دانشگاه آزاد اسلامی

واحد علوم و تحقیقات اردبیل

قابلیت اطمینان سیستمهای مهندسی-قدرت

دکتر عارف جلیلی ایرانی

روح الله شهزاد

بسمه تعالی

- قابلیت اطمینان در سیستم‌های قدرت.

ارزیابی: ۱۴ نمره پایان ترم - ۶ نمره حل تمرین در صورت ارائه مقاله ۶ نمره و پایان ترم ۸ نمره می‌شود.

منابع: دکتر فتوحی و بیل اینتون

انواع سیستم‌ها:

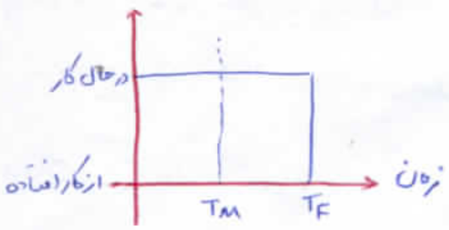
۱- سیستم با عملکرد برای انجام ماموریت

۲- سیستم با کار مداوم

سیستم‌های ویژه انجام ماموریت باید عملکردی بدون هیچ گونه نقص و از کار افتادن در طول مدت ماموریت خود باشند از کار افتادن اجزای سیستم مجاز است مشروط بر اینکه بر تداوم عمل سیستم خللی وارد نکند.

سیستم‌های ویژه ماموریت به دو گروه فرعی تقسیم می‌شوند:

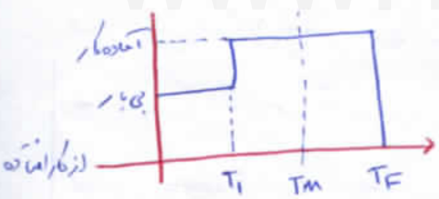
الف) در گروه اول سیستم‌هایی مطرح است که مرحله عمل آنها از لحظه‌ای شروع می‌شود که بعداً از بازرسی آماده استفاده تشخیص داده شده.

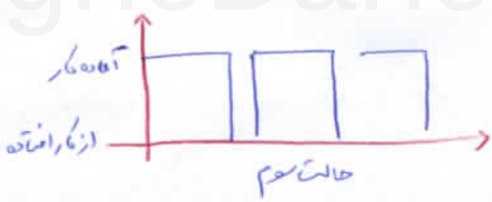


مدت زمان ماموریت سیستم T_M: mean time to mission

T_F: mean time to Failor

ب) سیستم‌هایی مطرح است که پس از تأیید نهایی جهت استفاده برای مدتی به شکل بی بار تحت شرایط کار قرار می‌گیرد (مثل سیستم نیروگاه)





CC:

ارزیابی کمی و کیفی:

قابلیت اطمینان یک مشخصه ذاتی از هر محصول است لذا یکی از پارامترهای مهم طراحی محسوب می‌شود. برای حصول این امر نیاز به کمیت سنجی قابلیت اطمینان است در حالت کلی مفاهیم کیفی مانند اینکه سیستم دچار از کار افتادگی نخواهد شد یا سیستم بسیار قابل اطمینان است و یا اینکه محصول قابل اطمینان‌تر از محصول مشابه است به هیچ وجه معنای تکنیکی قابل ارزیابی و مشخصی را ارائه نمی‌دهد.

لذا شاخص‌های عددی قابلیت اطمینان برای نشان دادن این است ۱- که چگونه یک سیستم از کار می‌افتد ۲- عواقب از کار افتادن سیستم چیست

۳- ارتباط میان کیفیت و هزینه سرمایه گذاری و مسائل اقتصادی چگونه است.

نتیجتاً می‌توان به طرح‌هایی که توجیه اقتصادی بهتری داشته و از حیث مشخصات تکنیکی و بهره برداری مناسب‌تر هستند دست یافت

کاربرد ارزیابی‌های کمی:

۱- ارزیابی عملکرد گذشته

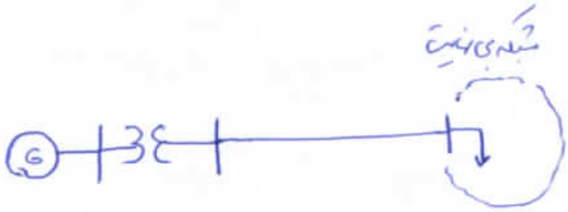
۲- پیش‌بینی عملکرد آینده.

هدف ارزیابی عملکرد گذشته این است که:

الف) شناخت نقاط ضعیف که نیاز به تقویت یا اصلاح دارد،

ب) شناخت علل رخدادها برای تعیین مشخصه یا پایانی.

ج) تعیین شاخص برای حالت موجود که مبنایی برای هدایت به مقادیر قابل قبول در آینده قرار گیرد.



ح) ایجاد زمینهٔ مقایسه برای پیش‌بینی‌ها

هـ) فراهم شدن معیاری برای تحلیل حساسیت پارامترهای سیستم

هدف پیش‌بینی عملکرد سیستم عبارت است از:

الف) چگونگی عملکرد انتظاری مشخص می‌شود،

ب) منافع انتخاب طرح‌های مختلف تعیین می‌شود،

ج) سیاستهای نگهداری و کاربردی معلوم می‌شود.

قابلیت اطمینان:

قابلیت اطمینان یک سیستم عبارت است از احتمال عملکرد رضایت‌بخش آن سیستم تحت شرایط کار مشخص برای مدت زمان معین

این تعریف شامل چهار بخش است.

۱- احتمال که با یک عدد مشخص می‌شود که همان شاخص ارزیابی قابلیت اطمینان می‌باشد. بخش دیگر شامل عملکرد رضایت‌بخش، زمان و شرایط کار معین همگی پارامترهای مهندسی هستند و تئوری احتمال هیچ گونه کمکی به بهبود یا عدم بهبود آنها ندارد. فقط مهندسین و متخصصین قادر به تأمین اطلاعات مربوط به عملکرد رضایت‌بخش می‌باشند و زمان ممکن است به صورت ممتد و یا منقطع مطرح باشد و شرایط کار ممکن است یکنواخت و یا به شرح در حالت متغیر باشد.

معیارها و شاخص‌های قابلیت اطمینان:

۱- تعداد انتظاری از کار افتادگی در یک محدودهٔ زمان

۲- میانگین زمان بین از کار افتادگی‌ها

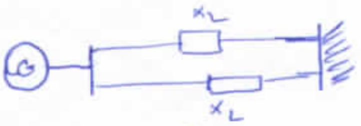
۳- زمان انتظاری در سرمایه‌گذاری به علت از کار افتادن

۴- کاهش انتظاری در خروجی سیستم ناشی از انواع از کار افتادگی‌ها

برای کاهش راکتانس خط از خازن سری استفاده می‌شود و موتور سنکرون در کارخانه‌ها x_C از - x_L یا از خط موازی دیگری استفاده می‌شود

استفاده از خازن باعث ایجاد تشدید در نوسانات سیستم می‌گردد.

در بررسی خط از مقدار R صرف‌نظر شده است.



روش موازی

مبانی تئوری احتمالات:

احتمال از نظر ریاضی شاخصی است عددی که مقدار آن می‌تواند از صفر تا یک باشد

تعداد راه‌هایی که منجر به موفقیت می‌شود: S

تعداد راه‌هایی که منجر به عدم موفقیت می‌شود: f

$$P(\text{success}) = \frac{\text{تعداد موفقیت}}{\text{تعداد نتایج ممکن}} = \frac{S}{S+f} = P$$

$$p+q=1$$

$$P(\text{Failure}) = \frac{f}{S+f} = q$$

مثال: دو تاس را در نظر می‌گیریم احتمال وقوع جمع عددی ۹ برای هر دو وجه را در هر بار انداختن در نظر بگیرید.

نتایج مربوط

(۳، ۶)
(۴، ۵)
(۵، ۴)
(۶، ۳)

$S=4$ $\quad S+f=36$ $\quad p=\frac{4}{36}=\frac{1}{9}$ $\quad q=\frac{32}{36}=\frac{8}{9}$

$f=32$

در هر یک از این مثال‌ها احتمال موفقیت و شکست با برشمردن تمامی حالت‌های ممکن و الحاق آن در گروه موفقیت و شکست محاسبه می‌شود اگر سیستم بزرگ و یا تعداد نتایج زیاد باشد چنین روشی بسیار طولانی، خسته کننده و همراه با خطا خواهد بود لذا می‌توان از مفهوم ترتیبات و ترکیبات ریاضی برای ساده‌سازی و کاهش وقوع خطا استفاده کرد.

