Використовуючи лінійну ітерполяцію та екстраполяцію, знаходимо емпіричний гама-процентний ресурс:

γ	$\hat{t}_\gamma$	γ	$\hat{t}_\gamma$	γ	$\hat{t}_\gamma$
10	48596	50	36358	80	23100
20	44963	60	30765	90	21572
30	40000	70	26890	95	19919
40	38052				

За формулою /3/ середній емпіричний ресурс дорівнює $\hat{\tau}$ = 34090 і збігається з 54,0551 гама-процентним ресурсом.

1. К в і т І.Д. Методичні вказівки до курсу "Теорія надійності". Львів, 1982. 2. К в і т І.Д., М о с к в " я к Є.В. Оцінка залишкового ресурсу. У цьому ж Віснику.

Стаття надійшла до редколегії 30.01.87

УДК 519.21

І.Д.Квіт, Е.В.Москвяк

ОЦІНКА ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ

Нехай τ – напрацювання до відмови технічної одиниці. Позначимо через $R(t)$ ймовірність безвідмовної роботи технічної одиниці впродовж часу t

$$R(t) = P\{\tau > t\}, \quad t > 0 . \qquad /1/$$

Функція /1/ монотонно спадає від одиниці до нуля.

<u>Означення 1</u>. Гама-процентним ресурсом t_γ називається розв"язок рівняння

$$R(t) = \frac{\gamma}{100}, \quad 0 < \gamma < 100 . \qquad /2/$$

Рівняння /2/ при фіксованому значенні γ має єдиний розв"язок, оскільки функція /1/ монотонна. При γ = 10; 25; 50 маємо відповідно децильний, квартильний і медіанний ресурс.

<u>Приклад 1.</u> Нехай напрацювання до відмови технічної одиниці описується розподілом Вейбула з параметром масштабу σ та параметром форми ν

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\sigma}\right)^\nu}, \quad t > 0, \ (\sigma > 0, \ \nu > 0) . \qquad /3/$$

Тоді гама-процентний ресурс

$$t_\gamma = \sigma\left[-\ln\frac{\gamma}{100}\right]^{\frac{1}{\nu}}, \quad 0 < \gamma < 100, (\sigma > 0, \nu > 0). \qquad /4/$$

Зокрема, децильний, квартильний і медіанний ресурс

$$t_{10} = \sigma[\ln 10]^{\frac{1}{\nu}}, \quad t_{25} = \sigma[\ln 4]^{\frac{1}{\nu}}, \quad t_{50} = \sigma[\ln 2]^{\frac{1}{\nu}}.$$

При ν = 1 і 2 маємо експонентний ресурс та ресурс Релея.

Нехай $\tilde{\tau}_T$ -напрацювання до відмови технічної одиниці після часу T, якщо технічна одиниця не відмовила до моменту T

$$\tilde{\tau}_T = (\tau - T) | (\tau > T). \qquad /5/$$

Зокрема T може позначати гарантійний строк експлуатації технічної одиниці. Умовна ймовірність безвідмовної роботи технічної одиниці впродовж часу t, якщо технічна одиниця не відмовила до моменту T,

$$R_T(t) = \mathcal{P}\{(\tau - T > t) | (\tau > T)\} = \frac{\mathcal{P}\{(\tau > T+t) \cap (\tau > T)\}}{\mathcal{P}\{\tau > T\}} = \frac{R(T+t)}{R(T)}, t > 0, (T > 0). \qquad /6/$$

Функція /6/ монотонно спадає від одиниці при $t = 0$ до нуля при $t = \infty$.

<u>Означення 2</u>. Гама-процентним залишковим ресурсом $t_\gamma(T)$ називається розв"язок рівняння

$$\frac{R(T+t)}{R(T)} = \frac{\gamma}{100}, \quad 0 < \gamma < 100 \qquad /7/$$

Рівняння /7/ при фіксованому значенні γ має єдиний розв"язок, оскільки функція /6/ монотонна. При γ = 10; 25; 50 маємо відповідно децильний, квартильний і медіанний залишковий ресурс.

<u>Приклад 2</u>. У випадку розподілу Вейбула /3/ умовна надійність /6/ набуває вигляду

$$\frac{R(T+t)}{R(T)} = e^{\left(\frac{T}{\sigma}\right)^{\nu} - \left(\frac{T+t}{\sigma}\right)^{\nu}}.$$

Отже, гама-процентний залишковий ресурс

$$t_\gamma(T) = \sigma\left[\left(\frac{T}{\sigma}\right)^{\nu} - \ln\frac{\gamma}{100}\right]^{\frac{1}{\nu}} - T, \quad 0 < \gamma < 100, (\sigma > 0, \nu > 0, T > 0). \qquad /8/$$

Зазначимо, що при T = 0 вираз /8/ збігається з виразом /4/.

