} = 23.2$$

A.Ghaderi
University of Kurdistan

39

محاسبه تعداد ماشین آلات

برای ساخت قطعات A و B، سه ماشین X و Y و Z لازم است. ضریب استفاده از هر کدام از ماشین آلات برابر ۰.۷ است. تعداد قطعه مورد نیاز از A در یک شیفت ۸ ساعته ۶۰۰ و از نوع B، ۴۰۰ قطعه است.

لازم به ذکر است که در هر شیفت کاری ۱ ساعت کارگاه تعطیل است که در زمان استاندارد ساخت قطعات لحاظ نشده است. سایر اطلاعات مورد نیاز در جدول های بعدی آورده شده است.

A.Ghaderi
University of Kurdistan

40

محاسبه تعداد ماشین آلات

زمان استاندارد (دقیقه)	x	y	z	درصد ضایعات	x	y	z
A	۶	۸	۱۰	A	۵	۱۰	۵
B	۴	۶	۲	B	۴	۸	۵

مسیر تولید قطعه A: $x \rightarrow y \rightarrow z$

مسیر تولید قطعه B: $z \rightarrow x \rightarrow y$

41

A.Ghaderi
University of Kurdistan

محاسبه تعداد ماشین آلات

□ محاسبات مربوط به قطعه A:

مسیر تولید قطعه A: $x \rightarrow y \rightarrow z$

$$x_{Az} = \frac{600}{1-0.05} = 631.58$$

$$F_{Az} = \frac{631.58 \times 10}{7 \times 60 \times 0.7} = 21.48$$

$$x_{Ay} = \frac{631.58}{1-0.1} = 701.75$$

$$F_{Ay} = \frac{701.75 \times 8}{7 \times 60 \times 0.7} = 19.09$$

$$x_{Ax} = \frac{701.75}{1-0.05} = 738.68$$

$$F_{Ax} = \frac{738.68 \times 6}{7 \times 60 \times 0.7} = 15.07$$

42

A.Ghaderi
University of Kurdistan

محاسبه تعداد ماشین آلات

□ محاسبات مربوط به قطعه B:

مسیر تولید قطعه B: $z \rightarrow x \rightarrow y$

$$x_{By} = \frac{400}{1-0.08} = 434.78$$

$$F_{By} = \frac{434.78 \times 6}{7 \times 60 \times 0.7} = 8.87$$

$$x_{Bx} = \frac{434.78}{1-0.04} = 452.9$$

$$F_{Bx} = \frac{452.9 \times 4}{7 \times 60 \times 0.7} = 6.16$$

$$x_{Bz} = \frac{452.9}{1-0.05} = 476.74$$

$$F_{Bz} = \frac{476.74 \times 2}{7 \times 60 \times 0.7} = 3.24$$

43

A.Ghaderi
University of Kurdistan

مرحله دوم: ترکیب ماشین آلات

$$F_x = F_{Ax} + F_{Bx} = 15.07 + 6.16 = 21.23$$

$$F_y = F_{Ay} + F_{By} = 19.09 + 8.87 = 27.96$$

$$F_z = F_{Az} + F_{Bz} = 21.48 + 3.24 = 24.72$$



تذکر مهم:

جمع زدن تعداد ماشین آلات (همانند آنچه که در بالا آورده شد) برای استقرار کارگاهی جایز است اما برای استقرار خط تولید نمی توان همانند بالا عمل نمود.

44

A.Ghaderi
University of Kurdistan

زمان‌های آماده‌سازی

□ **زمان آماده سازی قطعه:** بار گذاری و تخلیه قطعه و آماده سازی قطعه برای انجام عملیات که این نوع آماده سازی جزء زمان عملیات و استاندارد تولید محسوب می شود.

□ **آماده سازی ماشین:** این نوع آماده سازی بر روی ماشین به دلایل مختلف مانند تعویض قالب (مثلاً تعویض قالب دستگاه پرس)، نیاز به تنظیم مجدد دستگاه، روغنکاری یا روانکاری و موارد مشابه انجام می گیرد. در صورتیکه آماده سازی در داخل شیفت کاری نباشد، نیازی به لحاظ نمودن آن نمی باشد. اما در صورتیکه آماده سازی در داخل شیفت کاری انجام شود، برای لحاظ نمودن این زمان به سه صورت می توان عمل نمود.

