

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И.УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра МО ЭВМ**

**ОТЧЁТ
по лабораторной работе №5
по дисциплине «Качество и метрология программного обеспечения»
Тема: Оценка параметров надежности программ по временным моделям
обнаружения ошибок**

Студент гр. 6304
Преподаватель

Корытов П.В.
Кириячиков В.А.

Санкт-Петербург
2020

Формулировка задания

Выполнить исследование показателей надежности программ, характеризуемых моделью обнаружения ошибок Джелинского-Моранды, для различных законов распределения времен обнаружения отказов и различного числа используемых для анализа данных. Для проведения исследования требуется:

1. Сгенерировать массивы данных $\{X_i\}$, где X_i – случайное значение *интервала между соседними $(i-1)$ -ой и i -ой ошибками*

$$L := 30 \quad i := 1 \dots L$$

также смотри примечание в п.3, в соответствии с:

А) равномерным законом распределения в интервале

$$X_{umin} := 0 \quad X_{umax} := 20$$

при этом средний интервал между ошибками будет:

$$m_u := 10 \quad MSE_u := \frac{20}{2 \sqrt{3}} = 5.774$$

Б) экспоненциальным законом распределения

$$b := 0.1$$

$$W_e(y) := b \cdot \exp(-b \cdot y)$$

и соответственно

$$m_e := \frac{1}{b} = 10 \quad s_e := \frac{1}{b} = 10$$

Значения случайной величины Y с экспоненциальным законом распределения с параметром «b» можно получить по значениям случайной величины t , равномерно распределенной в интервале $[0,1]$, по формуле:

$$Y_e(t) := \frac{-\ln(t)}{b}$$

В) Релеевским законом распределения

$$c := 8.0$$

$$W_r(y) := \frac{y}{c^2} \exp\left(\frac{-y^2}{2 c^2}\right)$$

и соответственно:

$$m_r := c \cdot \sqrt{\frac{\pi}{2}} = 10.027 \quad s_r := c \cdot \sqrt{2 - \frac{\pi}{2}} = 5.241$$

Значения случайной величины Y с релеевским законом распределения с параметром «с» можно получить по значениям случайной величины t , равномерно распределенной в интервале $[0,1]$, по формуле

$$Y_r(t) := c \cdot \sqrt{-2 \cdot \ln(t)}$$

2. Каждый из 3-х массивов $\{X_i\}$ интервалов времени между соседними ошибками упорядочить по возрастанию.
3. Для каждого из 3-х массивов $\{X_i\}$ оценить значение первоначального числа ошибок в программе В. При этом для каждого закона использовать:

$$L_1 := L = 30$$

$$L_2 := 80\% \cdot L = 24$$

$$L_3 := 60\% \cdot L = 18$$

Примечание: для каждого значения n следует генерировать и сортировать новые массивы.

4. Если $B > n$, оценить значения средних времен X_j , $j = n+1, n+2, \dots, n+k$ до обнаружения $k \leq 5$ следующих ошибок и общее время на выполнение тестирования.

5. Результаты вычислений представить в виде двух таблиц, одна из которых содержит оценки первоначального числа ошибок, а другая – оценки полных времен проведения тестирования - для разных законов распределения времен между отказами и разного числа используемых данных.

6. Сравнить и объяснить результаты, полученные для различных законов распределения времени между соседними отказами и различного числа используемых для анализа данных.

Ход работы

1. Равномерный закон, n = 30

$$L_m := L_1 = 30 \quad law := \text{“Равномерный закон”}$$

$$X := \text{sort}(\text{runif}(L_m, X_{\min}, X_{\max}))$$

$$\text{slice}(X, start, end) := \text{for } i \in start \dots end \left| \begin{array}{l} \text{return } r \\ r_{i-start} \leftarrow X_i \end{array} \right| \quad \begin{array}{l} \text{- чтобы показать часть} \\ \text{вектора} \end{array}$$

$$\text{print_vector}(X) := \text{for } i \in 0, 10 \dots \text{length}(X) - 1 \left| \begin{array}{l} \text{return } r \\ r_{\frac{i}{10}} \leftarrow \text{slice}(X, i, \min(i + 10 - 1, \text{length}(X) - 1)) \end{array} \right|^T$$

