۱- قابلیت اطمینان

قابلیت اطمینان یک سیستم احتمال از کار نیفتادن یک سیستم در یک دوره معین از زمان است. از آنجایی که هر سیستم از اجزایی تشکیل شده است، قابلیت اطمینان یک سیستم با توجه به قابلیت اطمینان اجزاء آن محاسبه می‌شود. اجزاء یک سیستم معمولاً به یکی از سه وضعیت سری، موازی یا ترکیبی از سری و موازی به یکدیگر اتصال دارند.

الف- وضعیت سری

در وضعیت سری، قابلیت اطمینان سیستم، حاصلضرب قابلیت اطمینان‌های اجزاء آن است.

$$R = \prod_{i=1}^{n} R_i$$

نکته: از آنجایی که احتمال همواره عددی کوچکتر یا مساوی ۱ است، همواره در حالت سری قابلیت اطمینان کل سیستم کوچکتر یا مساوی قابلیت اطمینان هر جزء است.

مثال) قابلیت اطمینان سیستم سری زیر را محاسبه نمایید.

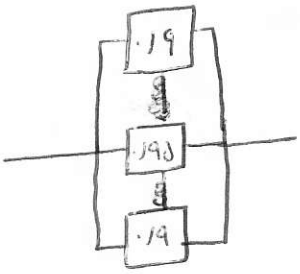
حل) $R = \prod_{i=1}^{n} R_i = R_1 \times R_2 \times R_3 = ۰/۹ \times ۰/۹۵ \times ۰/۹ = ۰/۷۶۹۵$

ب- وضعیت موازی

$$R = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - R_i)$$

نکته: در وضعیت موازی، چون جزء موازی به عنوان پشتیبان عمل می‌کند تا در صورت از کار افتادن جزء، سیستم از کار نیفتد، قابلیت اطمینان کل سیستم از قابلیت اطمینان تک تک اجزاء آن بیشتر می‌گردد.

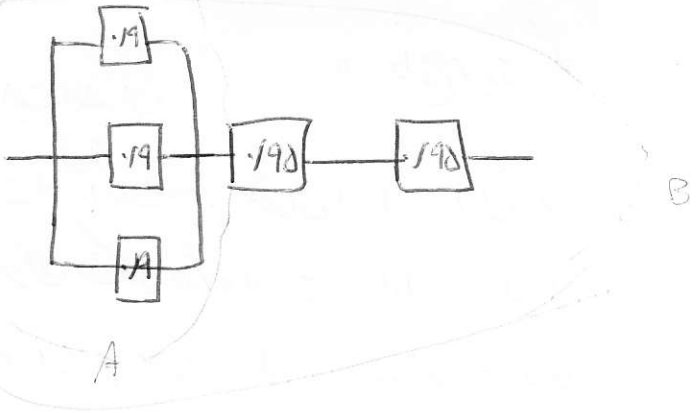
مثال) قابلیت اطمینان سیستم موازی زیر را محاسبه نمایید.



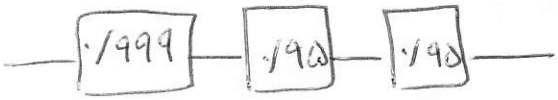
$$R = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - R_i) = 1 - \{(1-R_1)(1-R_2)(1-R_3)\} =$$
$$1 - \{(1-۰/۹)(1-۰/۹۵)(1-۰/۹)\} =$$
$$1 - \{۰/۱ \times ۰/۰۵ \times ۰/۱\} = 1 - ۰/۰۰۰۵ = ۰/۹۹۹۵$$

ج- وضعیت ترکیبی

وقتی سیستم به شکل ترکیبی طراحی شده باشد، قابلیت اطمینان آن با تجزیه سیستم به قسمت‌های سری و موازی و سپس کل سیستم را به صورت سری محاسبه می‌کنیم.

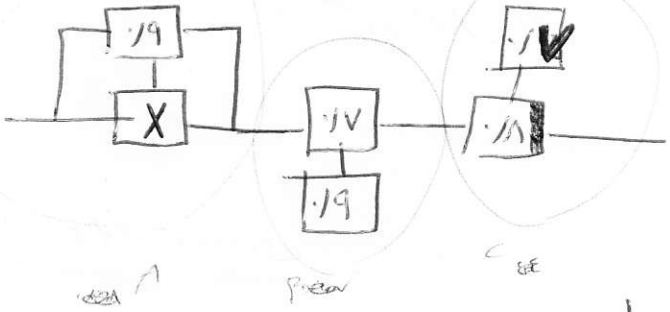


$$R = 1 - \left((1-۰/۹)(1-۰/۹)(1-۰/۹)\right) = 1 - ۰/۰۰۱ = ۰/۹۹۹$$



$$R = ۰/۹۹۹ \times ۰/۹۵ \times ۰/۹۵ = ۰/۹۰۲$$

تمرین) قابلیت اطمینان سیستم زیر ۰/۸۹۳۵ است. مقدار X را بدست آورید.



