

УДК 621.382.323–027.45

## СРАВНЕНИЕ ПО КРИТЕРИЯМ БАЙЕСА И НЕЙМАНА-ПИРСОНА МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

С.М. Боровиков

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Приводится сравнение по критериям Байеса и Неймана-Пирсона моделей прогнозирования класса надежности изделий электронной техники для заданной наработки по значениям информативных параметров изделий в начальный момент времени. В качестве изделий электронной техники были выбраны полевые МОП-транзисторы большой мощности КП744А. Сравнение моделей прогнозирования выполнялось для разновидностей метода пороговой логики с преобразованием информативных параметров в двоичный и троичный коды. По результатам сравнения определена модель, рекомендуемая к использованию в практике.

**Ключевые слова:** изделия электронной техники, надежность, модели прогнозирования, прогнозирующая функция, критерии эффективности.

## COMPARISON OF RELIABILITY PREDICTION MODELS FOR ELECTRONIC PRODUCTS WITH OF BAYESIAN AND NEYMAN-PEARSON CRITERIA

S.M. Borovikov

*Educational Institution "Belarusian State University of Informatics and  
Radioelectronics", Minsk, Republic of Belarus*

**Abstract.** The article presents a comparison by Bayesian and Neyman-Pearson criteria for models of predicting the reliability class of electronic products for a given operating time based on the values of informative parameters of products at the initial point in time. High-power MOS field-effect transistors (KP744A) were selected as the electronic products. The prediction models were compared for variations of the threshold logic method with using the transformation of informative parameters into binary and ternary codes. Based on the comparison results, a model recommended for practical use was determined.

**Keywords:** Electronic products, reliability, prediction models, prediction function, performance criteria.

### Введение

В применении к индивидуальному прогнозированию класса надежности изделий электронной техники (ИЭТ) для заданной наработки критерий Байеса используют в двух разновидностях [1]:

$$a) P_{\text{прав}} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $P_{\text{прав}}$  – вероятность принятия правильных решений (распознаваний) класса надежности экземпляров ИЭТ для заданной (будущей) наработки:

класс надежных экземпляров ( $K_1$ ), класс потенциально ненадежных экземпляров ( $K_2$ );

$$\text{б) } \rho \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $\rho$  – средние удельные потери из-за возможного наличия при прогнозировании ошибок первого рода  $n_{1 \rightarrow 2}$ , состоящих в том, что в действительности надежный для заданной наработки экземпляр (класс  $K_1$ ) по прогнозу будет рассматриваться как потенциально ненадежный (класс  $K_2$ ), и ошибок второго рода  $n_{2 \rightarrow 1}$ , состоящих в том, что в действительности потенциально ненадежный для заданной наработки экземпляр (класс  $K_2$ ) по прогнозу будет признан надежным (класс  $K_1$ ).

Согласно работе [1], выражение для определения потерь  $\rho$  примет вид

$$\rho = [1 - P(K_1)] \cdot P_1 \cdot C_{12} + [1 - P(K_2)] \cdot P_2 \cdot C_{21} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где  $P(K_1), P(K_2)$  – вероятность правильного распознавания (при прогнозировании) соответственно экземпляров классов надежности  $K_1$  и  $K_2$ ;  $P_1, P_2$  – определяемые по результатам обучающего эксперимента начальные (априорные) вероятности принадлежности прогнозируемого экземпляра для заданной наработки соответственно к классам надежности  $K_1$  и  $K_2$ ;  $C_{12}, C_{21}$  – средняя удельная цена потерь, обусловленная соответственно ошибками первого  $n_{1 \rightarrow 2}$  и второго  $n_{2 \rightarrow 1}$  рода.

Критерий Неймана-Пирсона с позиций изготовителей электронных устройств, являющимися потребителями ИЭТ, будем использовать в виде [2]

$$P_{\text{изг}} \rightarrow \min \text{ при } P_{\text{потр}} \leq P_{\text{потр.доп}}, \quad (4)$$

где  $P_{\text{изг}}, P_{\text{потр}}$  – риски изготовителя и потребителя, показывают возможную долю соответственно ошибок первого  $n_{1 \rightarrow 2}$  и второго  $n_{2 \rightarrow 1}$  рода в прогнозируемой выборке ИЭТ;  $P_{\text{потр.доп}}$  – допустимое значение риска потребителя, выбранное для задачи индивидуального прогнозирования.

