

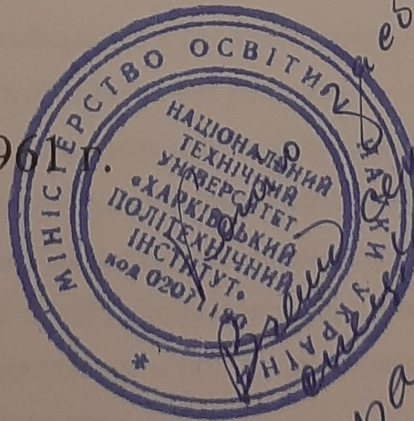
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ

Вестник

Харьковского
государственного
политехнического
университета

Выпуск 74. Системный анализ, управление и
информационные технологии

Основан в 1967 г.



Харьков 1999

Handwritten notes and signatures:
...себі гурт...
...ради...
...авано...
...29.10.09...
...13.11...

СОДЕРЖАНИЕ

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Левыкина В.М., С.А. Аль Салаймех. Разработка функциональной структуры системы управления	3
Свенко В.И., М. Аль Рываджба. Процедуры оценки состояния компонент транспортной компьютерной сети	7
Брежнев Е.В. Определение медианы нечетких подмножеств при решении задачи о выборе партнера по кооперации	14
Столяревская А.Л. Изучение темы «Автоматизация интеллектуальной деятельности» в курсе информатики в педагогическом вузе	18
Кондришов С.И., Москаленко М.В. Ситуационное описание и контроль метрологических характеристик измерительного канала	21
Ельчанинов А.Д., Ковкин В.В., Куцак В.А. Моделирование процесса эксплуатации обслуживаемого по состоянию объекта с периодическим контролем определяющего параметра	24
Яковенко И.В. Кинетическая неустойчивость продольных (плазменных) колебаний в полупроводниковых структурах	29
Глушенко И.В. Возможности применения основных методов управления банковским валютным риском в Украине	31
Никитина Л.А. Самопроверка одного класса цифро-аналоговых преобразователей	36
Бвалев В.Н. Построение модели изменения погрешностей измерительных каналов	39
Лесная Н.С., Шамша Т.Б., Витько А.В., Скибенко Т.И. Эффективность применения робастных и гребневых методов оценивания	42
Певцов Г.В., Шолохов С.Н., Поточняк А.З., Писаревский В.И. Оценка качества поиска элементов сигналов с программной перестройкой рабочей частоты при оптимизации Фурье - процессоров	48
Рудаков С.В. Методы обработки результатов измерительного эксперимента	54
Карлов В.Д., Коваль О.А., Стахсєв М.О. Методика розрахунку висотних профілів показника заломлення радіохвиль у приводному хвилеводі	58
Клименко Вісс. Гр. Багатокритеріальна задача максимізації по мінімуму	64
Савицкая Н.Л. Факторы, влияющие на размер и уровень издержек обращения предприятий торговли	70
Певцов Г.В., Калюжный Н.М., Галкин С.А. Модель сигналов на выходе Фурье - процессоров для синтеза устройств распознавания и селекции радионалучений по спектрально-временным признакам	74
Павлов П.Ф., Бабина О.Н., Черепанова Ю.Ю. О проблеме автоматизированного выявления семантических полей	81
Романовский А.Г., Пенюмарев А.С., Гужва В.А., Самсонов Б.В. Применение компьютерной технологии при разработке учебного плана подготовки профессиональных руководителей в техническом университете	86
Пенюмарев А.С., Михаль А.О. Выбор решающих правил в системах нечеткой диагностики объектов с расходуемым ресурсом	97

С. В. Рудаков

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

У статті розглянуті методи встановлення форми закону розподілення результатів виміржувального експерименту та можливість їх використання в метрології.

Исследования в науке и технике требуют выполнения большого числа физических экспериментов и обработки их данных по определенным правилам [1]. Обычно цель обработки заключается в выявлении вида распределения результатов измерительного эксперимента (случайных величин) и оценивании параметров (моментных функций) установленного распределения.