Нехай $t_1, \ldots, t_n$ напрацювання до відмови n однотипних технічних одиниць. Тоді емпірична ймовірність безвідмовної роботи технічної одиниці впродовж часу t

$$\hat{R}(t) = \frac{n + 0{,}7 - j}{n + 0{,}4} - \frac{1}{n + 0{,}4}\,\frac{t - t_j}{t_{j+1} - t_j}, \quad t_j \le t \le t_{j+1}, (j = 1, \ldots, n-1; n = 2, 3, \ldots); \qquad /9/$$

Емпіричний гама-процентний ресурс $\hat{t}_\gamma$ є розв"язком рівняння

$$\hat{R}(t) = \frac{\gamma}{100}\ , \quad 0 < \gamma < 100\ . \qquad /10/$$

Емпіричний гама-процентний залишковий ресурс $\hat{t}_\gamma(T)$ – це розв"язок рівняння

$$\frac{\hat{R}(T+t)}{\hat{R}(T)} = \frac{\gamma}{100}\ , \quad 0 < \gamma < 100\ . \qquad /11/$$

Приклад 3. Наведемо напрацювання до граничного стану 20 однотипних технічних одиниць:

187	295	377	447	512
572	631	688	746	803
862	923	987	1055	1129
1212	1307	1422	1576	1836

Емпірична ймовірність безвідмовної праці технічної одиниці до моменту t_j, $(j = 1, \dots, 20)$ за формулою /9/ така:

0,9657	0,9167	0,8676	0,8186	0,7696
0,7206	0,6716	0,6225	0,5735	0,5245
0,4755	0,4265	0,3775	0,3284	0,2794
0,2304	0,1814	0,1324	0,0833	0,0343

Звідси, використовуючи лінійну інтерполяцію, знаходимо відповідно емпіричний гама-процентний ресурс:

γ	$\hat{t}_\gamma$	γ	$\hat{t}_\gamma$	γ	$\hat{t}_\gamma$
10	1524	50	833	90	323
20	1271	60	715	95	222
25	1179	70	597	99	54
30	1098	75	536		
40	958	80	472		

Емпірична умовна ймовірність безвідмовної роботи технічної одиниці впродовж часу t = 12; 72; 131; 188; 246; 303; 362; 423; 487; 555; 629; 712; 807; 922; 1076; 1336, якщо технічна одиниця не відмовила до моменту T=500 згідно з формулою /9/ та лівою частиною формули /11/:

$$\frac{\hat{R}(512)}{\hat{R}(500)} = 0,9884; \qquad \frac{\hat{R}(572)}{\hat{R}(500)} = 0,9254; \qquad \frac{\hat{R}(631)}{\hat{R}(500)} = 0,8625\ \dots,$$

тобто

				0,9884
0,9254	0,8625	0,7995	0,7366	0,6736
0,6107	0,5477	0,4847	0,4218	0,3588
0,2959	0,2329	0,1700	0,1070	0,0441

Звідси, використовуючи лінійну інтерполяцію, знаходимо відповідно емпіричний гама-процентний залишковий ресурс:

γ	$\hat{t}_\gamma(500)$	γ	$\hat{t}_\gamma(500)$	γ	$\hat{t}_\gamma(500)$
10	1105	50	471	90	96
20	867	60	372	95	49
25	781	70	279	99	10
30	707	75	234		
40	581	80	188		

Зауваження. У випадку зрізаної вибірки формули /9/, /10/ і /11/ відповідно модифікуються [*].

Стаття надійшла до редколегії 08.12.86

УДК 517.949:517.956

А.М.Кузик, І.І.Чулик

ПОБУДОВА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОКАЛЬНО-ОДНОВИМІРНИХ РІЗНИЦЕВИХ СХЕМ У КЛАСІ УЗАГАЛЬНЕНИХ ФУНКЦІЙ

Метод сумарної апроксимації /МСА/ - один з ефективних методів побудови економних різницевих схем для багатовимірних задач математичної фізики [1, 2, 5-8]. У праці [3] отримані оцінки швидкості збіжності локально-одновимірної різницевої схеми МСА з розпаралелюванням при мінімальних вимогах на гладкість розв"язку вихідної диференціальної задачі.

Побудуємо локально-одновимірні різницеві схеми і дослідимо швидкість збіжності розв"язку побудованих різницевих схем до розв"язку вихідної задачі у нормі сильнішій, ніж у праці [3].

Розглянемо крайову задачу

$$\frac{\partial u}{\partial t}-\sum_{\alpha=1}^{p}\frac{\partial}{\partial x_\alpha}\left(k_\alpha(x,t)\frac{\partial u}{\partial x_\alpha}\right)+q(x,t)u(x,t)=f(x,t) \quad ; \qquad /1/$$

[*] К в і т І.Д. Методичні вказівки до курсу "Теорія надійності". Львів, 1982.