$$\text{print_vector}(X) = \begin{bmatrix} [0.025 & 0.178 & 1.141 & 1.828 & 2.382 & 2.946 & 3.325 & 3.483 & 3.866 & 5.324] \\ [6.08 & 7.006 & 9.016 & 9.241 & 10.398 & 10.633 & 10.787 & 11.7 & 12.035 & 12.23] \\ [14.21 & 15.593 & 15.666 & 16.457 & 16.802 & 17.244 & 17.519 & 19.118 & 19.77 & 19.936] \end{bmatrix}$$

Проверка существования максимума

$$A(X) := \frac{\sum_{i=1}^{\text{length}(X)} X_{i-1} \cdot i}{\sum_{i=1}^{\text{length}(X)} X_{i-1}} \quad \text{check}(X) := \text{if } A(X) > \frac{\text{length}(X) + 1}{2} \left| \begin{array}{l} \text{return “Существует”} \\ \text{else} \\ \text{return “Не существует”} \end{array} \right|$$

$$A_v := A(X) = 21.003$$

$$\text{check}(X) = \text{“Существует”}$$

Поиск для m >= n+1:

$$L_S := 5$$

$$f_n(m, n) := \sum_{i=1}^n \frac{1}{m-i} \quad g_n(m, A, n) := \frac{n}{m-A} \quad M := L_m + 1 \dots L_m + L_S + 1 = \begin{bmatrix} 31 \\ 32 \\ 33 \\ 34 \\ 35 \\ 36 \end{bmatrix}$$

$$d_n(m, A, n) := \overline{f_n(m, n) - g_n(m, A, n)} \quad f_n(M, L_m)^T = [3.995 \quad 3.027 \quad 2.558 \quad 2.255 \quad 2.035 \quad 1.863]$$

$$g_n(M, A_v, L_m)^T = [3.001 \quad 2.728 \quad 2.501 \quad 2.308 \quad 2.143 \quad 2]$$

$$D := d_n(M, A_v, L_m) \quad D^T = [0.994 \quad 0.299 \quad 0.058 \quad 0.053 \quad 0.108 \quad 0.137]$$

$$\text{min_index}(X, start) := \text{match}(\min(X), X)_0 + start \quad \begin{array}{l} \text{- поиск минимального} \\ \text{индекса} \end{array}$$

$$\begin{aligned}
m &:= \min_index(D, M_0) = 34 & range(a, b, s) &:= \text{if } b \geq a \\
B(m) &:= m - 1 & & \left\| \begin{array}{l} \text{for } i \in a, a+s..b \\ \left\| \begin{array}{l} r_{\frac{i}{s}-a} \leftarrow i \end{array} \right. \\ \text{return } r \end{array} \right. \\
B_v &:= B(m) & & \left\| \begin{array}{l} \text{else} \\ \left\| \text{[“Не срослось, } b < a \text{”]} \right. \end{array} \right. \\
K(B, X) &:= \frac{\text{length}(X)}{(B+1) \sum_{i=1}^{\text{length}(X)} X_{i-1} - \sum_{i=1}^{\text{length}(X)} i \cdot X_{i-1}}
\end{aligned}$$

$$K_v := K(B_v, X) = 0.008$$

Среднее время:

$$\begin{aligned}
X_{n1}(K, B, n) &:= \text{try} \\
& \left\| \frac{1}{K \cdot (B - n + 1)} \right. \\
& \text{on error} \\
& \left\| \left[\text{“В MathCAD не поддерживаются пустые векторы”} \right] \right. \\
M_1 &:= range(M_0, B_v, 1) \\
X_{n1}(K_v, B_v, M_1)^T &= [42.737 \quad 64.106 \quad 128.212]
\end{aligned}$$

Время до завершения тестирования:

$$\begin{aligned}
T(K, B, N) &:= \text{try} \\
& \left\| \sum_{i=0}^{\text{length}(N)-1} X_{n1}(K, B, N_i) \right. \\
& \text{on error} \\
& \left\| 0 \right. \\
T(K_v, B_v, M_1) &= 235.055
\end{aligned}$$