$$1-\{(1-۰/۹)\times(1-X)\} \quad \Big| \quad 1-\{(1-۰/۷)\times(1-۰/۹)\} \quad \Big| \quad 1-\{(1-۰/۸)\times(1-۰/۷)\}$$

$$1-\{۰/۱\times(1-X)\} \qquad ۰/۹۷ \qquad ۰/۹۴$$

$$1-\{۰/۱-۰/۱X\}$$

$$۰/۹+۰/۱X$$

$$(۰/۹+۰/۱X)(۰/۹۷)(۰/۹۴) = ۰/۸۹۳۵۶۴$$

$$۰/۹۱۱۸\times(۰/۹+۰/۱X) = ۰/۸۹۳۵۶۴$$

$$۰/۹۱۱۸X + ۰/۸۲۰۶۲ = ۰/۸۹۳۵۶۴$$

$$۰/۹۱۱۸X = ۰/۰۷۲۹۴۲$$

$$X = ۰/۸$$

اگر یک سیستم تولید دارای ۳ مرحله متوالی A و B و C باشد، هر مرحله قابلیت اعتمادی معادل ۰/۹۵ دارد. اگر مواد بین این مراحل با دو نقاله ای حمل شود که قابلیت اطمینان هر کدام آن ۰/۹۰ است، در این صورت قابلیت اعتماد کل سیستم چقدر است؟

ب) اگر مواد با دو نقاله حمل شود که قابلیت اطمینان هر کدام ۰/۹ باشد، قابلیت اطمینان کل سیستم چقدر است؟

[redacted]

۳- تابع توزیع نرمال: برای اتفاقاتی است که در آنها مجموعه ای از عوامل کوچک، مستقل و تصادفی سبب از کار افتادگی قلم گردند

$$f(t)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\left[\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]}$$

μ : متوسط زمان از کار افتادگی

σ : انحراف معیار زمان از کار افتادگی

مثال) عمر یک مته از دستگاه حفاری از قانون توزیع نمایی منفی با میانگین خرابی شش بار در سال تبعیت می کند. احتمال های زیر را برای این مته حساب کنید.

۱- از کار افتادگی در ماه سوم باشد.

۲- از کار افتادگی در ماه سوم یا پنجم باشد.

۳- از کار افتادگی بین ۱۵ تا ۴۵ روز باشد.

۴- زمان از کار افتادگی رأس دو ماه کار باشد.

۵- حتماً خراب نشود

۶- هیچگاه خراب نشود.

حل)

$$f(t)=\lambda e^{-\lambda t}$$

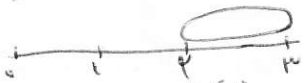
برای محاسبه احتمال بین ۲ زمان خاص a و b در توزیع پیوسته از انتگرال استفاده می کنیم.

$$P(T)=\int_a^b \lambda e^{-\lambda t}\,dt=-e^{-\lambda t}\Big|_a^b=e^{-a\lambda}-e^{-b\lambda}$$

خرابی ۶ بار در سال به معنی میانگین خرابی $\frac{1}{2}$ ماه است. لذا متوسط تعداد دفعات از کار افتادگی در واحد زمان برابر با $\frac{6}{12}$ یا $\frac{1}{2}$ است لذا داریم $\lambda=\frac{1}{2}$

$$P(t)=e^{-\frac{1}{2}a}-e^{-\frac{1}{2}b}$$

بند ۱) در ماه سوم یعنی بین ماه ۲ و ۳



$$P(t)=e^{-\frac{1}{2}(2)}-e^{-\frac{1}{2}(3)}=0.145=14.5\%$$

بند ۲) بین ماه ۲ و ۳ یا بین ماه ۴ و ۵

$$P(t)=\left(e^{-\frac{1}{2}(2)}-e^{-\frac{1}{2}(3)}\right)+\left(e^{-\frac{1}{2}(4)}-e^{-\frac{1}{2}(5)}\right)=0.197=19.7\%$$

