

ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

THEORETICAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL
ENGINEERING ACADEMY OF UKRAINE



В І С Н И К

ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

ВИПУСК 3-4

***BULLETIN OF ENGINEERING
ACADEMY OF UKRAINE***

Issue 3-4

Київ 2010 Kyiv

**ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ**

**THEORETICAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL
ENGINEERING ACADEMY OF UKRAINE**

Журнал друкує статті науковців вузів та установ України, інших країн відповідно до рубрик:

Авіаційна й космічна техніка
Військово-технічні проблеми
Геологія, видобування та переробка корисних копалин
Інженерні проблеми агропромислового комплексу
Інформаційні системи, обчислювальна й електронна техніка, системи зв'язку та приладобудування
Комунікації (транспортні системи та ін.)
Матеріалознавство
Машинобудування
Медична інженерія
Металургія
Нафтогазові технології
Охорона навколишнього середовища (інженерна екологія) і ресурсозбереження
Стандартизація, метрологія і сертифікація
Будівництво і будіндустрія
Технологія легкої промисловості
Технологія харчової промисловості
Хімічні технології й інженерна біотехнологія
Економіка, право та керування в інженерній діяльності
Енергетика

Матеріали друкуються українською або російською мовою.

Номер затверджено на засіданні Вченої ради Кіровоградського національного технічного університету

Протокол № 8 від 22.11.2010р
Вісник Інженерної академії України включений у новий Перелік наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук в галузі технічних наук (Постанова президії ВАК України від 14.04.2010 р. № 1-05/3)

Співзасновники:
Кіровоградський національний технічний університет
Інженерна академія України
Університет внутрішніх справ

Journal submits articles of researchers of universities and institutions of Ukraine and other countries in accordance with headings:

Aviation and Space Engineering
Military and Engineering Problems
Geology, Mining and Processing of Minerals
Engineering Problems of Agroindustrial Complex
Information Systems, Computer and Electronic Engineering, Communication Systems and Instrument Engineering
Communications (Transport Networks and others)
Material Science
Mechanical Engineering
Medical Engineering
Metallurgy
Oil-and-Gas Technologies
Preservation of Environment (Ecological Engineering) and Resource Saving
Standardisation, Metrology and Certification
Building and Construction Engineering
Technology of Light Industry
Technology of Food Industry
Chemical Technologies and Engineering Biotechnology
Economics, Law and Management in Engineering
Power Engineering

Materials are submitted in Ukrainian or Russian languages.

The issue is approved at the meeting of Academic Council of Kirovograd National Technical University

Protocol No. 8 dated 22.11.2010
Bulletin of Engineering academy of Ukraine is included into the new List of Scientific special editions of Ukraine, in which results of dissertation works may be published for to be conferred with academic degrees of doctor and candidate of sciences in the field of engineering sciences (Decree of presidium of the Ukraine HCC No. 1-05/3 dated 14.04.2010)

Cofounders:
Kirovograd National Technical University

Engineering Academy of Ukraine
University of Internal Affairs

ISBN 5-7763-8361-7

Редакційна колегія:

Головний редактор – д.т.н., проф. **В.П. Квасніков**
Відповідальний секретар – к.т.н. **В.І. Савченко**,
Редактори – **К.С. Бабіч, А.В. Дзюбаненко**

Члени редколегії:

А.І. Бабушкін - д.т.н., проф. (авіаційна і космічна техніка),
Л.Р. Вишняков – д.т.н. (матеріалознавство)
Р.Б. Гевко - д.т.н., проф. (машинобудування),
М.М. Гіроль - д.т.н., проф. (комунікації, транспортні системи та ін.),
А.М. Золотарьов - д.е.н., проф. (економіка, право і управління в інженерній справі),
Л.В. Коломієць – д.т.н., проф. (стандартизація, метрологія і сертифікація),
В.І. Литвиненко - д.х.н. (хімічні технології та інженерна біотехнологія),
А.П. Мельник - д.т.н., проф. (нафтогазові тех.ї),
В.М. Мельник - д.т.н., проф. (геологія, добування та переробка корисних копалин),
Й.С. Мисак - д.т.н., проф. (енергетика),
О.О. Панасенко - д.т.н., проф. (інформаційні системи, обчислювальна й електронна техніка, системи зв'язку та приладобудування),
О.К. Тришин - академік УААН, д.с/г.н., проф. (інженерні проблеми АПК),
В.М. Сало – д.т.н., проф. (інженерні проблеми АПК)
В.В. Соловей - д.т.н., проф. (охорона навколишнього середовища і ресурсозбереження),
В.І. Ступа - д.т.н., проф. (технологія легкої промисловості),
М.І. Хвистюк - д.м.н., проф. (медична інженерія),
М.І. Черноvol – член-кор. УААН, д.т.н., проф. (матеріалознавство),
В.В. Федоренко - д.м.н., проф. (інформаційні системи, обчислювальна й електронна техніка, системи зв'язку та приладобудування)
О.Л. Шагін - д.т.н., проф. (будівництво і будіндустрія),
Є.П. Шольц-Куліков - д.т.н., проф. (технологія харчової промисловості),
С.Л. Ярошевський - д.т.н., проф. (металургія)

