

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КЛАССА НАДЁЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ МЕТОДОМ ПОРОГОВОЙ ЛОГИКИ

Коляда Е.В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Боровиков С.М. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Применение большинства методов прогнозирования надёжности изделий по значениям их информативных параметров предполагает получение для прогнозируемого экземпляра решающей функции путём проведения сложных математических расчётов, используя результаты измерения информативных параметров этого экземпляра. Рассматриваемый метод прогнозирования, называемый методом пороговой логики, позволяет принять решение о прогнозируемом классе конкретного экземпляра без проведения математических расчётов. Выполняется измерение у прогнозируемого экземпляра информативных параметров, преобразование их в двоичный код, используя заранее найденные пороговые уровни, и принимается решение о классе экземпляра с помощью логической таблицы, получаемой также заранее и показывающей связь сочетания двоичных кодовых сигналов с классом надёжности изделий для заданного времени работы.

Ключевые слова: изделия электронной техники, прогнозирование надёжности, информативные параметры.

Введение. Большинство методов индивидуального прогнозирования надёжности изделий электронной техники (ИЭТ) по значениям их информативных параметров (иначе – признаков) в начальный момент времени предусматривает выполнение математических расчётов, используя результаты измерения признаков для получения решающей функции, по значению которой принимают решение о классе надёжности экземпляра для заданного времени работы: K_1 – класс надёжных экземпляров, K_2 – класс потенциально ненадёжных экземпляров [1]. Экземпляры класса K_2 из-за невыявленных в них скрытых дефектов на этапе изготовления могут потерять работоспособность раньше заданного времени работы. Прогнозирование класса надёжности ИЭТ методом пороговой логики предусматривает преобразование результатов измерения признаков в двоичный код и позволяет избежать выполнения расчётов решающей функции для прогнозируемого экземпляра, поскольку число используемых признаков и, следовательно, число комбинаций двоичных кодовых сигналов ограничено. Можно получить логическую таблицу, показывающую, каким комбинациям двоичных чисел соответствует тот или иной класс надёжности ИЭТ [1–3].

Основная часть. Последовательность действий для получения логической таблицы для интересующего типа ИЭТ методом пороговой логики, используя результаты выполненного обучающего эксперимента [1], показана на рисунке 1.



Рисунок 1 – Получение логической таблицы

Пороговый уровень x_{i0} , необходимый для преобразования i -го признака в двоичный код (единицу или нуль) может быть найден по формуле [1]

$$x_{i0} = \frac{x_{imax}^{(K_U)} + x_{imin}^{(K_V)}}{2}, i = 1, \dots, k, \quad (1)$$

где $x_{imax}^{(K_U)}$ – максимальное значение признака x_i , имевшее место в момент времени $t = 0$ для экземпляров класса K_U ;

$x_{imin}^{(K_V)}$ – минимальное значение признака x_i , имевшее место в момент времени $t = 0$ для экземпляров класса K_V ; $u, v = 1, 2; u \neq v$;

k – число признаков, используемых для прогнозирования класса надёжности ИЭТ, обычно $k = 2 \dots 5$ [1].

Для преобразования признаков $x_1, \dots, x_k$ в двоичные числа $z_1, \dots, z_k$ используют следующий алгоритм [1–3]:

$$\text{при } m_i^{(1)} > m_i^{(2)} \quad \begin{cases} z_i = 1, & \text{если } x_i \geq x_{i0} \\ z_i = 0, & \text{если } x_i < x_{i0} \end{cases}; \quad (2)$$

$$\text{при } m_i^{(1)} < m_i^{(2)} \quad \begin{cases} z_i = 1, & \text{если } x_i \leq x_{i0} \\ z_i = 0, & \text{если } x_i > x_{i0} \end{cases}, \quad (3)$$

где $m_i^{(s)}$ – среднее значение i -го признака в классе K_s ($s = 1, 2$).

Получив по (1) пороговые уровни признаков x_{i0} , и выполнив с использованием (2) или (3) преобразование признаков x_i в двоичные сигналы z_i , определяют веса $\alpha(z_i)$ этих двоичных сигналов. Вес $\alpha(z_i)$ двоичного сигнала z_i характеризует его ценность для процедуры прогнозирования и определяется по условию [1]

$$\alpha(z_i) = \begin{cases} P(K_1/z_i = 1), & \text{если } z_i = 1; \\ P(K_1/z_i = 0), & \text{если } z_i = 0, \end{cases} \quad (4)$$

где $P(K_1/z_i = \varepsilon)$ – оценка вероятности того, что ИЭТ принадлежит к классу K_1 при условии, что двоичный сигнал z_i принял значение $z_i = \varepsilon$; $\varepsilon = 1, 0$.

