При использовании материалов статьи необходимо использовать данную ссылку:
Ломакин М.И., Ниязова Ю.М. Оценка качества дистанционно контролируемого объекта при неполных данных // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2020. № 5. (57). С. 88-92

УДК 004.023:[504.054+504.064.2]

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДИСТАНЦИОННО КОНТРОЛИРУЕМОГО ОБЪЕКТА ПРИ НЕПОЛНЫХ ДАННЫХ

Ломакин М.И., Ниязова Ю.М.

В настоящей статье рассмотрена задача оценки нижних и верхних оценок показателей качества дистанционно контролируемого объекта, контроль которого осуществляется периодически, возникающие в случайный момент времени отказы объекта, выявляются в ходе очередного контроля и устраняются в ходе восстановительных операций. Рассмотрен случай, когда время безотказной работы ДКО распределено в соответствии с неизвестным распределением известным до k моментов. Получено общее решение задачи нахождения нижних и верхних оценок такого показателя качества как среднее время нахождения объекта в состоянии отказа. Данный показатель является определяющим для большого количества других показателей, таких как коэффициент готовности, средние затраты на обеспечение функционирования, средняя прибыль и др.

Ключевые слова: качество, показатель качества, объект контроля, случайная величина, функция распределения, контроль, оценки.

Введение. Для ряда объектов контроль состояния проводится дистанционно через одинаковые (примерно одинаковые) интервалы времени. К числу таких объектов могут быть отнесены различные автономно функционирующие объекты, непосредственный контроль и наблюдение состояния которых невозможно. Эти объекты могут быть как технической, так и социально-экономической природы. Их примерами могут быть космические аппараты, роботы (беспилотные аппараты), бизнес-процессы различных производств и др.

Контроль состояния дистанционно контролируемого объекта (ДКО), как правило, проводится периодически (периодичность контроля равна T), возникший отказ в случайный момент ξ времени обнаруживается и устраняется во время очередного контроля в течение (в общем случае случайного) времени γ. Далее ДКО продолжает функционировать.

Пусть F(t) – функция распределения времени безотказного функционирования ДКО (функция распределения случайной величины ξ). При известной функции распределения F(t) показатели качества функционирования ДКО, такие как коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности, вероятность безотказной работы, средние потери, связанные с отказами ДКО, и др. исследованы в ряде работ, например в [1-5]. В работе [5] получены оценки затрат на качество бизнес-процессов при функции распределения F(t) известной до первого момента. В настоящей работе этот результат обобщен и уточнен.

Основные результаты. Рассмотрим случай нахождения оценок показателей качества ДКО при неполных данных о функциях распределения, представленных k (k ≥ 1) моментами времени безотказного функционирования объекта m_1, m_2, … m_k, на примере такого показателя качества как среднее время нахождения ДКО в состоянии отказа

Ломакин Михаил Иванович, доктор экономических наук, профессор, ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
Москва
Ниязова Юлия Михайловна, кандидат экономических наук, доцент «Московский государственный университет геодезии и картографии», Москва

состоянии σ. Этот показатель является определяющим при нахождении других показателей качества, таких как: коэффициент готовности, средние затраты на обеспечение функционирования, средняя прибыль и др.

Время нахождения ДКО в состоянии отказа σ складывается из времени от момента отказа ξ до следующего за ним очередного периодического контроля, при котором обнаруживается этот отказ [5], времени контроля τ и восстановительных операций. Оно равно

$$\sigma = \left(ent\left(\frac{\xi}{T+\tau}\right)+1\right)(T+\tau)+\gamma-\xi, \qquad (1)$$

где σ - случайное время нахождения ДКО в состоянии отказа;

ξ – случайное время безотказного функционирования ДКО ($\xi \in [0,S], S < \infty$), распределенное в соответствии с функцией распределения F(t), известной до первого момента (математического ожидания);

τ – время контроля ДКО;

γ – случайное время восстановления ДКО;

ent (x) – целая часть x.