Підписано до друку 13.12.2010р.

Ціна договірної

Адреса редакції: просп. Космонавта Комарова, 1,
корп. 11, кімн. 402, м. Київ, 03680, Україна
Тел.: +38(044)406-71-58
E-mail: kvp@nau.edu.ua

Editorial board:

Editor-in-chief – Dr. of Eng., Prof. **V.P. Kvasnikov**
Executive secretary – Cand. of Eng. **V.I. Savchenko**,
Editors – **K.S. Babich, A.V. Dzubanenko**

Members of editorial board:

A.I. Babushkyn – Dr. of Eng., Prof. (Aviation and Space Engineering),
L.R. Vyshniakov - Dr. of Eng (Material Science)
R.B. Gevko – Dr. of Eng., Prof. (Mechanical Engineering),
M.M. Girol – Dr. of Eng., Prof. (Communications, Transport Networks and others),
A.M. Zolotaryov – Dr. of Econ., Prof. (Economics, Law and Management in Engineering),
L.V. Kolomiets – Dr. of Eng., Prof. (Standardisation, Metrology and Certification),
V.I. Lytvynenko – Dr. of Chem. (Chemical Technologies and Engineering Biotechnology),
A.P. Melnyk – Dr. of Eng., Prof. (Oil-and-Gas Technologies),
V.M. Melnyk – Dr. of Eng., Prof. (Geology, Mining and Processing of Minerals),
I.S. Mysak – Dr. of Eng., Prof. (Power Engineering),
O.O. Panasenko – Dr. of Eng., Prof. (Information Systems, Computer and Electronic Engineering, Communication Systems and Instrument Engineering),
O.K. Tryshyn – An Academician of UAAS, Dr. of Agr., Prof. (Engineering Problems of Agroindustrial Complex)
V.M. Salo - Dr. of Eng., Prof. (Engineering problems of agricultural Complex)
V.V. Solovey – Dr. of Eng., Prof. (Preservation of Environment (Ecological Engineering) and Resource Saving),
V.I. Stupa – Dr. of Eng., Prof. (Technology of Light Industry),
M.I. Khvysuk – Dr. of Med., Prof. (Medical Engineering),
M.I. Chernovol – A corresponding-member of UAAS, Dr. of Eng., Prof. (Material Science),
V.V. Fedorenko - Dr. of Eng., Prof. (Information Systems, Computer and Electronic Engineering, Communication Systems and Instrument Engineering)
O.L. Shagin – Dr. of Eng., Prof. (Building and Construction Engineering),
Ye.P. Sholts-Kulikov – Dr. of Eng., Prof. (Technology of Food Industry),
S.L. Yaroshevsky – Dr. of Eng., Prof. (Metallurgy)

Signed for printing on 13.12.2010.

Agreed price

Address of Editorial Staff: Cosmonaut Komarov St., 1,
build. 11, 402 room, Kyiv, 03680, Ukraine
Tel.: +38(044)406-71-58
E-mail: kvp@nau.edu.ua