Полное время:

$$\begin{aligned}
T_f(X, K, B, N) &:= \sum_{i=0}^{\text{length}(X)-1} X_i + T(K, B, N) \\
T_f(X, K_v, B_v, M_1) &= 530.997 \\
method &:= [law] \\
number &:= [L_m] \\
start_errors &:= [B_v] \\
total_time &:= [T_f(X, K_v, B_v, M_1)]
\end{aligned}$$

2. Равномерный закон, n = 24

$$\begin{aligned}
L_m &:= L_2 = 24 \\
X &:= \text{sort}(\text{runif}(L_m, X_{umin}, X_{umax})) \\
& \quad [0.176 \quad 2.832 \quad 2.95 \quad 3.031 \quad 3.38 \quad 5.518 \quad 7.517 \quad 8.503 \quad 8.531 \quad 9.16]
\end{aligned}$$

$$print_vector(X) = \begin{bmatrix} 9.699 & 9.838 & 10.342 & 11.448 & 11.758 & 11.981 & 13.544 & 13.858 & 13.995 & 14.7 \\ 14.875 & 14.888 & 15.031 & 16.752 \end{bmatrix}$$

Проверка существования максимума

$$A_v := A(X) = 15.709$$

$$check(X) = \text{“Существует”}$$

Поиск для $m \geq n+1$:

$$M := range(L_m + 1, L_m + L_S + 1, 1) \quad M^T = [25 \ 26 \ 27 \ 28 \ 29 \ 30]$$

$$f_n(M, L_m)^T = [3.776 \ 2.816 \ 2.354 \ 2.058 \ 1.844 \ 1.678]$$

$$g_n(M, A_v, L_m)^T = [2.583 \ 2.332 \ 2.126 \ 1.953 \ 1.806 \ 1.679]$$

$$D := d_n(M, A_v, L_m) \quad D^T = [1.193 \ 0.484 \ 0.229 \ 0.106 \ 0.038 \ 0.001]$$

$$m := min_index(D, M_0) = 30$$

$$B_v := B(m) = 29$$

$$K_v := K(B_v, X) = 0.007$$

Среднее время:

$$M_1 := range(M_0, B_v, 1) \quad M_1^T = [25 \ 26 \ 27 \ 28 \ 29]$$

$$X_{n1}(K_v, B_v, M_1)^T = [27.905 \ 34.881 \ 46.508 \ 69.762 \ 139.524]$$

Время до завершения тестирования:

$$T(K_v, B_v, M_1) = 318.579$$

Полное время:

$$T_f(X, K_v, B_v, M_1) = 552.885$$

$$method := stack(method, law)$$

$$number := stack(number, L_m)$$

$$start_errors := stack(start_errors, B_v)$$

$$total_time := stack(total_time, T_f(X, K_v, B_v, M_1))$$

3. Равномерный закон, $n = 18$

$$L_m := L_3 = 18$$

$$X := sort(runif(L_m, X_{umin}, X_{umax}))$$

$$print_vector(X) = \begin{bmatrix} 2.461 & 3.065 & 3.111 & 3.827 & 5.592 & 8.524 & 9.434 & 10.34 & 10.991 & 13.645 \\ 14.438 & 14.64 & 16.344 & 16.433 & 16.693 & 16.939 & 18.987 & 19.332 \end{bmatrix}$$

Проверка существования максимума

$$A_v := A(X) = 12.04$$

$$check(X) = \text{“Существует”}$$

Поиск для $m \geq n+1$:

$$M := range(L_m + 1, L_m + L_S + 1, 1) \quad M^T = [19 \ 20 \ 21 \ 22 \ 23 \ 24]$$

$$f_n(M, L_m)^T = [3.495 \ 2.548 \ 2.098 \ 1.812 \ 1.607 \ 1.451]$$

$$g_n(M, A_v, L_m)^T = [2.586 \ 2.261 \ 2.009 \ 1.807 \ 1.642 \ 1.505]$$

$$D := d_n(M, A_v, L_m) \quad D^T = [0.909 \ 0.287 \ 0.089 \ 0.005 \ 0.035 \ 0.054]$$