Математическое ожидание времени нахождения ДКО в состоянии отказа равно

$$M(\sigma) = \left(M\left(ent\left(\frac{\xi}{T+\tau}\right)\right)+1\right)(T+\tau)+M(\gamma)-M(\xi). \qquad (2)$$

Определим множество функций распределения времени безотказной работы, известных до i-го момента, т.е.

$$F_0 = \{\, F(t)\colon \int_0^{\infty} t^i\, dF(t) = m_i\, ;\, i \geq 1\}. \qquad (3)$$

Для нахождения оценок M(σ) на множестве функций распределения F_0 необходимо найти оценки функционала следующего вида:

$$JF = M\left\{ent\left(\frac{\xi}{d}\right)\right\}, \qquad (4)$$

в последнем соотношении переменная d определяется следующим образом $d = T+\tau$.

Таким образом, необходимо найти такие JF_{max} и JF_{min}, что

$$JF_{max} = \max_{F(t)\in F_0} JF; \quad JF_{min} = \min_{F(t)\in F_0} JF. \qquad (5)$$

Представим функционал JF, определяющий значение дискретной случайной величины $ent\,(\frac{\xi}{d})$, в следующем виде [6]:

$$JF = M\left\{ent\left(\frac{\xi}{d}\right)\right\} = \sum_{j=1}^{\infty} j\, P_j, \qquad (6)$$

где в последнем выражении P_j, есть вероятность, с которой случайная величина $ent\,(\frac{\xi}{d})$ примет значение равное j. Выполнив необходимые преобразования правой части последнего выражения, получим [5]

$$JF = \sum_{j=1}^{\infty} j\left(F\big(d(j+1)\big)-F(dj)\right) = kF\big((k+1)d\big) - \sum_{j=1}^{k} F(jd) + \sum_{j=k+1}^{\infty} j\left(F\big(d(j+1)\big)-F(dj)\right). \qquad (7)$$

С учетом того, что ξ ϵ [0, S], S < ∞, а $k = ent(\frac{S}{d})$, можно положить, что

$$F\big((k+1)d\big) = F(kd) = 1, \qquad (8)$$

Тогда имеем

$$JF = k - \sum_{j=1}^{k} F(jd) = \sum_{j=1}^{k} P(jd)\,, \qquad (9)$$

где $P(t) = 1 - F(t)$.

Найдем оценки для величины JF. Преобразуем выражение для i-го момента в следующем виде:

$$\int_0^{kd} t^i dF(t) = \int_0^{kd} P(t)t^{i-1}dt = \int_0^{d} P(t)t^{i-1}dt + \int_d^{2d} P(t)t^{i-1}dt + \cdots + \int_{(k-1)d}^{kd} P(t)t^{i-1}dt. \qquad (10)$$

Или

$$\int_{0}^{\text{к}d} t^i dF(t) = \sum_{j=1}^{k} \int_{(j-1)d}^{jd} P(t)t^{i-1}dt. \qquad (11)$$

В соответствии с теоремой о среднем значении определенного интеграла [7] на заданном интервале [(j-1)d, jd] можно записать

$$\sum_{j=1}^{k} \int_{(j-1)d}^{jd} P(t)t^{i-1}dt = \sum_{j=1}^{k} P(t_j)t_j^{i-1}d = m_i, \qquad (12)$$

где m_i - i – ый момент времени безотказной работы ДКО;

$t_j \in[(j-1)d, jd]$.

Так как

$$(j-1)d \le t_j \le jd,$$

а функция P(t) – невозрастающая по t функция, то для нее справедливо неравенство:

$$P\big((j-1)d\big) \ge P\big(t_j\big) \ge P(jd).$$

Тогда имеют место следующие соотношения:

$$m_i = \sum_{j=1}^{k} P(t_j)t_j^{i-1}d \le \sum_{j=1}^{k} P((j-1)d)(jd)^{i-1}d, \qquad (13)$$

$$m_i = \sum_{j=1}^{k} P(t_j)t_j^{i-1}d \ge \sum_{j=1}^{k} P(jd)((j-1)d)^{i-1}d. \qquad (14)$$

С учетом того, что *P(0) = 1,* соотношение (13) можно преобразовать к виду:

$$\sum_{j=1}^{k} P\big((j-1)d\big)(jd)^{i-1}d \le d^i\Big(P(0)1^{i-1} + \sum_{j=2}^{k} P((j-1)d)j^{i-1}\Big). \qquad (15)$$