ترکیب: تعداد ترتیبات n عضو مختلف در یک مجموعه عبارت است از تعداد راه‌هایی که می‌توان آن‌ها را کنار هم آرایش داد. هرگاه بخشی از کل عضوها در آرایش به کار روند

$_nP_n$ اگر $r<n \Rightarrow {}_nP_r = \frac{n!}{(n-r)!}$

تعداد حالت تعداد عضو

(نحوه کنار هم چیدن و ترتیب چینش مهم است)

مثال: سه کتاب A و B و C به چه ترتیبی کنار هم قرار می‌گیرند

$\underline{3}$, $\underline{2}$, $\underline{1}$ تعداد آرایش $= 3+2+1 = 6$ حالت

$$_3P_3 = \frac{3!}{(3-3)!} = \frac{3\times2\times1}{1} = 6 \text{ حالت}$$

1. ABC
2. ACB
3. BAC
4. BCA
5. CAB
6. CBA

مثال: به چند طریق می‌توان ۳ کتاب از ۷ کتاب را آرایش داد

$$_7P_3 = \frac{7!}{(7-3)!} = 210$$

احتمال اینکه یک کتاب مورد نظر در یک جایگاه قرار گیرد $p = \frac{1}{210}$ است

ترکیبات:

تعداد ترکیبات r عضو از n عضو عبارت است تعداد انتخاب‌ها بدون توجه به آرایش و ترتیب عضوها بنابراین تعداد ترکیبات کوچکتر یا مساوی تعداد ترتیبات است (در عمل باز نمی‌گردد)

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

و ← ×
یا ← +

مثال: از شش مرد و پنج زن چه تعداد هیأت‌های شش نفره قابل تشکیل است مشروط به آنکه در هر یک از هیأت‌ها حداقل سه زن حضور داشته باشند

مرد $= 6$
زن $= 5$

(۳ زن و ۳ مرد) $\;_5C_3 \times {}_6C_3$
یا +
(۴ زن و ۲ مرد) $\;_5C_4 \times {}_6C_2$
یا +
(۵ زن و ۱ مرد) $\;_5C_5 \times {}_6C_1$

مجموع ۲۸۱ حالت.

مثال: از جعبه‌های محتوی ۲۰ گلوله شامل ۱۰ گلوله سفید و ۱۰ گلوله سیاه تعداد ۴ گلوله بیرون آورده می‌شود احتمالات زیر را به دست آورید.

الف) تمام گلوله‌ها سیاه باشند

ب) همه از یک رنگ باشند

ج) همه گلوله‌ها سیاه باشند مشروط به آنکه گلوله‌ها هر بار به جعبه بازگردانده شوند.

www.sbargh.ir

$$_{20}C_4 = \frac{20!}{4!(20-4)!} = 4845$$

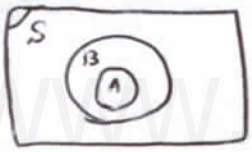
$$_{10}C_4 = \frac{10!}{4!(10-4)!} = 210$$

الف) $p = \frac{210}{4845} = 0.043344$

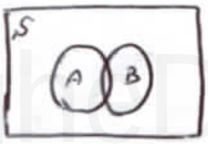
ب) $p = \frac{_{10}C_4 + {}_{10}C_4}{_{20}C_4} = 0.086688$

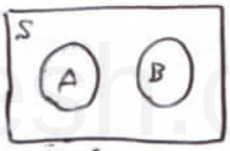
ج) $S = 10$, $f = 10$ $\quad p_{\text{سیاه}} = \frac{1}{2}$ (گلوله مشکی) $\quad p = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{16} = 0.0625$

در ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌ها در پیش‌بینی احتمال کلی آنها به تلفیق احتمال حادثه‌های منفرد نیازمندیم برخی از قواعد احتمالات بدون توسل به نمایش تصویری به سهولت قابل درک نیست لذا از نمودارهای ون در کاربرد تئوری مجموعه‌ها استفاده می‌شود.



$A \subset B$





مستقل

قوانین تلفیق احتمالات:

۱- حادثه مستقل:

دو حادثه وقتی مستقل است که وقوع هر یک تأثیری در احتمال وقوع دیگری نداشته باشد.

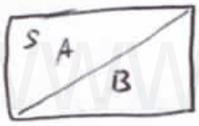
۲- حادثه دو به دو ناسازگار:

دو حادثه دو به دو ناسازگار است وقتی که به طور همزمان نتواند واقع شود. $A \cap B = \emptyset$

۳- حادثه متمم:

دو نتیجه وقوع و عدم وقوع حادثه های متمم هستند زیرا در صورت عدم وقوع یکی دیگری اتفاق می‌افتد.

۴- حادثه شرطی:



$p(A)+p(B)=1$

وقوع حادثه های شرطی به یکدیگر وابسته است.

$$p(A|B)=\frac{\text{تعداد راههایی که مشترکاً اتفاق می‌افتند } (A\cap B)}{\text{تعداد راههایی که } B \text{ اتفاق می‌افتد}}$$

$$p(A|B)=\frac{P(A\cap B)}{P(B)}\ ,\quad p(B|A)=\frac{P(A\cap B)}{p(A)}$$

۵) وقوع همزمان حادثه ها: (و)

وقوع همزمان دو حادثه A و B عبارت است از وقوع هم حادثه A و هم حادثه B

الف) حادثه ها مستقل باشند:

$$p(A|B)=p(A)$$
$$p(B|A)=p(B)$$
$$p(A\cap B)=p(A)\cdot p(B)$$

ب) حادثه ها وابسته باشند:

$$p(A|B)=\frac{P(A\cap B)}{P(B)} \Rightarrow P(A\cap B)=p(A|B)\cdot p(B)=p(B|A)\cdot p(A)$$

۶- وقوع حداقل یکی از دو حادثه: (یا)

وقوع حداقل یکی از دو حادثه A و B عبارت است از وقوع A و یا وقوع B یا وقوع هر دو است

$$p(A\cup B)=p(A \text{ OR } B \text{ OR } A \text{ and } B)$$

$$p(A\cup B)=1-p(\text{هر دو اتفاق نیفتند})=1-p(\bar{A}\cap\bar{B})$$

$$P(A-B)=p(A)-p(A\cap B)$$

الف) حادثه‌ها مستقل غیرناسازگار باشند

$$P(A\cup B)=1-P(\bar{A})\cdot P(\bar{B})=P(A)+P(B)-P(A)\cdot P(B)$$

ب) حادثه‌ها مستقل ناسازگار باشند

$$P(A\cup B)=P(A)+P(B)$$

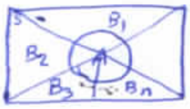
ج) حادثه‌ها غیرمستقل باشند (شرطی)

$$P(A\cup B)=P(A)+P(B)-P(B|A)\cdot P(A)$$
$$=P(A)+P(B)-P(A|B)\cdot P(B)$$

هفته بعد تا تمرین 13 حل شده از 23 تمرین

کاربرد احتمال شرطی: (غیرمستقل)

$$P(A\cap B)=P(A|B)\cdot P(B)$$



$$P(B_1)+P(B_2)+\dots\longrightarrow P(B_n)=1$$

$$P(A\cap B_1)=P(A|B_1)\cdot P(B_1)$$
$$P(A\cap B_2)=P(A|B_2)\cdot P(B_2)$$
$$\vdots$$
$$P(A\cap B_n)=P(A|B_n)\cdot P(B_n)$$

$$\sum_{i=1}^{n}P(A\cap B_i)=\sum_{i=1}^{n}P(A|B_i)\cdot P(B_i)$$

مهم $$P(A)=\sum_{i=1}^{n}P(A|B_i)\cdot P(B_i)$$

مثال: محصول معینی توسط دو کارخانه تولید می‌شود کارخانه شماره ۱ تأمین کننده ۷۰ درصد نیاز و کارخانه شماره ۲ بقیه نیاز معین ۳۰ درصد آن را تأمین می‌کند درصورتی که در تطبیق با استانداردهای پذیرش ۹۰ درصد از محصول کارخانه یک و ۸۰ درصد از محصول کارخانه شماره ۲ قابل قبول باشد مطلوب است ارزیابی

الف) درصد قابل قبول کل

ب) احتمال اینکه محصول قابل قبول از کارخانه شماره ۲ تأمین شده باشد.