$$m := min_index(D, M_0) = 22$$

$$B_v := B(m) = 21$$

$$K_v := K(B_v, X) = 0.009$$

Среднее время:

$$M_1 := range(M_0, B_v, 1) \quad M_1^T = [19 \ 20 \ 21]$$

$$X_{n1}(K_v, B_v, M_1)^T = [37.775 \ 56.663 \ 113.325]$$

Время до завершения тестирования:

$$T(K_v, B_v, M_1) = 207.763$$

Полное время:

$$T_f(X, K_v, B_v, M_1) = 412.56$$

$$method := stack(method, law)$$

$$number := stack(number, L_m)$$

$$start_errors := stack(start_errors, B_v)$$

$$total_time := stack(total_time, T_f(X, K_v, B_v, M_1))$$

4. Экспоненциальный закон, $n = 30$

$$L_m := L_1 = 30 \quad law := \text{“Экспоненциальный закон”}$$

$$X := sort(Y_e(runif(L_m, 0, 1)))$$

$$print_vector(X) = \begin{bmatrix} 0.172 & 1.707 & 1.718 & 1.75 & 1.808 & 2.154 & 2.847 & 3.022 & 3.621 & 4.192 \\ 5.104 & 5.484 & 5.576 & 5.92 & 6.099 & 6.324 & 6.913 & 7.851 & 8.285 & 8.285 \\ 11.581 & 12.515 & 13.755 & 15.579 & 16.296 & 19.641 & 21.735 & 22.078 & 35.937 & 64.258 \end{bmatrix}$$

Проверка существования максимума

$$A_v := A(X) = 23.308$$

$$check(X) = \text{“Существует”}$$

Поиск для $m \geq n+1$:

$$M := \text{range} \left(L_m + 1, L_m + L_S + 1, 1 \right) \quad M^T = [31 \ 32 \ 33 \ 34 \ 35 \ 36]$$

$$f_n \left(M, L_m \right)^T = [3.995 \ 3.027 \ 2.558 \ 2.255 \ 2.035 \ 1.863]$$

$$g_n \left(M, A_v, L_m \right)^T = [3.9 \ 3.451 \ 3.095 \ 2.806 \ 2.566 \ 2.364]$$

$$D := d_n \left(M, A_v, L_m \right) \quad D^T = [0.095 \ 0.424 \ 0.537 \ 0.55 \ 0.531 \ 0.5]$$

$$m := \text{min_index} \left(D, M_0 \right) = 31$$

$$B_v := B(m) = 30$$

$$K_v := K(B_v, X) = 0.012$$

Среднее время:

$$M_1 := \text{range} \left(M_0, B_v, 1 \right) \quad M_1^T = [\text{“Не срослось, } b < a \text{”}]$$

$$X_{n1} \left(K_v, B_v, M_1 \right)^T = [\text{“В MathCAD не поддерживаются пустые векторы”}]$$

Время до завершения тестирования:

$$T \left(K_v, B_v, M_1 \right) = 0$$

Полное время:

$$T_f \left(X, K_v, B_v, M_1 \right) = 322.207$$

$$\text{method} := \text{stack}(\text{method}, \text{law})$$

$$\text{number} := \text{stack}(\text{number}, L_m)$$

$$\text{start_errors} := \text{stack}(\text{start_errors}, B_v)$$

$$\text{total_time} := \text{stack}(\text{total_time}, T_f(X, K_v, B_v, M_1))$$

5. Экспоненциальный закон, $n = 24$

$$L_m := L_2 = 24$$

$$X := \text{sort} \left(Y_e \left(\text{runif}(L_m, 0, 1) \right) \right)$$

$$\text{print_vector}(X) = \begin{bmatrix} [0.71 \ 1.114 \ 1.569 \ 3.627 \ 4.642 \ 4.651 \ 4.704 \ 5.03 \ 5.145 \ 5.368] \\ [5.696 \ 5.885 \ 6.849 \ 7.043 \ 7.821 \ 7.949 \ 8.899 \ 14.153 \ 14.814 \ 16.61] \\ [16.913 \ 17.239 \ 23.277 \ 23.602] \end{bmatrix}$$