Оценки вероятностей $P(K_1/z_i = 1)$ и $P(K_1/z_i = 0)$, используемые в (4), получают по результатам обучающего эксперимента [1]:

$$P(K_1/z_i = 1) = \frac{n(K_1/z_i = 1)}{n(z_i = 1)}; \quad (5)$$

$$P(K_1/z_i = 0) = \frac{n(K_1/z_i = 0)}{n(z_i = 0)}; \quad (6)$$

где $n(K_1/z_i = \varepsilon)$ – число экземпляров класса K_1 в обучающей выборке, для которых двоичный сигнал z_i принял значение $z_i = \varepsilon$; $\varepsilon = 1, 0$.

$n(z_i = \varepsilon)$ – общее число изделий в обучающей выборке, для которых двоичный сигнал z_i принял значение $z_i = \varepsilon$; $\varepsilon = 1, 0$.

Оценки вероятностей, полученные по (5) и (6), в соответствии с выражением (4) принимаются в качестве веса $\alpha(z_i)$.

Значение решающей функции $F(z_1^{(j)}, \dots, z_k^{(j)})$ j -го экземпляра определяется как [1]

$$F(z_1^{(j)}, \dots, z_k^{(j)}) = \sum_{i=1}^k \alpha(z_i^{(j)}), \quad (7)$$

Прогнозирующее правило (алгоритм метода пороговой логики), определяющее класс экземпляра по прогнозу, задаётся соотношением [1–3].

$$R^{(j)} = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{i=1}^k \alpha(z_i^{(j)}) \geq P_0; \\ 0, & \text{если } \sum_{i=1}^k \alpha(z_i^{(j)}) < P_0, \end{cases} \quad (8)$$

где $R^{(j)}$ – выходной двоичный сигнал (пороговая функция), соответствующий j -му экземпляру, равный единице для класса K_1 и нулю для класса K_2 ;

$\alpha(z_i^{(j)})$ – вес i -го двоичного сигнала, взятый с учётом того, какое значение принял двоичный сигнал z_i для j -го экземпляра;

P_0 – порог разделения классов, определяемый экспериментально (вещественное число).

Число комбинаций z_i не велико (2^k), поэтому правило (8) можно представить в виде простой логической таблицы (таблица 1).

Таблица 1 – Общий вид логической таблицы

Номер комбинации	Двоичные сигналы			Значение решающей функции	Класс ИЭТ по прогнозу
	z_1	...	z_k		
1	$z_1^{(1)}$	...	$z_k^{(1)}$	$F^{(1)}$	$K_s^{(1)}$
2	$z_1^{(2)}$	...	$z_k^{(2)}$	$F^{(2)}$	$K_s^{(2)}$
...	...	...	...	...	...

Заключение. Полученная методом пороговой логики логическая таблица позволяет выполнять индивидуальное прогнозирование класса надёжности ИЭТ, не участвовавших в обучающем эксперименте, без выполнения расчётов решающей функции (7).

Список литературы

1. Боровиков, С.М. Статистическое прогнозирование для отбраковки потенциально ненадёжных изделий электронной техники / С.М. Боровиков. – М.: Новое знание, 2013. – 343 с.
2. Метод прогнозирования надёжности изделий электронной техники / С.М. Боровиков, А.В. Емельянов, А.А. Хмыль, А.И. Бересневич // Доклады НАН Беларуси. – 2006. – Т. 50, № 4. – С. 105–109.
3. Прогнозирование надёжности изделий электронной техники методом пороговой логики / С.М. Боровиков, А.И. Бересневич, А.А. Хмыль, А.В. Емельянов, И.Н. Цырельчук // Доклады БГУИР. – 2006. – № 2(14). – С. 49–56.

UDC 621.382-027.45:510.6

FORECASTING THE RELIABILITY CLASS OF ELECTRONIC PRODUCTS BY THE THRESHOLD LOGIC METHOD

Kolyada E.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Borovikov S.M. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The application of most methods of forecasting the reliability of products based on the values of their informative parameters involves obtaining a decision function for the predicted instance by performing complex mathematical calculations using the results of measuring the informative parameters of this instance. The forecasting method under consideration, called the threshold logic method, allows making a decision on the predicted class of a specific instance without performing mathematical calculations. The informative parameters of the predicted instance are measured, converted into a binary code using previously found threshold levels, and a decision is made on the class of the instance using a logical table, also obtained in advance and showing the relationship between the combination of binary code signals and the reliability class of the products for a given operating time.

Keywords: electronic products, reliability prediction, informative parameters.