



СИСТЕМИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

Випуск 3(110)

Невизначеність вимірювань: наукові,
нормативні, прикладні та методичні аспекти

**Заснований
у 1996 році**

Відображені результати досліджень з розробки нових інформаційних технологій як для рішення традиційних задач збору, обробки та відображення даних, так і для побудови систем обробки інформації у різних проблемних галузях.

Засновник: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;
61023, м. Харків-23,
вул. Сумська, 77/79, ГНК, 101-Г

Телефони: +38 (057) 756-47-02;
+38 (057) 704-96-47

E-mail редколегії:
info@hups.mil.gov.ua.
Інформаційний сайт:
www.hups.mil.gov.ua.

Реферативна інформація зберігається у загальнодержавній реферативній базі даних „Україніка наукова” та публікується у відповідних тематичних серіях УРЖ „Джерело”; у реферативній базі даних Всеросійського інституту наукової і технічної інформації (ВІНІТІ) Російської академії наук і публікується у відповідних тематичних серіях РЖ

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Голова:

СТАСЄВ Юрій Володимирович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

Члени:

БІЛЬЧУК Віктор Михайлович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

ГОЛКІН Дмитро Васильович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

ГОРОБЕЦЬ Микола Миколайович (д-р фіз-мат. наук, проф., ХНУ)

ЄВДОКІМОВ Віктор Федорович

(член-кор. НАНУ, д-р техн. наук, проф., ІПМЕ НАНУ)

ІВАНОВ Віктор Кузьмич (д-р фіз-мат. наук, снс, ІРЕ НАНУ)

КАРЛОВ Володимир Дмитрович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

КАЧАНОВ Петро Олексійович (д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»)

КОЗЕЛКОВ Сергій Вікторович (д-р техн. наук, проф., ЦНДІ НіУ)

КОНОВАЛЕНКО Олександр Олександрович

(академік НАНУ, д-р фіз-мат. наук, проф., РІ НАНУ)

КОНОНОВ Борис Тимофійович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

КРАСНОБАЄВ Віктор Анатолійович (д-р техн. наук, проф., ХНТУ СГ)

КУПЧЕНКО Леонід Федорович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

ЛОСЄВ Юрій Іванович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

ПОРОШИН СЕРГІЙ МИХАЙЛОВИЧ (д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»)

ПОТІЙ ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ (д-р техн. наук проф., ХУ ПС);

ПРИЛЕПСЬКИЙ Євген Дмитрович (д-р фіз-мат. наук, проф., ХУ ПС)

РУБАН Ігор Вікторович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

СМЕЛЯКОВ Сергій В'ячеславович (д-р фіз-мат. наук, проф., ХУ ПС)

СТРЄЛКОВ Олександр Іванович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

ХАРЧЕНКО В'ячеслав Сергійович (д-р техн. наук, проф., НАКУ «ХАІ»)

ЧИНКОВ Віктор Миколайович (д-р техн. наук, проф., ХУ ПС)

Відповідальний секретар: КУЧУК Георгій Анатолійович

(канд. техн. наук, снс, ХУ ПС)

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор

*Затверджений до друку Вченою Радою Харківського університету Повітряних Сил
(протокол від 19 березня 2013 року № 5)*

Занесений до “Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук”, затвердженого постановою президії ВАК України від 14.10.2009 р., № 1-05/4 (технічні науки, № 124; бюлетень ВАК України, № 11, 2009)

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 9500 від 13.01.2005 р.