Клещов Г.М. ІНФОРМАЦІЙНИ КОНСТРУКТОРСЬКИ МАСИВИ ШТАМПІВ ХОЛОДНОЇ ЛИСТОВОЇ ШТАМПОВКИ	74
Колганова О.О., Шутко М.О., Шутко В.М. БАГАТОМАСШТАБНИЙ РОЗКЛАД ІЗ ДРОБНИМ КРОКОМ	78
Коломієць Л.В., Джугурян Л.О. ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ОЦІНЦІ ЗНАНЬ НА ОСНОВІ ДАНИХ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЮ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО НАВЧАННЯ	83
Куц Ю.В., Дергунов О.В., Троць В.М. ЗАСТОСУВАННЯ КРУГОВОГО СЕРЕДНЬОГО В ЗАДАЧАХ ФІЛЬТРАЦІЇ ФАЗОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДУЛЬОВАНИХ ГАРМОНІЧНИХ СИГНАЛІВ	88
Куц Ю.В., Шенгур С.В. ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА СТАТИСТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КУТОВИХ ТА ФАЗОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ	93
Кучерук В.Ю., Дудатьєв І.А. РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРЕЖНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ КОТЕЛЬНОЮ УСТАНОВКОЮ З КОНТРОЛЕМ СКЛАДУ ДИМОВИХ ГАЗІВ	98
Кучерук В.Ю., Кулаков П.І., Марущак В.Ю., Коломійчук І.В. ТАХОМЕТРИЧНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ З НИЗЬКОЧАСТОТНИМ ВИХІДНИМ СИГНАЛОМ	104
Михайлов К.М. КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕГИОНА	110
Нечипорук О.П., Одарченко Р.С., Петрова Ю.О. ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ	113
Орнатский Д.П. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АНАЛОГОВИХ ІНТЕРФЕЙСІВ ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ	118
Орнатский Д.П., Довгань В.В. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ НА БАЗЕ N-КАНАЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ	123
Палагін В.В., Куліш Є.О. РЕАЛІЗАЦІЯ БЛОКУ СУМІСНОГО КЕРУВАННЯ РОБАСТНОГО АКСЕЛЕРОМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЛЕРА НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖ	127
Титарчук А.О. СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ КОНСТРУЮВАННЯ – САПК	131
Юдин О.К., Гулак Н.К. ТЕХНОЛОГІЯ УСУНЕННЯ НАДМІРНОСТІ У ТРАНСФОРМОВАНИХ ПОТОКАХ БІТОВОГО ПОДАННЯ ДАНИХ	134

Інженерні проблеми агропромислового комплексу

Кузьмич Л.В. ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВИМОГИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ОСУШУВАЛЬНИХ ГІДРОМЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМ	141
Матус С.К., Пастушенко В.Й. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ КОЕФІЦІЄНТА ВОЛОГОПРОВІДНОСТІ ҐРУНТУ НА БАЗІ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ	145

Комунікації (транспортні системи та ін.)

Аль-Маайя Ахмад Халіф ДОСЛІДЖЕННЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЇ БАЗИ В СИСТЕМАХ ОКРЕМИХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ	151
---	-----

УДК 621.391:004.942(043.2)

Ю.В. Куц, д.т.н.
С.В. Шенгур

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА СТАТИСТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КУТОВИХ ТА ФАЗОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Національний авіаційний університет, м. Київ, lana@i.ua

В статті запропоновано програмний комплекс для моделювання та статистичного опрацювання результатів куткових та фазових спостережень. Програмний комплекс реалізований в середовищі LabView.

Ключові слова: програмний комплекс, випадковий кут, вибірка, статистичне опрацювання, моделювання, генерування.

Вступ

Методи вимірювання детермінованих куткових величин добре відомі і використовуються в геодезії, астрономії, оптиці, навігації, машинобудуванні тощо.

Поширення методу куткових вимірювань на такі галузі як медицина, біологія, геологія, метеорологія та інші, а також їх застосування в аналізі циклічних сигналів за умови дії значної кількості випадкових факторів обумовлює використання методів статистичної кутометрії. Цей напрям статистики вивчає розподілені на колі випадкові кути, які мають суттєві відмінності від розподілених на прямій випадкових величин. Замкнений характер області представлення куткових величин (коло) обумовлює необхідність застосування як специфічних розподілів імовірності, так і статистик, відмінних від статистик, що застосовують для випадкових величин.

Разом з цим огляд сучасних програмних засобів для інженерних розрахунків таких як MatLab, MathCad та ін. засвідчив, що вони не містять функцій та команд, орієнтованих на статистичне опрацювання куткових даних.

