

РАЗВОЙ НА НАДЕЖНОСТТА

II част

ПРОЦЕДУРИ ЗА МОДЕЛА НА ИДЕАЛИЗИРАНАТА КРИВА НА РАЗВОЯ

За развой на надеждността се използва стандарта MIL-HDBK-189. В точки 5.3.3.1., 5.3.3.2., 5.3.3.3. са представени процедури за модела на идеализираната крива на развой.

Цел: Да се определи идеализираната крива на развой

Дадени условия:

T – кумулативно тестово време на програмата
 t_1 – тестово време за първата тестова фаза
 M_1 – средното MTBF през първата тестова фаза
 M_F – целева MTBF в момент T

Решение за случай 1

От израза:

$$M_F = M_1 \left(\frac{T}{t_1} \right)^\alpha (1 - \alpha)^{-1} \quad (3)$$

се намира първо параметъра на развой и идеализираната крива на развой се получава от:

$$M(T) = \begin{cases} M_1 \\ M_1 \left(\frac{t}{t_1} \right)^\alpha (1 - \alpha)^{-1} \end{cases} \quad (4)$$

Случай 2. Как се определя MTBF за тестовата фаза

Цел: Да се определи MTBF за i-тата тестова фаза

Дадени условия: Дадени са идеализираната крива на разво

$$M(T) = \begin{cases} M_i \\ M_i \left(\frac{t}{t_i} \right) (1 - \alpha)^{-1} \end{cases} \quad (5)$$

и края на всяка тестова фаза t_1, t_2, \dots, t_k .

Решение за случай 2

Средният брой на отказите за i-тата тестова фаза се определя от:

$$H_i = N(t_i) - N(t_{i-1}), \quad (6)$$

$$\text{където } N(t_i) = \lambda_i t_i \left(\frac{t_i}{t_i} \right)^{-\alpha} \text{ и } \lambda_i = 1/M_i \quad (7)$$

$$\text{и следователно средното MTBF за i-тата тестова фаза е: } M_i = \frac{(t_i - t_{i-1})}{H_i} \quad (8)$$

Случай 3. Как се определя колко тестово време е необходимо

Цел: Да се определи колко тестово време T е необходимо, за да се получи целевата стойност за MTBF

Дадени условия:

първата тестова фаза от 0 до t_1
 първоначалното MTBF - M_i
 параметъра на растежа - α

Решение за случай 3

Идеализираната крива на разво в момент t е:

$$M(t) = M_i \left(\frac{t}{t_i} \right)^{\alpha} (1 - \alpha)^{-1}. \quad (9)$$

$$\text{Намира се T, така че } M(t)=M_F; \log T = \log t_i + \frac{1}{\alpha} \log \left[\frac{M_F}{M_i} + \log(1 - \alpha) \right]. \quad (10)$$

Модел на Дугейн

Още през 1962 година Дугейн е публикувал отчет, в който е представил данни за отказите за различни системи по време на програмите им за развой. Анализирайки данните се наблюдавало, че функцията на кумулативното MTBF от кумулативното работно време следват права линия върху логаритмична хартия. Ако $N(T)$ е броят на отказите за време T , то средното време между отказите $MTBF_c$ за време T е $MTBF_c = TN(T)$. От изчертаната права линия се допуска, че $\ln(MTBF_c) = \ln b + \alpha \ln(T)$. Средното време между отказите при модела на Дугейн следва функцията

$$MTBF_c = bT^\alpha \quad (16)$$

а кумулативната честота на отказите:

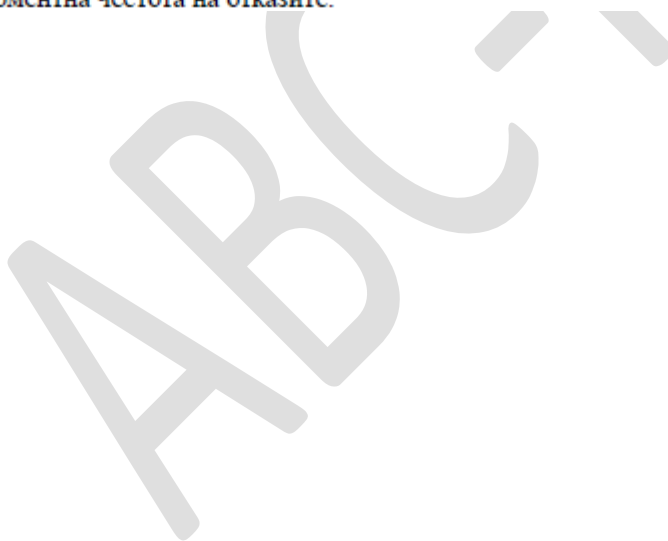
$$\hat{\lambda}_c = \frac{1}{b} T^{-\alpha} \quad (17)$$

Очакваният брой на отказите до момент T е:

$$\begin{aligned} E(N(T)) &= \hat{\lambda}_c \cdot T \\ &= \frac{1}{b} T^{1-\alpha} \end{aligned} \quad (18)$$

където:

- $\hat{\lambda}_c$ е средната оценка на кумулативната честота на отказите
- T времето за тест и/или времето за развой
- $1/b$ кумулативната честота на отказите за $T=1$ или за началото на теста или най-ранното време, за което се предсказва $\hat{\lambda}_c$
- α е параметър на развой ($0 \leq \alpha \leq 1$)
- Моментна честота на отказите:



$$\lambda_i = \frac{d(E(N(T)))}{dT} = \frac{1}{b}(1 - \alpha)T^{-\alpha} = (1 - \alpha)\lambda_0 \quad (19)$$

Моментно средно време между отказите:

$$m_i = \frac{1}{1 - \alpha} bT^\alpha = \frac{1}{1 - \alpha} \hat{m}_{i,c}, \alpha \neq 1 \quad (20)$$

N.H.P.P модел (Non-Homogeneous Poisson Process, AMSAA модел –Army Materials System Analysis Activity)

В съществува техническо правило: Първо се опитва с модела на Дугейн, ако при него липсва нагаждане на данните върху права линия, се работи с N.H.P.P модела.

Този модел се използва за следене на надеждността в тестова фаза, а не за следене през всички тестови фази

В периода $[S_{i-1}, S_i]$ когато се извършват промени в дизайна на системата, честотата на отказите λ_i се допуска, че е константа. Следователно броят на отказите N_i , по време на i^{th} период от време има Поасоново разпределение със средна стойност $\lambda_i(S_i - S_{i-1})$.
Тогава:

$$\Pr[N_i = n] = \frac{[\lambda_i(S_i - S_{i-1})]^n e^{-\lambda_i(S_i - S_{i-1})}}{n!}, n = 0,1,2,\dots \quad (21)$$

Константната честота на отказите λ_i , допуска че времената между отказите следват експоненциално разпределение:

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda_i x}, x > 0 \quad (22)$$

ако с $N(T)$ се означава кумулативният брой на отказите в кумулативния тестов период T и ако $0 < T < S_1$, тогава $N(T)$ има Поасоново разпределение със средна стойност $\lambda_1 T$.
Ако $S_1 < T < S_2$, тогава $N(T)$ е броят на отказите в първия интервал плюс броя на отказите във втория интервал, между S_1 и T , имайки λ_1 за първия интервал и λ_2 за втория интервал $N(T)$ е:

$$\theta(T) = \lambda_1 S_1 + \lambda_2 (T - S_1) \quad (23)$$

N.H.P.P модел (Non-Homogeneous Poisson Process, AMSAA модел –Army Materials System Analysis Activity)

В [60] съществува техническо правило: Първо се опитва с модела на Дугейн, ако при него липсва нагаждане на данните върху права линия, се работи с N.H.P.P модела.