زمان‌های آماده‌سازی

□ کم کردن زمان آماده سازی از زمان در دسترس

$$h'_j = h_j - S_j \quad \Rightarrow \quad F_{ij} = \frac{x_{ij}T_{ij}}{(h_j - S_j)u_j}$$

□ اضافه نمودن زمان آماده سازی به زمان مورد نیاز
(هنگامی که زمان آماده سازی مربوط به ساخت و تولید باشد، در صورت کسر در نظر گرفته می شود).

$$x_{ij}T_{ij} \rightarrow x_{ij}T_{ij} + S_j \quad \Rightarrow \quad F_{ij} = \frac{x_{ij}T_{ij} + S_j}{h_j u_j}$$

زمان‌های آماده‌سازی

□ تعدیل ضریب استفاده (برای سیستم‌های کارگاهی غالباً از این شیوه استفاده می‌شود).

$$U'_n = \frac{U_n}{1 + \frac{S}{H_n}}$$

$$F_n = \frac{P_n \times T_n \left(1 + \frac{S}{H_n} \right)}{H_n \times U_n}$$

درصدی از کل زمان که به آماده‌سازی ماشین پرداخته می‌شود.

اگر در دوره مورد نظر یکبار آماده‌سازی داریم بهتر است از این رابطه استفاده شود.

A.Ghaderi

University of Kurdistan

47

زمان‌های آماده‌سازی (مثال)

ضریب استفاده از یک ماشین، ۸۰ درصد می‌باشد و ۲۰۰ ساعت از کل ۲۰۰۰ ساعت تولید، به آماده‌سازی ماشین، تخصیص داده شده است. ضریب تعدیل شده را محاسبه کنید؟

$$U'_n = \frac{U_n}{1 + \frac{S}{H_n}} = \frac{0.8}{1 + \frac{200}{2000}} = \frac{0.8}{1.1} \cong 0.7$$

A.Ghaderi

University of Kurdistan

48

زمان‌های آماده‌سازی

□ اگر در دوره مورد نظر چند بار آماده سازی داریم بهتر است از این رابطه استفاده شود.

f_{ij} دفعات راه اندازی ماشین j ام برای تولید قطعه i ام

$t_{setup\ ij}$ زمان راه اندازی ماشین j ام برای تولید قطعه i ام

$$F_j = \frac{\sum_i x_{ij} T_{ij} + \sum_i f_{ij} t_{setup\ ij}}{h_j u_j}$$

A.Ghaderi
University of Kurdistan

49

تعیین تعداد ماشین با وجود زمان‌های آماده‌سازی (مثال): تولید کارگاهی

سه قطعه مختلف روی یک ماشین تولید می شود. اگر ساعت کاری هفتگی ۴۸ ساعت و خرابی ۱۰٪ باشد با استفاده از اطلاعات زیر تعداد مورد نیاز از ماشین مزبور را محاسبه کنید.

	قطعه ۳	قطعه ۲	قطعه ۱
زمان آماده سازی (دقیقه)	۱۰	۵۰	۳۰
تعداد دفعات راه اندازی در هفته	۶	۴	۱
زمان استاندارد تولید (دقیقه)	۰.۲	۰.۶	۱
تقاضای هفتگی	۲۵۰۰	۵۰۰۰	۱۰۰۰

A.Ghaderi
University of Kurdistan

50

تعیین تعداد ماشین با وجود زمان‌های آماده‌سازی

$$\text{کل زمان لازم برای آماده سازی} + \text{کل زمان لازم برای تولید} = \sum_{i=1}^n \text{تعداد ماشین مورد نیاز}$$

$$\text{کل زمان موجود}$$

$$\text{کل زمان آماده سازی در هفته} = 6 \times 10 + 4 \times 50 + 1 \times 30 = 290$$

$$\text{کل زمان تولید در هفته} = \frac{2500}{0.9} \times 0.2 + \frac{5000}{0.9} \times 0.6 + \frac{1000}{0.9} \times 1 = 5000$$

$$F_j = \frac{5000 + 290}{48 \times 60} = 1.83$$

A.Ghaderi

University of Kurdistan

51

سوال (کنکور ۸۹):