Метою статті є розробка програмного комплексу, орієнтованого на проведення комп'ютерних обчислювальних експериментів з випадковими кутами та визначення статистик випадкових кутів та фазових зсувів сигналів.

Постановка задачі

Необхідно розробити програмний комплекс з наступними функціями:

- 1) генерування вибірок випадкових кутів довільного обсягу, які підпорядковані певним розподілам імовірності випадкових кутів із заданими параметрами;
- 2) виконувати обчислення статистик випадкових кутів та фазових зсувів сигналів, отриманих як від генераторів випадкових кутів, так і імпортованих від зовнішніх джерел у вигляді текстових файлів;
- 3) виконувати оцінку довірчих інтервалів статистик випадкових кутів із заданим рівнем довіри;
- 4) відображати на графіках як вхідні дані так і результати їх опрацювання;
- 5) підтримувати інтерактивний режим роботи.

Реалізацію програмного комплексу виконати в середовищі LabView.

Розв'язок задачі

Розроблений програмний комплекс містить наступні модулі:

1. Модуль генерування випадкових кутів.

Для розширення функціональних можливостей модуль передбачає формування вибірок малого обсягу зі сформованих генеральних вибірок. Генерування відбувається за алгоритмами, що розглядалися в [1] з можливістю вибору закону розподілу – Мізеса, намотаного Коші та намотаного нормального – та основних параметрів, таких як обсяг вибірки, кутівий середній напрям, параметр концентрації для закону розподілу Мізеса тощо.

Закон розподілу Мізеса є симетричним та найбільш поширеним для одноmodalних вибірок випадкових кутів [2]. Кажуть, що кут $\psi(\omega)$, де ω – елементарна подія з області подій Ω , має розподіл Мізеса, якщо відповідна щільність розподілу ймовірності виражається формулою [3,4]:

$$f(\theta) = [2\pi I_0(k)]^{-1} \exp[k \cos(\theta - \mu)], \quad 0 \leq \theta < 2\pi, \quad k > 0, \quad |\mu| < \infty, \quad (1)$$

де $I_0(k)$ – модифікована функція Бесселя першого роду нульового порядку, тобто

$$I_0(k) = (2\pi)^{-1} \int_0^{2\pi} \exp[k \cos(\varphi - \mu)] d\varphi. \quad (2)$$

Параметр μ – кутовий середній напрям випадкового кута $\psi(\omega)$, параметр k можна розглядати як характеристику концентрації розподілу в околі μ .

Функція розподілу має вигляд:

$$F(\theta) = [2\pi I_0(k)]^{-1} \int_0^{\theta} \exp[k \cos(\varphi - \mu)] d\varphi. \quad (3)$$

Намотаний розподіл Коші є симетричним одномодальним розподілом з функцією щільності ймовірності [2]

$$f(\theta) = (1/2\pi)(1 - \rho^2 / (1 + \rho^2 - 2\rho \cos(\theta - \mu))), \quad 0 \leq \theta < 2\pi, \quad 0 \leq \rho \leq 1 \quad (4)$$

та функцією розподілу

$$F(\theta) = (1/2\pi) \cos^{-1}(((1 + \rho^2) \cos(\theta - \mu) - 2\rho) / (1 + \rho^2 - 2\rho \cos(\theta - \mu))), \quad (5)$$

де μ – кутовий середній напрям. У випадку, коли $\rho \rightarrow 0$, розподіл прямує до рівномірного кутового розподілу, а у випадку $\rho \rightarrow 1$ розподіл прямує до розподілу, концентрованого в околі точки μ .

Намотаний нормальний розподіл є симетричним двопараметровим розподілом, який обчислюється шляхом “намотування” на коло нормального [2]. Його функція щільності ймовірності:

$$f(\theta) = 1/2\pi \left(1 + 2 \sum_{\rho=1}^{\infty} \rho^{\rho^2} \cos \rho(\theta - \mu) \right), \quad 0 \leq \theta < 2\pi, \quad 0 \leq \rho \leq 1, \quad (6)$$

де μ – кутовий середній напрям, $\delta = (1 - \rho^4) / (2\rho^2)$ – кутова дисперсія. У випадку, коли $\rho \rightarrow 0$, розподіл прямує до рівномірного кутового розподілу, а у випадку $\rho \rightarrow 1$ – до концентрованого в околі точки μ .

