

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОДНОРОДНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ РИСКА

И. Ю. ПАРАМОНОВ, В. А. СМАГИН

*Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского, 197198, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: ivan_paramonov@mail.ru*

Исследуется пропускная способность информационной сети, состоящей из однородных независимых элементов, при воздействии внутренних и внешних дестабилизирующих факторов. В основу математической модели сети положено допущение об обратной зависимости величины ущерба от пропускной способности. Для заданного критического значения пропускной способности сети определена величина риска (вероятность возникновения критического состояния) и соответствующее ему значение ущерба.

Ключевые слова: информационная сеть, внутренние и внешние воздействия, пропускная способность, критическое состояние, вероятность, закон распределения, риск, ущерб.

Введение. Возросший интерес исследователей к изучению сетевых структур различного назначения и информационных процессов в них связан с увеличением количества такого рода сетей и усложнением принципов их организации. Исследование качества и эффективности функционирования структурно и функционально сложных сетей и способов информационного взаимодействия их элементов является актуальной задачей.

В работе [1] предложен способ оценивания количества информационной работы, выполняемой вычислительной сетью. Под количеством информационной работы сети применительно к отдельному ее элементу понимается величина

$$W(t) = ItP(t),$$

где I — идеальная информационная пропускная способность элемента, t — время непрерывной работы сети, $P(t)$ — вероятность безотказной работы элемента в течение времени t .

В настоящей статье при исследовании информационных сетей будем учитывать эффективную пропускную способность элемента сети, определяемую выражением

$$I'(t) = IP(t).$$

Цель исследования — изучение свойств сети, состоящей из однородных независимых элементов, соединенных параллельно и функционирующих одновременно. Каждый из элементов сети со временем может перейти в неработоспособное состояние без возможности дальнейшего восстановления. Потеря работоспособности элемента возможна по двум причинам: воздействие внутренних факторов (ненадежность) и воздействие внешних факторов.

Требуется оценить работоспособность сети во времени при заданном критическом значении пропускной способности, величину риска наступления критического состояния и величину ущерба.

Метод решения и численные результаты. Проиллюстрируем процесс решения поставленной задачи на конкретном примере. Зададим следующие исходные данные: идеальная пропускная способность элемента $I = 10$ операций/ч; число элементов сети $N = 20$; закон распределения времени безотказной работы элементов — усеченно-нормальный. Плотность распределения времени жизни элемента определяется выражением

$$f(t) = (c / \sqrt{2\pi} \cdot \sigma) \exp(-(t - m)^2 / 2\sigma^2),$$

где $m = 20$ ч, $\sigma = 6$ ч, $c = 1$, а вероятность безотказной работы элемента выражением —

$$P(t) = \int_t^{\infty} f(z) dz.$$

Эффективная пропускная способность сети

$$\Pi(t) = IN(P(t))^N.$$

На рис. 1 представлен график зависимости $\Pi(t)$. Уменьшение эффективной пропускной способности сети связано с переходом элементов в неработоспособное состояние из-за воздействия внутренних факторов.

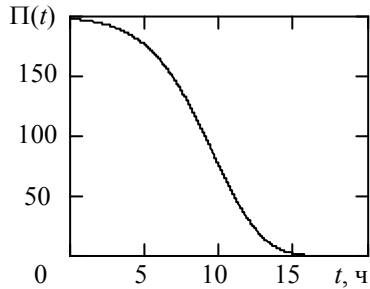


Рис. 1

Воздействие внешних дестабилизирующих факторов может быть связано с влиянием действий злоумышленника в целях вывода элементов из строя (разрушения). Примем следующие параметры воздействия злоумышленника: закон распределения времени воздействия $Q(t) = 1 - \exp(-\lambda t)$, где $\lambda = 0,1 \text{ ч}^{-1}$ — интенсивность воздействия. Количество разрушенных элементов может изменяться в пределах $i = 0, 1, \dots, 20$.

При исследовании сети будем рассматривать временной интервал от начала функционирования сети до значения $t = 14 \text{ ч}$. Вероятность разрушения i элементов за это время определяется как

$$R_i = C_N^i Q(t)^i (1 - Q(t))^{N-i}, \quad C_N^i = \frac{N!}{i!(N-i)!}.$$

Введем показатель относительного количества разрушенных злоумышленником элементов: $\alpha_i = i / N$. Результаты расчета значений величин C, R, α приведены в табл. 1.