در تولید یک قطعه به میزان ۱۱۰۰ قطعه در هفته از یک ماشین خاص استفاده می‌شود. زمان استاندارد تولید قطعه بر روی ماشین ۷ دقیقه، بازده ماشین ۸۰ درصد و ساعت کار ماشین در هفته ۴۵ ساعت است. در صورتی که برای انباشته‌های ۳۰ تایی یکبار راه‌اندازی صورت گیرد، با وجود تعداد ۴ ماشین، زمان هر بار راه‌اندازی چند دقیقه است؟

$$\text{زمان راه‌اندازی} \times \text{تعداد دفعات تولید} + \text{زمان تولید} \times \text{میزان تولید} = \text{تعداد ماشین مورد نیاز} \times \text{زمان در دسترس ماشین}$$

$$\text{تولید دفعات تعداد} = \frac{1100}{30} = 36.67 \approx 37$$

$$4 = \frac{1100 \times 7 + 37 \times 45 \times 60 \times 0.8}{45 \times 60 \times 0.8 / 8} \Rightarrow \text{دقیقه } 25/4 = \text{زمان راه‌اندازی}$$

52

مرحله سوم: توازن تعداد ماشین آلات

- معمولاً، تعداد ماشین آلات به دست آمده، کسری می باشند. لازم است اعداد کسری به عدد صحیح تبدیل شوند.
- گرد کردن اعداد کسری به بالا و استفاده از ظرفیت اضافی به وجود آمده جهت افزایش انعطاف پذیری
 - گرد کردن اعداد کسری به پایین و استفاده از اضافه کاری برای جبران کمبود ظرفیت مورد نیاز
 - ممکن است با استفاده از ترکیب ماشین آلات (هر جا امکان پذیر باشد) یکی از آنها را به پایین و یکی را به بالا گرد کنیم.

توازن تعداد ماشین آلات (مثال)

ترکیب با	تعداد ماشین		کسر ماشین	شماره عمل	
	پس از اعمال ترکیب	بدون انجام ترکیب			
۲	$۳ = ۲.۸۷ + ۰.۱۳$	۳	۲.۸۷	۱	←
۱	$۴ = ۴.۱۳ - ۰.۱۳$	۵	۴.۱۳	۲	
۵	$۴ = ۳.۶۱ + ۰.۳۷$	۴	۳.۶۱	۳	←
۶	$۲ = ۱.۲۱ + ۰.۶۴$	۲	۱.۲۱	۴	←
۳	$۳ = ۳.۳۷ - ۰.۳۷$	۴	۳.۳۷	۵	←
۴	$۰ = ۰.۶۴ - ۰.۶۴$	۱	۰.۶۴	۶	←

مرحله چهارم: کنترل برنامه تولید

➤ به منظور رعایت زمان‌های تحویل، تعداد ماشین‌آلات محاسبه شده با برنامه زمان‌بندی تولید، تطبیق داده می‌شود.

- وجود سفارشات اولویت‌دار
- وجود سفارشات خارج از برنامه
- افزایش یا کاهش حجم تولید بنا به سیاست‌های مدیریتی
- ...

55

موضوعات مورد بررسی:

□ محاسبه تعداد ماشین‌آلات و نیروی انسانی مورد نیاز

I. محاسبه ی ضایعات و تعداد خرابی‌ها در خط تولید

(مدل‌های افت در خط تولید)

○ دورریز یا ضایعات

○ دوباره کاری

II. محاسبه ی تعداد ماشین‌آلات

III. محاسبه ی تعداد نیروی انسانی

○ مسائل موازنه انسان و ماشین

○ (سرویس دهی همزمان یک کارگر بر چندین ماشین)

56

■ محاسبه نیروی انسانی مورد نیاز

57

Facility Planning

نیروی انسانی مورد نیاز

- **نیروی انسانی:**
 - تولیدی: کارکنانی که با تولید سرو کار دارند.
 - غیرتولیدی: شامل نیروی های خدماتی و پشتیبانی می باشد. این نیروی انسانی براساس ساختار سازمانی و فرایندهای سازمان تعیین و برآورد می شوند.
 - منظور پرسنلی است که مستقیماً با ماشین آلات کار می کنند و با آنها سرو کار دارند. (شامل پرسنل پشتیبانی، تعمیر و نگهداری، انبارداری، مونتاژ و ... نمی شود)
 - در مورد ماشین آلاتی که در تمام مدت به یک اپراتور مستقیم نیاز دارند بدیهی است که برای هر ماشین به یک اپراتور نیاز خواهد بود.
 - در صورتیکه یک اپراتور بتواند بیشتر از یک ماشین را کنترل نماید، برای تخصیص بهینه و تعیین تعداد نیروی انسانی مورد نیاز، از نمودار انسان-ماشین استفاده می شود.