Този модел се използва за следене на надеждността в тестова фаза, а не за следене през всички тестови фази [46,95,105,106,107,108].

В периода $[S_{i-1}, S_i]$ когато се извършват промени в дизайна на системата, честотата на отказите λ_i се допуска, че е константа. Следователно броят на отказите N_i по време на i^{th} период от време има Поасоново разпределение със средна стойност $\lambda_i(S_i - S_{i-1})$. Тогава:

$$\Pr[N_i = n] = \frac{[\lambda_i(S_i - S_{i-1})]^n e^{-\lambda_i(S_i - S_{i-1})}}{n!}, n = 0,1,2,\dots \quad (21)$$

Константната честота на отказите λ_i , допуска че времената между отказите следват експоненциално разпределение:

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x}, x > 0 \quad (22)$$

ако с $N(T)$ се означи кумулативният брой на отказите в кумулативния тестов период T и ако $0 < T < S_1$, тогава $N(T)$ има Поасоново разпределение със средна стойност $\lambda_1 T$. Ако $S_1 < T < S_2$, тогава $N(T)$ е броят на отказите в първия интервал плюс броя на отказите във втория интервал, между S_1 и T , имайки λ_1 за първия интервал и λ_2 за втория интервал $N(T)$ е:

$$\theta(T) = \lambda_1 S_1 + \lambda_2 (T - S_1) \quad (23)$$

Ако честотата на отказ е константа през интервалите, тогава $N(T)$ следва Хомогенния Поасонов процес с λT . Ако честота на откази не е константа, т.е. честотата на отказите не е една и съща в интервалите $[S_{i-1}, S_i]$ и $[S_{i-2}, S_{i-1}]$, $N(T)$, следва нехомогенния поасонов процес.

N.H.P.P. моделът допуска, че функцията на интензивността на отказите може да се апроксимира с Вейбулувата функция за честота на отказите.

Кумулативната честота на отказите λ_c е:

$$\lambda_c = \lambda T^{\beta-1} \quad (24)$$

а кумулативното $MTBF_c$:

$$MTBF_c = \frac{1}{\lambda} T^{1-\beta} \quad (25)$$

параметърът λ се нарича параметър на мащаба, защото зависи от избраната измервателна единица за T , и β е параметър на формата, който характеризира формата на графиката на функцията на интензивността.

Моментната стойност за MTBF за система за време T е:

$$m(T) = \frac{1}{\lambda \beta T^{\beta-1}} \quad (26)$$

Работна страница за модела на Дуетн – уптъване за работа

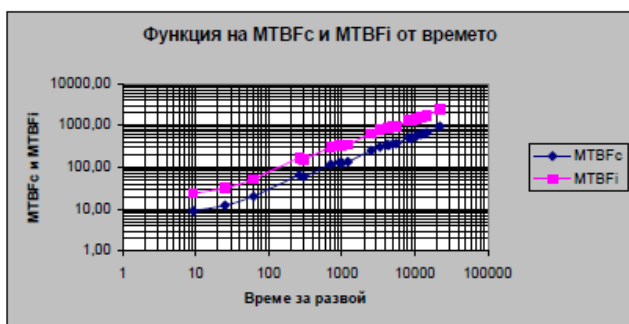
Команден бутон 1 активира макрос за изчисляване на параметрите на модела по метода на най-малките квадрати (регресионен анализ по Y):

Команден бутон 2 стартира макроса за построяване на графиките: кумулативно средно време между отказите като функция от кумулативното време и моментното средно време между отказите като функция на времето върху log-log хартия

Колони C, D, F, G и ред 2 са скрити, тъй като те съдържат междинните формули и изчисления, необходими за оценката на параметрите на модела.

Команден бутон 4 стартира макроса за изчисляване на 90%-ния доверителен интервал на средното време между отказите.