З М І С Т

<i>Захаров И.П.</i> Оценивание неопределенности измерений: 10 лет спустя	2
ФІЛОСОФСЬКІ АСПЕКТИ	
<i>Колбасин А.И.</i> Истинное значение и метрология	8
<i>Левин С.Ф.</i> Философия и математическая статистика в метрологии	11
<i>Чайий В.П.</i> Измерение как элементарный акт познания	20
НОРМАТИВНІ АСПЕКТИ	
<i>Дойников А.С., Крупин Б.Н., Юров Л.В.</i> Презентация стандарта ГОСТ Р 8.739-2011 «ГСИ. Эталоны для координатно-временных измерений. Основные положения. Способы выражения погрешностей»	25
<i>Рабинович С.Г.</i> Руководство по оцениванию точности однократных измерений	31
ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ	
<i>Єременко В.С., Мокійчук В.М.</i> Універсальний метод ідентифікації закону розподілу вибіркового даних	38
<i>Захаров И.П., Климова Е.А., Чунихина Т.В.</i> Получение достоверной оценки коэффициента охвата при составлении бюджета неопределенности измерений	41
<i>Захаров И.П., Сергиенко М.П., Шевченко Н.С., Штефан Н.В.</i> Трансформация законов распределений при пересчете результатов измерений из логарифмических единиц в абсолютные	45
<i>Кадис Р.Л.</i> Выбор функции распределения вероятности при оценивании неопределенности "Типа В"	49
<i>Кондрашов С.И., Дроздова Т.В.</i> Анализ учета систематической и случайной составляющих погрешности экспертных оценок при фаззификации	52
<i>Коцюба А.М., Зайка В.П.</i> Оцінювання стандартної невизначеності за типом А за наявності лінійного тренду результатів повторних спостережень	56
<i>Редьбога О.Ю., Яремчук Н.А.</i> Невизначеність встановлення шкали порядку, способи її зменшення і врахування при отриманні результату вимірювання	59
<i>Шайняк И.Р.</i> О последовательности изложения байесовского подхода в руководстве по выражению неопределенности измерения (GUM)	66
ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ: ПРОСТЕЖУВАНІСТЬ ВИМІРЮВАНЬ	
<i>Гоц Н.С.</i> Методика оцінювання невизначеності нелінійності функції перетворення оптично-приймальної системи еталонного термометра випромінення	70
<i>Данилов А.А., Зинкина А.В., Кучеренко Ю.В., Ординарцева Н.П., Цуканова Е.Г.</i> Поэлементная калибровка измерительных каналов измерительных систем: алгоритм оценивания неопределенности измерений	73
<i>Малецкая О.Е., Москаленко М.В.</i> Калибровка СИТ: оценка погрешности и неопределенности измерений	75
<i>Новоселов О.А.</i> Разработка методик калибровки средств измерительной техники согласно требованиям ДСТУ ISO/IEC 17025 калибровочной лабораторией предприятия	79
<i>Петкова Т.П., Христов И.К., Борисов Б.И., Петров С.Т.</i> Оценка технической компетентности посредством участия в межлабораторных сличениях	82
<i>Почкайлова Л.П.</i> Валідація методик випробувань	85
ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ: ГЕОМЕТРИЧНІ І МЕХАНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ	
<i>Борзенкова А.В., Черпацук Г.А.</i> Метрологическое моделирование при аттестации систем взвешивания	90
<i>Котляр Т.Ю.</i> Оценка неопределенности измерений при калибровке штриховых мер длины	94
<i>Куц Ю.В., Шенгур С.В.</i> Подання результату куткових вимірювань в концепції невизначеності	97
<i>Скляров В.В., Довженко Я.С.</i> Исследование влияния скорости индентирования при измерении твердости	101
ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ: ВИМІРЮВАННЯ ЧАСУ	
<i>Коваль Ю.А., Приймак В.Ю., Плехно С.А., Костыря А.А., Ал-Твежри Б.А., Хуссейн А.Ф.</i> Анализ и экспериментальные оценки неопределенности измерений сдвига шкал времени с применением сигналов системы SBAS	107
<i>Horský J., Horská J.</i> Stopwatch and Timer Calibrations with internet reference signal	112
ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ: ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ	
<i>Григорова Т.А., Скрипко Г.О.</i> Анализ оценки неопределенности измерений результатов компьютерной обработки изображения интерференционной картины полиэфирного волокна	116
<i>Джаббаров Р.Р., Хакимов О.Ш., Джаббарова Г.Р.</i> Неопределенность измерения сдвиговых вязкоупругих свойств касторового масла ультразвуковым импедансным методом	120
<i>Доброва В.Е., Колесник Е.С., Ратушина К.Л.</i> Моделирование процессов измерений при клинических испытаниях лекарственных средств	124
<i>Ефремова Н.Ю.</i> Особенности статистической обработки данных проверок квалификации в соответствии с Международным Гармонизированным протоколом IUPAC	128
<i>Полищук А.А., Захарія О.М., Колтак Р.М., Коротков О.В., Чеботарьов О.М.</i> Невизначеність атомно-абсорбційного вимірювання концентрацій Рb у сечі та крові із застосуванням «графітової втулки-фільтру»	135
<i>Савкова Е.Н.</i> Снижение неопределенности колориметрических измерений в программно-аппаратных средах ..	138
<i>Самойліченко О.В.</i> Особливості оцінювання невизначеності вимірювання, пов'язаної з відбором проб	144
<i>Ткаченко И.Ю., Нежиховский Г.Р.</i> Дефинициальная неопределенность измерений в задачах санитарного и экологического контроля водных объектов	149