A: محصول قابل قبول

B_1: تولید کارخانه شماره ۱

B_2: تولید کارخانه شماره ۲

$P(B_1)=0.7$

$P(B_2)=0.3$

$P(A|B_1)=0.9$

$P(A|B_2)=0.8$

$$P(A)=P(A|B_1)\cdot P(B_1)+P(A|B_2)\cdot P(B_2)$$

الف) $P(A)=0.7\times0.9+0.8\times0.3=0.63+0.24=0.87$

ب) $0.8\times0.3=0.24$

$$P(B_2|A)=\frac{P(B_2\cap A)}{P(A)}=\frac{0.8\times0.3}{0.87}=0.276$$

هرگاه وقوع حادثه A بستگی به دو حادثه دو به دو ناسازگار و مکمل برای محصول B مطرح باشد (مانند سالم در مقابل معیوب)
که به صورت B_s و B_f نمایش داده شوند خواهیم داشت که

$$P(\text{شکست سیستم}) = P(\text{شکست سیستم در صورت خوب بودن } B) \cdot P(B_s) + P(\text{شکست سیستم در صورت بد بودن } B) \cdot P(B_f)$$

$$P(\text{موفقیت سیستم}) = P(\text{موفقیت سیستم در صورت خوب بودن } B) \cdot P(B_s) + P(\text{احتمال موفقیت سیستم در صورت بد بودن } B) \cdot P(B_f)$$

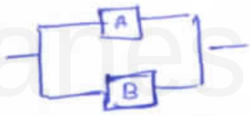
مثال: سیستمی متشکل از دو عضو A و B است و فقط درصورتی که هر دو عضو از کار بیفتد سیستم از کار می‌افتد احتمال از کار افتادن سیستم چقدر است.

$$P(\text{از کار افتادن سیستم}) = P(\text{از کار افتادن سیستم} \mid B \text{ سالم باشد}) \cdot \underbrace{P(B_s)}_{\text{احتمال سالم بودن}} + P(\text{از کار افتادن سیستم} \mid B \text{ از کار بیافتد}) \cdot P(B \text{ از کار افتادن})$$

$$= 0 \times (1 - q_{(B)}) + q_{(A)} \cdot q_{(B)} = q_{(A)} \cdot q_{(B)}$$

در سیستم موازی کاربرد دارد.

q_B: احتمال از کار افتادن B
q_A: احتمال از کار افتادن قطعه A



مثال: برای دو سیستم سری احتمال از کار افتادن سیستم را بررسی نمایید

$$P(\text{خراب}) = q_A(1-q_B) + 1 \cdot q_B = q_A - q_A q_B + q_B = q_A + q_B - q_A q_B$$

امید ریاضی یا مقدار انتظار: $E(x)$

در تعیین مقدار انتظاری مقدار $E(x)$ برای n نتیجه x_i با احتمال وقوع P_i برای هر یک از نتایج خواهیم داشت

$$E(x) = \sum_{i=1}^{n} x_i P_i$$

مثال: احتمال اینکه مرد سی ساله‌ای برای طول مدت مشخص زنده بماند 0.995 است. درصورتی که یک شرکت بیمه عمری معادل 2000 ریال در ازای پرداخت 20 ریال بپردازد منافع انتظاری این شرکت چقدر است؟

اگر مرد زنده بماند +20 ریال
اگر مرد بمیرد -1980 ریال

$$E(x) = 0.995 \times 20 + (0.005 \times (-1980)) = 10 \text{ ریال}$$

انحراف استاندارد و واریانس:

$$V(x)=E(x-E(x))^2$$

$$V(x)=\sum_{i=1}^{n}(x_i-E(x))^2p_i$$

$$V(x)=\sum_{i=1}^{n}(x_i^2p_i)-E^2(x)$$

انحراف معیار $=\sqrt{V(x)}$

توزیع دو جمله ای و موارد کاربرد آن:

$$(p+q)^n=p^n+np^{n-1}q+\frac{n(n-1)}{2}p^{n-2}q^2+\dots+\frac{n(n-1)\dots(n-r+1)}{r!}p^{n-r}q^r+\dots+q^n$$

n: تعداد آزمایشات

p: احتمال موفقیت

q: احتمال شکست ، $p+q=1$

آزمایشات مستقل از هم هستند.

مثال: سکه را دو بار پرتاب می کنیم.

$$(p+q)^2=p^2+2pq+q^2$$

هرگاه به جمله $(r+1)$ توجه شود ضریب یعنی تعداد راه های میسر برای آن حالت همان تعداد ترکیبات از حالاتی است که منجر به r شکست به همراه $(n-r)$ موفقیت در n مرتبه آزمایش است.

احتمال r بار موفقیت در n آزمایش $=P\binom{n}{r}=\frac{n!}{r!(n-r)!}p^rq^{n-r}={}_nC_r\,p^rq^{n-r}$

تعداد حالات وقوع پیشامد: ${}_nC_r$

احتمال وقوع پیشامد: ${}_nC_r\,p^rq^{n-1}$

$$(p+q)^n=\sum_{r=0}^{n}\frac{n!}{r!(n-r)!}p^rq^{n-1}=1$$ ← در احتمالات

مثال: در ۵ مرتبه تکرار آزمایش چرخش سکه مطلوبست تعیین احتمال هر یک از نتایج ممکن:

$p=q=\frac{1}{2}$

تعداد دفعات شیر	خط	احتمال هر یک از نتایج: عبارت	مقدار	احتمال تجمعی
0	5	${}_5C_0p^0q^5=q^5$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{32}$
1	4	${}_5C_1pq^4={}_5C_1(\frac{1}{2})^1(\frac{1}{2})^4$	$\frac{5}{32}$	$\frac{6}{32}$
2	3	${}_5C_2(\frac{1}{2})^2(\frac{1}{2})^2$	$\frac{10}{32}$	$\frac{16}{32}$
3	2	${}_5C_3(\frac{1}{2})^3(\frac{1}{2})^2$	$\frac{10}{32}$	$\frac{26}{32}$
4	1	${}_5C_4(\frac{1}{2})^4(\frac{1}{2})^1$	$\frac{5}{32}$	$\frac{31}{32}$
5	0	${}_5C_5(\frac{1}{2})^5(\frac{1}{2})^0$	$\frac{1}{32}$	1

مثال) در حالتی که موفقیت در هر مرتبه آزمایش برابر $\frac{1}{4}$ باشد و این دفعه آزمایش ۴ مرتبه تکرار شود مطلوبست تعیین احتمال هر یک از حالات

$n=4$
$p=\frac{1}{4}$
$q=\frac{3}{4}$

تعداد دفعات موفقیت	شکست	احتمال هر یک از نتایج	احتمال تجمعی
0	4	$(\frac{3}{4})^4=\frac{81}{256}$	$\frac{81}{256}$
1	3	$4\times\frac{1}{4}\times(\frac{3}{4})^3=\frac{108}{256}$	$\frac{189}{256}$
2	2	$6\times(\frac{1}{4})^2\times(\frac{3}{4})^2=\frac{56}{256}$	$\frac{243}{256}$
3	1	$4(\frac{1}{4})^3(\frac{3}{4})^1=\frac{12}{256}$	$\frac{255}{256}$
4	0	$(\frac{1}{4})^4=\frac{1}{256}$	1

$$(p+q)^4=\underbrace{p^4}_{\text{چهار مرتبه موفقیت}}+\underbrace{4p^3q}_{\text{سه مرتبه موفقیت یک شکست}}+6p^2q^2+4pq^3+\underbrace{q^4}_{\text{۴ مرتبه شکست}}$$

پارامترهای مهم:

$E(x)=np$ امید ریاضی

$V(x)=npq$ واریانس

$\sigma=\sqrt{npq}$ انحراف معیار

مثال) مطلوبست تعیین مقدار انتظاری و انحراف استاندارد تعداد محصولات معیوب در یک نمونه برداری چهارتایی مشروط به آنکه احتمال سلامت محصول برابر $\frac{9}{10}$ باشد

$n=4$
$p=\frac{1}{10}$
$q=0.9$

$E(x)=4\times\frac{1}{10}=\frac{4}{10}$ قطعات معیوب

$\sigma(x)=\sqrt{4\times0.1\times0.9}=0.6$

تعداد معیوب	احتمال هر عدد p_i	xp_i	x^2p_i
0	$(0.9)^4=0.6561$	0	0
1	$4\times(0.9)^3\times0.1=0.2916$	0.2916	0.2916
2	$6\times(0.9)^2(0.1)^2=0.0486$	0.972	0.1944
3	$4\times(0.9)(0.1)^3$	0.0108	0.324
4	$(0.1)^4$	0.0004	
		جمع 0.4	0.52 = 0.12

جمع 0.4 ← امید ریاضی $E(x)=\sum_{i=1} x p_i=0.4$

$$\sigma=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}x^2p_i-\left(\sum_{i=1}^{n}xp_i\right)^2}=0.6=\sqrt{0.52-(0.4)^2}=0.6$$

مثال) مشروط بر آنکه یک درصد از محصولات تولیدی معیوب باشد و مصرف کننده ای تعداد ۵۰ عدد از این محصول را خریداری نماید احتمال آنکه تعداد محصولات معیوب در این خرید محدود به ۲ عدد باشد چقدر است.

