

З.А. БАБАЯН, Э.Л. ИГНАТЯН

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ЦИФРОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА БЛЕСКОМЕРОВ НИИКС БМ-3 ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ПОЛИРОВАННОСТИ КАМЕННЫХ ПЛИТ

Рассмотрен метод сравнения закона распределения случайной последовательности, разработанный для статистического моделирования и оценки погрешностей цифрового измерительного тракта блескомеров, позволяющий получать результаты с высокой скоростью в режиме накопления. Дана оценка необходимого объема выборки для получения достоверных результатов.

Ключевые слова: блескомер, цифровой измерительный тракт, контроль качества полированности, погрешность.

Компьютерная имитация случайных условий измерения позволяет реально оценить степень влияния каждого элемента блескомерного тракта, как аналогового, так и цифрового, на общую погрешность измерения прибора еще на стадии разработки путем численного моделирования прохождения случайного сигнала через аналого-цифровое преобразование информации в измерительном тракте. При всем разнообразии случайных распределений исходным является равномерное, из которого с помощью функциональных преобразований можно создать статистическое распределение. К основным требованиям, предъявляемым к разрабатываемой методике и алгоритму, относятся:

- высокое быстродействие алгоритма с возможностью работы в режиме реального времени и обработка данных во время их поступления при скорости исходного потока до 10 Мбит/с; критерий оценки распределения должен иметь пороговый уровень;
- простота программной реализации в алгоритмическом, системотехническом и аппаратном аспектах [1-5].

В качестве главного критерия оценки степени соответствия закона случайной последовательности равномерному можно использовать числовую характеристику, показывающую половину отношения разброса количества чисел к его среднему значению:

$$\varepsilon = \frac{\max(N_i) - \min(N_i)}{2\bar{N}},$$

где ε - численное значение критерия; N_i - количество вхождения числа i в последовательность; $\bar{N}$ - среднее количество чисел.

Таблица 1

Расчетное значение необходимого количества N для разных точностей и вероятностей

ε	Значение N, байт, при P					
	0,7	0,8	0,9	0,95	0,99	0,997
10^{-3}	$4,1 \cdot 10^3$	$6,3 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$2,6 \cdot 10^4$	$3,4 \cdot 10^4$
10^{-4}	$4,1 \cdot 10^5$	$6,3 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^6$	$3,4 \cdot 10^6$
10^{-5}	$4,1 \cdot 10^7$	$6,3 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^8$	$1,5 \cdot 10^8$	$2,6 \cdot 10^8$	$3,4 \cdot 10^8$
10^{-6}	$4,18 \cdot 10^9$	$6,39 \cdot 10^9$	$1,05 \cdot 10^9$	$1,49 \cdot 10^{10}$	$2,58 \cdot 10^{10}$	$3,4 \cdot 10^{10}$

Из табл. 1 следует, что необходимая для анализа длина последовательности зависит как от требуемого отклонения ε , так и от требуемой вероятности P. Так, при $P = 0,997$ необходимый объем выборки N изменяется на 6 порядков – с $3,4 \cdot 10^4$ до $3,43 \cdot 10^{10}$ байт.

В дальнейшем будем предполагать, что исходный поток данных должен содержать в себе последовательность чисел в диапазоне 89...90 % включительно, распределенных равномерно (полированность облицовочных плит указанной методики из мрамора с номинальным значением 90% и допускаемой погрешностью 1,5 %).

Предлагаемый метод разработан для определения отклонения закона статистического распределения некоторой числовой последовательности от некоторого теоретического в режиме реального времени при высоком темпе данных. Отличительной особенностью метода является отсутствие необходимости проведения расчета для всей последовательности при добавлении к ней одного или нескольких новых значений. Таким образом, метод моментов дает возможность вести обработку данных непосредственно в процессе измерения. Количество проводимых вычислений для каждого нового значения будет постоянным при выборке любой величины.

Вычисление начальных моментов для дискретной величины X может быть выполнено по алгоритму с накоплением суммы. Пусть m_x – математическое ожидание случайной величины x в конкретной реализации из N экспериментов; x_i – частота появления события $P_i = N_i / N$, где N_i – число появления события x_i .

Тогда математическое ожидание будет

$$m_x = \sum_{i=1}^N x_i P_i = (x_1 N_1 + x_2 N_2 + \dots + x_i N_i + \dots + x_N N_N) / N.$$

При появлении в данной реализации еще одного события x_i математическое ожидание преобразуется в вид

$$m'_x = (x_1 N_1 + x_2 N_2 + \dots + x_i (N_i + 1) + \dots + x_N N_N) / (N + 1).$$

Окончательное выражение для определения математического ожидания с накоплением запишем в виде (по центру)

$$m'_x = \frac{N_{m_x} + x_i}{N + 1}. \quad (1)$$

При определении степени приближения закона распределения к теоретическому нельзя добиться полного равенства значений начальных моментов. В этом случае необходимо построить функцию невязки:

$$R(a_1, a_2, \dots, a_M, a_1^T, a_2^T, \dots, M_M^T),$$

где a_m – значение k -го начального момента для реализации, вычисленное по (1); a_i^T – значение i -го начального момента для закона распределения, выбранного в качестве эталонного, рассчитанное теоретически (аналитически либо численно); M – число моментов, выбранных для сравнения. В качестве параметра оценки отклонения двух распределений выберем число S , определяемое в виде

$$S = \sum_{k=1}^M \sqrt[k]{a_k - a_k^T}. \quad (2)$$

Таким образом, при S , стремящемся к нулю, закон распределения в реализации случайной величины стремится к выбранному в качестве эталонного закону распределения.