58

A.Ghaderi
University of Kurdistan

نیروی انسانی موردنیاز

- سیکل کاری ماشین: فاصله زمانی بین دو عمل متوالی یا دو خروجی
- سیکل کاری اپراتور: فاصله زمانی بین دو عمل متوالی که توسط اپراتور صورت می گیرد.
- توازن یا تعادل:
 - فرد ماشین را اداره می کند
 - یک ماشین
 - چند ماشین (سوال: چه زمانی از اپراتور برای سرویس دهی به چند ماشین استفاده می شود؟)
 - گروه ماشین را اداره می کنند
- تعیین روابط کمی بین انسان - ماشین
 ۱. سرویس همزمان و قطعی
 ۲. سرویس تصادفی
 ۳. ترکیبی از تصادفی و قطعی

59

نیروی انسانی موردنیاز

➤ عملیات دستی

- استفاده از فرمول اصلی برای تعیین تعداد نیروی انسانی موردنیاز (گروه مورد نیاز)

F_n : تعداد نیروی انسانی برای تولید (مونتاژ) قطعه n ام

P_n : تعداد قطعه موردنیاز n ام

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

T_n : زمان استاندارد انجام عملیات تولید (مونتاژ) روی قطعه n ام

U_n : درصدی از زمان که انتظار می رود، اپراتور به کار n ام اختصاص دهد.

H_n : تعداد ساعات در دسترس برای تولید (مونتاژ) قطعه n ام

- این فرمول اغلب در سیستم های مونتاژ کاربرد دارد.

➤ عملیات ماشینی

- استفاده از روابط حاکم بین انسان و ماشین برای تعیین تعداد نیروی انسانی موردنیاز

60

توازن نیروی انسانی و ماشین‌ها

- عملیات به صورت فردی انجام می‌گیرد:
 - بر روی یک ماشین: U_n انسان و ماشین، یکسان می‌باشد پس به تعداد ماشین‌ها، نیروی انسانی تخصیص داده می‌شود. (ماشین‌هایی با نظارت دائمی اپراتور)
 - بر روی چند ماشین: استفاده از نمودار انسان-ماشین برای تعیین تعداد نیروی انسانی مورد نیاز
- عملیات به صورت گروهی انجام می‌گیرد:
 - استفاده از نمودار فرآیند گروهی

61

نمودار انسان - ماشین

- ابزاری است جهت ایجاد توازن بین سیکل کاری اپراتور و سیکل کاری ماشین‌هایی که توسط اپراتور، اداره می‌شوند.
- هدف اصلی نمودار انسان - ماشین، کوپلینگ ماشین (Machine Coupling) می‌باشد.
- چند برابر کردن ماشین‌ها یا کوپلینگ ماشین‌ها، عبارت است از تعیین تعداد ماشین‌های که یک اپراتور می‌تواند به صورت همزمان اداره کند.
- نتایج به دست آمده از نمودار انسان - ماشین، بهینه نمی‌باشند و صرفاً جهت مقایسه وضعیت موجود و پیشنهادی به کار می‌رود.

