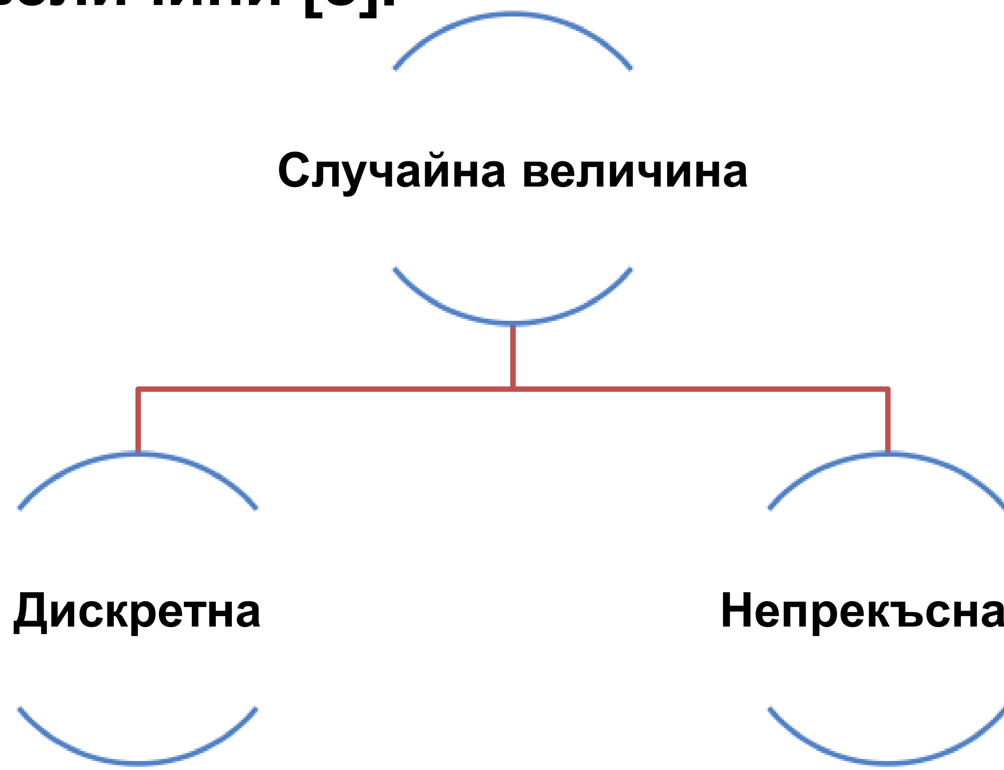
ИЗМЕРВАНЕ НА НАДЕЖДНОСТТА И БЕЗОПАСНОСТТА НА ПРОИЗВОДСТВЕНИТЕ И ОПЕРАЦИОННИТЕ СИСТЕМИ

1. *Модели на разпределение при анализ на надеждността на производствените и операционните системи.*
2. Марковски анализ при анализ на надеждността на производствените и операционните системи
3. Избор на показатели за анализ и оценка на надеждността и безопасността на производствените и операционните системи.

Борислав Николов

Модели на разпределение при анализ на надеждността на ПОМ

В теорията на надеждността често биват използвани различни модели на разпределение на случайни величини [5].



Модели на разпределение при анализ на надеждността на ПОМ

Дискретни случайни величини и разпределения [5]:

- *Биномно разпределение;*
- *Поасоново разпределение.*

Непрекъснати случайни величини и разпределения [5]:

- *Експоненциално разпределение;*
- *Нормално (Гаусово) разпределение;*
- *Логаритмично-нормално разпределение;*
- *Разпределение на Вейбул.*

Модели на разпределение при анализ на надеждността на ПОМ

Дискретни модели за надеждност

Дискретни разпределения - описват случайни променливи, които приемат краен или преброим набор от стойности (напр. брой откази, брой изправни или оказващи обекти и т.н.).

Модели на разпределение при анализ на надеждността на ПОМ

Биномно разпределение

Широко известно дискретно разпределение, свързано с определяне на вероятността за "X" успешните опити от общия "n" броя опити.

$$\boxed{P(k) = \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k (1-p)^{n-k}}$$

$$k = 0,1,2,\ldots,n$$

$$p \in [0,1]$$

Модели на разпределение при анализ на надеждността на ПОМ

Биномно разпределение

Пример [5]:

Да приемем, че на тестване са поставени 10 „технически елемента“. Известно също така е, че вероятността за успешните опити е 40 %. Каква е вероятността в 4 от тестваните технически елементи да не настъпи отказ?

Дадено:
n=10
k=5
p=0,40
Следователно:
q=(1-p) =0,60

Решение:

$$P(k) = \frac{10!}{4!(10-4)!} 0{,}4^4 . 0.6^{10-4} = 0{,}25$$

P(k)=0,25

Модели на разпределение при анализ на надеждността на ПОМ

Поасоново разпределение

Поасоновото разпределение е частен или т.нар. граничен случай на биномното разпределение.