УДК 006.91:519.2

Ю.В. Куц, С.В. Шенгур

Національний авіаційний університет, Київ

ПОДАННЯ РЕЗУЛЬТАТУ КУТОВИХ ВИМІРЮВАНЬ В КОНЦЕПЦІЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

В роботі описано метод, в основу якого поставлена задача оцінювання характеристик розподілів ймовірностей випадкових кутів та їх невизначеності за апроксимаціями їх вибіркових розподілів визначеними аналітично на інтервалі $[0, 2\pi)$ неперервними функціями.

Ключові слова: випадковий кут, розширена невизначеність, асиметрія розподілу, функція щільності розподілу ймовірностей, перетворення Джонсона.

Вступ

Результати вимірювання значної кількості природних явищ та процесів мають циклічну залежність, що обумовлює необхідність їх розгляду на круговій шкалі. Національні та міжнародні стандарти із забезпечення єдності вимірювань містять рекомендації перш за все щодо представлення результатів лінійних вимірювань. Тому важливою є задача опрацювання та представлення результатів кутових вимірювань з урахуванням специфіки випадкових кутів (ВК).

Згідно з GUM [1], результатом вимірювання є оцінка найбільш імовірного значення вимірюваної величини, супроводжена кількісною оцінкою її якості – невизначеністю.

За результат вимірювання, в залежності від вимог, приймають наступні оцінки характеристик положення – вибіркові середнє значення, моду або медіану.

Сучасні наукові дослідження методів статистичного опрацювання результатів вимірювання все частіше враховують той факт, що експериментальні дані часто незадовільно апроксимуються нормальним законом розподілу випадкових величин. Такий висновок деякою мірою зумовлений недосконалістю тестів для перевірки статистичних гіпотез та їх високою чутливістю до обсягу вибірок. Врахування такої особливості необхідне під час розробки нових методів опрацювання даних вимірювання.

До таких методів належать, наприклад, методи апроксимації результатів вимірювань емпіричними розподілами, такими як розподіл Джонсона, Пірсона, розклад Корніша-Фішера, розклад у ряди Грема-Шарльє, Еджвотра, а також методи, направлені на підвищення точності визначення результату вимірювання за вибірками малого обсягу (2...100 значень) за рахунок збільшення кількості обчислювальних операцій – “бутстреп” метод.

Основний матеріал

Для аналізу результатів кутових вимірювань достатнього обсягу (не менше 40 значень у вибірці) зручним є використання розподілу Джонсона [2]. Такий метод дозволяє врахувати обмеженість діапазону зміни кутових значень інтервалом $[0, 2\pi)$, застосовуючи усі три форми кривих Джонсона [3], підібрати оптимальну апроксимуючу унімодальну функцію щільності розподілу ймовірності (щ.р.і.) з урахуванням асиметрії експериментальних даних. За аналітичним виразом функції щ.р.і. обчислюють вибіркові кругові моду, як кутове значення аргументу, якому відповідає нульове значення першої похідної функції, медіану, як 0,5 квантиль функції розподілу та середнє, як тригонометричний момент першого порядку нульового напрямку.