Качество результатов измерительного эксперимента (ИЭ) принято характеризовать указанием их погрешностей [2]. Для использования на практике вероятностного подхода к оценке погрешностей результатов ИЭ прежде всего бывает необходимым установить для данной конкретной погрешности вид аналитической модели (АМ) закона распределения (ЗР), что является наиболее сложным.

В литературе по теории вероятностей объединены распределения, используемые для описания погрешностей результатов измерений, но это объединение не решает задачи четкой систематизации распределений по их форме, необходимой для выбора моделей теоретических ЗР. Если ЗР характеризовать набором признаков, вычисляемых по выборке, то систематизация АМ ЗР погрешностей должна показывать взаимную близость или удаленность эмпирического и теоретического ЗР, а в идеале позволяла бы оценить эту близость или удаленность численно.

Анализ библиографических источников [2-5] позволяет указать методы идентификации ЗР.

Самым распространенным методом идентификации ЗР погрешности случайных значений является метод гистограммы.

Для определения формы распределения и сопоставления гипотез о форме распределения выборка (вариационный ряд) должна быть представлена в виде гистограммы,

состоящей из m столбцов с определенной протяженностью d соответствующих им интервалов. Близость ЗР выборки экспериментальных данных к принятой теоретической модели оценивают при помощи некоторых критериев согласия (Колмогорова-Смирнова, χ^2 Пирсона и др.). При большом объеме выборки построение гистограммы позволяет получить достаточно плавную кривую, отражающую все характерные особенности наблюдаемого закона.

Недостаток этого метода состоит в том, что выборка данных должна быть как можно большей ($n > 200$), но и это не гарантирует достоверности идентификации.

Другой метод исходит из того, что при использовании второго (μ_2) и четвертого (μ_4) центральных моментов форма закона распределения численно характеризуется значением эксцесса

$$\varepsilon = \mu_4 / \sigma_x^4 - 3,$$

где σ_x^2 — дисперсия случайной величины.

Значение ε находится в пределах от 1 до ∞ , из-за чего этот параметр для анализа неудобен. Поэтому его преобразовывают в значение контрэксцесса

$$H = 1 / \sqrt{\varepsilon},$$

которое для любых распределений заключено в пределах от 0 до 1. Однако классификация распределений по одному контрэксцессу является недостаточной. Например, значение эксцессов распределения Лапласа и распределения Стьюдента в значительной мере перекрываются [2]. В качестве второго независимого признака формы ЗР принимают значение энтропийного коэффициента

$$k = \Delta_2 / \sigma_x,$$

где Δ_2 — энтропийное значение погрешности.

Для любых законов распределения k изменяется в пределах от 0 до 2,066. Точка с координатами k и H будет всегда находиться в пределах прямоугольника, ограниченного значениями k от 0 до 2,066 и значениями H от 0 до 1. Для приближенной идентификации ЗР имеется подробная топографическая классификация законов распределения в плоскости $k - H$ [2]. Числовые характеристики k и H даже при малом объеме выборки экспериментальных данных ($n \approx 40$) определяются уже с достаточной точностью ($\gamma = 5+10\%$).

Недостатком этого метода является его неоднозначность идентификации ЗР.

Известны также несколько подходов определения закона распределения значений случайной величины методом моментов. К основным из них относятся:

аппроксимация с помощью полиномов;
 аппроксимация нормальным законом распределения с поправками на отклонение от нормальности в виде полинома (пертурбационный многочлен) или в виде производных от нормальной кривой (ряд Грама-Шарлье типа А);

аппроксимация кривыми Пирсона;

аппроксимация кривыми Джонсона.