Таблица 1

i	C	R	α
1	20	$4,225 \cdot 10^{-11}$	0,005
2	190	$1,226 \cdot 10^{-9}$	0,1
3	$1,14 \cdot 10^3$	$2,248 \cdot 10^{-8}$	0,15
4	$4,845 \cdot 10^3$	$2,919 \cdot 10^{-7}$	0,2
5	$1,55 \cdot 10^4$	$2,854 \cdot 10^{-6}$	0,25
6	$3,876 \cdot 10^4$	$2,18 \cdot 10^{-5}$	0,3
7	$7,752 \cdot 10^4$	$1,332 \cdot 10^{-4}$	0,35
8	$1,26 \cdot 10^5$	$6,612 \cdot 10^{-4}$	0,4
9	$1,68 \cdot 10^5$	$2,694 \cdot 10^{-3}$	0,45
10	$1,848 \cdot 10^5$	$9,052 \cdot 10^{-3}$	0,5
11	$1,68 \cdot 10^5$	0,025	0,55
12	$1,26 \cdot 10^5$	0,058	0,6
13	$7,752 \cdot 10^4$	0,108	0,65
14	$3,876 \cdot 10^4$	0,165	0,7
15	$1,55 \cdot 10^4$	0,202	0,75
16	$4,845 \cdot 10^3$	0,193	0,8
17	$1,14 \cdot 10^3$	0,139	0,85
18	190	0,071	0,9
19	20	0,023	0,95
20	1	$3,472 \cdot 10^{-3}$	1

Максимальное значение вероятности $R_{15} = 0,202$ примем в качестве наиболее вероятного для времени $t = 14 \text{ ч}$. Математическое ожидание, вычисленное по формуле $M = \sum_{i=0}^{20} i R_i$,

равно $M = 15,068$. Значение $\alpha_{15} = 0,75$ можно рассматривать как долю ущерба сети относительно пропускной способности.

Итак, за время функционирования $t = 14$ ч число оставшихся в сети работоспособных элементов составляет $N'(14) = 6,375$. Однако за это время злоумышленник сможет вывести из строя $N'(14)R_{15} = 1,276$ элементов, тогда работоспособных элементов останется $N'(14)(1 - R_{15}) = 5,041$.

Пусть величина ущерба обратно пропорциональна количеству оставшихся работоспособных элементов:

$$U(t) = \frac{k}{N'(t)(1 - \max(R_i(t)))},$$

где k — коэффициент пропорциональности, значение которого определяется экспериментально на основе имеющихся статистических данных или с использованием экспертных методов.

С увеличением времени функционирования сети значение коэффициента k должно возрастать, что обуславливается увеличением в процессе работы сети значения риска r и соответствующего ему ущерба.

Положим $k = 300$, тогда при $R_{15} = 0,202$ величина ущерба $U(t) = 633,545$. Сравнивая это значение ущерба с максимальным значением пропускной способности сети, равным 200 (см. рис. 1), можно прийти к заключению, что в данном случае применение сети не только нерентабельно, но может привести к катастрофическим последствиям. Отметим, что величина риска при этом составит $r = 1 - (Q(14))^{20} = 0,997$.

Изменения значений ущерба и пропускной способности сети в процессе ее функционирования проиллюстрированы графиком, представленным на рис. 2.

Рассмотрим другой пример. В качестве события, отражающего нанесение критического ущерба сети, примем снижение пропускной способности до значения $\Pi(t) = 150$, при котором соответствующий ему момент времени равен $t = 6,863$ ч. Результаты расчета значений C, R, α для данного примера представлены в табл. 2.

