

ISSN 2219-9365



МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ



Вимірювальна та
Обчислювальна
Техніка в
Технологічних
Процесах

**№ 2
2018**

Міжнародний науковий журнал

**ВИМІРЮВАЛЬНА ТА
ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА
В ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПРОЦЕСАХ**

2018, № 2

**International scientific-technical
journal**

**MEASURING AND COMPUTING
DEVICES IN TECHNOLOGICAL
PROCESSES**

2018, Issue 2

**Хмельницький 2018
Khmelnysky 2018**

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ
ВИМІРЮВАЛЬНА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА
В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

Засновано в травні 1997 р.

Виходить 2 рази на рік

Хмельницький, 2018, № 2 (62)

Засновник і видавець: Хмельницький національний університет
(до 2005 р. — Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький)

Наукова бібліотека України ім. В.І. Вернадського <http://nbuv.gov.ua/j-tit/>

Журнал включено до наукометричних баз:

РИНЦ http://elibrary.ru/title_about.asp?id=37653
Index <http://jml2012.indexcopernicus.com/p24781565,3.html>
Copernicus h-індекс 49,97
Google Scholar http://scholar.google.com.ua/citations?user=nwN_nusAAAAJ&hl=uk
Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського <http://nbuv.gov.ua/j-tit/votth-індекс> 9

Головний редактор **Мартинюк В. В.**, д. т. н., професор, завідувач кафедри телекомунікацій та комп'ютерно-інтегрованих технологій Хмельницького національного університету

Заступник головного редактора **Бойко Ю. М.**, д. т. н., професор кафедри телекомунікацій та радіотехніки, начальник науково-дослідної частини Хмельницького національного університету

Відповідальний секретар **Федула М. В.**, к. т. н., старший викладач кафедри телекомунікацій та комп'ютерно-інтегрованих технологій Хмельницького національного університету

Ч л е н и р е д к о л е г і ї

Бармак О. В., д.т.н., **Бедратюк Л. П.**, д.фіз.-мат.н., **Бубулис Алгимантас**, д.т.н. (Литва), **Васілевський О. М.**, д.т.н., **Говорущенко Т. О.**, д.т.н., **Калачинський Томаш**, PhD (Польща), **Косенков В. Д.**, к.т.н., **Коробко Є. В.**, д.т.н. (Білорусь), **Кулаков П. І.**, д.т.н., **Кухарчук В. В.**, д.т.н., **Кучерук В. Ю.**, д.т.н., **Лампасі Алессандро**, PhD, (Італія), **Лукасевіч Марцін**, PhD, (Польща), **Мрозинський Адам**, PhD, (Польща), **Мусяль Януш**, PhD, (Польща), **Ортігейра Мануель Дуарте**, PhD, (Португалія), **Поморова О. В.** д.т.н., (Польща), **Походило Є. В.**, д.т.н., **Психалінос Костас**, PhD, (Греція), **Ройзман В. П.**, д.т.н., **Савенко О. С.**, к.т.н., **Семенко А. І.**, д.т.н., **Сорокати Р. В.**, д.т.н., **Сурду М. М.**, д.т.н., **Шарпан О. Б.**, д.т.н.

Технічний редактор Кравчик Ю. В., к. е. н.

Редактор-коректор Броженко В. О.

**Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради Хмельницького національного університету,
протокол № № 14 від 29.05.2018**

Адреса редакції: Україна, 29016,
м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11,
Хмельницький національний університет
редакція журналу “Вісник Хмельницького національного університету”

☎ (0382) 67-51-08

e-mail: Visnyk.khnu@gmail.com

web: <http://journals.khnu.km.ua/index.php/MeasComp>

Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації.
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ № 23279-13119ПР від 24 травня 2018 року (перереєстрація)

© Хмельницький національний університет, 2018
© Редакція журналу «Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах», 2018

ЗМІСТ

МЕТРОЛОГІЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ, СЕРТИФІКАЦІЯ ТА ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