З урахуванням специфіки кругової шкали, система кривих Джонсона набуває наступного виду:

1. Логарифмічно нормальний S_L розподіл (рис. 1):

$$p_{S_L}(\theta) = \frac{\eta}{\sqrt{2\pi(\theta-\varepsilon)}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\eta^2\left[\frac{\gamma}{\eta} + \ln(\theta-\varepsilon)\right]^2\right\}, \quad (1)$$

де $\varepsilon < \theta < 2\pi$; ε – нижня границя випадкового кута, $0 \leq \varepsilon < 2\pi$; γ – параметр форми, $-\infty < \gamma < \infty$; η – параметр форми, $\eta > 0$.

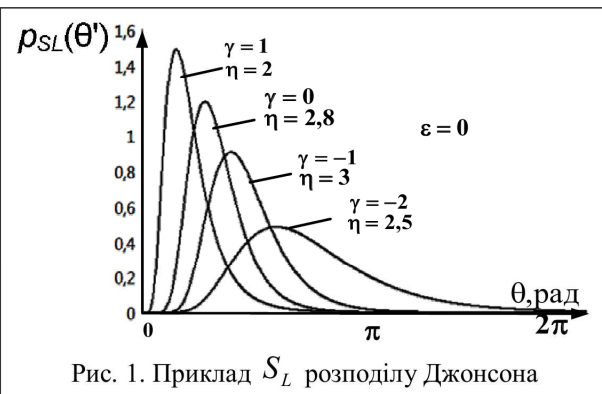


Рис. 1. Приклад S_L розподілу Джонсона

Це унімодальний розподіл, який має завжди додатну асиметрію та ексцес, який перевищує нормальний. Функція щільності зростає від нуля до точки максимуму, після чого більш повільно спадає.

2. S_B розподіл Джонсона (рис. 2):

$$p_{S_B}(\theta) = \frac{\eta}{\sqrt{2\pi}(\theta-\varepsilon)(\lambda-\theta+\varepsilon)} \times \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\gamma + \eta \ln\left(\frac{\theta-\varepsilon}{\lambda-\theta+\varepsilon}\right)\right]^2\right\}, \quad (2)$$

де $\varepsilon < \theta < \varepsilon + \lambda$; ε – найменше ймовірне значення випадкового кута, $0 \leq \varepsilon < 2\pi$; $\varepsilon + \lambda$ – найбільше ймовірне значення випадкового кута, $0 < \lambda < 2\pi$; γ – параметр форми, що характеризує асиметрію розподілу, $-\infty < \gamma < \infty$, η – параметр форми, що характеризує гостровершинність розподілу, $\eta > 0$.

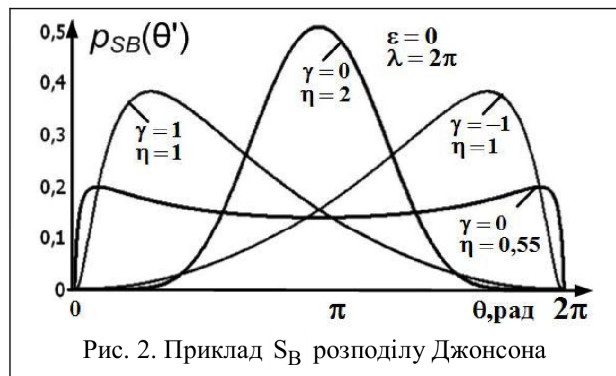


Рис. 2. Приклад S_B розподілу Джонсона

Це чотирипараметровий розподіл, який може бути як унімодальним, так і бімодальним та набувати додатної або від'ємної асиметрії.

3. S_U розподіл Джонсона (рис. 2):

$$p_{S_U}(\theta) = \frac{\eta}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\sqrt{(\theta-\varepsilon)^2 + \lambda^2}} \times \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\gamma + \eta \ln\left[\frac{\theta-\varepsilon}{\lambda} + \sqrt{\left(\frac{\theta-\varepsilon}{\lambda}\right)^2 + 1}\right]\right)^2\right], \quad (3)$$

де $0 \leq \theta < 2\pi$, ε – параметр, що характеризує центр розподілу, $0 \leq \varepsilon < 2\pi$; λ – параметр масштабу, $\lambda > 0$; γ – параметр форми, що характеризує асиметрію розподілу, $-\infty < \gamma < \infty$, η – параметр форми, $\eta > 0$.

