МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени академика М.Д. Миллионщикова

Кафедра «Информационные технологии»

Э.М. Абубакарова, Л.С. Умарова

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Надежность и отказоустойчивость ИС»

Направление подготовки

09.03.02 Информационные системы и технологии

Направленность (профиль)

«Информационные системы и технологии»

Квалификация

бакалавр

Грозный 2023

Содержание

Введение

Цель курса «Надежность и отказоустойчивость информационных систем» -
ознакомить студентов с основными
методами определения и обеспечения показателей надежности автоматизированных систем, к числу которых относятся информационные системы.

В курсе рассматриваются методы расчета и повышения надежности автоматизированных систем и их элементов, а также экономические аспекты и организационные вопросы обеспечения их надежности и качества. Основное внимание сосредоточено на исследовании надежности сложных систем, к числу которых относятся информационные системы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1
по дисциплине «Надежность и отказоустойчивость ИС»
Тема: Потоки событий. Вероятность наступления событий.

Поток событий – это последовательность однородных событий, следующих одно за другим в случайные моменты времени.

При рассмотрении процессов, протекающих в системе с дискретными состояниями и непрерывным временем, часто бывает удобно представить процесс так, как будто переходы системы из состояния в состояние происходят под действием каких-то потоков событий. Поэтому имеет смысл рассмотреть подробнее потоки событий и их свойства.

Будем изображать поток событий последовательностью точек на оси времени Ot, причем положение каждой точки на оси абсцисс случайно (рис. 1.). На рисунке изображена лишь одна из реализаций потока. τ_i – интервал между событиями, случайная величина.

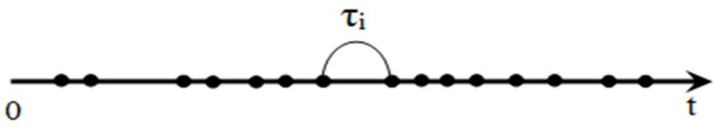

Рисунок 1 – поток случайных событий

Интенсивность потока событий λ – это среднее число событий, приходящееся на единицу времени.

Поток событий называется ***регулярным***, если события следуют одно за другим через строго определенные промежутки времени.

Стационарность – однородность по времени, т.е. среднее число событий в единицу времени – величина постоянная.

Поток событий называется ***стационарным***, если вероятность попадания того или иного числа событий на участок времени длиной τ зависит только от длины участка и не зависит от того, где именно на оси Ot расположен этот участок.

Например, поток вызовов, поступающих на телефонную станцию с 12 до 13 часов является стационарным. Однако поток вызовов, поступающих в течение суток, не будет стационарным.

Ординарность – события в потоке приходят по одному, а не парами, тройками и т.д. Поток событий называется ***ординарным***, если вероятность попадания на элементарный участок двух или более событий пренебрежимо мала по сравнению с вероятностью попадания одного события. Например, поток клиентов, направляющихся в парикмахерскую ординарен.

Отсутствие последействия – события, образующие поток, появляются в последовательные моменты времени, независимо друг от друга. Поток событий называется ***потоком без последействия***, если для любых непересекающихся участков времени число событий, попадающих на один из них, не зависит от того, сколько событий попало на другой.

Например, поток пассажиров, входящих на станцию метро, является потоком без последействия, т.к. причины, обусловившие приход отдельного пассажира именно в данный момент, как правило, не связаны с причинами для других пассажиров.

Группа одновременно приходящих событий называется ***пакетом***. ***Простейший поток*** – поток, обладающий тремя свойствами – стационарный, без последействия, ординарный (стационарный пуассоновский поток). Интенсивность λ=const.

Нестационарный пуассоновский поток – поток событий, который не имеет последействия, ординарен, но не стационарен. Интенсивность зависит от времени $\lambda = \lambda(t)$.

Поток Пальма – поток с ограниченным последействием – поток событий, у которого промежутки времени между последовательными событиями $T_1, T_2, \ldots, T_i$ представляют собой независимые, одинаково распределенные случайные величины.