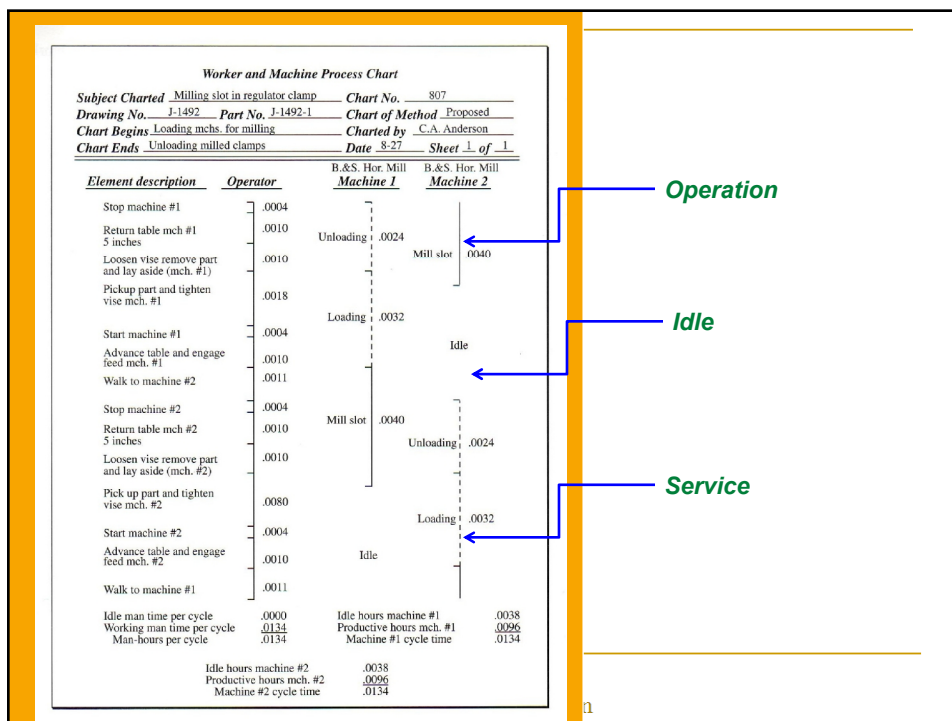
62

روابط کمی انسان - ماشین

➤ سرویس همزمان: زمان و مدت زمان خدمت‌دهی، مدت زمان طی کردن فاصله بین دو ماشین و عملیات ماشین، **مشخص و قطعی** می‌باشند.

➤ سرویس تصادفی: زمان و مدت زمان خدمت‌دهی از قبل مشخص نمی‌باشد و به صورت یک **متغیر تصادفی** در نظر گرفته می‌شود. (منجمله در ماشین بافندگی، در عین کار ممکن است نخ پاره شود یا قسمتی از نخ خوب ریسندگی نشود و یا نخ گره بخورد.)

63



حالت اول: سرویس همزمان *Synchronous Service*

حالتی که اپراتور به چند ماشین یکسان به طور نوبتی و در فواصل منظم سرویس می دهد

m : زمان انجام عملیات توسط ماشین

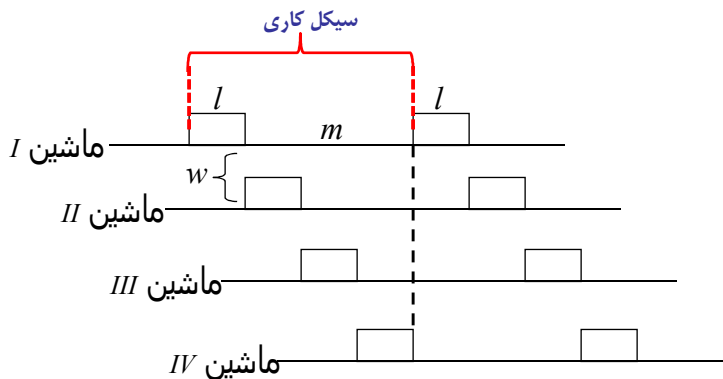
l : زمان سرویس دهی (تخلیه و بارگذاری) ماشین

w : زمان فعالیت اپراتور مستقل از تولید (بازرسی، طی کردن فاصله بین دو ماشین، بسته بندی و ...) (بحث طرح استقرار)

N : تعداد ماشین های تخصیص یافته به اپراتور

65

حالت اول: سرویس همزمان



$$N = \frac{l + m}{l + w} \quad (\text{مدت زمانیکه اپراتور درگیر است/سایکل کاری}) = (\text{ظرفیت موجود/ظرفیت مورد نیاز})$$

66

سرویس همزمان

➤ حالت خاص: N عدد صحیح باشد. (عدم بیکاری)

➤ حالت عمومی: N عدد صحیح نباشد:

• گرد کردن به سمت پایین: $N1 = [N]$

• اپراتور، بیکاری دارد.

• ماشین دائماً کار می کند.

• سیکل کاری توسط ماشین تعیین می شود. $(l+m)$

• گرد کردن به سمت بالا: $N2 = [N] + 1$

• ماشین بیکاری دارد.

• اپراتور دائماً در حال کار است.