Це чотирипараметровий унімодальний розподіл, який може набувати як додатної, так і від'ємної асиметрії в залежності від того, додатна чи від'ємна величина γ .

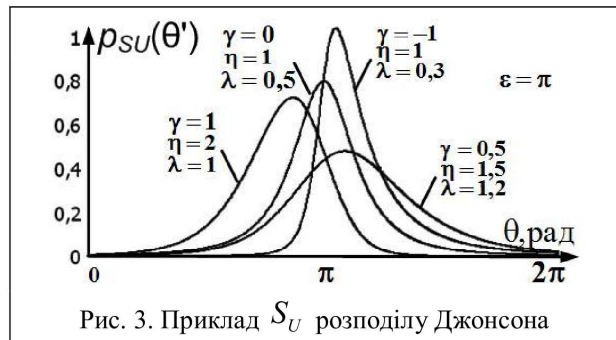


Рис. 3. Приклад S_U розподілу Джонсона

Методика [4] (рис. 4) формування результату вимірювання випадкових кутів із застосуванням розподілу Джонсона полягає у наступному:

1. Отриману за результатами спостережень вибірку ВКВ $\Theta = \{\theta_1, \dots, \theta_j, \dots, \theta_n\}$ модифікують та формують нову вибірку $\Theta' = \{\theta'_1, \dots, \theta'_j, \dots, \theta'_n\}$ (рис. 5), де $\theta'_j = \theta_j - \theta_{3M}$, $\theta_{3M} = \bar{\theta}$, $\bar{\theta}$ – вибіркове кругове середнє:

$$\bar{\theta} = \text{Arctg}\left(\frac{\sum_{j=1}^n \sin \theta_j}{\sum_{j=1}^n \cos \theta_j}\right), \quad (4)$$



Рис. 4. Узагальнене схематичне зображення методики формування результату вимірювання ВК

де Arctg – функція чотирикватричного арктангенса.

2. Для сформованої вибірки Θ' здійснюють підбір аналітичної функції $p_{S_X}(\theta')$ щільності розподілу ймовірностей з використанням кривих Джонсона.

Підбір функції полягає у виборі системи розподілів Джонсона, підборі параметрів обраної системи та перевірки відповідності підбраної функції емпіричним даним. Перевірку відповідності здійснюють на основі модифікованого критерію хі-квадрат з використанням емпіричних та теоретичних площ.

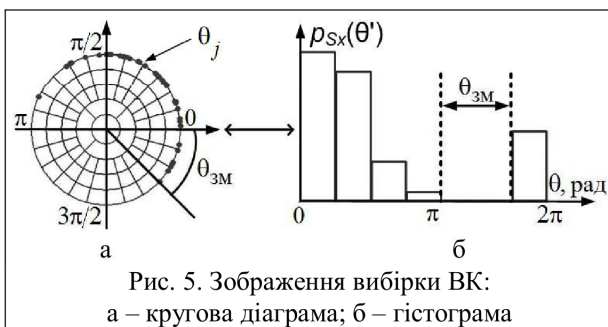


Рис. 5. Зображення вибірки ВК: а – кругова діаграма; б – гістограма

Для підвищення точності апроксимації здійснюють повторне зміщення досліджуваної вибірки Θ випадкових кутових величин у межах інтервалу $[0, 2\pi)$. Для нової зміщеної вибірки Θ' будують функцію щільності розподілу ймовірності та розраховують значення критерію. Така процедура повторюється необхідну кількість разів до досягнення найменшого значення критерію.

3. На основі аналітичного виразу функції щільності розподілу ймовірності $p_{S_X}(\theta')$ випадкових кутів визначають значення вибірових кругових характеристик: моди, медіани, тригонометричного моменту заданого порядку та напряму, за яким обчислюють оцінки значень вибірових кругових середнього напрямку, кругової дисперсії, асиметрії, ексцесу.