Простейший поток – это частный случай потока Пальма: в нем расстояния $T_1, T_2, \ldots, T_i$ представляют собой случайные величин ы,распределенные по одному и тому же показательному закону. Для простейшего потока с интенсивностью λ вероятность $p_k(t)$ наступления k событий за время t вычисляется по формуле 1.

$$p_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\ t}. \qquad (1)$$

В частности, вероятность того, что за время t не произойдет ни одного события (k=0), вычисляется по формуле 2.

$$p_0(t) = e^{-\ t}. \qquad (2)$$

Найдем распределение интервала времени T между двумя произвольными соседними событиями простейшего потока. В соответствии с формулой 2 вероятность того, что на участке времени длиной t не появится ни одного события, можно вычислить по формуле 3.

$$p(T \geq t) = \mathrm{e}^{-\ t}. \qquad (3)$$

Вероятность противоположного события, т.е. функция распределения случайной величины вычисляется по формуле 4.

$$F(t) = p(T < t) = 1 - \mathrm{e}^{-\ t}. \qquad (4)$$

Плотность вероятности случайной величины представляет собой производную ее функции распределения (формула 5).

$$f(t) = F'(t) = \lambda \cdot \mathrm{e}^{-\ t}. \qquad (5)$$

Распределение, заданное плотностью вероятности (5) или функцией распределения (4), является показательным (экспоненциальным). Таким образом, интервал времени между двумя соседними произвольными событиями простейшего потока имеет показательное распределение.

<u>Пример решения задачи</u>. Среднее число заказов такси, поступающих на диспетчерский пункт в одну минуту, равно трем. Найти вероятность того, чтоза 2 мин поступит: а) четыре вызова; б) менее четырех вызовов; в) не менее четырех вызовов.

Решение: по условию задачи λ=3.

а) по формуле 1 найдем $p_4(2) = \frac{(3\cdot 2)^4}{4!} \mathrm{e}^{-3\cdot 2} = \frac{1296}{24} \cdot 0{,}002 \approx 0{,}134.$

б) вероятность того, что поступит менее четырех вызовов, состоит из суммы вероятностей поступления одного вызова, двух, трех и вероятности отсутствия вызовов:

$$p_0(2) = \frac{(3\cdot 2)^0}{0!} \mathrm{e}^{-3\cdot 2} = \frac{1}{1} \cdot 0{,}002 \approx 0{,}002,$$

$$p_1(2) = \frac{(3\cdot 2)^1}{1!} \mathrm{e}^{-3\cdot 2} = \frac{6}{1} \cdot 0{,}002 \approx 0{,}015,$$

$$p_2(2) = \frac{(3\cdot 2)^2}{2!} \mathrm{e}^{-3\cdot 2} = \frac{36}{2} \cdot 0{,}002 \approx 0{,}045,$$

$$p_3(2) = \frac{(3\cdot 2)^3}{3!} \mathrm{e}^{-3\cdot 2} = \frac{216}{6} \cdot 0{,}002 \approx 0{,}089,$$

p=0,002+0,015+0,045+0,089=0,151.

в) вероятность того, что поступит не менее четырех вызовов – это вероятность того, что поступит 4 и более вызовов. Эту вероятность можно найти, зная вероятность поступления менее 4 вызовов:

$$p=1-0{,}151=0{,}849.$$

Самостоятельные задания:

1. Среднее число вызовов, поступающих на АТС в одну минуту, равно двум. Найти вероятность того, что за 4 мин поступит три вызова Потоквызовов предполагается простейшим.
2. Среднее число вызовов, поступающих на АТС в одну минуту, равно двум. Найти вероятность того, что за 4 мин поступит менее трех вызовов. Поток вызовов предполагается простейшим.
3. Сеанс дальней связи подводной лодки длится 45 секунд. При этом наблюдаются атмосферные помехи в среднем количестве 7 в час. Найти вероятность того, что за время сеанса помех не будет.

