

**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.  
Кирияничков 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

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

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

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

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

$$\text{print\_vector}(X) = \begin{bmatrix} 0.086 & 0.144 & 0.622 & 1.603 & 1.645 & 1.709 & 2.856 & 3.436 & 4.373 & 4.447 \\ 4.811 & 5.499 & 5.845 & 7.351 & 8.71 & 10.603 & 11.533 & 11.711 & 12.031 & 12.89 \\ 13.68 & 13.83 & 14.558 & 15.517 & 16.221 & 17.101 & 18.045 & 18.053 & 18.958 & 19.635 \end{bmatrix}$$

Проверка существования максимума

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

$$A_v := A(X) = 21.37$$

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

Поиск для m >= n+1:

$$L_S := 5 \quad \begin{bmatrix} 31 \\ 32 \\ 33 \\ 34 \\ 35 \\ 36 \end{bmatrix}$$

$$f_n(m, n) := \sum_{i=1}^n \frac{1}{m-i} \quad g_n(m, A, n) := \frac{n}{m-A} \quad M := L_m + 1 \dots L_m + L_S + 1 =$$

$$d_n(m, A, n) := \overline{f_n(m, n) - g_n(m, A, n)}$$

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

$$g_n(M, A_v, L_m)^T = [3.115 \quad 2.822 \quad 2.58 \quad 2.375 \quad 2.201 \quad 2.051]$$

$$D := d_n(M, A_v, L_m) \quad D^T = [0.88 \quad 0.205 \quad 0.021 \quad 0.12 \quad 0.166 \quad 0.187]$$

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

$$\begin{aligned}
 m &:= \min\_index(D, M_0) = 33 & range(a, b, s) &:= \text{if } b \geq a \\
 B(m) &:= m - 1 & & \left\| \begin{array}{l} \text{for } i \in a, a+s..b \\ \left\| \begin{array}{l} r_{\frac{i}{s}-a} \leftarrow i \end{array} \right. \\ \text{return } r \end{array} \right. \\
 B_v &:= B(m) & & \left\| \text{else} \right. \\
 K(B, X) &:= \frac{\text{length}(X)}{(B+1) \sum_{i=1}^{\text{length}(X)} X_{i-1} - \sum_{i=1}^{\text{length}(X)} i \cdot X_{i-1}} & & \left\| [ \text{“Не срослось, } b < a \text{”} ] \right.
 \end{aligned}$$

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

Среднее время:

$$\begin{aligned}
 X_{n1}(K, B, n) &:= \text{try} \\
 &\left\| \frac{1}{K \cdot (B - n + 1)} \right. \\
 &\text{on error} \\
 &\left\| [ \text{“В MathCAD не поддерживаются пустые векторы”} ] \right. \\
 M_1 &:= range(M_0, B_v, 1) \\
 X_{n1}(K_v, B_v, M_1)^T &= [53.789 \quad 107.578]
 \end{aligned}$$

Время до завершения тестирования:

$$\begin{aligned}
 T(K, B, N) &:= \text{try} \\
 &\left\| \sum_{i=0}^{\text{length}(N)-1} X_{n1}(K, B, N_i) \right. \\
 &\text{on error} \\
 &\left\| 0 \right. \\
 T(K_v, B_v, M_1) &= 161.368
 \end{aligned}$$

Полное время:

$$\begin{aligned}
 T_f(X, K, B, N) &:= \sum_{i=0}^{\text{length}(X)-1} X_i + T(K, B, N) \\
 T_f(X, K_v, B_v, M_1) &= 438.872 \\
 method &:= [law] \\
 number &:= [L_m] \\
 start\_errors &:= [B_v] \\
 total\_time &:= [T_f(X, K_v, B_v, M_1)]
 \end{aligned}$$