• سیکل کاری توسط اپراتور تعیین می گردد. $N2 * (l+w)$

(کدامیک را بایستی انتخاب کرد؟)

67

زمان سیکل، بیکاری اپراتور و ماشین در حالات مختلف

$$N = \frac{l+m}{l+w} = 2.7$$

روند اضافی → 3 $N2 = [N] + 1$ $N2 > N$

روند نقصانی → 2 $N1 = [N]$ $N1 \leq N$

$$\text{زمان سیکل} = \begin{cases} N2(l+w) & N2 > N \\ l+m & N1 \leq N \end{cases}$$

$$\text{زمان بیکاری اپراتور} = \begin{cases} 0 & N2 > N \\ (l+m) - N1(l+w) & N1 \leq N \end{cases}$$

$$\text{زمان بیکاری ماشین} = \begin{cases} N2(l+w) - (l+m) & N2 > N \\ 0 & N1 \leq N \end{cases}$$

■ **مثال:** زمان استارت ماشینی ۳ دقیقه، زمان تنظیم ۳.۵ دقیقه و زمان کار ماشین ۱۴.۵ دقیقه می باشد. زمان تخلیه و بارگیری هم مجموعاً ۷ دقیقه است که توسط اپراتور انجام می گیرد. چند ماشین به اپراتور اختصاص یابد تا ماشین ها بیکاری نداشته باشند در حالتی که اپراتور یک دقیقه هم صرف بازرسی کند؟ در صورتیکه ماشین همواره در حال کار باشد، چند اپراتور بایستی تخصیص داد و زمان بیکاری آن چقدر است؟

■ $l = 13.5$ = زمان (تخلیه و بارگیری + استارت ماشین + تنظیم)

■ $m = 14.5$ = زمان (کار ماشین)

■ $w = 1$ = زمان (بازرسی)

$$N = \frac{13.5 + 14.5}{13.5 + 1} = 1.93$$

(دقیقه) $28 - 14 / 5 = 13 / 5$ = زمان بیکاری اپراتور

69

گرد کردن N

$$N_1 < N < N_2$$

k_1 = هزینه هر ساعت کار اپراتور

k_2 = هزینه هر ساعت کار ماشین

TEC = هزینه انتظاری کل *Total Expected Cost*

$$TEC(N_1) = \frac{k_1(l+m) + k_2N_1(l+m)}{N_1}$$

$$TEC(N_2) = \frac{k_1N_2(l+w) + k_2N_2[N_2(l+w)]}{N_2} = (k_1 + k_2N_2)(l+w)$$

70

تعیین N از دیدگاه اقتصادی

$$M = \frac{k_1}{k_2}$$

$$\delta = \frac{TEC(N_1)}{TEC(N_2)} = \frac{M + [N]}{M + [N] + 1} \cdot \frac{N}{[N]}$$

$\delta < 1 \leftarrow$ اختصاص $[N]$ ماشین اقتصادی است.

$\delta > 1 \leftarrow$ اگر اختصاص $[N] + 1$ ماشین اقتصادی است.

$\delta = 1 \leftarrow$ در این حالت تفاوتی نمی کند.

71

تمرین:

- در کارگاهی ۳ کارگر مشغول کارند، در صورتی که برای یک نوع ماشین خاص هر ساعت کار ماشین ۲۰۰ تومان و دستمزد کارگر ۱۵۰ تومان در ساعت باشد، و همچنین زمان بارگذاری هر ماشین ۱۵ دقیقه و زمان کار ماشین ۲۳ دقیقه باشد و زمان بازرسی نیز ۲ دقیقه محاسبه شود، جمعاً چند ماشین در این کارگاه خواهد بود؟

$$\left. \begin{array}{l} k_1 = 150 \\ k_2 = 200 \end{array} \right\} \Rightarrow M = \frac{150}{200} = \frac{3}{4} = 0.75$$

=مدت زمان کار اپراتور

=مدت زمان کار ماشین

$$(2+15)=17$$

$$(23+15)=38$$

$$\left. \begin{array}{l} (2+15)=17 \\ (23+15)=38 \end{array} \right\} \Rightarrow N = \frac{l+m}{l+w} = \frac{38}{17} = 2.23$$

$$\delta = \frac{M + [N]}{M + [N] + 1} \times \frac{N}{[N]} = \frac{0.75 + 2}{0.75 + 2 + 1} \cdot \frac{2.23}{2} = 0.81 < 1$$

به هر اپراتور تا ۲ ماشین اختصاص می یابد و چون ۳ کارگر داریم پس $3 \times 2 = 6$ ماشین در کارگاه خواهد بود.