Так как *P(kd) = 0*, получаем, что

$$\sum_{j=1}^{k} P(jd)(j+1)^{i-1} \ge \frac{m_i}{d^i} - 1. \qquad (16)$$

Из соотношения (14) следует, что

$$\sum_{j=1}^{k} P(jd)(j-1)^{i-1} \le \frac{m_i}{d^i}, \qquad (17)$$

тогда задачи нахождения экстремальных оценок функционала JF, определяемые соотношением (4), могут быть сведены к следующим задачам, необходимо найти такие JF_{max} и JF_{min}, что

$$JF_{max} = \max_{F(t)\in F_0} \sum_{j=1}^{k} P(jd); \quad JF_{min} = \min_{F(t)\in F_0} \sum_{j=1}^{k} P(jd).$$

или

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{k} P(jd) \to min(max), \\ \sum_{j=1}^{k} P(jd)(j-1)^{i-1} \le \frac{m_i}{d^i}, \\ \sum_{j=1}^{k} P(jd)(j+1)^{i-1} \ge \frac{m_i}{d^i} - 1, \\ 0 \le P(jd) \le 1, j = \overline{1,k}. \end{cases} \qquad (18)$$

Последняя задача является задачей линейного программирования.Она может быть решена с использованием типовых пакетов программ. Далее полученные значения $JF_{min(max)}$ подставляются в выражение (2) для нахождения оценок математического ожидания времени нахождения ДКО в состоянии отказа.

В частности, при первом известном моменте m_1, находим оценки для функционала JF в виде:

$$\frac{m_1}{d} - 1 \le \sum_{j=1}^{k} P(jd) \le \frac{m_1}{d}, \qquad (19)$$

тогда оценки для математического ожидания времени нахождения ДКО в состоянии отказа при первом известном моменте m_1 определятся следующим образом:

$$M(\gamma) \le M(\sigma) \le T + \tau + M(\gamma). \qquad (20)$$

Эта оценка совпадает с оценкой, полученной в работе [5, 8]. Содержательный смысл данной оценки очевиден и состоит в следующем: наибольшее среднее время пребывания ДКО в состоянии отказа будет в том случае, когда отказы ДКО возникают после очередного контроля, а наименьшее время, когда отказы ДКО возникают перед очередным контролем.

В случае, когда функция распределения времени безотказной работы известна до k моментов, множество функций распределения F_0 будет определяться в виде

$$F_0 = \{ F(t) : \int_0^{\infty} t^i \, dF(t) = m_i \, ; i = \overline{1,k} \}. \qquad (21)$$

Задачи нахождения экстремальных оценок функционала JF на множестве F_0, определяем соотношением (21), могут быть сведены к k задачам вида (18) при $i = \overline{1,k}$.

Пусть $JF_{i\,min}$ и $JF_{i\,max}$ есть решение задачи (18) при конкретном i-ом моменте m_i, тогда итоговое решение задачи нахождения экстремальных оценок функционала JF на множестве функций распределения известных до k моментов будет определяться следующими соотношениями:

$$JF_{min} = \max(JF_{i\,min}; i = \overline{i,k}), \; JF_{max} = min(JF_{i\,max}; i = \overline{i,k}). \qquad (22)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье рассмотрена задача оценки нижних и верхних оценок показателей качества дистанционно контролируемого объекта, контроль которого осуществляется периодически, возникающие в случайный момент времени отказы объекта, выявляются в ходе очередного контроля и устраняются в ходе восстановительных операций. Рассмотрен случай, когда время безотказной работы ДКО распределено в соответствии с неизвестным распределением известным до k моментов. Получено общее решение задачи нахождения нижних и верхних оценок такого показателя качества как среднее время нахождения объекта в состоянии отказа. Данный показатель является определяющим для большого количества других показателей, таких как коэффициент готовности, средние затраты на обеспечение функционирования, средняя прибыль и др. iea

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Байхельт Ф., Фракен П. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход. Пер с нем. – М.: Радио и связь. 1988. – 292 с.
2. Барлоу Р., Прошан Ф. Математическая теория надежности. Пер. с англ. – М.: Сов. радио. 1969. - 488 с.
3. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. – М.: Наука, 1965. – 524 с.
4. Каштанов В.А. О минимаксных стратегиях при ограничениях на моменты распределений // В кн. Основные вопросы теории и практики надежности. М.: Сов. Радио. 1980, с. 143-154.
5. Ломакин М.И. Модель оценки затрат на качество бизнес-процессов в условиях неполных данных // Транспортное дело России. 2012. № 6-1. С.156 -158.
6. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. – М.: Физматгиз, 1988. – 406 с.
7. Никольский С.М. Курс математического анализа. Т.1. – М.: Наука, 1983. – 464с.
8. Ломакин М.И., Скальский А.В. Модель оптимизации затрат на качество бизнес-процессов // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2011. № 3(3). С. 10.