## 2. Равномерный закон, n = 24

$$\begin{aligned}
 L_m &:= L_2 = 24 \\
 X &:= \text{sort}(\text{runif}(L_m, X_{umin}, X_{umax})) \\
 &\quad [0.076 \quad 0.772 \quad 1.406 \quad 2.281 \quad 3.016 \quad 3.07 \quad 3.786 \quad 3.913 \quad 3.953 \quad 4.213]
 \end{aligned}$$

$$print\_vector(X) = \begin{bmatrix} [5.106 & 6.223 & 7.005 & 11.391 & 11.571 & 11.815 & 12.086 & 12.887 & 12.911 & 15.905] \\ [17.707 & 18.183 & 18.426 & 18.86] \end{bmatrix}$$

Проверка существования максимума

$$A_v := A(X) = 17.317$$

$$check(X) = \text{“Существует”}$$

Поиск для  $m \geq n+1$ :

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

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

$$g_n(M, A_v, L_m)^T = [3.124 \ 2.764 \ 2.479 \ 2.247 \ 2.054 \ 1.892]$$

$$D := d_n(M, A_v, L_m) \quad D^T = [0.652 \ 0.052 \ 0.124 \ 0.189 \ 0.211 \ 0.214]$$

$$m := min\_index(D, M_0) = 26$$

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

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

Среднее время:

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

$$X_{n1}(K_v, B_v, M_1)^T = [74.728]$$

Время до завершения тестирования:

$$T(K_v, B_v, M_1) = 74.728$$

Полное время:

$$T_f(X, K_v, B_v, M_1) = 281.289$$

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

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

$$start\_errors := stack(start\_errors, B_v)$$

$$total\_time := stack(total\_time, T_f(X, K_v, B_v, M_1))$$

### 3. Равномерный закон, $n = 18$

$$L_m := L_3 = 18$$

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

$$print\_vector(X) = \begin{bmatrix} [0.993 \ 3.707 \ 5.204 \ 7.071 \ 7.762 \ 7.834 \ 7.871 \ 7.931 \ 8.826 \ 11.489] \\ [11.844 \ 12.547 \ 14.569 \ 14.788 \ 14.907 \ 17.906 \ 18.077 \ 18.989] \end{bmatrix}$$

Проверка существования максимума

$$A_v := A(X) = 11.894$$

$$check(X) = \text{“Существует”}$$

Поиск для  $m \geq n+1$ :

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

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

$$g_n(M, A_v, L_m)^T = [2.533 \ 2.221 \ 1.977 \ 1.781 \ 1.621 \ 1.487]$$

$$D := d_n(M, A_v, L_m) \quad D^T = [0.962 \ 0.327 \ 0.121 \ 0.031 \ 0.013 \ 0.036]$$

$$m := min\_index(D, M_0) = 23$$

$$B_v := B(m) = 22$$

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

Среднее время:

$$M_1 := range(M_0, B_v, 1) \quad M_1^T = [19 \ 20 \ 21 \ 22]$$

$$X_{n1}(K_v, B_v, M_1)^T = [29.664 \ 39.551 \ 59.327 \ 118.654]$$

Время до завершения тестирования:

$$T(K_v, B_v, M_1) = 247.197$$

Полное время:

$$T_f(X, K_v, B_v, M_1) = 439.513$$

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

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

$$start\_errors := stack(start\_errors, B_v)$$

$$total\_time := stack(total\_time, T_f(X, K_v, B_v, M_1))$$

#### 4. Экспоненциальный закон, $n = 30$

$$L_m := L_1 = 30$$

$$law := \text{“Экспоненциальный закон”}$$

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

$$print\_vector(X) = \begin{bmatrix} [1.712 \ 3.176 \ 3.217 \ 3.653 \ 3.745 \ 3.85 \ 3.858 \ 4.233 \ 4.234 \ 5.01] \\ [7.243 \ 7.678 \ 8.213 \ 9.136 \ 9.886 \ 10.001 \ 11.693 \ 11.801 \ 15.489 \ 15.942] \\ [16.086 \ 17.746 \ 19.471 \ 22.127 \ 23.196 \ 25.312 \ 26.903 \ 29.961 \ 30.027 \ 35.823] \end{bmatrix}$$