Привести скриншоты решения заданий.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2
по дисциплине «Надежность и отказоустойчивость ИС»

Тема: Объединение и разъединение простейших потоков

При объединении нескольких независимых простейших потоков образуется также простейший поток с параметром, равным сумме параметров исходных потоков. При разъединении поступающего простейшего потока с параметром λ на n направлений так, что каждое требование исходного потока с вероятностью p_i(Σp_i= 1) поступает на i -е направление, поток i -го направления также будет простейшим с параметром λp_i. Эти свойства простейшего потока широко используются на практике, поскольку значительно упрощают расчеты стационарного оборудования и информационных сетей.

При ***объединении*** двух простейших потоков образуется простейший поток с интенсивностью $\lambda_1+\lambda_2$. Тогда вероятность наступления *n* событий за время t вычисляется по формуле 10.

$$p_n(t) = \frac{((\lambda_1+\lambda_2)\cdot t)^n}{n!}\cdot e^{-(\ _1+\ _2)\cdot t}. \qquad (10)$$

При ***разъединении*** поступающего простейшего потока с интенсивностью λ на n направлений так, что каждое из событий исходного потока с вероятностью p_i ($\sum^n p_i = 1$) поступает на i-е направление, поток i- го направления также будет простейшим с интенсивностью (11).

$$\lambda_i = \lambda \cdot p_i.$$

<u>**Пример решения задачи.**</u> Поток машин, идущих по шоссе в одном направлении, представляет собой простейший поток с интенсивностью 8 машин в минуту. Шоссе имеет развилку в три направления. Вероятность движения машин в первом направлении равна 0,12, во втором – 0,68, в третьем – 0,20. Определить интенсивности движения автомобилей в каждом направлении.

Решение: при разъединении простейшего потока образуются три простейших потока, интенсивности которых можно вычислить по формуле 11:

$$\lambda_1 = \lambda \cdot p_1 = 8 \cdot 0{,}12 = 0{,}96,$$

$$\lambda_2 = \lambda \cdot p_2 = 8 \cdot 0{,}68 = 5{,}44,$$

$$\lambda_3 = \lambda \cdot p_3 = 8 \cdot 0{,}20 = 1{,}6.$$

Самостоятельные задания

1. Поток машин, идущих по шоссе в одном направлении, представляет собой простейший поток с интенсивностью 4 машины в минуту. Шоссе имеет развилку в два направления. Вероятность движения машин в первом направлении равна 0,12, а во втором - 0,88. Определить интенсивности движения автомобилей в обоих направлениях.
2. Поток машин, идущих по шоссе в одном направлении, представляет собой простейший поток с интенсивностью 7 машины в минуту. Шоссе имеет развилку в два направления. Вероятность движения машин в первом направлении равна 0,21, а во втором - 0,79. Определить интенсивности движения автомобилей в обоих направлениях.

   Привести скриншоты решения заданий.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3
по дисциплине «Надежность и отказоустойчивость ИС»
Тема: Потоки Эрланга.

Потоки Эрланга – потоки, которые образуются в результате «просеивания» простейших потоков. Рассмотрим на оси Ot простейший поток событий (рис. 1.) и сохраним в нем не все точки, а только каждую вторую, остальные выбросим.

Рисунок 1. – простейший поток событий

В результате такой операции «прореживания» или «просеивания» снова образуется новый поток событий (рис. 2), который называется потоком Эрланга второго порядка.

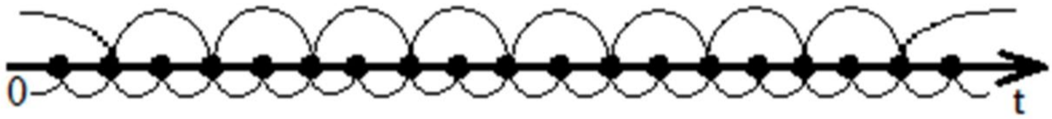

Рисунок 2. – поток Эрланга второго порядка

Поток Эрланга k-го порядка – поток, получающийся если в простейшем потоке сохранить каждую k-ю точку, а остальные выбросить.