После сравнения двух распределений – теоретического x^T с рядом вероятности $P_i^T = P^T(x_i)$ и реального x с рядом вероятности, а также определения $\Delta P_i = P_i^T - P_i$ и рассмотрения случая сравнения закона распределения исследуемой последовательности с равномерным в интервале (89...92) имеем

$$S \leq \sum_{k=1}^M \sqrt[k]{\sum_{i=0}^{\infty} \varepsilon x_i^k} = \sum_{k=1}^M \sqrt[k]{\varepsilon \sum_{i=89}^{92} x^k}.$$

Таким образом, можно построить функцию пороговой суммы $S_{\text{пор}}$ в зависимости от ε и M такую, что если параметры оценки $S < S_{\text{пор}}$, то отклонение функции распределения $|f(x) - f^T(x)| < \varepsilon$ будет

$$S_{\text{пор}} = \sum_{k=1}^M \sqrt[k]{\sum_{i=89}^{92} x^k}.$$

Предложенный метод оценки равномерности распределения случайной последовательности позволяет определить отклонения от равномерности $\varepsilon = 10^{-3}$ и 10^{-5} в больших массивных числах в реальном времени, что дает возможность осуществлять статистическое моделирование сложных случайных распределений при имитации работы блескомера (табл.2).

Таблица 2

Распределение полированности облицовочных плит по блеску с номиналом 90 % блеска в выборке
(коелгинский мрамор)

Интервал, мм	Средн. размер $\bar{x}_i$, мм	Час- тота, f_i	$f_i \cdot \bar{x}_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x}) \cdot f_i^2$
89...89,50	89,25	2	178,50	- 0,75	0,5625	1,1250
89,5...90,0	89,75	45	4038,75	- 0,25	0,0625	2,7125
90,0...90,5	90,25	47	4241,75	+ 0,25	0,0625	2,9375
90,5...91,0	90,75	2	181,50	+ 0,75	0,5625	1,1250
91,0...91,5	91,25	2	182,50	+1,25	1,3225	2,6450
91,5...92,0	91,75	2	183,50	+1,75	3,0625	6,1250
$\bar{x}=9000$ ($=100$)			9006,5-90,05	$(=15,67$		

$$\bar{x} = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{\sum f_i}; S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot f_i}{\sum f_i}} = \sqrt{\frac{15,67}{100}} = \sqrt{0,156} = 0,39$$

Здесь $S=0,39$, что свидетельствует о точности измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Вентцель Е. С., Овчаренко Л.А.** Теория вероятностей и ее инженерные применения. – М.: Высшая школа, 2000.- 400 с.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 «Информационная технология. Оценка погрешностей продукции». Характеристики качества и руководство по их применению.
3. МИ 2891-2004 «ГСИ. Общее требование к программному обеспечению средств измерений».
4. МИ 2174-91 «ГСИ. Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения».
5. **Бабаян З.А.** Методика выполнения измерений с применением автоматизированных информационно-измерительных систем // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. – 2007. - Т.60, № 3. – С. 423-432.

НПП ГЗАО «Камень и Силикаты». Материал поступил в редакцию 15.05.2007.

Զ.Ա. ԲԱԲԱՅԱՆ, Է.Լ. ԻԳՆԱՏՅԱՆ

**ՓԱՅԼԱԶԱՓԻՉ ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՓԱՅԼԵՑՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ՈՐԱԿԻ ՎԵՐԱՀԱՅՈՒՄԸ՝
ՍԽԱԼԱՆՔՆԵՐԻ ԹՎԱՅԻՆ ՉԱՓԻՉ ՏՐԱԿՏԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ**

Դիտարկված է պատահական հաջորդականության բաշխման օրենքի մեթոդի համեմատումը ենթադրվող տեսականի հետ, որը մշակված է վիճակագրական մոդելավորման և փայլաչափիչի թվային չափիչ տրակտով՝ սխալանքների գնահատման համար, որոնք հնարավորություն են տալիս կուտակման ռեժիմում ստանալ արագընթաց արդյունքներ: Ճշգրիտ արդյունքների ստացման համար ընտրանիի անհրաժեշտ ծավալի գնահատում է անցկացված:

Առանցքային բառեր. փայլաչափիչ, թվային չափիչ տրակտ, փայլեցվածության որակի հսկում, սխալանք:

Z.A. BABAYAN, E.L. IGNATYAN

**ESTIMATION METHOD OF DIGITAL MEASURING LUSTREMETER TRACT ON QUALITY
CONTROL OF GRANITE SLAB POLISHNESS**

A comparison method of random sequences of distribution law with supposed theoretical ones, developed for statistic modelling and error estimation of the digital measuring unit of optical-electronic (lustrometer) instruments allowing to obtain results with high velocity in accumulation mode is considered. Estimation for a sample volume to obtain reliable results is given.

Keywords: lustrometer, digital measuring tract, polishness quality control, error.