V. MARTYNYUK, M. SLOVODIAN, M. FEDULA DEVELOPMENT OF A PHOTOVOLTAIC PANEL SIMULATION MODEL BASED ON ITS SINGLE-DIODE EQUIVALENT CIRCUIT	5
В. Ю. КУЧЕРУК, П. І. КУЛАКОВ, В. С. МАНЬКОВСЬКА, К. О. ЗУБЕНКО, А. П. КУЛАКОВА ВИМІРЮВАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ РІВНЯ МОЛОКА З ДИСКРЕТНИМ ВИХІДНИМ СИГНАЛОМ ДЛЯ МОЛОКОПРИЙМАЛЬНОЇ КАМЕРИ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА	15
О. М. ВАСІЛЕВСЬКИЙ, В. М. ДІДИЧ ОЦІНЮВАННЯ МІЖКАЛІБРУВАЛЬНИХ ІНТЕРВАЛІВ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ	23
Ю. М. БОЙКО, О. І. ЄРЬОМЕНКО, В. В. МАРТИНЮК МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОНДЕНСАТОРІВ НАДВЕЛИКОЇ ЄМНОСТІ	30
В. Ю. КУЧЕРУК, І. А. ДУДАТЬСВ, В. В. БАРАНЕЦЬ, Р. П. ДРАЧ ЗАСІБ КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПРИРОДНИХ ГАЗІВ У АТМОСФЕРНИХ ГАЗОПОДІБНИХ СЕРЕДОВИЩАХ НА ОСНОВІ ОПТИКО-АБСОРБЦІЙНОГО МЕТОДУ	38
О. О. ДРЮЧИН, О. М. ВОЗНЯК, В. М. СЕВАСТЬЯНОВ, В. С. МАНЬКОВСЬКА ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ОБ'ЄМУ ВИБІРКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	46

ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

О. ЯНЕНКО LOW-INTENSIVE MICROWAVE SIGNALS IN BIOLOGY AND MEDICINE	52
О. С. САВЕНКО ФОРМАЛІЗОВАНЕ СТРУКТУРУВАННЯ ШКІДЛИВОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ОСНОВІ АЛГЕБРАЇЧНИХ СИСТЕМ	67
С. М. ЛИСЕНКО, О. І. ШЕВЧУК МЕТОД ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ВИЯВЛЕННЯ ШКІДЛИВОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТИПУ BACKDOOR НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМУ КЛОНАЛЬНОГО ВІДБОРУ	73
Є. Г. ГНАТЧУК, А. І. КОРОЛЬЧУК, О. В. ІВАНОВ ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОРИСТУВАЧА В АДАПТИВНИХ СИСТЕМАХ НАВЧАННЯ	80
О. В. ПОМОРОВА, Л. О. КОВТУН, В. Б. БЕЛЗА МОДУЛЬ ОБРОБКИ ТЕКСТОВИХ ДОКУМЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ	

ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ТА ОПРАЦЮВАННЯ НАУКОВИХ РОБІТ	87
Л. А. БАДІМІНА, В. М. ЧЕШУН, В. І. ЧОРНЕНЬКИЙ ГЕНЕТИЧНІ АЛГОРИТМИ В СИНТЕЗІ ДІАГНОСТИЧНИХ ТЕСТІВ ДЛЯ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ	92
В. Г. БУРЯК, В. В. БУРЯК МЕТОД ОПТИЧНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ТЕКСТІВ НА ОСНОВІ НЕОРІЄНТОВАНИХ ПСЕВДОГРАФІВ	99
Р. В. КРАВЧУК, О. І. СТЕЦЮК, В. М. ЧЕШУН ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ПІДХІД В ДІАГНОСТУВАННІ ЦИФРОВИХ ПРОЦЕСОРІВ І ЕЛЕМЕНТІВ ПАМ'ЯТІ	106
С. Л. ГОРЯЩЕНКО, А. В. ШЕВЧУК, Ю. В. КРАВЧИК ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ МАТЕРІАЛІВ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	110
В. Р. ЛЮБЧИК, О. К. ЯНОВИЦЬКИЙ, О. С. ЯНОВИЦЬКИЙ ЕЛЕКТРОННИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ АНАЛОГОВОЇ ВЕЛИЧИНИ БАРОМЕТРИЧНОГО ДАТЧИКА ВИСОТИ В ЦИФРОВИЙ КОД ЛІТАКОВИХ ВІДПОВІДАЧІВ	113
В. Г. ЗДОРЕНКО, С. М. ЛІСОВЕЦЬ, С. В. БАРИЛКО, О. П. ЯНЕНКО МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНОГО ТРАКТУ З ОБ'ЄКТОМ ДОСЛІДЖЕННЯ	117
Л. О. КОВТУН, В. М. ТКАЧУК, С. О. САВЧУК МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ПЕРЕДАЧІ АУДІОПОВІДОМЛЕНЬ У СУЧАСНИХ КОМУНІКАЦІЙНИХ ПРИСТРОЯХ	122
В. І. СТЕЦЮК, С. М. ХАРЧУН СХЕМОТЕХНІЧНІ ТА ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНІ ЗАДАЧІ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ВІДДАЛЕНИХ ОБ'ЄКТІВ	126