Номер на отказа	Време на отказа	MTBF _c	MTBF _i	Край за теста	Параметър на развой	MTBF _c при T=1	Оценка на MTBF в края на теста	2484,37
1		9,20	23,786977		0,61	1,95	Долна граница на оценката	1464,78
2		12,50	32,319262				Горна граница на оценката	4141,61
3		20,50	53,00369					
4		65,00	168,06016					
5		60,00	155,13246					
6		118,33	305,95668					
7		130,86	338,33651					
8		126,25	326,42455					
9		135,56	350,48444					
10		253,00	664,14187					
11		304,55	787,41475					
12		350,00	904,93934					
13		339,23	877,09506					
14		356,43	921,56068					
15		371,33	960,09755					
16		519,38	1342,8653					
17		501,76	1297,3332					
18		511,11	1321,4987					
19		552,63	1428,8516					
20		605,00	1564,2523					
21		638,10	1649,8214					
22		663,64	1715,859					
23		956,52	2473,1262					



Резултат от модела

Работна страница за модела N.H.P.P

Разработената страница включва 5 командни бутона, всеки от които стартира макрос.

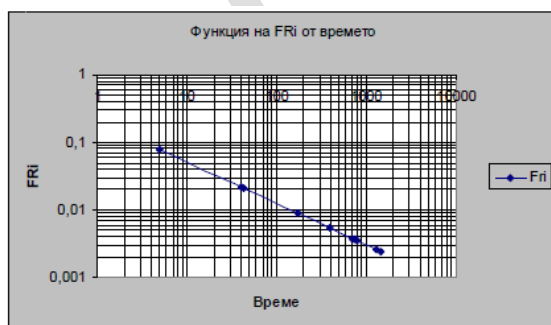
Команден бутон 1 стартира макроса, който изчислява параметрите на модела N.H.P.P. по метода на най-малките квадрати (регресионен анализ)

Команден бутон 2 стартира графиката кумулативното MTBF като функция от кумулативното време.

Команден бутон 3 стартира графиката кумулативна честота на отказите като функция от кумулативното време.

Команден бутон 4 построява графиката на моментната честота на отказите от времето

Номер на отказа	Време на отказа, Hrs	Ln(Ti)	Ln(Ti)2	ln(Qi)	Ln(Ti)*Ln(Qi)	MTBFc	Fri	Параметър на разволя	MTBFc при T=1	FRC
1										
2	10	54,52	328,76	15,10	94,53					
3	1	1,61	2,59	0,00	0,00	4,87	0,079292	0,38643936	0,55	0,205
4	2	3,69	13,61	0,69	2,56	17,46	0,022137			0,057
5	3	3,76	14,15	1,10	4,13	18,25	0,021177			0,055
6	4	5,16	26,68	1,39	7,16	43,18	0,008951			0,023
7	5	5,96	35,56	1,61	9,60	70,48	0,005483			0,014
8	6	6,57	43,14	1,79	11,77	102,13	0,003784			0,009
9	7	6,62	43,77	1,95	12,87	105,18	0,003674			0,007
10	8	6,68	44,60	2,08	13,89	109,28	0,003536			0,006
11	9	7,17	51,40	2,20	15,75	147,70	0,002616			
12	10	7,30	53,27	2,30	16,81	159,88	0,002417			



Резултат от натискане на бутон 4.

Задачи за изпълнение

1. Използвайте следните данни за да моделирате развоя по Дуетн: при край на теста 22100,00ч и определете параметъра на развоя:

9.2, 25, 61.5, 260, 300, 710, 916, 1010, 1220, 2530, 3350, 4200, 4410, 4990, 5570, 8310, 8530, 9200, 10500, 12100, 13400, 14600, 22000

Изследвайте как се променя параметъра на развоя при различно време за край на теста; 22200ч; 22000ч

2. За модела N.H.P.P. са дадени следните 10 данни

5, 40, 43, 175, 389, 712, 747, 795, 1299, 1478

Сравнете резултатите и направете съответните изводи