$n=50$
$p(\text{معیوب})=0.01$
$p(\text{سالم})=0.99$
$r=0,1,2$

$$p(\text{دو محصول معیوب یا کمتر})={}_{50}C_2\times p^2q^{48}+{}_{50}C_1p^1q^{49}+{}_{50}C_0p^0q^{50}$$

$=0.9862$

shahzad

مثال: (قبل) هرگاه سیاست مدیریتی مبنی بر تعویض محصول معیوب خریداری شده بدون هیچ هزینه اضافی برای خریدار باشد در صورتی که هزینه تمام شده برای هر واحد ۱۰ ریال و قیمت فروش معادل ۱۵ ریال باشد سود انتظاری چقدر است؛

$n=1$ برای هر محصول

$p=0.01$

$E(\text{محصول معیوب})=0.01$

بنابرین برای هر محصول به میزان $1+0.01$ در هر فروش باید منظور شود

$\text{هزینه ساخت}=10\times1.01=10.10$ ریال

$\text{فروش}=15$ ریال

$\text{سود انتظاری}=15-10.10=4.90$ ریال

اگر هیچ قطعه‌ای معیوب نباشد $\text{سود}=15-10=5$ ریال

هیچ موقع نمی‌توان قابلیت اطمینان را صد در صد در نظر گرفت

در صورت حصول بهبودی در محصول که هزینه تمام شده محصول را به 10.05 ریال افزایش دهد به نحوی که موجب کاهش محصولات معیوب به حد 0.1 درصد شود سود انتظاری واحد چقدر است؟

$\text{هزینه ساخت}=10.05+(0.1\times10.05)=10.06$ ریال $\Rightarrow \text{سود}=15-10.06=4.94$ ریال

$\text{هزینه فروش}=15$ ریال

که منجر به افزایش چهار درصد سود با همان سیاست تعویض و قیمت فروش ۱۵ ریال می‌شود.

تأثیر کاربرد عضو مازاد:

در سیستم‌های مهندسی نیاز به آنالیز حساسیت و یافتن راه حل‌های مختلف و مقایسه آنها باهم می‌باشد یکی از راه‌های افزایش قابلیت اطمینان به کار بردن عضوهای مازاد در سیستم است برای آنالیز چنین سیستمی می‌توان از توزیع دو جمله‌ای استفاده کرد.

مثال: در سیستمی که متشکل از چهار عضو است فرض می‌شود که از حیث قابلیت اطمینان احتمال موفقیت هر یک از عضوها برابر 0.9 باشد مطلوب است تعیین احتمال عملکرد موفقیت آمیز سیستم مشروط بر آنکه برای عملکرد سیستم سه عضو نیاز باشد.

$$(S+F)^4=S^4+4S^3F+6S^2F^2+4SF^3+F^4$$

حالت سیستم	احتمال هر مورد	
تمام اجزا در حالت کار	$(0.9)^4$	0.6561
یکی از اجزا خراب است	$4\times(0.9)^3\times(0.1)$	0.2961
دو جزء خراب است	$6\times(0.9)^2\times(0.1)^2$	0.486
سه جزء خراب است	$4\times(0.9)\times(0.1)^3$	0.0036
چهار جزء خراب است	$(0.1)^4$	0.0001

$\Rightarrow$

$\text{موفقیت سیستم } P=0.6561+0.2961=0.9477$

$\text{شکست سیستم } Q=0.486+0.0036+0.0001=0.0523$

برای کاربردهای عملی توصیه می‌شود با مطالعه حساسیت تأثیر کار بر عضوهای مازاد در سیستم و اثرات آن بر جنبه‌های اقتصادی مورد ارزیابی قرار گیرد.

تعداد عضوهای در دسترس.

تعداد عضوهای لازم	6 P	6 Q	5 P	5 Q	4 P	4 Q	3 P	3 Q	2 P	2 Q	1 P	1 Q
6												
5												
4												
3					0.9477							
2												
1												

از روی کتاب نوشته شود صفحه 67

تأثیر شرایط نیم بار:

در شرایط عمل ممکن است نتوان یکی از دو حالت شکست یا موفقیت را برای مرزبندی مشخص کرد به طوری که ممکن است شرایط نیمه ظرفیت ناشی از وقوع شکست در بخشی از سیستم را نتوان به عنوان شکست سیستم تلقی کرد در واقع در این حالت صرفاً کمی خروجی سیستم مطرح است.

مثال: برای یک نیروگاه کوچک مولد برق برای تأمین 10MW چهار طرح به شرح ذیل مطرح است

www.sbargh.ir

الف) یک واحد با ظرفیت 10MW

ب) دو واحد هر یک با ظرفیت 10MW

ج) سه واحد هر یک با ظرفیت 5 MW

د) چهار واحد هر یک با ظرفیت $3\frac{1}{3}$ MW

ب) $(p+q)^2 = p^2 + 2pq + q^2$

ج) $(p+q)^3 = p^3 + 3p^2q + 3pq^2 + q^3$

طرح اول بدون واحد مازاد و در سایر طرح‌ها یک واحد اضافی مازاد بر 10MW پیش بینی شده است با فرض از کار افتادن هر یک از واحدها معادل 0.02 یعنی با دسترس پذیری 0.98 خواهیم داشت که:

طرح	واحدهای از کار افتاده	ظرفیت از کار افتاده	ظرفیت در دسترس	کمبود ظرفیت	احتمال هر مورد	امید ریاضی کاستی	
الف	0	0	10	0	0.98	0	مجموع + 0.2
	1	10	0	10	0.02	10×0.02 = 0.2	
ب	0	0	20	0	$(0.98)^2$	0	
	1	10	10	0	$2\times(0.98)\times0.2 = 0.0392$	0	این مقدار تأمین شود
	2	20	0	10	$(0.02)^2$	10×0.0004 = 0.004	MW ← مجموع
ج	0	0	15	0	$(0.98)^3 = 0.941192$	0	
	1	5	10	0	$3\times(0.98)^2\times0.02 = 0.57627$	0	مجموع = 0.00596 MW
	2	10	5	5	$3\times(0.98)(0.02)^2 = 0.01176$	5×0.001176 = 0.00588	
	3	15	0	10	$(0.02)^3 = 0.000008$	10×0.000008 = 0.00008	

طرح	واحد از کار افتاده	ظرفیت: از کار افتاده	ظرفیت: در دسترس	کاستی ظرفیت	احتمال هر مورد	امید ریاضی کاستی
د	0	0	$13\frac{1}{3}$	0	0.92236816	0
	1	$3\frac{1}{3}$	10	0	0.07529536	0
	2	$6\frac{2}{3}$	$6\frac{2}{3}$	$3\frac{1}{3}$	0.00230496	0.76832
	3	10	$3\frac{1}{3}$	$6\frac{2}{3}$	0.00003136	0.000209.7
	4	$13\frac{1}{3}$	0	10	0.00000016	0.0000016

جمع = 0.0078938

د) $(p+q)^4 = p^4 + 4p^3q + 6p^2q^2 + 4pq^3 + q^4$

به طور کلی هزینه های واحدهای مولد برق، شامل هزینه های سالیانه جاری به اضافه هزینه های عملیات و نگهداری می شود به فرض اینکه جمع هزینه های سرمایه گذاری متناسب با ظرفیت سیستم باشد و برای هر 10MW معادل واحد در نظر بگیریم.

« مهم »

طرح	جمع کل کاستی	هزینه سرمایه برمبنای 10MW	احتمال عملکرد بحرانی	مدت زمان انتظاری کاستی
1×10^{MW}	0.2	1	0.02	175.2 ساعت
2×10^{MW}	0.004	2	0.0004	35.04
$^*3\times5^{MW}$	0.00596	1.5	0.001184	20.37819 ← مناسبترین سیستم از لحاظ قابلیت
$4\times3\frac{1}{3}$	0.007873	1.33	0.00233648	20.46756

تعداد ساعات سال $\sum$ (مجموع کاستی ها در هر طرح) $p \times 8760\ hr/سال$ احتمال

نکته: دسترس ناپذیری سیستم تأثیر بسیار مهمی در ارزیابی قابلیت اطمینان دارد اگر مثال فوق را مجدداً در نظر بگیریم برای تعیین قابلیت اطمینان بر اساس دسترس ناپذیری 0.02 و 0.04 و 0.06 نتایج را می توان به فرم زیر جمع بندی کرد.