Проверка существования максимума

$$A_v := A(X) = 17.195$$

$$\text{check}(X) = \text{“Существует”}$$

Поиск для $m \geq n+1$:

$$M := \text{range} \left(L_m + 1, L_m + L_S + 1, 1 \right) \quad M^T = [25 \ 26 \ 27 \ 28 \ 29 \ 30]$$

—

$$f_n(M, L_m)^T = [3.776 \ 2.816 \ 2.354 \ 2.058 \ 1.844 \ 1.678]$$

$$g_n(M, A_v, L_m)^T = [3.075 \ 2.726 \ 2.448 \ 2.221 \ 2.033 \ 1.874]$$

$$D := d_n(M, A_v, L_m) \quad D^T = [0.701 \ 0.09 \ 0.093 \ 0.163 \ 0.189 \ 0.196]$$

$$m := \min_index(D, M_0) = 26$$

$$B_v := B(m) = 25$$

$$K_v := K(B_v, X) = 0.013$$

Среднее время:

$$M_1 := range(M_0, B_v, 1) \quad M_1^T = [25]$$

$$X_{n1}(K_v, B_v, M_1)^T = [78.26]$$

Время до завершения тестирования:

$$T(K_v, B_v, M_1) = 78.26$$

Полное время:

$$T_f(X, K_v, B_v, M_1) = 291.566$$

$$method := stack(method, law)$$

$$number := stack(number, L_m)$$

$$start_errors := stack(start_errors, B_v)$$

$$total_time := stack(total_time, T_f(X, K_v, B_v, M_1))$$

6. Экспоненциальный закон, n = 18

$$L_m := L_3 = 18$$

$$X := \text{sort}(Y_e(\text{runif}(L_m, 0, 1)))$$

$$print_vector(X) = \begin{bmatrix} [0.926 \ 1.611 \ 2.175 \ 3.001 \ 3.179 \ 4.038 \ 4.447 \ 4.774 \ 5.516 \ 6.068] \\ [7.645 \ 8.941 \ 11.551 \ 11.848 \ 18.651 \ 18.796 \ 22.203 \ 25.339] \end{bmatrix}$$

Проверка существования максимума

$$A_v := A(X) = 13.465$$

$$check(X) = \text{“Существует”}$$

Поиск для m ≥ n+1:

$$M := range(L_m + 1, L_m + L_S + 1, 1) \quad M^T = [19 \ 20 \ 21 \ 22 \ 23 \ 24]$$

$$f_n(M, L_m)^T = [3.495 \ 2.548 \ 2.098 \ 1.812 \ 1.607 \ 1.451]$$

--

$$g_n(M, A_v, L_m)^T = [3.252 \ 2.754 \ 2.389 \ 2.109 \ 1.888 \ 1.709]$$

$$D := d_n(M, A_v, L_m) \quad D^T = [0.243 \ 0.207 \ 0.291 \ 0.297 \ 0.28 \ 0.258]$$

$$m := \min_index(D, M_0) = 20$$

$$B_v := B(m) = 19$$

$$K_v := K(B_v, X) = 0.017$$

Среднее время:

$$M_1 := range(M_0, B_v, 1) \quad M_1^T = [19]$$

$$X_{n1}(K_v, B_v, M_1)^T = [58.348]$$

Время до завершения тестирования:

$$T(K_v, B_v, M_1) = 58.348$$

Полное время:

$$T_f(X, K_v, B_v, M_1) = 219.057$$

$$method := stack(method, law)$$

$$number := stack(number, L_m)$$

$$start_errors := stack(start_errors, B_v)$$

$$total_time := stack(total_time, T_f(X, K_v, B_v, M_1))$$

7. Релеевский закон, n = 30

$$L_m := L_1 = 30$$

$$law := \text{“Релеевский закон”}$$

$$X := \text{sort}(Y_r(\text{runif}(L_m, 0, 1)))$$

$$print_vector(X) = \begin{bmatrix} 2.408 & 2.517 & 3.268 & 4.163 & 4.339 & 4.936 & 5.567 & 6.106 & 6.236 & 6.917 \\ 7.256 & 7.375 & 7.959 & 8.003 & 8.71 & 9.294 & 9.463 & 9.521 & 11.127 & 12.413 \\ 13.775 & 14.898 & 16.11 & 16.245 & 16.992 & 17.144 & 18.337 & 19.212 & 21.41 & 25.627 \end{bmatrix}$$