Проверка существования максимума

$$A_v := A(X) = 21.562$$

$$check(X) = \text{“Существует”}$$

Поиск для  $m \geq n+1$ :

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

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

$$g_n(M, A_v, L_m)^T = [3.179 \ 2.874 \ 2.623 \ 2.412 \ 2.232 \ 2.078]$$

$$D := d_n(M, A_v, L_m) \quad D^T = [0.816 \ 0.153 \ 0.064 \ 0.156 \ 0.198 \ 0.214]$$

$$m := min\_index(D, M_0) = 33$$

$$B_v := B(m) = 32$$

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

Среднее время:

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

$$X_{n1}(K_v, B_v, M_1)^T = [74.428 \ 148.856]$$

Время до завершения тестирования:

$$T(K_v, B_v, M_1) = 223.284$$

Полное время:

$$T_f(X, K_v, B_v, M_1) = 613.706$$

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

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

$$start\_errors := stack(start\_errors, B_v)$$

$$total\_time := stack(total\_time, T_f(X, K_v, B_v, M_1))$$

## 5. Экспоненциальный закон, $n = 24$

$$L_m := L_2 = 24$$

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

$$print\_vector(X) = \begin{bmatrix} [1.121 \ 1.331 \ 1.394 \ 1.467 \ 1.532 \ 2.317 \ 2.483 \ 2.601 \ 3.208 \ 3.964] \\ [4.727 \ 4.917 \ 5.192 \ 5.266 \ 5.635 \ 6.244 \ 9.115 \ 9.386 \ 10.742 \ 11.828] \\ [29.284 \ 34.721 \ 36.223 \ 45.823] \end{bmatrix}$$

Проверка существования максимума

$$A_v := A(X) = 19.354$$

$$check(X) = \text{“Существует”}$$

Поиск для  $m \geq n+1$ :

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

—



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

$$g_n(M, A_v, L_m)^T = [4.251 \ 3.611 \ 3.139 \ 2.776 \ 2.488 \ 2.254]$$

$$D := d_n(M, A_v, L_m) \quad D^T = [0.475 \ 0.795 \ 0.784 \ 0.718 \ 0.644 \ 0.576]$$

$$m := \min\_index(D, M_0) = 25$$

$$B_v := B(m) = 24$$

$$K_v := K(B_v, X) = 0.018$$

Среднее время:

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

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

Время до завершения тестирования:

$$T(K_v, B_v, M_1) = 0$$

Полное время:

$$T_f(X, K_v, B_v, M_1) = 240.522$$

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

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

$$start\_errors := stack(start\_errors, B_v)$$

$$total\_time := stack(total\_time, T_f(X, K_v, B_v, M_1))$$

## 6. Экспоненциальный закон, n = 18

$$L_m := L_3 = 18$$

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

$$print\_vector(X) = \begin{bmatrix} [0.05 \ 1.563 \ 1.639 \ 1.756 \ 2.264 \ 2.381 \ 3.37 \ 4.344 \ 4.641 \ 4.83] \\ [7.487 \ 11.793 \ 12.91 \ 13.836 \ 16.226 \ 16.509 \ 17.479 \ 25.071] \end{bmatrix}$$

Проверка существования максимума

$$A_v := A(X) = 13.706$$

$$check(X) = \text{“Существует”}$$

Поиск для  $m \geq n+1$ :

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

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

---

$$g_n(M, A_v, L_m)^T = [3.4 \ 2.86 \ 2.468 \ 2.17 \ 1.937 \ 1.749]$$

$$D := d_n(M, A_v, L_m) \quad D^T = [0.095 \ 0.312 \ 0.37 \ 0.358 \ 0.329 \ 0.298]$$

$$m := \min\_index(D, M_0) = 19$$

$$B_v := B(m) = 18$$

$$K_v := K(B_v, X) = 0.023$$

Среднее время:

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

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

Время до завершения тестирования:

$$T(K_v, B_v, M_1) = 0$$

Полное время:

$$T_f(X, K_v, B_v, M_1) = 148.151$$

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

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

$$start\_errors := stack(start\_errors, B_v)$$

$$total\_time := stack(total\_time, T_f(X, K_v, B_v, M_1))$$

## 7. Релеевский закон, n = 30

$$L_m := L_1 = 30$$

$$law := \text{“Релеевский закон”}$$

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

$$print\_vector(X) = \begin{bmatrix} 1.94 & 3.423 & 4.189 & 4.322 & 4.337 & 4.905 & 5.733 & 6.629 & 6.767 & 7.326 \\ 7.493 & 7.507 & 8.941 & 10.249 & 10.427 & 10.616 & 11.262 & 11.529 & 12.535 & 13.131 \\ 13.664 & 13.682 & 15.533 & 17.528 & 17.563 & 17.661 & 19.329 & 21.985 & 24.481 & 30.022 \end{bmatrix}$$

Проверка существования максимума

$$A_v := A(X) = 20.271$$

$$check(X) = \text{“Существует”}$$

Поиск для  $m \geq n+1$ :

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

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

$$g_n(M, A_v, L_m)^T = [2.796 \ 2.558 \ 2.357 \ 2.185 \ 2.037 \ 1.907]$$

$$D := d_n(M, A_v, L_m) \quad D^T = [1.199 \ 0.47 \ 0.202 \ 0.07 \ 0.002 \ 0.044]$$

$$m := \min\_index(D, M_0) = 35$$

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

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

Среднее время:

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

$$X_{n1}(K_v, B_v, M_1)^T = [42.311 \ 56.414 \ 84.621 \ 169.243]$$

Время до завершения тестирования:

$$T(K_v, B_v, M_1) = 352.589$$

Полное время:

$$T_f(X, K_v, B_v, M_1) = 697.3$$

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

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

$$start\_errors := stack(start\_errors, B_v)$$

$$total\_time := stack(total\_time, T_f(X, K_v, B_v, M_1))$$

## 8. Релеевский закон, n = 24

$$L_m := L_2 = 24$$

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

$$print\_vector(X) = \begin{bmatrix} 1.417 & 3.39 & 5.705 & 6.599 & 6.917 & 6.974 & 7.372 & 7.457 & 7.806 & 7.981 \\ 8.52 & 8.742 & 8.771 & 9.922 & 10.369 & 11.71 & 12.402 & 13.465 & 15.472 & 15.559 \\ 15.909 & 19.683 & 21.993 & 22.586 \end{bmatrix}$$

Проверка существования максимума

$$A_v := A(X) = 15.804$$

$$L_S := 8 \quad - \text{Поставить дистанцию поиска побольше}$$

$$check(X) = \text{“Существует”}$$

Поиск для  $m \geq n+1$ :

$$M := range(L_m + 1, L_m + L_S + 1, 1) \quad M^T = [25 \ 26 \ 27 \ 28 \ 29 \ 30 \ 31 \ 32 \ 33]$$

$$f_n(M, L_m)^T = [3.776 \ 2.816 \ 2.354 \ 2.058 \ 1.844 \ 1.678 \ 1.545 \ 1.434 \ 1.341]$$

$$g_n(M, A_v, L_m)^T = [2.61 \ 2.354 \ 2.144 \ 1.968 \ 1.819 \ 1.691 \ 1.579 \ 1.482 \ 1.396]$$

$$D := d_n(M, A_v, L_m) \quad D^T = [1.166 \ 0.462 \ 0.211 \ 0.09 \ 0.025 \ 0.012 \ 0.034 \ 0.047 \ 0.055]$$

$$m := \min\_index(D, M_0) = 30$$

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

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

Среднее время:

$$M_1 := \text{range}(M_0, B_v, 1) \quad M_1^T = [25 \ 26 \ 27 \ 28 \ 29]$$
$$X_{n1}(K_v, B_v, M_1)^T = [30.37 \ 37.962 \ 50.616 \ 75.924 \ 151.848]$$