طرح / دسترس ناپذیری	1×10^{MW}	2×10^{MW} (کاستی انتظاری)	3×5^{MW}	$4\times3\frac{1}{3}MW$
FOR= 2%	0.2	0.004	0.00596	0.0078938
4%	0.4	0.016	0.02368	0.0311240
6%	0.6	0.093	0.05292	0.069094

به روزترین ساعت مرجع کاستی شود ←

ظرفیت های غیر متناظر:

هرگاه ظرفیت های متفاوت واحدها تأثیر متفاوتی بر عملکرد سیستم داشته باشند اگرچه توزیع دوجمله ای به طور مستقیم کاربرد پذیر نیست ولی اصول حاکم بر مفهوم ترکیبات در تنظیم جدول احتمال مربوط به تأثیر ظرفیت واحدها همچنان حاکم است. برای این کار ابتدا همه ظرفیت های متناظر را در الحاق به هم بررسی نموده و سپس نتایج آنها را برای ارزیابی حالت های مختلف استفاده می کنیم

مثال: در یک ایستگاه تولیدی تعداد ۲ ژنراتور هریک به ظرفیت 20 و یک ژنراتور به ظرفیت 30 به کار رفته است. دسترس ناپذیری واحدهای 20 تائی برابر $\frac{1}{10}$ و واحد 30 تائی 0.15 است.

$2\times 20 \rightarrow P(\text{شکست})=0.1 \quad P(\text{موفقیت})=0.9$

$1\times 30 \rightarrow P(\text{شکست})=0.15 \quad P(\text{موفقیت})=0.85$

واحد 2×20

	ظرفیت از کار افتاده	
هر دو سالم	0	$(0.9)^2=0.81$
یکی سالم یکی خراب	20	$2\times(0.9)(0.1)=0.18$
هر دو خراب	40	$(0.1)^2=0.01$

$(p+q)^2$

1×30

ظرفیت از کار افتاده	
0	0.85
30	0.15

ظرفیت‌ها را ترکیب می‌کنیم

ظرفیت ترکیبی از کار افتاده		احتمال وقوع
	0	$0.81\times 0.85=0.6885$
$0+20\rightarrow$	20	$0.18\times 0.85=0.1530$
$0+30\rightarrow$	30	$0.81\times 0.15=0.1215$
$0+40\rightarrow$	40	$0.01\times 0.85=0.0085$
$20+30\rightarrow$	50	$0.18\times 0.15=0.027$
$30+40\rightarrow$	70	$0.01\times 0.15=0.0015$

www.sbargh.ir

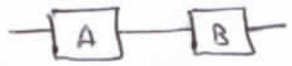
اگر دو ظرفیت یکسان، احتمال‌های متفاوت به دست آید هر دو را با هم جمع می‌کنیم

تمرینات فصل سوم (۹ تمرین)

مدل سازی شبکه و ارزیابی سیستم های ساده:

الف) سیستم ها با شبکه متوالی:

از دیدگاه قابلیت اطمینان برای عملکرد یک سیستم با شبکه متوالی باید همه عضوهای آن در کار باشد بنابرین از کار افتادن هریک از عضوها موجب از کار افتادن سیستم می شود



احتمال عملکرد صحیح: R_A R_B

احتمال از کار افتادن: Q_A Q_B

$$R_A+Q_A=1$$

$$R_B+Q_B=1$$

$$R_S=R_A\cdot R_B$$

$$Q_S=1-R_AR_B=1-(1-Q_A)(1-Q_B)=Q_A+Q_B-Q_{AB}$$

برای n عنصر متوالی داریم.

* مهم $R_S=\prod_{i=1}^{n} R_i$, $Q_S=1-\prod_{i=1}^{n} R_i$

نکته: به طور کلی قابلیت اطمینان سیستم با شرایط توالی کمتر از قابلیت اطمینان هریک از عضوهای آن می باشد و با افزایش تعداد عضوها کمتر می شود - در مواقعی که سیستم بزرگ است از روش تقریب می توان استفاده نمود

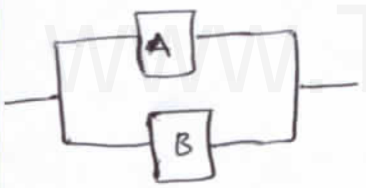
$R_A=R_B=0.99$

$Q_S=1-(0.99)^2=0.0199$

$Q_S=0.01+0.01-\underbrace{\cancel{(0.01)(0.01)}}_{}=0.02$ صرف نظر — 0.05% خطا

ب) سیستم با شبکه موازی:

از دیدگاه قابلیت اطمینان هرگاه فقط یکی از عضوهای سیستم سالم باشد سیستم همچنان دارای عملکرد انتظاری خواهد بود و فقط زمانی که کلیه عضوها از کار بیفتند سیستم غیرفعال می شود.



$$Q_S=Q_A\cdot Q_B$$

$$R_S=1-Q_AQ_B$$

برای n عنصر موازی

$$Q_S=\prod_{i=1}^{n} Q_i$$

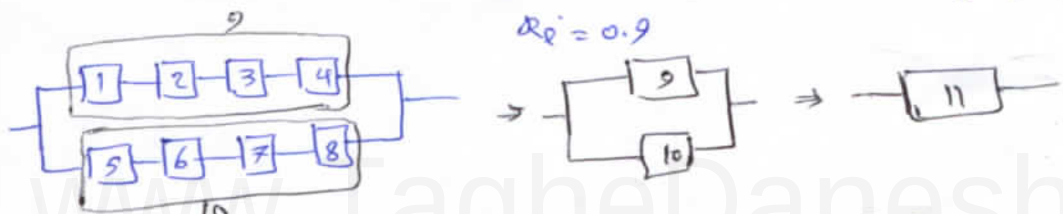
$$R_S=1-\prod_{i=1}^{n} Q_i$$

ج) سیستم با شبکه موازی - متوالی:

روش کلی تحلیل سیستم های ترکیبی کاستن تعداد عضوهای سیستم با جایگزین کردن زیر سیستم های متوالی و یا موازی با واحدهای منفرد معادل است این روش به نام معادل سازی شناخته می شود.

مثال:

$R_i=0.9$



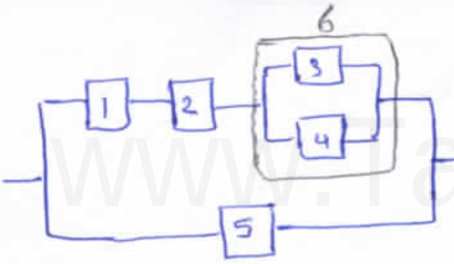
$$Q_{11}=Q_9Q_{10}\Rightarrow R_{11}=1-Q_9Q_{10}=1-(1-R_9)(1-R_{10})$$

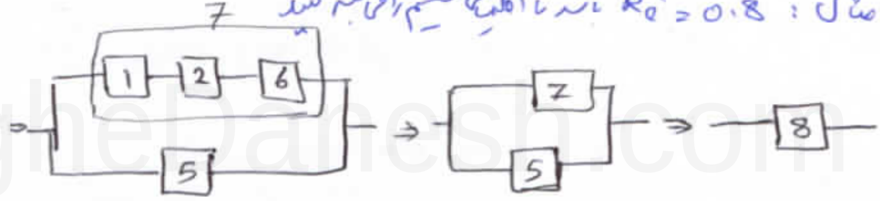
$R_9=R_1\cdot R_2\cdot R_3\cdot R_4$

$R_{10}=R_5\cdot R_6\cdot R_7\cdot R_8$

$$\Rightarrow R_{11}=R_1R_2R_3R_4+R_5R_6R_7R_8-R_1R_2R_3R_4R_5R_6R_7R_8=0.8817$$

مثال : $R_i = 0.8$ باشد نا اطمینانی سیستم را محاسبه کنید





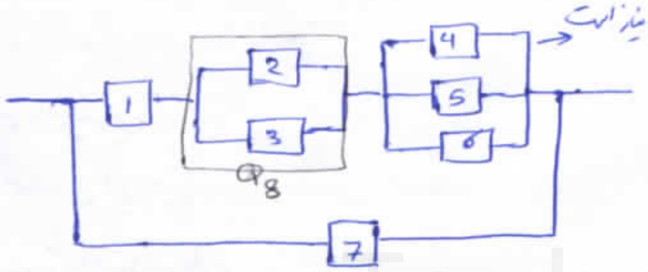
$R_i = 0.8$
$Q_i = 0.2$

$$Q_6 = Q_3 Q_4 = 0.2 \times 0.2 = 0.04$$

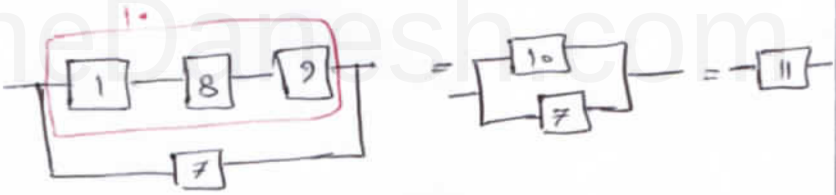
$$Q_7 = 1-(1-Q_1)(1-Q_2)(1-Q_6) = 1-(0.8)\cdot(0.8)\overbrace{(1-0.04)}^{0.96} =$$