Характеристики закона Эрланга (математическое ожидание, дисперсию и среднеквадратическое отклонение) можно найти по формулам 12, 13 и 14 соответственно.

$$m_t^{(k)} = \frac{k}{\lambda}, \tag{12}$$

$$D_t^{(k)} = \frac{k}{\lambda^2}, \tag{13}$$

$$\sigma_t^{(k)} = \frac{\sqrt{k}}{\lambda}. \tag{14}$$

Все характеристики выражены через интенсивность λ порождающего поток Эрланга простейшего потока. Обозначим λ_k – интенсивность потока Эрланга, которая связана с интенсивность λ порождающего поток Эрланга простейшего потока выражением (15).

$$\lambda_k = \frac{\lambda}{k}. \qquad (15)$$

Тогда по формулам 16-18 получим характеристики потока Эрланга, выраженные через интенсивность потока Эрланга.

$$m_t^{(k)} = \frac{1}{\lambda_k}, \qquad (16)$$

$$D_t^{(k)} = \frac{1}{k\lambda_k^2}, \qquad (17)$$

$$\sigma_t^{(k)} = \frac{1}{\sqrt{k}\lambda_k}. \qquad (18)$$

Плотность вероятности для потока Эрланга можно вычислить по формуле 19

$$f_k(t) = \frac{(k \cdot \lambda_k)^k}{(k-1)!} \cdot t^{k-1} \cdot e^{-k\lambda_k t}. \qquad (19)$$

<u>Пример решения задачи</u>. В результате статистической обработки интервалов времени между событиями в некотором потоке получены следующие характеристики: среднее значение интервала m_t=2 мин, среднее квадратическое отклонение интервала σ_t=0,9 мин. Требуется подобрать поток Эрланга, обладающий приблизительно теми же характеристиками, найти его интенсивность λ_k и порядок k.

Из формулы 6 выразим интенсивность потока Эрланга:

$$\lambda_k = \frac{1}{m_t} = \frac{1}{2} = 0.5\,\frac{\text{событий}}{\text{мин}}.$$

Поток Пальма с некоторыми приближениями можно заменить потоком Эрланга k-го порядка, где k можно выразить из формулы 18:

$$\sqrt{k}\lambda_k = \frac{1}{\sigma_t},$$

$$k = \left(\frac{1}{\lambda_k \sigma_t}\right)^2 = \frac{1}{\lambda_k^2 \sigma_t^2},$$

$$k = \frac{1}{0.5^2 \cdot 0.9^2} = 4.938.$$

Ближайшее целое k=5, значит, данный поток можно приближенно заменить потоком Эрланга 5-го порядка. По формуле 19 вычислим плотностьвероятности потока Эрланга 5-го порядка:

$$f_5(t) = \frac{(5 \cdot 0.5)^5}{4!} \cdot t^4 \cdot e^{-5 \cdot 0.5t} = 4.069 \cdot t^4 \cdot e^{-2.5t}$$

Самостоятельные задания

1. В результате обработки статистических данных по интервалам между событиями в потоке Пальма получены значения m_t=2 мин и σ_t=1,5мин. Подобрать порядок соответствующего потока Эрланга.
2. В результате обработки статистических данных по интервалам между событиями в потоке Пальма получены значения m_t=1 мин и σ_t=0,33мин. Подобрать порядок соответствующего потока Эрланга.