72

تمرین (سراسری ۸۰):

سه ماشین در کارگاهی موجود است. مدیریت مایل است تعداد بهینه نیروی انسانی را که در کارگاه لازم هستند،

را تعیین نماید. با توجه به اطلاعات زیر تعداد بهینه نیروی انسانی چند نفر است؟

هزینه استفاده از ماشین ۲۰۰۰ ریال در ساعت و نرخ دستمزد اپراتور ساعتی ۱۰۰۰ ریال و زمان ساخت و سرویس یک قطعه ۰/۹ ساعت بر ماشین است. برآورد نشان داده هر ماشین ۴۰ درصد به اپراتور نیاز دارد. در صورتی که هر سه ماشین به یک نفر داده شود، به طور متوسط ۱۴ درصد اوقات از هر ماشین تلف می‌شود.

73

حالت دوم: سرویس تصادفی

- زمان شروع خدمت‌دهی (از کار افتادن ماشین، اتمام مواد اولیه و ...) از قبل مشخص نمی‌باشد.
- وظیفه اپراتور عبارت است از: تخلیه، بارگذاری، آماده‌سازی یا تعمیر ماشین
- زمانی که ماشین در حال کار است، نیاز به نظارت ندارد.
- اپراتور، به صورت همزمان نمی‌تواند به بیش از یک ماشین خدمت‌دهی کند.

74

احتمال کارکرد سیستم

p : احتمال کارکردن یک ماشین

$(q = 1 - p)$: احتمال از کار افتادن ماشین (نیاز به خدمت‌دهی)

n : تعداد ماشین‌هایی که به یک اپراتور تخصیص داده شده‌اند

احتمال کارکرد سیستم

احتمال کارکردن همه ماشین‌ها $\binom{n}{n} p^n q^0$

احتمال توقف یک ماشین $\binom{n}{n-1} p^{n-1} q^1$

احتمال کارکرد k ماشین $\binom{n}{k} p^k q^{n-k}$

احتمال توقف تمامی ماشین‌ها $\binom{n}{0} p^0 q^n$

$$(p + q)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} p^k q^{n-k}$$

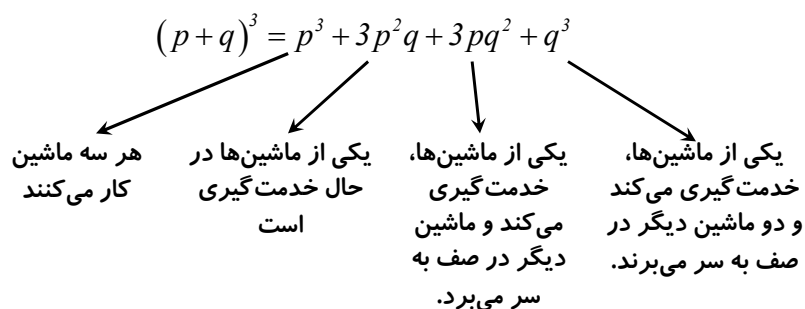
$$= p^n + \dots + q^n$$

همه ماشین‌ها
کار می‌کنند

همه ماشین‌ها
متوقف هستند

انتظار برای سرویس

➤ مثال: موقعی که سه ماشین به صورت همزمان به یک اپراتور تخصیص داده شوند خواهیم داشت:



77

زمان از دست رفته

- مجموع مدت زمانی که ماشین ها در انتظار دریافت خدمت به سر می برند (به دلیل درگیری اپراتور با ماشین های دیگر).
- زمان از دست رفته روی تولید و ظرفیتی که برای اپراتور مد نظر است تأثیر می گذارد.