Приклад гістограми згенерованої вибірки випадкових кутів з розподілом Мізеса та параметрами $k=3, \mu=\pi$ обсягом 10000 значень представлено на рис. 1.

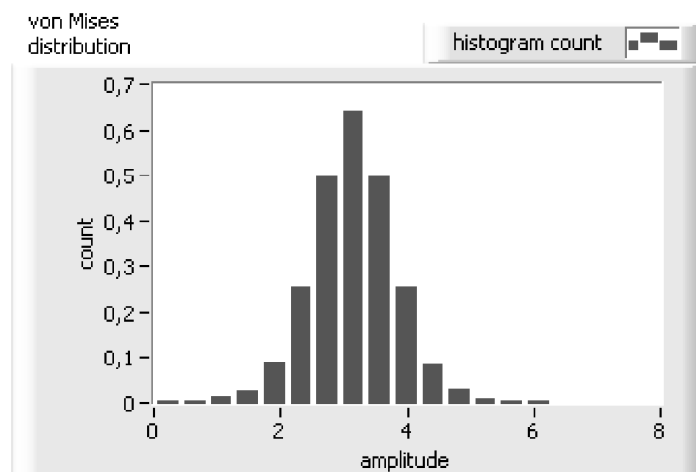


Рис. 1. Приклад гістограми вибірки випадкового кута з розподілом Мізеса

Панель відображення результатів модельованих даних показана на рис. 2. У якості прикладу показано відображення на колі генеральної вибірки, сформованої за законом розподілу Мізеса, обсягом $N=10000$, середнім кутом $\mu=\pi$, параметром концентрації $k=4$, та сформована з неї мала вибірка обсягом $n=15$ кутів. Числові значення кутів малої вибірки в градусах після операції сортування показані на рисунку у вікні “Sorted small sample”.

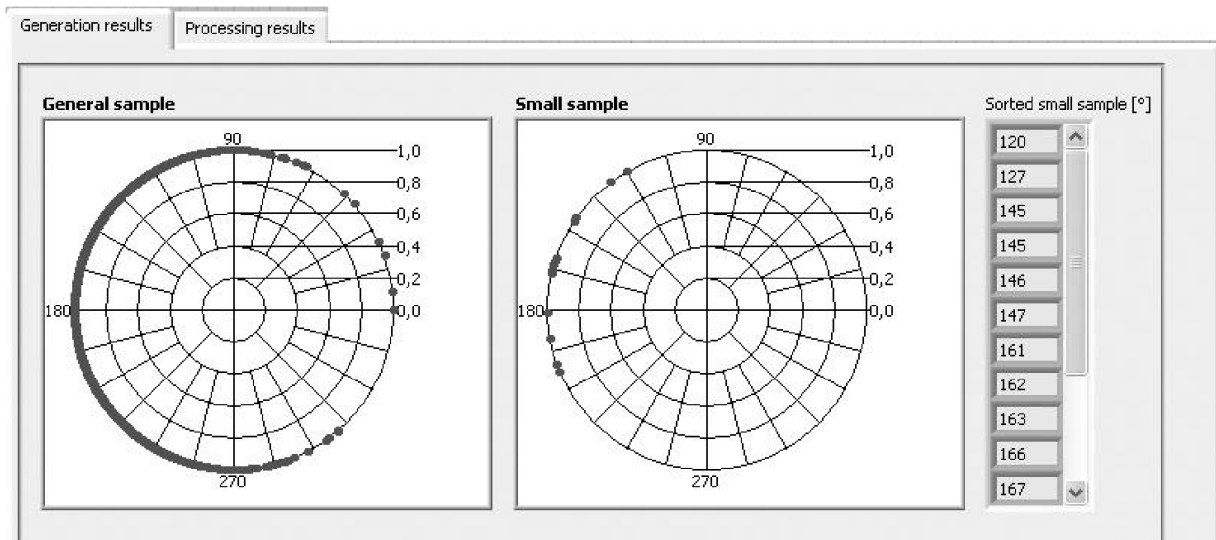


Рис. 2. Панель відображення результатів генерування кутових даних

2. Модуль обчислення статистичних характеристик.

У теорії і практиці вимірювань добре відомі і широко застосовуються числові статистичні характеристики для аналізу розподілених на прямій випадкових величин з розподілами Гаусса, Коші, Релея тощо. Це середнє арифметичне, оцінка дисперсії, СКВ, медіана та ін. Однак використання цих розподілів і статистик у задачах опрацювання результатів фазових вимірювань має певні обмеження [3].