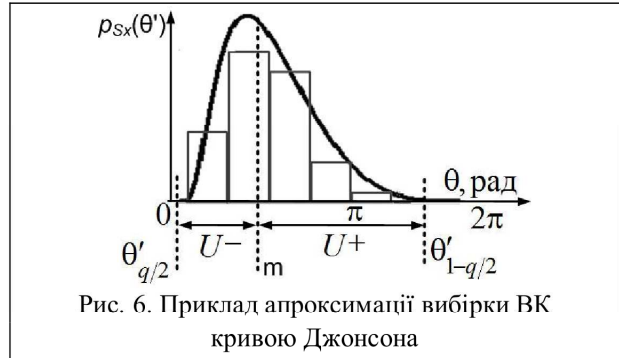


Рис. 6. Приклад апроксимації вибірки ВК кривою Джонсона

Значення оцінки вибірового кругового середнього [5] як

$$\mu'_1 = 1 - \text{Arg } f_1(\theta), \quad (5)$$

де $f_1(\theta)$ – тригонометричний момент першого порядку.

Оцінка медіани Med визначається як 0,5 квантиль функції розподілу, одержаної з $p_{S_X}(\theta')$, а оцінка моди Mode є значенням аргументу θ , для якого перша похідна функції $p_{S_X}(\theta')$ дорівнює 0.

4. Оцінюють границі довірчого інтервалу як симетричні квантилі $\theta'_{q/2}$ та $\theta'_{1-q/2}$ для заданої довірчої ймовірності $P_{\text{дов}} = 1 - q$, які відповідають розширеній невизначеності результату вимірювання та розташовані в загальному випадку несиметрично відносно середнього значення вибірки.

5. Кутові значення оцінок вибірових кругових характеристик та границь довірчого інтервалу відновлюють із урахуванням кута зміщення θ_{3M} :

$$\begin{aligned} \theta_{q/2} &= (\theta'_{q/2} + \theta_{3M}) \bmod 2\pi, \\ \theta_{1-q/2} &= (\theta'_{1-q/2} + \theta_{3M}) \bmod 2\pi. \end{aligned} \quad (6)$$

Значення $\theta_{q/2}$ та $\theta_{1-q/2}$ є границями розширеної невизначеності результату вимірювання.

6. Визначають ліву і праву частини розширеної невизначеності результату вимірювання відносно його найбільш імовірного значення (кругових середнього, моди, медіани):

$$\begin{aligned} U^- &= (\mu_1 - \theta_{q/2}) \bmod 2\pi, \quad U^+ = (\theta_{1-q/2} - \mu_1) \bmod 2\pi, \\ U^- &= (\text{Mod} - \theta_{q/2}) \bmod 2\pi, \quad U^+ = (\theta_{1-q/2} - \text{Mod}) \bmod 2\pi, \end{aligned} \quad (7)$$

$U^- = (\text{med} - \theta_{q/2}) \bmod 2\pi, \quad U^+ = (\theta_{1-q/2} - \text{med}) \bmod 2\pi$
та формують результат вимірювання:

$$\left((\mu_1 - U^-) \bmod 2\pi; (\mu_1 + U^+) \bmod 2\pi \right), P_{\text{дов}},$$

$$\left((\text{Mod} - U^-) \bmod 2\pi; (\text{Mod} + U^+) \bmod 2\pi \right), P_{\text{дов}}, (8)$$

$$\left((\text{med} - U^-) \bmod 2\pi; (\text{med} + U^+) \bmod 2\pi \right), P_{\text{дов}}.$$

7. Визначають складові розширеної невизначеності вибірових кругових середнього, моди та медіани:

$$U_{\text{mean}}^- = \frac{(\mu_1 - \theta_{q/2}) \bmod 2}{\sqrt{n}}, \quad U_{\text{mean}}^+ = \frac{(\theta_{1-q/2} - \mu_1) \bmod 2\pi}{\sqrt{n}},$$

$$U_{\text{Mod}}^- = \frac{(\text{Mod} - \theta_{q/2}) \bmod 2\pi}{\sqrt{n}}, \quad U_{\text{Mod}}^+ = \frac{(\theta_{1-q/2} - \text{Mod}) \bmod 2\pi}{\sqrt{n}}, (9)$$

$$U_{\text{med}}^- = \frac{(\text{med} - \theta_{q/2}) \bmod 2\pi}{\sqrt{n}}, \quad U_{\text{med}}^+ = \frac{(\theta_{1-q/2} - \text{med}) \bmod 2\pi}{\sqrt{n}},$$