$$Q_8 = Q_7 \cdot Q_5 = Q_7 \cdot 0.2 = 0.07712$$

مثال: عضوهای مازاد موازی



عملکرد ۲ جزء از ۳ جزء مجاز است



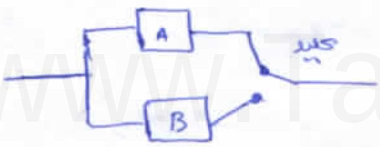
$$Q_8 = Q_2 \cdot Q_3$$

$$(R+Q)^3 = \underbrace{R^3 + 3R^2Q}_{R_9} + \underbrace{3RQ^2 + Q^3}_{Q_9}$$

$$Q_{10} = 1-(1-Q_1)(1-Q_8)(1-Q_9)$$

$$Q_{11} = Q_{10} Q_7$$

سیستم مازاد آماده کار :



سیستم A در حال کار است برای عملکرد سیستم عملکرد کلید را بررسی می‌کنیم

۱- وضعیت کلید بی نقص باشد.

$$Q_{sys} = Q_A \cdot Q(B|\underset{\text{خواب باشد}}{\bar{A}}) \xRightarrow{\text{مستقل } B \text{ و } A} Q_{sys} = Q_A \cdot Q_B$$

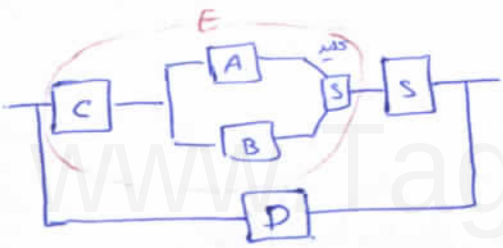
2- وضعیت کلیدزنی با احتمال وقوع نقص:

$P($ از کار افتادن سیستم $) = P($ از کار افتادن سیستم | وضعیت دهی موفق $) \cdot P_S + P($ از کار افتادن سیستم | وضعیت دهی ناموفق $) \cdot \bar{P}_S$

احتمال عملکرد کلید (P_S) — احتمال عملکرد نامناسب ($\bar{P}_S$)

$$\boxed{Q_{sys} = Q_A \cdot Q_B \cdot P_S + Q_A \cdot \bar{P}_S} \quad , \quad \boxed{R_{sys} = 1 - Q_{sys}} \qquad \bar{P}_S = 1 - P_S$$

مثال: با درنظرگرفتن قابلیت اطمینان کلید و وضعیت دهی آن



$R_A = 0.9$ $\quad R_S = 0.98$

$R_B = 0.96$ $\quad P_S = 0.92$

$R_C = 0.8$ $\quad \bar{P}_S = 0.08$

$R_D = 0.99$

$Q_E = Q_A\cdot Q_B\cdot P_S + Q_A(1-P_S) = Q_A P_S(Q_B-1)+Q_A = Q_A - Q_A P_S(1-Q_B)$

$Q_F = 1-(1-Q_E)(1-Q_S) = 0.031$

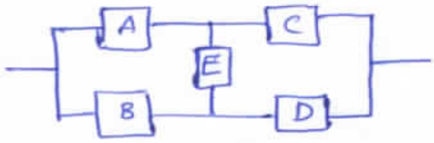
$Q_G = Q_F\cdot Q_D = 0.0062$

$Q_H = 1-(1-Q_C)(1-Q_G)$

$R_H = R_C\cdot R_G = 1-Q_H = 0.98386$

مدل سازی شبکه و ارزیابی سیستم‌های پیچیده

بسیاری از سیستم‌ها ساختار سری و موازی نداشته و دارای منطق عملکردی پیچیده‌ای هستند و لذا برای مدل سازی و ارزیابی قابلیت اطمینان شیوه‌های دیگری مورد نیاز است.



سیستم با شبکه پل:

برای تحلیل این سیستم‌ها روش‌های متفاوتی وجود دارد که عبارتند از

1- روش احتمال شرطی
2- تحلیل مجموعه انقطاع و اتصال
3- استفاده از نمودارهای درخت
4- استفاده از نمودارهای منطقی
5- شیوه آرایه اتصال.

1- روش احتمال شرطی:

یکی از روش‌های پردازش شبکه‌ی پیچیده تجزیه و ساده سازی ساختار اولیه آن به شبکه‌های متوالی و موازی و سپس ترکیب این شبکه‌ها با استفاده از روش احتمالات شرطی است.

G=Good
B=Bad

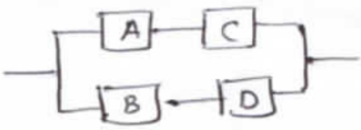
$$p(sys\ s/F) = p(sys\ s/F \mid X_G)\,p(X_G) + p(sys\ s/F \mid X_B)\cdot p(X_B)$$

احتمال سالم یا ناسالم بودن عنصر E را بررسی می‌کنیم

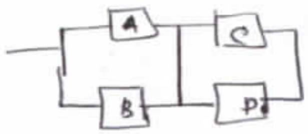
a- E ناسالم باشد مدار باز است

b- E سالم باشد

(a,



(b.



$R_S = R_S(\text{if } E_G)\,R_E + R_S(\text{if } E_B)\cdot Q_E$

$R_S(\text{if } E_G) = (1-Q_A Q_B)(1-Q_C Q_D)$

$R_S(\text{if } E_B) = 1-(1-R_A R_C)(1-R_B R_D)$

$$R_{sys} = \left[(1-Q_A Q_B)(1-Q_C Q_D)\right]R_E + \left[1-(1-R_A R_C)(1-R_B R_D)\right]Q_E$$

اگر R ها برابر با مقدار R باشد

$R_{sys} = 2R^2+2R^3-5R^4+2R^5$

2- روش انقطاع : (کات - ست)

این روش یکی از موثرترین روش‌ها در ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم می‌باشد زیرا

1- این روش در برنامه نویسی رایانه‌ای جهت تحلیل موثر و سریع هرگونه شبکه کاربرد پذیر است.

2- از طریق این روش می‌توان راه‌های مختلف از کار افتادن سیستم را شناسایی کرد

تعریف: مجموعه انقطاع: عبارت است از مجموعه‌ای از عضوهای سیستم است که شکست آنها موجب شکست سیستم می‌شود.

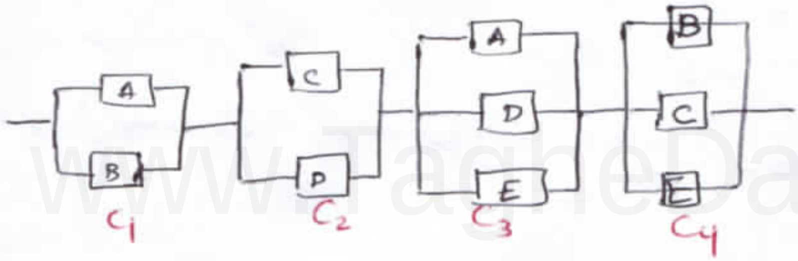
در مثال قبل

کات ست تک تایی نداریم.

کوچکترین کات ست را در نظر می‌گیریم.