بند ۳) ۱۵ روز یعنی ۱۵ ماه و ۴۵ روز یعنی ۱.۵ ماه

$$P(t)=e^{-\frac{1}{2}(1.5)}-e^{-\frac{1}{2}(1.75)}=0.779-0.472=0.306=30.6\%$$

بند ۴) احتمال دو انتهای دو

$$P(t)=e^{-\frac{1}{2}(2)}-e^{-\frac{1}{2}(2)}=0$$

بند ۵)

$$P(t)=e^{-\frac{1}{2}(0)}-e^{-\frac{1}{2}(\infty)}=1-0=1$$

بند ۶) معکوس بند ۵

$$P(t)=1-1=0$$

تابع توزیع فزاینده $F(t)$

احتمال اینکه تجهیز تا زمانی مشخص (t) از کار بیفتد را نشان می‌دهد

$$F(t) = \int_0^t f(t)\,dt$$

تابع فزاینده فوق نمایی $\quad F(t) = 1 - ke^{-2k\lambda t} - (1-k)e^{-2(1-k)\lambda t}$

تابع فزاینده نمایی منفی $\quad F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$

تابع فزاینده نرمال $\quad F(t) = \theta(z)$ از جدول نرمال استاندارد

تابع بقا (قابلیت اطمینان): احتمال اینکه تجهیز بعد از زمانی مشخص از کار بیفتد را نشان می‌دهد.

$$R(t) = \int_t^\infty f(t)\,dt \qquad R(t) = 1 - F(t)$$

تابع بقا فوق نمایی $\quad R(t) = ke^{-2k\lambda t} + (1-k)e^{-2(1-k)\lambda t}$

تابع بقا نمایی منفی $\quad R(t) = e^{-\lambda t}$

تابع بقا نرمال $\quad R(t) = 1 - \theta(z)$

مثال) در مثال قبل، ضمن تعیین تابع توزیع فزاینده و احتمالات زیر را بدست آورید:

۱) زمان از کار افتادگی حداکثر ماه اول باشد

۲) زمان از کار افتادگی قبل از دو ماه کار باشد

۳) زمان از کار افتادگی بعد از دو ماه کار باشد

۴) حداقل سه ماه کار کند

حل

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-\frac{t}{2}}$$

$$R(t) = e^{-\lambda t} = e^{-\frac{t}{2}}$$

بند ۱) یعنی بین ۰ و ۱

$1 - e^{-\frac{1}{2}} = 0/393 = 39,3\ \%$

بند ۲) یعنی بین ۰ و ۲

$1 - e^{-\frac{2}{2}} = 1 - e^{-1} = 0/632 = 63,2\ \%$

بند ۳) از بقا

$R(t) = e^{-\frac{t}{2}} = e^{-\frac{5}{2}} = e^{-1} = 0/368 = 36,8\ \%$

بند ۴) یعنی زمان از کار افتادگی اش بعد از سه ماه کار باشد

$R(t) = e^{-\frac{t}{2}} = e^{-\frac{3}{2}} = 0/223 = 22,3\ \%$

نرخ خرابی: اگر m ماشین مشابه در مقطعی از زمان آماده کار بوده و با فعال سازی آنها برای مدت معین n ماشین دچار خرابی گردند، به نسبت $\frac{n}{m}$ نرخ خرابی گوییم.

نرخ خرابی لحظه‌ای (آنی) برای یک تجهیز در هر مقطع مساوی است با نسبت تابع از کار افتادگی به تابع بقا

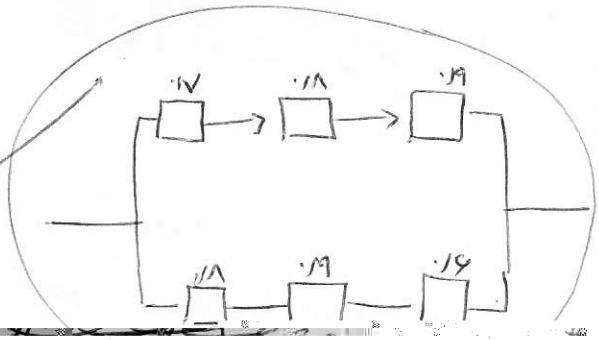
$$r(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

نرخ خرابی لحظه‌ای تابع فوق نمایی $\quad r(t) = \dfrac{2k^2\lambda e^{-2k\lambda t} + 2(1-k)^2\lambda e^{-2(1-k)\lambda t}}{ke^{-2k\lambda t} + (1-k)e^{-2(1-k)\lambda t}}$

نرخ خرابی لحظه‌ای نمایی منفی $\quad r(t) = \lambda$

نرخ خرابی لحظه‌ای نرمال $\quad r(t) = \dfrac{\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\left[\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]}}{1 - \theta(z)}$