Привести скриншоты решения заданий.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

по дисциплине «Надежность и отказоустойчивость ИС»

Тема: Определение основных характеристик надежности невосстанавливаемых элементовинформационных систем

Ход работы:

a) сформулировать задачи в виде текста, то есть на естественном языке;

b) ввести обозначения и пояснения к ним, т.е. формализовать условия задачи;

c) описать решения в терминах принятых обозначений;

d) построить алгоритмы решения задач;

e) написать программу решения на алгоритмическом языке по полученной блок-схеме или использовать готовое приложение.

f) привести листинг рабочей программы и результаты решения (скриншоты).

Пример выполнения задания

Пункт (а). В системе одновременно эксплуатировалось 420 однотипных циф- ровых устройств. Известно, что через 100 часов отказало 30 устройств, а еще через следующие 100 часов отказало еще 38 устройств . Определить статистические веро- ятности безотказной работы и отказов через 100 и 200 часов, условную вероятность безотказной работы через 200 часов, при условии, что приборы проработали уже 100 часов, а также определить статистические значения плотности вероятности отказов через 100 и 200 часов.

Пункт (b). Введем следующие обозначения:

- $p^*(t)$ – статистическая вероятность безотказной работы через t часов;

-$q(t)$ – статистическая вероятность отказов через t часов;

- $p^*(t_i / t_j)$– условная вероятность безотказной работы через t_i часов при

условии, что приборы проработали безотказно уже t_j часов;

- $f^*(t)$ – статистическое значение плотности вероятности отказов через t часов;

- N – число поставленных на эксплуатацию приборов;

-$\Delta n(t)$ – число отказавших ко времени t приборов;

- $N(t)$ – число приборов, оставшихся работоспособными к моменту времени t.

Пункт (с) . Задача решается в соответствии со следующими выражениями

$$p^*(t)=\frac{N-N(t)}{N_t};q^*(t)=\frac{n(t)}{N};p^*(t_i/t_j)=\frac{p(t_i)}{p(t_i)};\ f^*(t)=\frac{\Delta n(t)}{N_t}.$$

Пункт (d). Построить и привести блок-схему алгоритма решения в соответствии с приведенной последовательностью применения формул

$$P^*(t=100)=\frac{N-N(t=100)}{N}=\frac{420-30}{420}=0.93,$$

$$P^*(t=200)=\frac{N-N(t=200)}{N}=\frac{420-30-38}{420}\approx 0.84,$$

$$q(t=100)=\frac{n(t=100)}{N}=0.07,$$

$$q(t=200)=1-p(t=200)=0.16,$$

$$f^*(t=200)=\frac{\Delta n(t=200)}{N(t=200)}=\frac{38}{420\cdot 200}\cong 4.5\cdot 10^{-4}(1/час).$$

Самостоятельные задания

1. В процессе эксплуатации велось наблюдение за 520 дисково- дами течении 2000 часов. Определить статистическую вероятность безотказной ра- боты этих устройств, если в течении указанного времени было зарегистрировано 64 отказа, причем 18 дисководов отказали в первые 380 часов.

2. Найти статистическое распределение плотности вероятности отказов и статистическую кривую интенсивности отказов 500 вентиляторов для ПЭВМ, испытанных на эксплуатационном режиме до полного отказа всех устройств. Отказы вентиляторов подсчитывались через каждые 100 часов. Результаты испытаний сведены в таблицу 3.1.

Таблица 3.1– Результаты испытаний

№ п/п	Δt_i в часах	Δn_j	№ п/п	Δt_i в часах	Δn_j
1	0-100	9	16	1500-1600	3
2	100-200	13	17	1600-1700	5
3	200-300	16	18	1700-1800	11

4	300-400	15	19	1800-1900	18
5	400-500	11	20	1900-2000	27
6	500-600	6	21	2000-2100	38
7	600-700	3	22	2100-2200	48
8	700-800	2	23	2200-2300	55
9	800-900	4	24	2300-2400	52
10	900-1000	3	25	2400-2500	46
11	1000-1100	2	26	2500-2600	42
12	1100-1200	5	27	2600-2700	31
13	1200-1300	3	28	2700-2800	15
14	1300-1400	3	29	2800-2900	7
15	1400-1500	4	30	2900-3000	3