عناصر کات ست را به صورت موازی در نظر می‌گیریم و خود کات ست‌ها به صورت سری مدل سازی می‌شود

شماره	اجزاء	
1	AB	کات ست ۲ تایی
2	CD	
3	ADE	کات ست ۳ تایی
4	BCE	



$$Q_s = P(C_1 \cup C_2 \cup C_3 \cup C_4) = P(C_1) + P(C_2) + P(C_3) + P(C_4) - P(C_1 \cap C_2) - P(C_1 \cap C_3) - P(C_1 \cap C_4)$$

$$- P(C_2 \cap C_3) - P(C_2 \cap C_4) - P(C_3 \cap C_4) + P(C_1 \cap C_2 \cap C_3) + P(C_1 \cap C_2 \cap C_4) + P(C_2 \cap C_3 \cap C_4)$$

$$+ P(C_1 \cap C_3 \cap C_4) - P(C_1 \cap C_2 \cap C_3 \cap C_4)$$

$P(C_1) = Q_A Q_B$

$P(C_2) = Q_C Q_D$

$P(C_3) = Q_A Q_D Q_E$

$P(C_4) = Q_B Q_C Q_E$

$P(C_1 \cap C_2) = Q_A Q_B Q_C Q_D$

$P(C_1 \cap C_3) = Q_A Q_B Q_D Q_E$

$P(C_1 \cap C_4) = Q_A Q_B Q_C \cdot Q_E = P(C_1) \cdot P(C_4 | C_1)$

$P(C_2 \cap C_3) = Q_A Q_C Q_D Q_E$

$P(C_2 \cap C_4) = Q_B Q_C Q_D Q_E$

$P(C_3 \cap C_4) = Q_A Q_B Q_C Q_D Q_E$

$$P(C_1 \cap C_2 \cap C_3) = P(C_1 \cap C_2 \cap C_4) = P(C_1 \cap C_3 \cap C_4) = P(C_1 \cap C_3 \cap C_4) = P(C_1 \cap C_2 \cap C_3 \cap C_4)$$

$$= Q_A Q_B Q_C Q_D Q_E$$

با فرض اینکه Q ها با هم برابر باشد

$$Q_{sys} = 2Q^2 + 2Q^3 - 5Q^4 + 2Q^5$$

اگر $R = 0.99$
$Q = 0.01$

$Q_{sys} = 0.00020195$, $R_{sys} = 0.99976.5$

قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت

روش فوق بسیار پیچیده است در روش دیگر کات ست را به صورت زیر تشکیل می‌دهیم

روش تشکیل مجموعه انقطاع به شکل زیر است:

۱ـ همه مسیرهای غیر تکراری مشخص می‌شود

۲ـ آرایه‌های وقوع برای شناسائی عضوهای هر مسیر تشکیل می‌شود

۳ـ هر گاه همه اجزاء ستونی از آرایه وقوع غیر صفر باشد مجموعه انقطاع رسته اول است

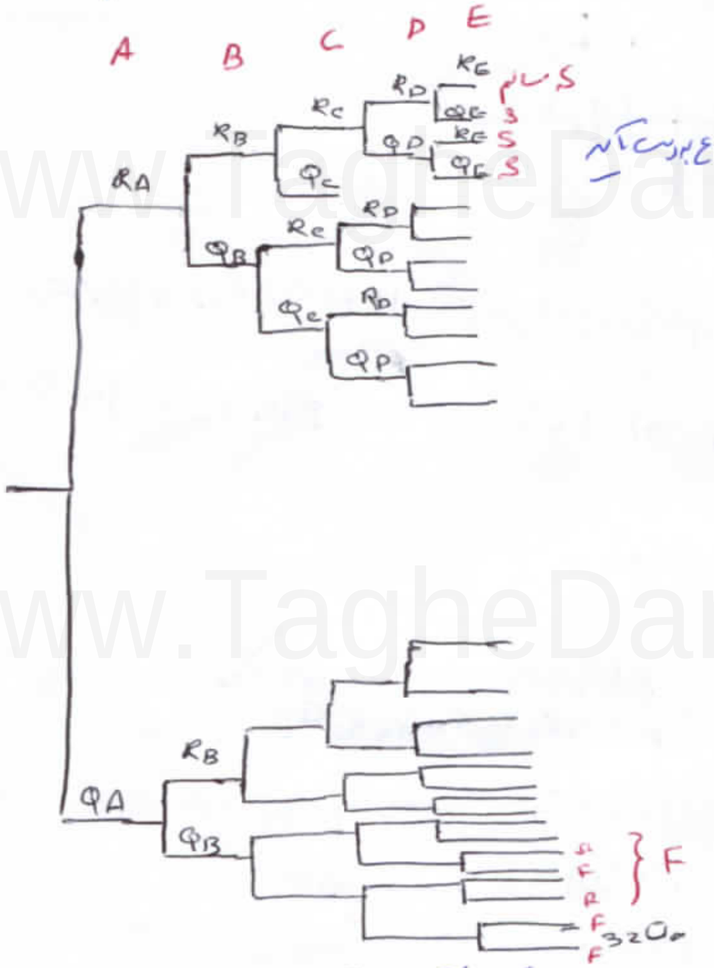
۴ـ ستونهای آرایه دو به دو ملحق می‌شوند در صورتی که همه اجزاء ستونهای ملحق شونده غیر صفر باشند بیانگر عضوهای مجموعه انقطاع رسته دوم خواهد بود

۵ـ برای هر سه ستون آرایه روش فوق تکرار می‌شود به نحوی که موجب حذف مجموعه انقطاع رسته سوم دربردارنده مجموعه‌های رسته اول و دوم می‌شود

۶ـ این روش ادامه می‌یابد تا بالاترین رسته مجموعه انقطاع بدست آید

روش درخت:

$2^5 = 32$ حالت خواهیم داشت



اگر در بررسی درخت فوق مسیر دایره یا قطع شود ادامه مسیر لازم نیست این درخت درخت پیراسته می‌باشد در این حالت نمودار فوق به ۱۳ حالت تبدیل می‌شود.

درخت معایب :

نماد AND : معرف وقوع خروجی در صورت وقوع همه ورودی‌ها است

نماد OR : معرف وقوع خروجی در صورت وقوع یکی از ورودی‌ها است .

نماد EOR : معرف وقوع خروجی در صورت وقوع فقط یک ورودی است
(NOT OR)

نماد NOT : معرف وقوع خروجی در صورت همزمانی عدم وقوع ورودی‌ها است

نماد mouto fn :

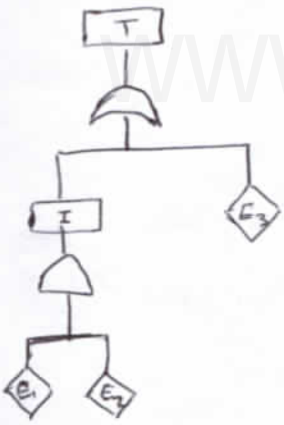
حادثه مبنا :

حادثه ناتمام :

حادثه میانی :

جهت بررسی کمی احتمال حادثه نهائی در درخت معایب به دو طریق انجام می‌شود در طریق اول از جبر بولی و ساختار منطقی درخت معایب برای ترکیب و الحاق حادثه‌های مبنا استفاده می‌شود و در طریق دوم از قواعد احتمال و ساختار منطقی درخت معایب برای ترکیب و الحاق حادثه‌های مبنا استفاده می‌شود.

مثال : برای سیستم رو به رو داریم :



$T = I + E_3$

$I = E_1 E_2$

$T = E_1 E_2 + E_3$

$p(T) = p(E_1 E_2 + E_3)$

$p(T) = p(E_1) \cdot p(E_2) + p(E_3) - p(E_1) p(E_2) p(E_3)$

مثال:

$p(E_1) = 0.15$

$P(E_2) = 0.01$

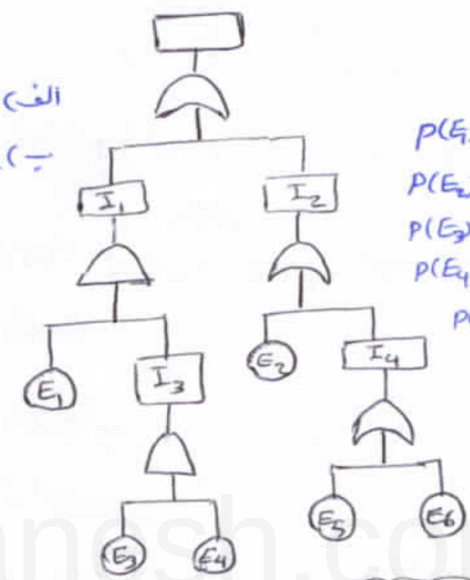
$P(E_3) = 0.05$

$P(E_4) = 0.5$

$P(E_6) = 0.06$

الف) همه حادثه‌ها مستقل باشند

ب) وقتی حادثه E_3 همان حادثه E_6 باشد.