$-\alpha t$


۰/۱۷
۰/۱۸
۰/۱۹
۱/۱۸
۰/۱۹
۰/۱۹

تعویض

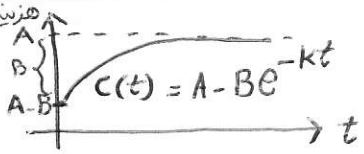
مسائل موجود در تعویض که در قالب ۸ نوع مطرح می‌شود

۱- تعویض قطعات و مواد مصرفی ، ۲- تعویض در سیستم های روزرو ، ۳- تعویض تجهیزات سرمایه‌ای با نوع مشابه

۴- تعویض تجهیزات سرمایه با نوع پیشرفته صنعتی

انواع هزینه ها در بحث تعویض

۱- هزینه‌های عملیاتی : هزینه هایی که به خاطر فعال بودن ماشین یا تجهیز تحمیل می گردد. مثل هزینه‌های آماده سازی ماشین ، انرژی مصرفی ، هزینه زمان تعویض قالب ها و هزینه ضایعات ناشی از ماشین .



A : ماکزیمم هزینه‌های عملیات (اگر $t \to \infty$ آنگاه $C(t) = A$)

A-B : حداقل هزینه‌های عملیاتی ($t \to 0$ آنگاه $C(t) = A - B$)

B : بیشترین افزایش ممکن در هزینه‌های عملیاتی

$$\int_0^{t_r} c(t)\,dt = \int_0^{t_r} \left[100 - 40e^{-0.1t}\right] dt = 100t - \frac{40e^{-0.1t}}{-0.1}\Big]_0^{t_r} = 100t + 400e^{-0.1t}\Big]_0^{t_r}$$

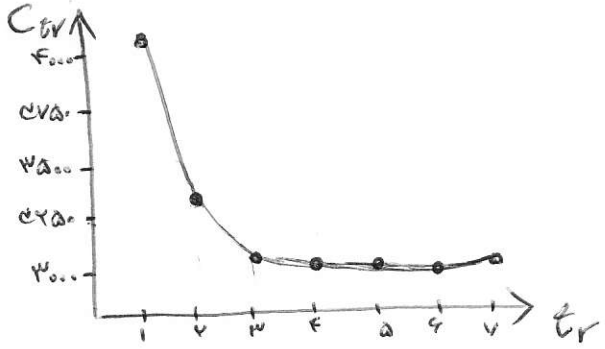
$$= 100t_r + 400e^{-0.1t_r} - 400$$

سال ۵۲ هفته است

$$C(t_r) = \left(\frac{52}{t_r} - 1\right) \times 80 + \frac{52}{t_r}\left(100t_r + 400e^{-0.1t_r} - 400\right)$$

$$C(t_r) = \frac{4160}{t_r} - 80 + 5200 + \frac{20800}{t_r}e^{-0.1t_r} - \frac{20800}{t_r}$$

t_r	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
$C(t_r)$	۰٫۳۴	۰٫۴۵۸	۰٫۱۷۳	۰٫۱۰۵	۰٫۰۸۱	۰٫۰۷۵	۰٫۰۷۹	۰٫۰۸۸	۰٫۰۹۹	۰٫۱۱۰	۰٫۱۲۲



استفاده این منحنی این است که اکثراً به‌جای انجام سیالت به‌صورت نقطه‌ای ، این سیالت در بازه زمانی ناحیه تحت که در آن تغییرات $C(t_r)$ نزدیک است انجام می‌شود

ج)

در اینصورت به‌جای یک عدد ، از تابع C_r استفاده می‌کنیم.

$$C(t_r) = \left(\frac{۶}{t_r} - ۱\right) \times (۹۰ + ۲۰ t_r) + \frac{۶}{t_r}\left(۹۰۰ t_r + ۷۵۰ e^{-۰٫۲ t_r} - ۷۵۰\right)$$

$$C(t_r) = \frac{۳۶۰}{t_r} + ۱۲۰ - ۹۰ - ۲۰ t_r + ۳۶۰۰ + \frac{۴۵۰۰}{t_r} e^{-۰٫۲ t_r} - \frac{۴۵۰۰}{t_r}$$

$$C(t_r) = \frac{۴۵۰۰}{t_r} e^{-۰٫۲ t_r} - \frac{۴۱۴۰}{t_r} - ۲۰ t_r + ۳۶۶۰$$

t_r	۱	۲	۳	۴	۵
$C(t_r)$	۰٫۱۸۴	۰٫۳۵۸	۰٫۳۴۳	۰٫۰۵۰	۰٫۰۶۳

t_r	$C(t_r)$
۱	۰٫۱۸۴
۲	۰٫۳۵۸
۳	۰٫۳۴۳
۴	۰٫۰۵۰
۵	۰٫۰۶۳
۶	۰٫۰۷۵
۷	۰٫۰۷۹
۸	۰٫۰۸۸
۹	۰٫۰۹۹
۱۰	۰٫۱۱۰
۱۱	۰٫۱۲۲