Привести скриншоты решения задания

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5
по дисциплине «Надежность и отказоустойчивость ИС»
Тема: Определение показателейнадежности в период процесса эксплуатации систем

Ход работы:

a) сформулировать задачи в виде текста, то есть на естественном языке;

b) ввести обозначения и пояснения к ним, т.е. формализовать условия задачи;

c) описать решения в терминах принятых обозначений;

d) построить алгоритмы решения задач;

e) написать программу решения на алгоритмическом языке по полученной блок-схеме или использовать готовое приложение;
f) привести листинг рабочей программы и результаты решения (скриншоты)

Пример выполнения заданий

Пункт (a). В состав системы входит 3 блока, у которых период нормальной эксплуатации начинается одновременно. Эксплуатация системы начинается с момента начала периода нормальной эксплуатации. Интенсивности отказов блоков системы равны.

$$\lambda_1 = 3{,}03 * 10^{-3} 1/час,\ \lambda_2 = 3{,}13 * 10^{-3} 1/час,\ \lambda_3 = 2{,}97 * 10^{-3} 1/час.$$

Надежность системы можно характеризовать соотношением: $t_p / T = 0.58$

Необходимо определить ресурс системы.
Пункт (b). Введем следующие обозначения:
– $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3,$ – интенсивности отказов блоков 1,2 и 3 соответственно;

– T– среднее время безотказной работы системы;

– t_p – ресурс системы.

Пункт (c). Ресурс системы t_p будет рассчитываться по среднему времени без-отказной работы системы. Средним временем безотказной работы системы будет считаться среднее время безотказной работы наименее надежного блока.

Пункт (d). Решить задачу, построить и привести алгоритм решения в соответ-ствии с приведенной последовательностью формул

$$T = T_2 = \frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{3.13 \cdot 10^{-3}\,(1/\text{час})} \cong 319{,}5(\text{час}).$$

$$t_p = 0.58T = 0.58 \times 319.5(\text{час}) = 185{,}31(\text{час}).$$

Пункт (f). Привести скриншоты решения задания.

Самостоятельные задания

Задание 1. Испытаниям на надежность подверглось 1000 лазерных головок дисководов. Число отказов головок подсчитывалось в каждом интервале времени Δt=500 часов. Испытания проводятся в режиме нормальной эксплуатации до полного отказа всех устройств. Результаты испытаний занесены в таблицу. Пользуясь данными таблицы 4.1 построить график функции интенсивности отказов от времени и провести анализ этого графика.

Таблица 4.1– Данные наблюдений

Интервал времени Δt, час	Количество отказов	Интервал времени Δt, час	Количество отказов	Интервал времени Δt, час	Количество отказов
0-500	60	3000-3500	40	6000-6500	20
500-1000	200	3500-4000	30	6500-7000	20
1000-1500	197	4000-4500	20	7000-7500	20
1500-2000	150	4500-5000	20	7500-8000	30
2000-2500	128	5000-5500	20	8000-8500	20
2500-3000	79	5500-6000	20	8500-9000	10

Использованные источники

1. Надежность информационных систем: учеб. пособие / Ю.Ю. Громов [и др.]. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 160с. Ссылка: http://www.tstu.ru/book/elib/pdf/2010/gromov.pdf

2. Яковлев А.В. Надежность информационных систем : учебник – Муром, 2004. – 63с. Ссылка: http://www.twirpx.com/file/500405/

Список литературы

1. Корчагин А.Б. Надежность технических систем и техногенный риск : учеб. пособие . В 2 ч. / А. Б. Корчагин, В. С. Сердюк, А. И. Бокарев. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2011. – 204с.

2. Надѐжность информационных систем : учеб. пособие / Ю.Ю. Громов [и др.]. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 160с.

3. Яковлев А.В. Надежность информационных систем : учебник / А.В. Яковлев. – Муром, 2004. – 63с