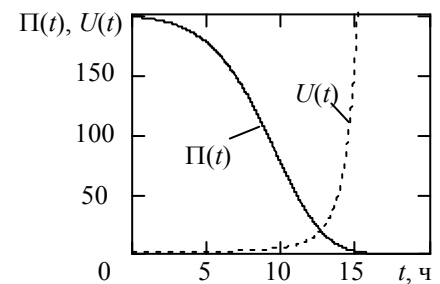


Рис. 2

Таблица 2

i	C	R	α
1	20	$2,157 \cdot 10^{-5}$	0,005
2	190	$2,022 \cdot 10^{-4}$	0,1
3	$1,14 \cdot 10^3$	$1,196 \cdot 10^{-3}$	0,15
4	$4,845 \cdot 10^3$	$5,015 \cdot 10^{-3}$	0,2
5	$1,55 \cdot 10^4$	0,016	0,25
6	$3,876 \cdot 10^4$	0,039	0,3
7	$7,752 \cdot 10^4$	0,077	0,35
8	$1,26 \cdot 10^5$	0,123	0,4
9	$1,68 \cdot 10^5$	0,162	0,45
10	$1,848 \cdot 10^5$	0,176	0,5
11	$1,68 \cdot 10^5$	0,158	0,55
12

Согласно табл. 2 максимальное значение вероятности $R_{10} = 0,176$. Положив, как и в предыдущем примере, $k = 300$, определим величину ущерба $U(6,863) = 2,367$, при котором значение риска будет равно $r = 1 - (Q(6,863))^N = 0,234$.

Результаты выполненных исследований применительно к информационным сетям позволяют уточнить и дополнить изложенное в работе [2] представление о соотношении показателей эффективности функционирования сети и значений возможных рисков и ущербов.

Заключение. Представлены результаты исследования работоспособности информационной сети, состоящей из однородных независимых элементов. Показателем работоспособности сети является значение реальной пропускной способности с учетом ненадежности элементов и возможности их разрушения противоположной стороной. В основу математической модели сети положено допущение об обратной зависимости величины ущерба от пропускной способности. Для заданного критического значения пропускной способности сети определена величина риска (вероятность возникновения критического состояния) и соответствующее ему значение ущерба.

В ходе дальнейших исследований сетей предполагается рассмотреть последовательность возрастающих во времени рисков и связанную с ней последовательность возрастающих ущербов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Парамонов И. Ю., Смагин В. А. Оценивание количества информационной работы вычислительной сети // Изв. вузов. Приборостроение. 2012. Т. 55, № 12. С. 16—20.
2. Соложенцев Е. Д. Сценарное логико-вероятностное управление риском в бизнесе и технике. СПб: Изд. дом. „Бизнес-пресса“, 2006. 560 с.

Сведения об авторах

Иван Юрьевич Парамонов

— канд. техн. наук, докторант; ВКА им. А. Ф. Можайского, кафедра метрологического обеспечения; E-mail: ivan_paramonov@mail.ru

Владимир Александрович Смагин

— д-р техн. наук, профессор; ВКА им. А. Ф. Можайского, кафедра метрологического обеспечения; E-mail: va_smagin@mail.ru

Рекомендована кафедрой
метрологического обеспечения

Поступила в редакцию
29.07.14 г.

Ссылка для цитирования: Парамонов И. Ю., Смагин В. А. Исследование работоспособности однородной информационной сети с учетом факторов риска // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 7. С. 533—536.

ANALYSIS OF A HOMOGENEOUS INFORMATION NETWORK EFFICIENCY WITH DUE REGARD FOR RISK FACTORS

I. Yu. Paramonov, V. A. Smagin

A. F. Mozhaysky Military Space Academy, 197198, Saint Petersburg, Russia
E-mail: ivan_paramonov@mail.ru

Effective capacity of an information network consisting of homogeneous independent operators is estimated when the operators are subject to internal and external disturbing factors. The mathematical model used in the study is based on supposition of inverse relationship between the damage and the transmission capacity. For a given critical value of the network capacity, the risk level (a critical condition emergence probability) and corresponding damage volume are determined.

Keywords: information network, internal and external influences, throughput, critical condition, probability, distribution law, risk, damage.

Data on authors

Ivan Yu. Paramonov — PhD, Doctoral Cand.; A. F. Mozhaysky Military Space Academy, Department of Metrological Support; E-mail: ivan_paramonov@mail.ru

Vladimir A. Smagin — Dr. Sci., Professor; A. F. Mozhaysky Military Space Academy, Department of Metrological Support; E-mail: va_smagin@mail.ru

Reference for citation: Paramonov I. Yu., Smagin V. A. Analysis of a homogeneous information network efficiency with due regard for risk factors // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Priborostroyeniye. 2015. Vol. 58, N 7. P. 533—536 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2015-58-7-533-536