Даний програмний комплекс включає розрахунок основних статистичних характеристик випадкових кутів (випадкових фазових зсувів сигналів) за вибіркою $\{\theta_j\}$, $j = \overline{1, M}$, обсягу M :

1) вибіркоче кругове середнє (ВКС) μ :

$$\mu_1 = \left\{ \arctg \frac{S}{C} + \frac{\pi}{2} \{2 - (\text{sign} S) \times [1 + \text{sign} C]\} \right\}; C = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \cos \theta_j; S = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \sin \theta_j; \quad (7)$$

2) вибіркова довжина результуючого вектора (ВДВ) r :

$$r = \sqrt{C^2 + S^2}; \quad (8)$$

3) вибіркова кругова дисперсія (ВКД) V :

$$V = 1 - r; \quad (9)$$

4) кругове стандартне відхилення статистики різниць ФХС (КСВ) σ :

$$\sigma = \sqrt{-2 \ln(1 - V)} = \sqrt{-2 \ln r}; V = 1 - \exp(-0,5\sigma^2); \quad (10)$$

5) вибіркова мода (Mode). Куту відповідає точка кола, в околі якої спостерігається максимальна концентрація значень статистики.

6) вибірковий круговий розмах (ВКР) W : Довжина найменшої дуги одиничного кола, що містить вибірку $\{\theta_j\}$ та визначається з варіаційного ряду

$$T_j = \phi_{j+1} - \phi_j, j = \overline{1, \dots, M-1}; T_M = 2\pi - \phi_M + \phi_1; W = 2\pi - \max\{T_1, \dots, T_M\}; \quad (11)$$

7) вибірковий тригонометричний момент порядку u відносно напрямку α (u – ціле число) $T_u(\alpha)$:

$$T_u(\alpha) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M e^{iu(\theta_j - \alpha)} = a_u(\alpha) + ib_u(\alpha) = r_u(\alpha) e^{i\mu_u(\alpha)}; u = 0, 1, 2, \dots \quad (12)$$

$$a_u(\alpha) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \cos[u(\theta_j - \alpha)] = a_u(0) \cos(u\alpha) + b_u(0) \sin(u\alpha);$$

$$b_u(\alpha) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \sin[u(\theta_j - \alpha)] = -a_u(0) \sin(u\alpha) + b_u(0) \cos(u\alpha);$$

$$r_u(\alpha) = \sqrt{a_u^2(\alpha) + b_u^2(\alpha)} = \sqrt{a_u^2(0) + b_u^2(0)} = r_u(0);$$

$$\mu_u(\alpha) = \mu_u(0) - u\alpha;$$

8) вибіркова характеристика асиметрії (ВХА) g_1 :

$$g_1 = b_3(\mu_1)/V^{3/2} = r_2 \sin[\mu_2(0) - 2\mu_1]/V^{3/2}; \quad (13)$$

9) вибіркова характеристика ексцесу статистики різниць ФХС (ВХЕ) g_2 :

$$g_2 = [r_2 \cos[\mu_2(0) - 2\mu_1] - (1 - V)^4]/V^2. \quad (14)$$

3. Модуль оцінки довірчих інтервалів.

Основними формами представлення похибки результатів вимірювань є розширена невизначеність та довірчий інтервал. Розроблений програмний комплекс має можливість визначення довірчого інтервалу за двома методами – класичним та методом «розкрутки» (англ. Bootstrap method). Класичний метод передбачає оцінку середнього кута $\bar{\theta}$ та емпіричного середнього квадратичного відхилення для кутів вибірки θ , визначення коефіцієнтів Стьюдента урахуванням гіпотези про близький до гаусівського розподіл кругового серединного кута і формування довірчого інтервалу як $\bar{\theta} \pm t_{n, p_{\text{доп}}} \cdot \sigma$. Методи «розкрутки» або перестановки вперше були описані Бредлі Ефроном у 1979 році. Вони мають ряд модифікацій в залежності від застосування та вимагають великої кількості обчислень [5]. Застосування методу для знаходження довірчого інтервалу випадкового кута полягає у побудові $j = 1 \dots N$ вибірок $\theta'_1 \dots \theta'_n$ із заданої $\theta_1 \dots \theta_n$, кутових середніх напрямів $\mu'_1 \dots \mu'_N$ та побудові для них варіаційного ряду $\mu'_1 \leq \dots \leq \mu'_N$. Для 95% довірчого інтервалу знаходяться 2,5 та 97,5 процентілі.