Проверка существования максимума

$$A_v := A(X) = 20.245$$

$$check(X) = \text{“Существует”}$$

Поиск для m ≥ n+1:

$$M := range(L_m + 1, L_m + L_S + 1, 1) \quad M^T = [31 \ 32 \ 33 \ 34 \ 35 \ 36]$$

$$f_n(M, L_m)^T = [3.995 \ 3.027 \ 2.558 \ 2.255 \ 2.035 \ 1.863]$$

$$g_n(M, A_v, L_m)^T = [2.789 \ 2.552 \ 2.352 \ 2.181 \ 2.033 \ 1.904]$$

$$D := d_n(M, A_v, L_m) \quad D^T = [1.206 \ 0.475 \ 0.207 \ 0.075 \ 0.002 \ 0.041]$$

$$m := \min_index(D, M_0) = 35$$

$$B_v := B(m) = 34$$

$$K_v := K(B_v, X) = 0.006$$

Среднее время:

$$M_1 := range(M_0, B_v, 1) \quad M_1^T = [31 \ 32 \ 33 \ 34]$$

$$X_{n1}(K_v, B_v, M_1)^T = [39.019 \ 52.026 \ 78.038 \ 156.077]$$

Время до завершения тестирования:

$$T(K_v, B_v, M_1) = 325.16$$

Полное время:

$$T_f(X, K_v, B_v, M_1) = 642.487$$

$$method := stack(method, law)$$

$$number := stack(number, L_m)$$

$$start_errors := stack(start_errors, B_v)$$

$$total_time := stack(total_time, T_f(X, K_v, B_v, M_1))$$

8. Релеевский закон, n = 24

$$L_m := L_2 = 24$$

$$X := sort(Y_r(\text{runif}(L_m, 0, 1)))$$

$$print_vector(X) = \begin{bmatrix} 3.764 & 4.32 & 5.224 & 5.308 & 5.372 & 6.155 & 6.462 & 6.65 & 8.438 & 8.774 \\ 9.061 & 10.794 & 11.318 & 11.418 & 11.735 & 12.221 & 12.689 & 13.973 & 15.087 & 15.727 \\ 15.964 & 16.11 & 18.643 & 23.244 \end{bmatrix}$$

Проверка существования максимума

$$A_v := A(X) = 15.584$$

$$check(X) = \text{“Существует”}$$

Поиск для m ≥ n+1:

$$M := range(L_m + 1, L_m + L_S + 1, 1) \quad M^T = [25 \ 26 \ 27 \ 28 \ 29 \ 30]$$

$$f_n(M, L_m)^T = [3.776 \ 2.816 \ 2.354 \ 2.058 \ 1.844 \ 1.678]$$

$$g_n(M, A_v, L_m)^T = [2.549 \ 2.304 \ 2.102 \ 1.933 \ 1.789 \ 1.665]$$

$$D := d_n(M, A_v, L_m) \quad D^T = [1.227 \ 0.512 \ 0.252 \ 0.125 \ 0.055 \ 0.014]$$

$$m := \min_index(D, M_0) = 30$$

$$B_v := B(m) = 29$$

$$K_v := K(B_v, X) = 0.006$$

Среднее время:

$$M_1 := \text{range}(M_0, B_v, 1) \quad M_1^T = [25 \ 26 \ 27 \ 28 \ 29]$$
$$X_{n1}(K_v, B_v, M_1)^T = [31.049 \ 38.811 \ 51.748 \ 77.622 \ 155.243]$$