Время до завершения тестирования:

$$T(K_v, B_v, M_1) = 346.719$$

Полное время:

$$T_f(X, K_v, B_v, M_1) = 603.44$$
$$\text{method} := \text{stack}(\text{method}, \text{law})$$
$$\text{number} := \text{stack}(\text{number}, L_m)$$
$$\text{start\_errors} := \text{stack}(\text{start\_errors}, B_v)$$
$$\text{total\_time} := \text{stack}(\text{total\_time}, T_f(X, K_v, B_v, M_1))$$

### 9. Реелевский закон, n = 18

$$L_m := L_3 = 18$$
$$X := \text{sort}(Y_r(\text{runif}(L_m, 0, 1)))$$
$$\text{print\_vector}(X) = \begin{bmatrix} 0.716 & 1.195 & 2.805 & 5.363 & 6.34 & 7.162 & 7.541 & 7.697 & 7.755 & 7.778 \\ 8.201 & 8.663 & 9.344 & 9.519 & 10.114 & 10.162 & 13.283 & 13.389 \end{bmatrix}$$

Проверка существования максимума

$$A_v := A(X) = 11.674$$
$$\text{check}(X) = \text{“Существует”}$$

Поиск для m ≥ n+1:

$$M := \text{range}(L_m + 1, L_m + L_s + 1, 1) \quad M^T = [19 \ 20 \ 21 \ 22 \ 23 \ 24 \ 25 \ 26 \ 27]$$
$$f_n(M, L_m)^T = [3.495 \ 2.548 \ 2.098 \ 1.812 \ 1.607 \ 1.451 \ 1.326 \ 1.223 \ 1.137]$$
$$g_n(M, A_v, L_m)^T = [2.457 \ 2.162 \ 1.93 \ 1.743 \ 1.589 \ 1.46 \ 1.351 \ 1.256 \ 1.174]$$
$$D := d_n(M, A_v, L_m) \quad D^T = [1.038 \ 0.386 \ 0.168 \ 0.069 \ 0.018 \ 0.009 \ 0.025 \ 0.033 \ 0.038]$$
$$m := \text{min\_index}(D, M_0) = 24$$
$$B_v := B(m) = 23$$
$$K_v := K(B_v, X) = 0.011$$

Среднее время:

$$M_1 := \text{range}(M_0, B_v, 1) \quad M_1^T = [19 \ 20 \ 21 \ 22 \ 23]$$
$$X_{n1}(K_v, B_v, M_1)^T = [18.767 \ 23.459 \ 31.279 \ 46.918 \ 93.837]$$

Время до завершения тестирования:

$$T(K_v, B_v, M_1) = 214.26$$

Полное время:

$$\begin{aligned} T_f(X, K_v, B_v, M_1) &= 351.288 \\ method &:= \text{stack}(method, law) \\ number &:= \text{stack}(number, L_m) \\ start\_errors &:= \text{stack}(start\_errors, B_v) \\ total\_time &:= \text{stack}(total\_time, T_f(X, K_v, B_v, M_1)) \end{aligned}$$

## 10. Результаты

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

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

$$out = \begin{bmatrix} \begin{matrix} \text{“Закон”} & \text{“n”} & \text{“Начальное число ошибок”} & \text{“Общее время”} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{“Равномерный закон”} & 30 & 32 & 438.872 \\ \text{“Равномерный закон”} & 24 & 25 & 281.289 \\ \text{“Равномерный закон”} & 18 & 22 & 439.513 \\ \text{“Экспоненциальный закон”} & 30 & 32 & 613.706 \\ \text{“Экспоненциальный закон”} & 24 & 24 & 240.522 \\ \text{“Экспоненциальный закон”} & 18 & 18 & 148.151 \\ \text{“Релеевский закон”} & 30 & 34 & 697.3 \\ \text{“Релеевский закон”} & 24 & 29 & 603.44 \\ \text{“Релеевский закон”} & 18 & 23 & 351.288 \end{matrix} \end{bmatrix}$$

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.