та формують результат вимірювання:

$$\left((\mu_1 - U_{\text{mean}}^-) \bmod 2\pi; (\mu_1 + U_{\text{mean}}^+) \bmod 2\pi \right), P_{\text{дов}},$$

$$\left((\text{Mod} - U_{\text{Mod}}^-) \bmod 2\pi; (\text{Mod} + U_{\text{Mod}}^+) \bmod 2\pi \right), P_{\text{дов}}, (10)$$

$$\left((\text{med} - U_{\text{med}}^-) \bmod 2\pi; (\text{med} + U_{\text{med}}^+) \bmod 2\pi \right), P_{\text{дов}}.$$

Увівши для розрахованих значень середнього μ_1 , моди Mod та медіани med спільне позначення m можна записати узагальнену форму результату вимірювання:

$$\left((m - U_m^-) \bmod 2\pi; (m + U_m^+) \bmod 2\pi \right), P_{\text{дов}}. (11)$$



Рис. 7. Зображення результатів інтервального оцінювання вибірових характеристик ВК на одиничному колі

Висновок

Наведено методику представлення результату вимірювання випадкових кутів у концепції невизначеності шляхом визначення функції розподілу ймовірності на основі апроксимації емпіричних розподілів кривими Джонсона. Методика експериментально досліджена для вибірок ВК обсягом від 40 до 100 значень, що належать до підсукупностей обсягу не менше 10000 значень, сформованих із генеральної або шляхом комбінування кругових законів розподілу. Для кожного обсягу вибірки одержана статистика не менше 1000 значень вибірових кругових характеристик.

Результати статистичних випробувань показали покращення прецизійності оцінок вибірових кругових середнього значення до 11%; моди – на 22-27%; медіани – на 15-16%; а також підвищення правильності оцінок границь довірчого інтервалу для результату вимірювання ВК з асиметричної генеральної сукупності на 22-27% та прецизійності для ВК, що належить до симетричної генеральної сукупності на 15-23%.

Список літератури

1. Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM): First edition. – ISO, 1993. – 101p.
2. Хан Г. Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапиро; Пер. с англ. Е. Г. Коваленко / Под ред. В.В. Налимова. – М.: Мир, 1969. – 396 с.
3. Johnson N.L. Systems of frequency curves generated by methods of translation / N.L. Johnson // Biometrika. – Vol. 36, 1949. – P. 148-176.
4. Куц Ю. В. Знаходження довірчого інтервалу в задачах кутометрії за апроксимацією емпіричних даних розподілом Джонсона / Ю. В. Куц, С. В. Шенгур // Відбір і обробка інформації. – 2011. – Вип. 35 (111). – С. 32-37.
5. Куц Ю.В., Щербак Л.М. Статистична фазометрія. – Тернопіль: Вид-во Тернопільського державного університету ім. І. Пулюя, 2009. – 383 с.

Надійшла до редколегії 6.02.2013

Рецензент: д-р. техн. наук, проф. Л.М. Щербак, Національний авіаційний університет, Київ.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТА УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В КОНЦЕПЦИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Ю.В. Куц, С.В. Шенгур

В работе описан метод, в основу которого поставлена задача оценивания характеристик распределений вероятностей случайных углов и их неопределенности по аппроксимациям их выборочных распределений аналитически на интервале $[0, 2\pi)$ непрерывными функциями.

Ключевые слова: случайный угол, расширенная неопределенность, асимметрия распределения, функция плотности распределения вероятностей, преобразование Джонсона.

THE PRESENTATION OF ANGULAR MEASUREMENT RESULTS IN THE UNCERTAINTY CONCEPT

Y.V. Kuts, S.V. Shengur

The method based on the task of probability distribution characteristics of the random angles and their uncertainty on the approximations of their sampling distributions analytically on the interval of $[0, 2\pi)$ by continuous functions is described in the article.

Keywords: the random angle, the expanded uncertainty, the distribution asymmetry, the function of the probability distribution density, Johnson distribution.