### Основная часть

В работе исследованы следующие модели прогнозирования, применяемые к выборке ИЭТ – полевым МОП транзисторам КП744А:

1. Модель прогнозирования, получаемая базовым методом пороговой логики [1, 2] по результатам преобразования информативных параметров в двоичный код (ноль или единица). Здесь прогнозирующая функция  $F^{(j)}$  конкретного ( $j$ -го) экземпляра показывает его близость к классу надежности  $K_1$ .

2. Аналог модели прогнозирования базового метода пороговой логики, но получаемой с учетом преобразования информативных параметров в троичный код (1, 0 или  $R$  – неопределенность) [3], где  $R$  – код, присваиваемый в случае, если для прогнозируемого экземпляра

информативный параметр попадает в диапазон между его средними значениями, соответствующими экземплярам классов надежности  $K_1$  и  $K_2$  для экземпляров обучающей выборки. Прогнозирующая функция  $F^{(j)}$  для этой модели представляет собой показатель близости прогнозируемого экземпляра к классу надежности  $K_1$ .

3. Модель, использующая преобразование информативных параметров в троичный код (1, 0 и R) [3], но прогнозирующая функция  $F^{(j)}$  представляет собой разность между показателями близости прогнозируемого экземпляра к классам надежности  $K_1$  и  $K_2$ .

Результаты сравнения описанных моделей приведены в таблице.

Сравнение моделей прогнозирования по критериям Байеса и Неймана-Пирсона  
 Comparison of forecasting models using Bayes and Neyman-Pearson criteria

Модель (пункт)	Критерий Байеса		Критерий Неймана-Пирсона: $P_{\text{изг}}$ (%) при $P_{\text{потр.доп}} \leq 2\%$
	$P_{\text{прав}} \rightarrow \max$	$\rho \rightarrow \min$ в усл. ед. при $C_{12}: C_{21} = 1 : 100$	
1	0,878	9,92	23,5
2	0,901	4,70	16,3
3	0,901	4,12	12,5

### Заключение

Из трех рассмотренных моделей лучшие результаты прогнозирования класса надежности ИЭТ для заданных (будущих) наработок обеспечивает модель прогнозирования, основанная на преобразовании информативных параметров в троичный код с построением прогнозирующей функции  $F^{(j)}$  в виде разности между показателями близости прогнозируемого экземпляра к классам надежности  $K_1$  и  $K_2$ . Эта модель рекомендуется к применению в практике, теоретический порог разделения классов надежности в данном случае равен нулю.

### Список использованных источников

1. Боровиков С.М. (2013) *Статистическое прогнозирование для отбраковки потенциально ненадежных изделий электронной техники*. Москва, Издательство «Новое знание».
2. Боровиков С.М. (1998) *Теоретические основы проектирования, технологии и надежности*. Минск, Издательство «ДизайнПРО».
3. Казючиц В.О., Боровиков С.М., Батура М.П., Шнейдеров Е.Н. (2023) Прогнозирование класса надежности изделий электронной техники методом преобразования информативных параметров в дискретный код. *Доклады ТУСУР*. 26(1), 91–97.

### References

1. Borovikov S.M. (2013) *Statistical Forecasting for Rejection of Potentially Unreliable Electronic Products*. Moscow, New Knowledge Publishing House (in Russian).

2. Borovikov S.M. (1998) *Theoretical foundations of design, technology and reliability*. Minsk, DesignPRO Publishing House (in Russian).

3. Kaziuchyts V.O., Borovikov S.M., Batura M.P., Shneiderov E.N. (2023) Prediction of the class of reliability of electronic equipment by the method of converting informative parameters into a discrete code. *TUSUR reports*. 26(1), 91–97 (in Russian).

### **Сведения об авторе**

**Боровиков С.М.**, канд. техн. наук, доц., доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем, Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», bsm@bsuir.by.

### **Information about the author**

**Borovikov S.**, Cand. Sci. (Tech.), Associate professor of the Department of Information and Computer Systems Design, Educational Institution "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics", bsm@bsuir.by.