При аппроксимации с помощью полиномов плотность распределения вероятностей значений величины описывается полиномом m -й степени

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m.$$

Определение a_i производится методом моментов. Решается система уравнений

$$\int_{x_n}^{x_0} x^k (\sum_{i=0}^m a_i x^i) dx = v_k, \quad k = 0, m.$$

В результате решения системы уравнений, в частности для $m = 2$, получаем:

$$a_0 = 3/8 (3 - 5\mu_2), \quad a_1 = 3/2 \mu_1, \quad a_2 = 15/8 (3\mu_2 - 1),$$

где μ_1, μ_2 - моменты 1-го и 2-го порядка соответственно.

Достоинством полиномиального метода является простота получаемых соотношений и возможность аналитического вычисления значений функции распределения. Недостаток метода заключается в том, что возможно появление отрицательных значений плотности вероятности $f(x)$.

Аппроксимирующая функция с поправками на отклонение от нормальности в виде полинома (метод Крамера) имеет вид:

$$f(x) = \frac{Q(x)}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp \left\{ -\frac{(x - \bar{x})^2}{2\sigma^2} \right\},$$

где $Q(x)$ - пертурбационный многочлен

$$Q(x) = \sum_{i=0}^m a_i x^i.$$

Аппроксимирующая функция с поправками на отклонение от нормальности в виде производных от нормальной кривой (ряд Грама-Шарлье типа А) представляется в виде

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp \left\{ -\frac{(x - \bar{x})^2}{2\sigma^2} \right\} \left[1 + \frac{1}{6} \mu_3 H_3 + \frac{\epsilon}{24} H_4 + \dots \right],$$

где μ_3, ϵ - асимметрия (эксцесс), H_j - полиномы Чебышева-Эрмита.

Метод Крамера и ряд Грама-Шарлье пригодны в случае приближенного нормального распределения. Недостаток метода в том, что ряд дает заведомо неунимодальные функции.

В основе подхода, развитого Джонсоном, лежит преобразование исследуемой переменной к новой переменной, уже имеющей нормальное распределение.

Рассмотренные аппроксимации распределений ориентированы на описание ЗР, близких к нормальному, что ограничивает сферу их применения. Требованиями практики соответствует аппроксимация, имеющая нормальное распределение своим частным случаем, взаимно независимые параметры распределения, а также значение асимметрии и эксцесса которой изменяются в широких пределах. Такими свойствами обладает предложенное в v -распределение:

$$v(x) = A \left[\frac{1 + ((x - \mu) / D)^2}{1 + \varepsilon((x - \mu) / D)} \right] \exp \left\{ -\frac{(x - \mu)^2}{2D^2} (1 + \mu_3 \operatorname{sgn}(x - \varepsilon)) \right\},$$

где A – нормирующий множитель; параметр μ – мода распределения; μ_3 – асимметрия; D – дисперсия; ε – эксцесс.

Это распределение является неотрицательным при любых значениях входящих в него параметров и является унимодальным. Использование данного распределения позволяет по оценкам четырех моментных функций аппроксимировать эмпирические ЗР погрешности типа распределений Вейбулла, Эрланга, γ -распределения и др.

Рассмотренные методы обработки результатов ИЭ требуют дополнительных исследований на предмет возможности их использования в метрологии для решения задачи отнесения ЗР к классу симметричных или несимметричных, устойчивости и достоверности идентификации ЗР в зависимости от объема выборки, что определяет выбор способов оценивания характеристик положения и разброса измеряемых величин.

Список литературы: 1. Лавренчик В.Н. Постановка физического эксперимента и статистическая обработка его результатов. - М.: Энергоатомиздат, 1986. 2. Новицкий П.Ф., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. - Л.: Энергоатомиздат, 1991. 3. Губарев В.В. Аппроксимация эмпирических данных кривыми Пирсона. Комплекс программ. - Новосибирск: НЭТИ, 1982. 4. Кендал М., Стьюарт А. Теория распределений. - М.: Наука, 1966. 5. Крамер Г. Математические методы статистики. - М.: Мир, 1975.

Поступила в редколлегию 04.02.99