$C(t_2) = \left(\frac{T}{t_2} - 1\right) C_2 + \frac{T}{t_2} \sum C_i$

i	1	2	3	...
C_i	250	300	450	570

$C(t_1) = \left(\frac{6}{t_2} - 1\right) \times 250 + \frac{6}{t_2} \times 450 = 650$

$C(t_2) = \left(\frac{6}{2} - 1\right) \times 250 + \frac{6}{2} \times 950 = 3350$

$C(t_3) = \left(\frac{6}{3} - 1\right) \times 250 + \frac{6}{3} \times 1250 = 2750$

$C(t_4) = \left(\frac{6}{4} - 1\right) \times 250 + \frac{6}{4} \times 2500 = 2125$

$C(t_5) = \left(\frac{6}{5} - 1\right) \times 250 + \frac{6}{5} \times 2750 = 2450$

$C(t_6) =$

PM۲ : برنامه ریزی تعویض قطعات و مواد مصرفی برای تجهیزی که به مرور استفاده هزینه های عملیاتی آن افزایش می یابد (رویکرد دوم) (مثل قبل)

هدف: تعیین فاصله ی میان تعویضات متوالی (t_2) بنحوی که هزینه کل قبول شده را حداقل کنیم.

با مقایسه معادلات مشاهده می شود سیاست بهینه تعویض از هر دو مدل PM۱ و PM۲ یکی می باشد و PM۲ نیز نیازی به T نیز می باشد و هدف PM۱ و PM۲ برآورد t_2 و t_1 می باشد.

هفتم حذف

کل کوطیه یا ماژولی جزء است.

کل از اجزاء تشکیل شده است، چون جزء موازی نقش تشبیک دارد.

۱- قابلیت اطمینان
- سری ← $\prod_{i=1}^{n} R_i$
- موازی ← $1 - \prod(1-R_i)$
- ترکیبی ← اول جزئی تر ها بعد کلی تر ها

۲- توابع ← تابع توزیع $F(t)$ — در ۲ شکل کلی و نمایی فقط

احتمال بین مشخص $P(t)$ انتگرال a تا b از $f(t)$

تابع چگالی احتمال $f(t)$ انتگرال از $F(t)$ تا نقطه t

نمایی نقص

$\lambda e^{-\lambda t}$

$e^{-a\lambda} - e^{-b\lambda}$

$1 - e^{-\lambda t}$

دلیل اهمیت PM۱ در مقابل PM۲

۱- بازرسی برای اکتشاف بسیار مهمی است ۲- بودجه بندی براساس هزینه های کل راحت تر است تا هزینه های متوسط
۳- تعیین سیاست بهینه براساس هزینه های کل راحت تر است.

تمرین: تجهیزی مورد برنامه ریزی تعویض قطعات معین با هزینه هر بار ۸۰ واحد پولی و هزینه های عملیاتی $C(t) = 200 - 35 e^{-13t}$ (t بر حسب ماه) است. اگر مدت زمان تعویض قابل اغماض باشد:

الف) سیاست بهینه دوره ای تعویض را تعیین کنید.

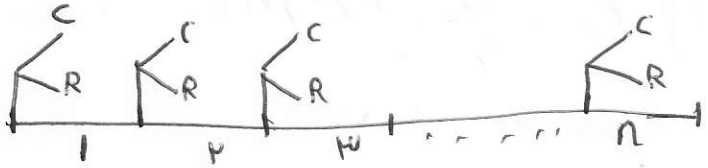
ب) اگر هزینه تعویض $C_r(t) = 50 + 30t^2$ باشد سیاست بهینه را بدست آورید.

PM۳: برنامه ریزی تعویض قطعات و مواد مصرفی برای تجهیزی که به مرور استفاده هزینه های عملیاتی آن افزایش می یابد در افق زمانی محدود

هدف تعیین n سیاست برای n دوره (هر دوره یک سیاست به صورت R یا C) به نحوی که کل هزینه های ایجاد شده در این مدت کمینه گردد $fn(I)$

سیاست: ۱- ادامه عمل (C)
۲- تعویض (R)

مقطع اجرای سیاست: ① در ابتدای دوره ② در انتهای دوره



n = تعداد دوره در پیش

اگر تعویض در ابتدای دوره باشد یعنی اول تعویض انجام شده سپس یک دوره ادامه می دهیم.