Время до завершения тестирования:

$$T(K_v, B_v, M_1) = 354.473$$

Полное время:

$$T_f(X, K_v, B_v, M_1) = 612.924$$
$$\text{method} := \text{stack}(\text{method}, \text{law})$$
$$\text{number} := \text{stack}(\text{number}, L_m)$$
$$\text{start_errors} := \text{stack}(\text{start_errors}, B_v)$$
$$\text{total_time} := \text{stack}(\text{total_time}, T_f(X, K_v, B_v, M_1))$$

9. Реелевский закон, n = 18

$$L_m := L_3 = 18$$
$$X := \text{sort}(Y_r(\text{runif}(L_m, 0, 1)))$$
$$\text{print_vector}(X) = \begin{bmatrix} 2.662 & 3.011 & 3.834 & 6.844 & 8.849 & 8.958 & 9.074 & 9.086 & 10.849 & 10.85 \\ 11.809 & 13.147 & 13.727 & 13.746 & 15.678 & 17.371 & 19.341 & 19.777 \end{bmatrix}$$

Проверка существования максимума

$$A_v := A(X) = 11.804$$
$$\text{check}(X) = \text{“Существует”}$$

Поиск для $m \geq n+1$:

$$M := \text{range}(L_m + 1, L_m + L_s + 1, 1) \quad M^T = [19 \ 20 \ 21 \ 22 \ 23 \ 24]$$
$$f_n(M, L_m)^T = [3.495 \ 2.548 \ 2.098 \ 1.812 \ 1.607 \ 1.451]$$
$$g_n(M, A_v, L_m)^T = [2.501 \ 2.196 \ 1.957 \ 1.765 \ 1.608 \ 1.476]$$
$$D := d_n(M, A_v, L_m) \quad D^T = [0.994 \ 0.352 \ 0.14 \ 0.047 \ 1.819 \cdot 10^{-4} \ 0.025]$$
$$m := \text{min_index}(D, M_0) = 23$$
$$B_v := B(m) = 22$$
$$K_v := K(B_v, X) = 0.008$$

Среднее время:

$$M_1 := \text{range}(M_0, B_v, 1) \quad M_1^T = [19 \ 20 \ 21 \ 22]$$
$$X_{n1}(K_v, B_v, M_1)^T = [30.885 \ 41.18 \ 61.77 \ 123.541]$$

Время до завершения тестирования:

$$T(K_v, B_v, M_1) = 257.377$$

Полное время:

$$\begin{aligned} T_f(X, K_v, B_v, M_1) &= 455.989 \\ method &:= \text{stack}(method, law) \\ number &:= \text{stack}(number, L_m) \\ start_errors &:= \text{stack}(start_errors, B_v) \\ total_time &:= \text{stack}(total_time, T_f(X, K_v, B_v, M_1)) \end{aligned}$$

10. Результаты

```
results := augment(method, number, start_errors, total_time)
head := ["Закон" "n" "Начальное число ошибок" "Общее время"]
```

```
out := stack(head, results)
```

$$out = \begin{bmatrix} \text{"Закон"} & \text{"n"} & \text{"Начальное число ошибок"} & \text{"Общее время"} \\ \text{"Равномерный закон"} & 30 & 33 & 530.997 \\ \text{"Равномерный закон"} & 24 & 29 & 552.885 \\ \text{"Равномерный закон"} & 18 & 21 & 412.56 \\ \text{"Экспоненциальный закон"} & 30 & 30 & 322.207 \\ \text{"Экспоненциальный закон"} & 24 & 25 & 291.566 \\ \text{"Экспоненциальный закон"} & 18 & 19 & 219.057 \\ \text{"Релеевский закон"} & 30 & 34 & 642.487 \\ \text{"Релеевский закон"} & 24 & 29 & 612.924 \\ \text{"Релеевский закон"} & 18 & 22 & 455.989 \end{bmatrix}$$

Релеевский закон показал худшие результаты по обоим показателям, лучшие результаты показал экспоненциальный закон. Это должно согласоваться с предположением об экспоненциальном характере распределения времени до следующего отказа программы

Тем не менее, из-за небольшого объема выборки результаты нестабильные и сильно изменяются при пересчёте файла, что не позволяет сделать однозначный вывод из вышеописанного эксперимента.

Для выполнения задания использована среда РТС MathCAD Prime 6.0.