78

زمان از دست رفته (مثال)

➤ فرض کنید ۳ ماشین ریسندگی با مشخصات زیر به یک اپراتور تخصیص یابد. زمان از دست رفته را محاسبه کنید. احتمال خرابی هر

تعداد ماشین از کار افتاده	احتمال وقوع	مدت زمان از دست رفته
۰	۰.۲۱۶	۰
۱	۰.۴۳۲	۰
۲	۰.۲۸۸	$۰.۲۸۸ \times ۱ \times ۸$
۳	۰.۰۶۴	$۰.۰۶۴ \times ۲ \times ۸$
کل زمان از دست رفته		۳.۳۲۸

ماشین را
۰.۴ بگیرد.

$$\text{درصد زمان از دست رفته} = \frac{۳.۳۲۸}{۳ \times ۸} = ۱۴\%$$

79

تعداد ماشین‌ها در سرویس تصادفی

➤ محاسبه متوسط هزینه کل (TEC) به ازای n های مختلف و انتخاب تعداد ماشینی که متوسط هزینه کل کمتری را به دست می‌آورد.

$$TEC = \frac{\text{کل هزینه تخصیص یافته}}{\text{تعداد کل قطعه تولید شده}} = \frac{K_1 + nK_2}{\text{تعداد کل قطعه تولید شده}}$$

$$\text{نرخ تولید} \times n \times (\text{درصد زمان از دست رفته} - ۱) = \text{تعداد کل قطعه تولید شده}$$

➤ نکته: میزان زمان از دست رفته در طول یک شیفت T ساعته برابر است با:

$$T(nq + p^n - ۱)$$

بنابراین درصد زمان از دست رفته برابر خواهد بود با:

$$\text{درصد زمان از دست رفته} = \frac{nq + p^n - ۱}{n}$$

80

تمرین

- احتمال خرابی : ۰.۸۰ برای هر ماشین
- نرخ تولید روزانه: ۲۰ قطعه برای هر ماشین
- هزینه اپراتور: ۱۰ واحد در روز
- هزینه ماشین: ۱۰۰ واحد در روز برای هر ماشین
- بیشینه تعداد ماشین‌ها: ۵ ماشین

جواب بهینه : تخصیص دو
ماشین به اپراتور

81

نمودار پروسس گروهی GANG PROCESS CHART

- ♦ وقتی یک گروه ماشین را اداره می کنند از این نمودار استفاده می شود.
- ♦ ساختار این نمودار عکس نمودار انسان-ماشین است.

Gang Process chart

<p style="text-align: center;"> GANG PROCESS CHART OF PRESENT METHOD Hydraulic Extrusion Press Dept. II Bellefonte Pa. Plant Charted by B.W.N. 4-15- Chart No. G-85 </p>													
MACHINE		PRESS OPERATOR		ASSISTANT PRESS OPERATOR		FURNACE MAN		DUMMY KNOCKER		ASSISTANT DUMMY KNOCKER		PULL-OUT MAN	
OPERATION	TIME	OPERATION	TIME	OPERATION	TIME	OPERATION	TIME	OPERATION	TIME	OPERATION	TIME	OPERATION	TIME
Elevate billet	.07	Elevate billet	.07	Grease die & position back in die head	.12			Position shell on small press	.10	Move away from small press and aside tongs	.12	Pull rod toward cooling rack	.20
Position billet	.08	Position billet	.08			Rearrange billets in furnace	.20	Press dummy out of shell	.12				
Position dummy	.04	Position dummy	.04					Dispose of shell	.18			Walk back toward press	.13
Build pressure	.05	Build pressure	.05					Dispose of dummy and lay aside tongs	.12	Idle time	.68	Grab rod with tongs and pull out	.45
Extrude	.45	Extrude	.45	Idle time	.68	Idle time	.51	Idle	.43				
Unlock die	.06	Unlock die	.06			Open furnace door & remove billet	.19			Guide shell from shear to small press	.20	Straighten rod end with mallet	.11
Loosen & push out shell	.10	Loosen & push out shell	.10	Run head & shell out	.11	Ram billet from furnace & close furnace door	.10	Grab tongs & move to position	.05			Hold rod while die removed at press	.09
Withdraw ram & lock die in head	.15	Withdraw ram & lock die in head	.15	Shear rod from shell	.04								
				Pull die off end of rod	.05								
Working time	1.00 Min.	1.00 Min.		.32 Min.		.49 Min.		.57 Min.		.32 Min.		1.00 Min.	
Idle time	0 "	0 "		.68 "		.51 "		.43 "		.68 "		0 "	

Idle time = 2.30 Man-minutes per cycle = 18.4 man-hours per eight-hour day