عمر تجهیز از آخرین تعویض { در ابتدای دوره I / در انتهای دوره J }

وقتی تعویض کنیم $Z=0$ می شود وقتی ادامه دهیم

مثال: تجهیزی را در نظر بگیرید که می خواهیم برنامه زیری تعویض قطعات برای ۳ دوره آینده را تهیه کنیم.
هزینه هر بار تعویض ۱۰۰ واحد و هزینه های عملیاتی به صورت زیر است

i	۱	۲	۳	≥۴
C_i	۳۰	۷۰	۱۲۰	۱۸۰

با فرض قابل اغماض بودن مدت زمان تعویض و اینکه سیاست در ابتدای دوره انجام شود

الف) ماتریس $(C(I,J)$ را تهیه کنید

ب) برنامه زیری مورد خواست را در شرایط زیر تهیه و با شکل نشان دهید.

۱- تجهیز در ابتدای دوره دارای حالت ۲ است

۲- تجهیز در ابتدای دوره دارای حالت ۰ است.

اگر یکی از دو حالت بند ب را بتوانیم داشته باشیم کدام را توصیه می کنید.

حل) اول جدول زیر را می سازیم

I (اول دوره) تعداد سال هایی که از تعویض قبلی گذشته	اقدام لازم در دوره	J	مفهوم	هزینه (C)
	سیاست	بی معنی است	∝	∝
۰	تعویض	۱	یکماه است ادامه دادن	۳۰
	ادامه	۱	تعویض + احداث ادامه	۱۰۰ + ۳۰
۱	تعویض	۲	۲ ماه ادامه	۷۰
	ادامه	۱	تعویض + احداث ادامه	۱۰۰ + ۳۰
۲	تعویض	۳	۳ ماه ادامه	۱۲۰
	ادامه	۱	تعویض + احداث ادامه	۱۰۰ + ۳۰
۳	تعویض	۴	۴ ماه ادامه	۱۸۰
	ادامه			

جدول را به صورت ماتریس نوشته و خانه هایی که وقوع آن غیر ممکن است را ∞ قرار می دهیم

I \ J	۰	۱	۲	۳
۰	∞	۳۰	∞	∞
۱	∞	۱۳۰	۷۰	∞
۲	∞	۱۳۰	∞	۱۲۰
۳	∞	۱۳۰	∞	∞

سیاست $n=1$ (یعنی ۱ دوره در پیش داریم)

با توجه به ماتریس فوق بهترین (کمترین) هزینه سطر را مانده و مقدار آن و J مربوطه را می نویسیم. سپس اگر J بزرگ تر از I باشد، سیاست ادامه عمل و اگر J کوچکتر از I باشد سیاست تعویض را خواهیم داشت.

I	۰	۱	۲	۳
مقدار بهترین هزینه سطر (کمترین)	۳۰	۷۰	۱۲۰	۱۳۰
J مربوطه	۱	۲	۳	۱
سیاست	C	C	C	R

سیاست $n=2$ (یعنی ۲ دوره فرصت داریم)

این مرحله نیز مانند $n=1$ است با این تفاوت که برای محاسبات آن از ماتریسی استفاده می‌کنیم که کلیه سطرهای آن با بهترین مقدار سطرها که در جدول $n=1$ آمده است جمع می‌شود.

ماتریس اولیه

$$\text{ماتریس جدید} = \begin{bmatrix} \infty & ۷۰ & ۱۲۰ & ۱۳۰ \\ \infty & ۷۰ & ۱۲۰ & ۱۳۰ \\ \infty & ۷۰ & ۱۲۰ & ۱۳۰ \\ \infty & ۷۰ & ۱۲۰ & ۱۳ \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \infty & ۳۰ & \infty & \infty \\ \infty & ۱۳۰ & ۷۰ & \infty \\ \infty & ۱۳۰ & \infty & ۱۲۰ \\ \infty & ۱۳۰ & \infty & \infty \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \infty & ۱۰۰ & \infty & \infty \\ \infty & ۲۰۰ & ۱۹۰ & \infty \\ \infty & ۲۰۰ & \infty & ۲۵۰ \\ \infty & ۲۰۰ & \infty & \infty \end{bmatrix}$$

بهترین های قبلی

I	۰	۱	۲	۳
بهترین هزینه در سطر (کمترین)	۱۰۰	۱۹۰	۲۰۰	۲۰۰
J مربوط	۱	۲	۱	۱
سیاست	C	C	R	R

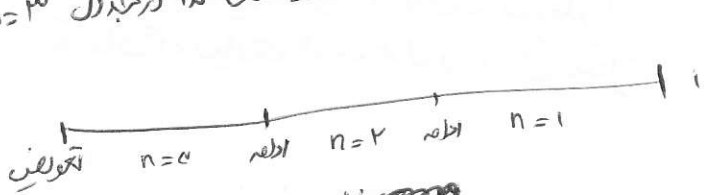
سیاست $n=3$ (یعنی ۳ دوره فرصت داریم)