Для режиму опрацювання вхідної вибірки методом «розкрутки» програмний комплекс передбачає попередню її діагностику на визначення обсягу та прийняття рішення про виконання однієї з двох вбудованих модифікацій методу. Алгоритм для побудови довірчого інтервалу для малих ($n < 30$) вибірок детально описано в [6]. У випадку $n \leq 8$ вибірка вважається «дуже малою» та передбачає застосування алгоритму з більшою кількістю обчислень [2]. Число 8 було обрано експериментально при проведенні більше 1000 дослідів для двох розглянутих методів та порівняння такого показника, як довжина довірчого інтервалу.

4. Модуль графічного представлення результатів.

Результати генерування та опрацювання випадкових кутів представлені на панелі відображення у вигляді гістограм та кругових діаграм (рис. 1, 2, 3).

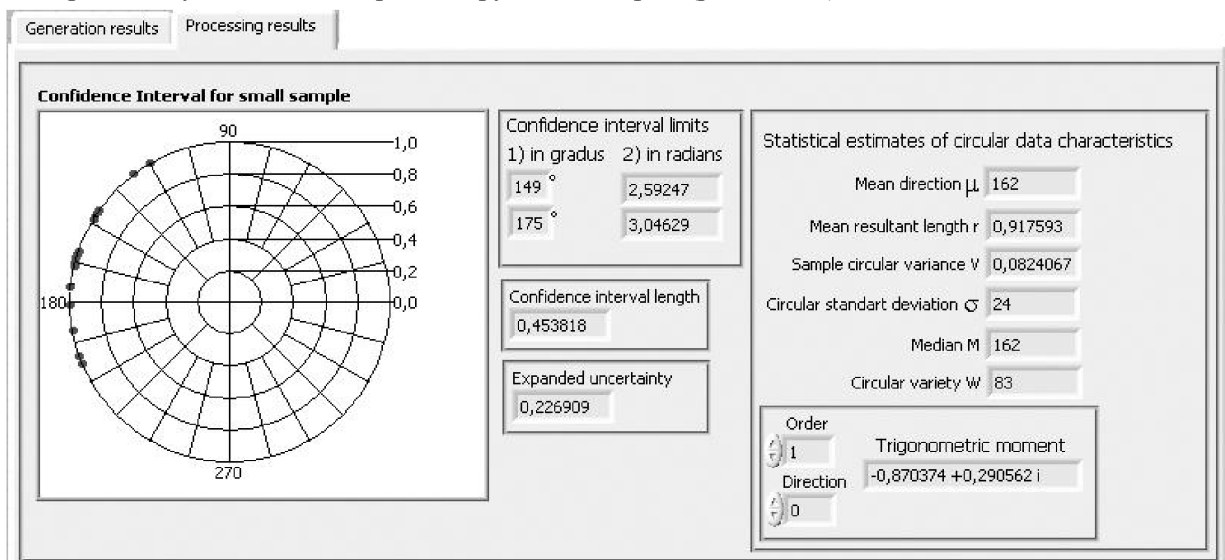


Рис. 3. Панель відображення результатів генерування та опрацювання кутових даних
Панель керування режимами роботи програмного комплексу представлена на рис. 4.