Оценява вероятността от (обикновено малък) брой събития от много възможности в:

- *Период от време*
- *Площ*
- *Обем*
- *Тегло*
- *Разстояние*
- *Други.*

Модели на разпределение при анализ на надеждността на ПОМ

Поасоново разпределение

$$\boxed{P(k) = \frac{(\lambda)^k}{k!}\exp(-\lambda)}$$

$$k = 0,1,2,\ldots,n$$

Модели на разпределение при анализ на надеждността на ПОМ

Поасоново разпределение

Пример [5]:

Да приемем, че при тестване на 100 "технически елемента" имаме средно по 3 отказващи. Каква е вероятността да откажат 5 "технически елемента" при тестването на следващите 100 "технически елемента" ?

Дадено:

λ =3
k=5

Решение:

$$P(k=5)=\frac{(\lambda)^k}{k!}\exp(-\lambda)=\frac{3^5 e^{-3}}{5!}=0{,}1008$$

P(k)=0,10

Модели на разпределение при анализ на надеждността на ПОМ

Непрекъснати разпределения

В теорията на надеждността, непрекъснатите случайни величини, обикновено се явяват времето или отработката до отказ.

Модели на разпределение при анализ на надеждността на ПОМ

Експоненциално разпределение

Един от най-широко разпространени и използвани модели е експоненциалното разпределение.

Експоненциалният закон най-често се използва за описване на внезапни откази, продължителност на различни ремонтни дейности и в редица други случаи.

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

Модели на разпределение при анализ на надеждността на ПОМ

Експоненциално разпределение

Пример [5]:

Да приемем, че отработката до отказ на „технически елемент“ е подчинена на експоненжиален закон с параметри $\lambda = 2.10^{-5}$ ч$^{-1}$

Да се определи вероятността за безотказна работа за време - 100 ч.

Дадено:

$\lambda = 2.10^{-5}$

$t=100$

Решение:

$$P(t) = e^{-\lambda t} = e^{-2.10^{-5}.100} = 0{,}99$$

$P(t)=0{,}99$

Модели на разпределение при анализ на надеждността на ПОМ

Нормално разпределение

Законът за нормално разпределение се явява един от най-често изполаваните в практиката.

Функцията на плътността на нормалното разпределе-ние на непрекъсната случайна величина “X” има вида:

$$\boxed{p(t) = 1 - F(t) = 1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x - M_{(x)})^2}{2\sigma^2} \right)}$$

където

$M_{(x)}$ е математическото очакване на променливата X;

σ – стандартното отклоненение на променливата X.

Модели на разпределение при анализ на надеждността на ПОМ

Логаритмично-нормално разпределение

Използва се при оценката на надеждността на сложни системи, където са възможни мащабни откази, водещи до значителни престои в тяхната експлоатация вследствие на износване или стареене (умора) на отделните елементи.

Функцията на разпределение (интегрална функция) на непрекъсната случайна величина X, където $X \in (-\infty; \infty)$, има вида:

$$\boxed{F(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} \exp\left(-\frac{(\ln x - m_{(x)})^2}{2\sigma^2} \right) dx}$$

Модели на разпределение при анализ на надеждността на ПОМ

Разпределение на Вейбул

Използва се при оценка на надеждността на системи, при които са налице износване на „техническите елементи“, например стареене на „техническите елементи“, съответно наличие на постепенни откази.

Функцията на разпределение на Вейбул има вида:

$$\boxed{F(t) = 1 - \exp\left(-\frac{x}{m}\right)^{n}}$$

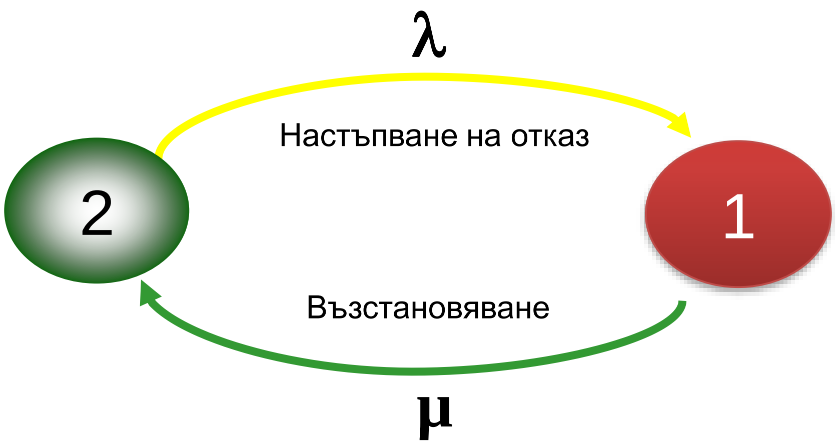
Марковски анализ при анализ на надеждността на ПОМ

Марковския анализ - основни аспекти [5]:

- *Марковският анализ е един от инструментите за анализ на надеждността, използвани за оценка на вероятностните характеристики на техническите системи.*
- *При конструирането на модели на Марков системата се разглежда в различни състояния – работоспособно и неработоспособно (състояние на отказ).,*
- *Преходът между състоянията на системата настъпва в момента на отказ или възстановяване на системата.*
- *В основата на марковския анализ е марковският процес, който представлява случаен процес, при който неговите бъдещи състояния (или неговото развитие) зависят само от текущите/сегашните, а не от минали състояния.*

Марковски анализ при анализ на надеждността на ПОМ

Граф на състоянията



Марковски анализ при анализ на надеждността на ПОМ

При извършването на анализ на надеждността на системата посредством Марковски анализ е необходимо да се отчита следното [5]:

- *Марковският анализ се прилага обикновено при възстановими системи;*
- *Основният акцент, който поставя марковският анализ, е върху състоянията в системата и преминаването от едно в друго състояние;*
- *В процеса на функциониране системата може да преминава в различни състояния като тяхното бъдещо състояние зависи само от текущото/сегашното състояние, а не на техни минали състояния.*

Марковски анализ при анализ на надеждността на ПОМ

Пример [5]:

През последната година 70% от времето на функциониране на агрегат е отчетено като нормално (в установените граници и характеристики). Отчетено е също така, че ако той не е имал проблем през текущия месец, също така не е има проблем и през предходния месец.

В 80% от времето, когато агрегата е имал проблем с функционирането е свързано с некоректни настройки

В 20% от времето (когато агрегата е имал проблем с функционирането) е свързано с извършването на коректни настройки.

Да се определи, каква е вероятността агрегата да функционира в установените граници и характеристики след един и два месеца от сега?

Марковски анализ при анализ на надеждността на ПОМ

Пример:...

Векторните състояния $\pi(i)$ могат да бъдат представени както следва:

$$\pi(1) = (1, 0)$$

$\pi(1)$ - вектор на състоянията на агрегата в период първи.

$\pi_1 = 1$ – вероятност агрегата да бъде в състояние първо;

$\pi_2 = 0$ – вероятност агрегата да бъдее в състояние второ.

Марковски анализ при анализ на надеждността на ПОМ

Пример: ...

Дадено:

P_{11} = 0,7 - вероятност агрегата да функционира нормално през текущия месец;
P_{12} = 0,3 - вероятност агрегата да не функционира нормално този месец, при положение че е функционирал нормално миналия месец;
P_{21} = 0,2 - вероятност агрегата да функционира нормално през текущия и месец, въпреки, че не е функционирала нормално през миналия месец;
P_{22} = 0,8 - вероятност машината да не функционира нормално този месец, при положение че е функционирал нормално миналия месец.

Марковски анализ при анализ на надеждността на ПОМ

Решение:

1. ***Съставяне на матрица на преходните вероятности:***

$$P = \begin{bmatrix} 0.70 & 0.30 \\ 0.20 & 0.80 \end{bmatrix}$$

2. ***Определяне на агрегата да функционира нормално в един и два месеца от сега:*** $\pi(1) = \pi(0)P$

$$= (1, 0) \begin{bmatrix} 0.70 & 0.30 \\ 0.20 & 0.80 \end{bmatrix}$$

= [(1.(0,7)) + (0.0,2)); (1.0,3)) + (0.0,8))]=

= (0,70; 0,30)

Марковски анализ при анализ на надеждността на ПОМ

Решение:

3. ***Определяне на агрегата да функционира нормално в един и два месеца от сега:*** $\pi(2) = \pi(1)P$

$$= (0{,}70;\ 0{,}30)\begin{bmatrix} 0.70 & 0.30 \\ 0.20 & 0.80 \end{bmatrix}$$

$$= [(0{,}70.(0{,}70)) + (0{,}30.0{,}20));\ (0{,}70.0{,}30)) + (0{,}30.0{,}8))] =$$

$$= (0{,}55;\ 0{,}45)$$

От направените изчисления се вижда как вероятността за нормално функциониране в един и два месеца от сега се променя от 0,70 до 0,55.

Избор на показатели за анализ и оценка на надеждността на ПОМ

Изборът на показатели е един от ключовите етапи в процеса на анализ и оценка на надеждността на производствената и операционната система [5].

Решенията в този етап ще оказват влияние върху [5]:

- *осигуряването на надеждността на системата;*
- *осигуряването на безопасността на системата.*

Избор на показатели за анализ и оценка на надеждността на ПОМ

Определяне на показатели за оценка на надеждността на производствената и операционната система [5]:

Етап първи: *Определяне на целите и задачите, свързани с оценката на надеждността на системата.*

Етап втори: *Определяне на спецификата и функционалните особености на системата.*

2.1. Условия и режим на работа на системата.

2.2. Възстановимост на системата.

Избор на показатели за анализ и оценка на надеждността на ПОМ

Определяне на показатели за оценка на надеждността на производствената и операционната система [5]:

Етап трети: *Определяне на критерии за оценка на надеждността на системата.*

Етап четвърти: *Определяне на номенклатурата и задължителните/изискуемите стойности за надеждност на системата.*

Етап пети: *Определяне и обосноваване на показатели за оценка на надеждността на системата.*