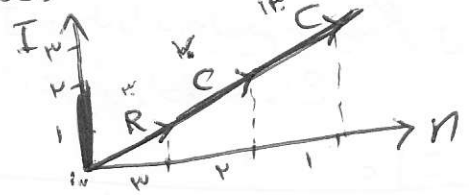
$$\begin{bmatrix} ۱۰۰ & ۱۹۰ & ۲۰۰ & ۲۰۰ \\ ۱۰۰ & ۱۹۰ & ۲۰۰ & ۲۰۰ \\ ۱۰۰ & ۱۹۰ & ۲۰۰ & ۲۰۰ \\ ۱۰۰ & ۱۹۰ & ۲۰۰ & ۲۰۰ \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \infty & ۱۲۰ & \infty & \infty \\ \infty & ۱۳۰ & ۱۴۰ & \infty \\ \infty & ۱۳۰ & \infty & ۱۳۰ \\ \infty & ۱۴۰ & \infty & \infty \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \infty & ۲۲۰ & \infty & \infty \\ \infty & ۳۲۰ & ۳۴۰ & \infty \\ \infty & ۳۲۰ & \infty & ۳۳۰ \\ ۲۰۰ & ۳۲۰ & \infty & \infty \end{bmatrix}$$

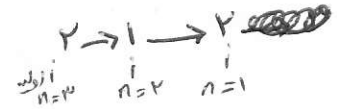
بهترین های قبلی — ماتریس اولیه

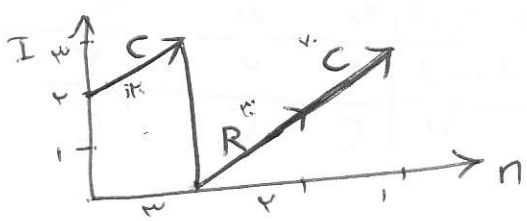
I	۰	۱	۲	۳
بهترین هزینه در سطر (کمترین)	۲۲۰	۲۳۰	۳۲۰	۳۲۰
	۱	۲	۱, ۳	۱
	C	C	R, C	R

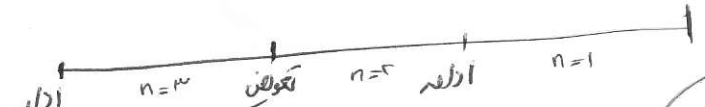
در بند ب- ۱- تجهیز در ابتدای دوره یعنی $n=3$ دارای حالت ۲ یعنی $I=2$ است لذا در جدول $n=3$ به $I=2$ واجعه می‌کنیم که خود ۲ دسته می‌شود











درس ۲ تجهیز برای دوره در حالت ذرات هوا ۲

$$\begin{bmatrix} ١٤. & ٥. & \infty & \infty \\ ١٧. & ٢٥ & ٧. & \infty \\ ٢٢. & \infty & \infty & ٣٠ \\ ٢٨. & \infty & \infty & \infty \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} ١٠ & ١٩. & ٢٥. & ٥١. \\ ١٠ & ١٩. & ٢٥. & ٥١. \\ ١٠ & ١٩. & ٢٥. & ٥١. \\ ١٠ & ١٩. & ٢٥. & ٥١. \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ٣٤. & ٢٢. & ٥٠ & \infty \\ ٢٧. & \infty & ٥٢. & \infty \\ ٥٢. & \infty & \infty & ٤٣. \\ ٥٨. & \infty & \infty & \infty \end{bmatrix}$$

I	٥	١	٢	٣
٠	٢٢	٣٤	٥٢	٥٨

تاریخچه نگهداری تعمیرات

روند روبه رشد نگهداری تعمیرات در دنیا به ۳ دوره اساسی تقسیم می‌شود:

۱- عصر عدم آزادی در دهه ۴۰ قبل از جنگ جهانی دوم
- صنایع مکانیزه نبود - خلوگیری از بروز عیب معنی نداشت - به دلیل طرح ساده تجهیزات تعمیرات آسان بود - نگهداری بعد خرابی به طور جداگانه تعمیری نشد.
فقط بعد از خرابی حاکم بود (BM) Breakdown Maintenance

۲- عصر بدون اندازه‌گیری ۱۹۵۰ تا ۱۹۹۰
- افزایش مکانیزه کردن فعالیت‌ها - فقط شکل سیستماتیک گرفت با اندازه‌گیری پارامترها وضعیت ماشین به لحاظ فرسودگی بود تشخیص قدار می‌گرفت
فقط پیشگیرانه در آمد کما به اجرا در آمد.
نگهداری و تعمیرات بهره ور در ۱۹۷۴ - نگهداری تعمیرات بهره در جامع ۱۹۷۰ ژاپن