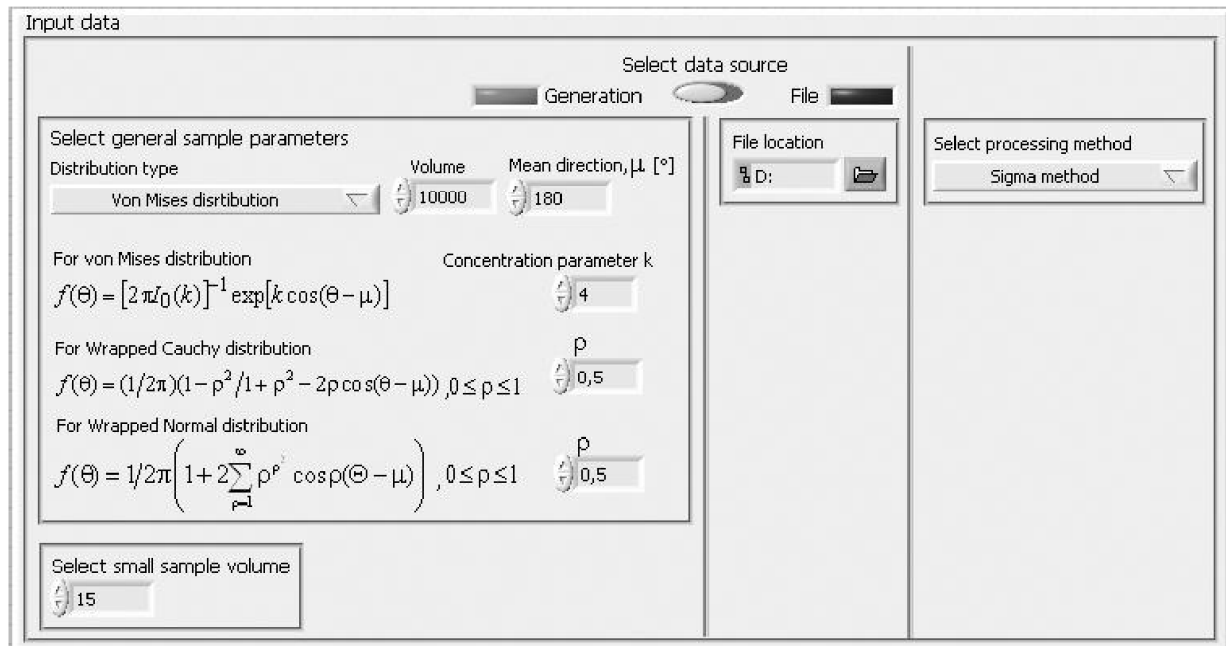


Рис. 4. Панель керування програмним комплексом

Розроблений програмний комплекс дозволяє проводити комп'ютерні вимірювальні експерименти з випадковими кутами, порівнювати ефективність різних алгоритмів опрацювання кутових даних, візуалізувати результати розрахунків.

Висновки

В статті розглянуто програмний комплекс, розроблений в середовищі LabView і призначений для опрацювання та моделювання результатів кутових та фазових вимірювань.

Програмний комплекс може бути використаний для:

- 1) моделювання вибірок випадкових кутів з розподілами Мізеса, намотаного Коші та намотаного нормального з можливістю керування їх параметрами;
- 2) статистичне опрацювання малих вибірок, кутових даних та розрахунок основних статистичних характеристик для вибірок випадкових кутів;
- 3) визначення довірчих інтервалів для вибірок випадкових кутових значень за двома методами – класичним та «розкрутки» з попередньою діагностикою вхідної вибірки для вибору модифікації методу «розкрутки» в залежності від її обсягу;
- 5) графічного відображення результатів моделювання вибірок випадкових кутів та результатів їх опрацювання.

Список літературних джерел

1. Circular data simulation: proceedings the fourth world congress [“Aviation in the XXI-st centurx 2010”], (Kyiv, 21-23 September 2010) / Blizniuk E.D., Kuts Y.V., Shengur S.V., Shcherbak L.M. [etc.]. – К.: NAU, 2010. – P. 12.21-12.26.
2. Fisher N.I. Statistical analysis of circular data. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.– 277 p.
3. Куц Ю.В. Статистична фазометрія./Куц. Ю.В., Щербак Л.М. – В.:Тернопіль, 2009,–383с.
4. Mardia K.V. Statistics of Directional Data / K.V. Mardia and P.E. Jupp – London: Academic Press Inc., 1972 – 415 p.
5. B. Efron and R. Tibshirani. Source Bootstrap Methods for Standard Errors, Confidence Intervals, and Other Measures ofStatistical AccuracyAuthor(s): B. Efron and R. TibshiraniSource: Statistical Science, Vol. 1, No. 1 (Feb., 1986), pp. 54-75.
6. Куц Ю.В., Шенгур С.В., Щербак Л.М. Характеристика кутових вимірювань при статистиках малого обсягу // Системи обробки інформації. – Збірник наукових праць. – Випуск 4(85). – Харків, 2010, – С.92-95.