$I_3 = E_3 E_4$

$I_1 = I_3 E_1 = E_1 E_3 E_4$

$I_4 = E_5 + E_6$

$I_2 = I_4 + E_2 = E_2 + E_5 + E_6$

$T = I_1 + I_2 = E_1 E_3 E_4 + E_2 + E_5 + E_6$

$p(T) = p(E_1 E_3 E_4 + E_2 + E_5 + E_6) = p(E_1) p(E_3) p(E_4) + p(E_2) + p(E_5) + p(E_6)$ $\boxed{P_T = 0.119245}$

ب) $T = E_1 E_3 E_6 + E_2 E_5 + E_3$

$p(T) = 0.11593$

$T = E_3(E_1 \cancel{E_4} + 1) + E_2 E_5 = E_3 + E_2 + E_5$

وضعیت چندگانه شکست ؛

عناصری که قبلاً بررسی شد دو وضعیت داشت حالا می‌خواهیم در مورد سیستم‌هایی که دارای چند وضعیت هستند بررسی کنیم

عضوهایی در سیستم ممکن است به وجود داشته باشند که عملکردی بر اساس دستور دریافتی دارند و شکست آنها در دو وضعیت قبل و پس از دریافت دستور رخ می‌دهد بسیاری از اجزاء و ادوات الکترونیکی مانند دیودها، نیمه‌هادی‌ها و ترانسفورماتورها از این نوع هستند به منظور ارزیابی صحیح و قابلیت اطمینان چنین سیستم‌هایی که دارای چنین عضوهایی هستند همه وضعیت‌های شکست باید در نظر گرفته شود.

$P_n =$ احتمال عملکرد عادی سیستم

$P_o =$ احتمال شکست به صورت قطع جریان

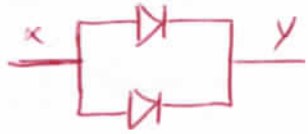
$P_s =$ احتمال شکست به صورت اتصال کوتاه

$$(P_n + P_o + P_s)^2 = \underset{G}{P_n^2} + \underset{B}{P_o^2} + \underset{B}{P_s^2} + \underset{G}{2P_nP_o} + \underset{B}{2P_nP_s} + \underset{B}{2P_oP_s}$$

برشمردن حالت‌ها :

$$R_S = P_n^2 + 2P_nP_o$$

$$Q_S = P_o^2 + P_s^2 + 2P_nP_s + 2P_oP_s$$



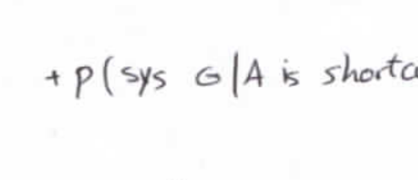
احتمال شرطی؛

$$R_S = p(\text{sys } G \mid \text{on is normal})P_n + p(\text{sys } G \mid \text{on is open})P_o + p(\text{sys } G \mid \text{on is shortcut})P_s$$

$$= P_n^2 + 2P_nP_o \Leftarrow (P_n + P_o)P_n + P_nP_o + 0 \times P_s$$

مثال: سیستم پیچیده‌تر :

دیود (ص 152) چهارتایی به عنوان سوال پایان ترم



$$R_S = p(\text{sys } G \mid A = \text{normal})\,p(A \text{ is normal}) + p(\text{sys } G \mid A \text{ is open})\,p(A \text{ is open}) +$$

$$+\,p(\text{sys } G \mid A \text{ is shortcut})\,p(A \text{ is shortcut})$$

$$(P_n + P_o + P_s)^2 = \underbrace{P_n^2}_{N} + \underbrace{P_o^2}_{O} + \underbrace{P_s^2}_{\substack{S \\ \text{اتصال کوتاه}}} + \underbrace{2P_nP_o}_{O} + \underbrace{2P_nP_s}_{\substack{N \\ \text{نرمال}}} + \underbrace{2P_oP_s}_{\substack{O \\ \text{مدار باز}}}$$

$$p(A \text{ is normal}) = P_n^2 + 2P_nP_s \quad , \quad P_o^2 + 2P_nP_o + 2P_oP_s = p(A \text{ is open})$$

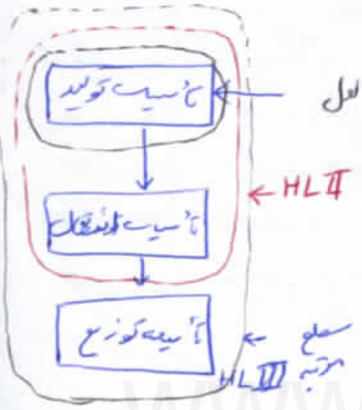
$$,\ p(A \text{ is short cut}) = P_s^2$$

$R_S = (P_n + P_o)(P_n^2 + 2P_nP_S) + P_n(P_o^2 + 2P_nP_o + 2P_oP_S) + o\,p(S^2)$

$R_S = P_n^3 + 2P_nP_S^2 + 3P_n^2P_o + P_nP_o^2 + 4P_nP_SP_o$ If: $P_n = 0.98$, $P_o = P_S = 0.01$ $\Rightarrow$ $\boxed{R_S = 0.989702}$

تمرین فصل ۴ و ۵
+ (میان ترم)

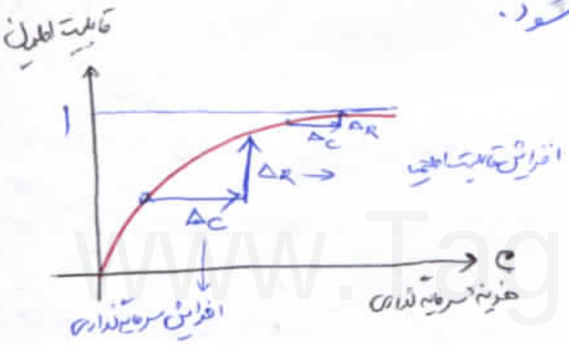
قابلیت اطمینان در سیستم‌های قدرت:



سطح مرتبه اول دربرگیرنده ارزیابی تأسیسات تولیدی و توانایی آن جهت تأمین تقاضاهای بار در یک منطقه اطلاق می‌شود

سطح مرتبه دوم به مجموعه تولید و سیستم انتقال و توانایی آن در پخش انرژی در نقاط بار بزرگ اطلاق می‌شود

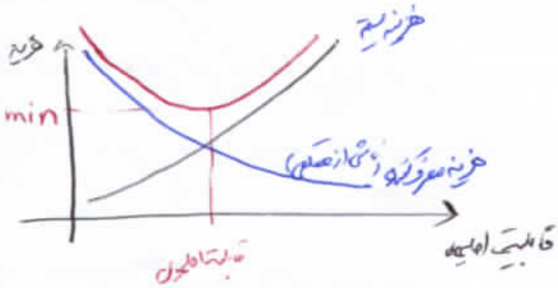
سطح مرتبه سوم کل سیستم اعم از واحدهای تولیدی شبکه انتقال و سیستم توزیع را شامل می‌شود مطالعات سطح مرتبه اول و دوم در سیستم انجام می‌شود ولی مطالعه سطح مرتبه ۳ عملاً کاری پیچیده و سخت محسوب می‌شود.



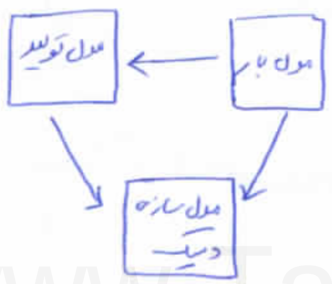
ΔC: هزینه افزایش سرمایه‌گذاری

ΔR: قابلیت اطمینان

$\frac{\Delta R}{\Delta C}$ = هزینه افزایش قابلیت اطمینان



ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم قدرت بر اساس ظرفیت تولید.



دسترس‌ناپذیری سیستم $FOR = U = \frac{\lambda}{\lambda+\mu} = \frac{r}{m+r} = \frac{r}{T} = \frac{f}{\mu}$

λ: نرخ خرابی انتظاری

μ: نرخ تعمیر انتظاری

m: متوسط زمان تا خرابی

r: متوسط زمان تا تعمیر

$m+r$: متوسط زمان بین خرابی‌ها

f: فرکانس دوره

T: زمان دوره

$\frac{1}{\lambda} = MTTF$

$\frac{1}{\mu} = MTTR$

$\frac{1}{f} = MTBF$

قابلیت اطمینان سیستم قدرت