۳- عصر مختار اندازه‌گیری ۱۹۹۰ به بعد
با هدف بیشینه سازی طول عمر مفید تجهیزات تولیدی - مدنظر قرار دادن فقط در طراحی اولیه (مهندسی پشتیبان)
تدوین تئوری و ترکیبی از فعالیتهای فنی، مالی، مهندسی و سایر اموری که در ارتباط تامین یک عمر اقتصادی و بهینه بروری دارایی‌های فیزیکی اعمال می‌شوند.

نگهداری: مجموعه فعالیت‌هایی که به طور مستقیم یا به منظور حفظ و نگهداشتن ساختمان‌ها، تأسیسات، تجهیزات، دستگاه‌ها و ماشین آلات (دارائی‌های فیزیکی) در حد استاندارد یا هزینه قابل قبول و با هدف بالا بردن عمر مفید و جلوگیری از خرابی و توقف در دسترس بودن آنها انجام می‌شود.

تعمیرات: عبارتست از درست کردن یا اصلاح کردن دارایی‌های فیزیکی که از کار می‌افتند. مجموعه فعالیت‌هایی است که بر روی یک سیستم یا وسیله‌ای که دچار خرابی و یا از کار افتادگی گردیده، انجام می‌شود تا آن را به حالت آماده و قابل بهره برداری باز گرداند.

انواع طبقه بندی‌های نگهداری و تعمیرات

۱- نت بعد از کار افتادگی — نگهداری = تعمیرات بود — تعمیرات اضطراری
نت پیشگیرانه — جلوگیری از عیوب

مزایا: نگهداری و تعمیرات تنها زمانی انجام می‌شود که خرابی رخ داده باشد
معایب: ریسک بروز عیب غیر منتظره، عمر کوتاه‌تر تجهیزات، افت کیفیت، افزایش مصرف سوخت

۲- نت پیشگیرانه
- ادواری — تعویض دوره‌ای قطعات و تعمیرات اساسی دوره‌ای
- پیشگویانه — پارامترهای پیشگویی اندازه‌گیری و تحلیل می‌شود ← داده‌های گذشته و روند

نت با برنامه
- نت بعد از خرابی با برنامه — بعد از خرابی ولی با اقدامات برنامه‌ریزی شده
- نت اصلاحی یا برنامه — اصلاح نقاط ضعف و تغییر فرآیندها

نت بعد از کار افتادگی (تعمیرات اضطراری)

نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه P M Preventive Maintenance

مجموعه فعالیتها و اعمالی که باعث می‌شود نه تنها از کارافتادگی تجهیزات کم شود، بلکه باعث پیشرفت در بهبود محصول و کیفیت آن می‌گردد.

به معنای حفظ روند روان تولید، اجتناب از خرابی تجهیزات و عیوب با نصب تجهیزات مناسب و نگهداری آنها در شرایط ایدآل

نگهداری و تعمیرات بهره‌ور Productive Maintenance P. M

هدف نگهداری بهره‌وری انجام تعمیرات به شکل سودآور است که افراد را نه تنها ملزم به پیشگیری از خرابی‌ها و نقائص می‌کند بلکه آنها را به انجام این فعالیت‌ها به شکل اقتصادی و کارامد تشویق می‌کند.

تعمیرات بهره‌ور شامل نظام مراقبت و حذف شش ضایعه بزرگ است. حذف این ضایعات از اهداف نگهداری بهره‌ور و از نقاط تمایز آن با نگهداری پیشگیرانه است.

شش ضایعه بزرگ (M)

عوامل موثر بر اجرای موفق TPM

۱- تعهد مدیریت — تفویض اختیار - سیستم پاداش مناسب - سمینارها و برنامه‌های مناسب - رسالت و چشم انداز روشن - استراتژی مدون

۲- مشارکت کارکنان — رابطه مغایل و پویا - آنالیز در حیطه بالا - توسعه مهارت در حیطه فعالیت - کار تیمی - تشکیل جلسات پاداش

۳- تلاشهای تحقیقاتی — تلاش برای بهره‌وری کارآتر

۴- رویه‌های نگهداری و قابلیت اطمینان — تجزیه‌کاری مستلزم تجهیزات - استفاده از وقت بیکاری در پیش‌گیری - کاربرد اصول آرایش کارگاه

۵- مشارکت عرضه‌کنندگان — فعالیت عرضه‌کنندگان به عنوان شرکای تجاری سازمان