EVALUATION OF THE QUALITY OF A REMOTELY CONTROLLED OBJECT WITH INCOMPLETE DATA

Lomakin Mikhail Ivanovich, Doctor of Economics, Professor, FSUE "STANDARTINFORM", Moscow
Niyazova Yulia Mikhailovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor "Moscow State University of Geodesy and Cartography", Moscow

This article considers the problem of assessing the lower and upper estimates of the quality indicators of a remotely controlled object, which is monitored periodically, object failures occurring at a random moment of time are detected during the next inspection and eliminated during recovery operations. The case is considered when the time of failure-free operation of the ATP is distributed in accordance with an unknown distribution known up to k times. A general solution to the problem of finding the lower and upper estimates of such a quality indicator as the average time of an object in a state of failure is obtained. This indicator is decisive for a large number of other indicators, such as availability, average operating costs, average profit, etc.

Key words: quality, quality indicator, object of control, random variable, distribution function, control, estimates.

REFERENCES:

1. Baykhel't F., Fraken P. Nadezhnost' i tekhnicheskoye obsluzhivaniye. Matematicheskiy podkhod [*Reliability and maintenance. Mathematical approach*]. Per s nem. – M.: Radio i svyaz'. 1988. – 292 p.
2. Barlou R., Proshan F. Matematicheskaya teoriya nadezhnosti [*Mathematical theory of reliability*]. Per. s angl. – M.: Sov. radio. 1969. - 488 p.
3. Gnedenko B.V., Belyayev YU.K., Solov'yev A.D. Matematicheskiye metody v teorii nadezhnosti [*Mathematical methods in the theory of reliability*]. – M.: Nauka, 1965. – 524 p.
4. Kashtanov V.A. O minimaksnykh strategiyakh pri ogranicheniyakh na momenty raspredeleniy [*On minimax strategies under constraints on distribution moments*] // V kn. Osnovnyye voprosy teorii i praktiki nadezhnosti [*In the book. The main questions of the theory and practice of reliability*]. M.: Sov. Radio. 1980, pp. 143-154.
5. Lomakin M.I. Model' otsenki zatrat na kachestvo biznes-protsessov v usloviyakh nepolnykh dannykh [*Model for assessing the cost of the quality of business processes in the conditions of incomplete data*] // Transportnoye delo Rossii [*Transportnoe delo Rossii*]. 2012. № 6-1. pp.156 -158.
6. Gnedenko B.V. Kurs teorii veroyatnostey [*Probability theory course*]. – M.: Fizmatgiz, 1988. – 406 p.
7. Nikol'skiy S.M. Kurs matematicheskogo analiza. T.1. [*The course of mathematical analysis*] – M.: Nauka, 1983. – 464 p.
8. Lomakin M.I., Skal'skiy A.V. Model' optimizatsii zatrat na kachestvo biznes-protsessov [*Model of cost optimization for the quality of business processes*] // Informatsionno-ekonomicheskiye aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya [*Information and economic aspects of standardization and technical regulation*]. 2011. № 3(3). p. 10.

При использовании материалов статьи необходимо использовать данную ссылку:
Бондарская О.В. Качество информационной поддержки анализа – залог успеха финансового состояния компании // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2020. № 5. (57). С. 92-98

УДК 004.023:[504.054+504.064.2]

КАЧЕСТВО ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ АНАЛИЗА – ЗАЛОГ УСПЕХА ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ КОМПАНИИ

Бондарская О.В.

В статье автор проводит анализ финансового положения организации является, где делается акцент на качество информационной поддержки анализа в системе финансового анализа. Объектом исследования выбрана региональная компания- ПАО «МРСК Центра». Автором были выделены 4 группы показателей деятельности организации. В каждой группе были определены 3 самых важных финансовых коэффициента, которые в полной мере отражают всю финансово-хозяйственную деятельность организации. Были предложены мероприятия по совершенствованию финансовой составляющей компании.

Ключевые слова: качество анализа, состояние компании, финансовый результат, информационнаяподдержка.