УДК 681.12:519:168

О. О. ДРЮЧИН,
О. М. ВОЗНЯК,
В. М. СЕВАСТЬЯНОВ,
В. С. МАНЬКОВСЬКА
Вінницький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ОБ'ЄМУ ВИБІРКИ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В роботі розглянуто варіанти оцінок вибірок довільного обсягу. Для них вирішується питання визначення мінімального обсягу вибірки, щоб отримана оцінка параметра розподілу або початкових умов задовольняла встановлені вимоги до проведення вимірювань з необхідною точністю.

Ключові слова: вимірювання, вибірка, обсяг вибірки, похибка, помилка, нормальний закон розподілу, ймовірність.

O. DRUCHUN,
O. VOZNYAK,
O. SEVASTYANOV,
V. MANKOVSKA
Vinnytsia National Technical University

DETERMINATION OF OPTIMAL SAMPLE SIZE DURING EXPERIMENTAL RESEARCH

The variants of estimations of selections of arbitrary volume are considered in work. The question of determination of minimum sample size decides for them, that the got estimation of parameter of distributing or initial conditions satisfied the set requirements to conducting of measurings with necessary exactness. The use of a particular technique depends on the a priori information about the parameters of the distribution of random errors. If such information is not available, extensive experimental studies should be carried out. The article analyzed the ways of determining the optimal volume of tests in conducting multiple measurements of physical quantities and obtained analytical expressions for various cases concerning a priori information about the parameters of the distribution of random errors of measurement results. The use of the function of most plausibility is appropriate for a sufficiently large sample size. With a known confidence rating, with a measure of reliability, the sample size is determined with the help of t-distribution of the Student. To determine the membership of a sample to the general population, the required number of multiple measurements is determined at a known boundary, which estimates the errors of the 1st and 2nd kind. The ratios given in this article make it possible to reduce the cost of conducting research, which in many cases requires significant financial costs.

Keywords: measurement, sampling, sample size, measurement error, error, normal distribution law, probability.

ВСТУП. Проведення вимірювального експерименту завершується опрацюванням результатів спостережень для визначення результату вимірювань – кінцевої мети вимірювань. В процесі цього вирішують дві задачі: першу – знаходять найкращу для вибраних методик, засобів, умов та отриманих даних оцінку значення вимірювальної величини і другу – оцінюють характеристики точності вимірювань. Результат вимірювання є повноцінним за умови, що він супроводжується оцінкою його точності, до якої відносяться багато важливих даних, зокрема – кількість спостережень.

Обсяг опрацювання залежить від різновиду вимірювання, кількості експериментальних даних, вимог до точності вимірювання, апріорної інформації про систематичні та випадкові похибки вимірювання тощо. Лише при прямих разових вимірюваннях отримані результати вимірювання. В інших вимірюваннях опрацювання може здійснюватись за стандартними методиками. Незалежно від виду розподілу випадкових похибок якість оцінювального результату покращується зі збільшенням результатів спостережень.

В роботі розглянуто варіанти вибірок довільного обсягу. Для них вирішується питання визначення мінімального обсягу вибірки, щоб отримана оцінка параметра розподілу або початкових умов задовільна встановленим вимогам до проведення вимірювань з необхідною точністю.

Перевагу варто надавати вибіркам із більшим обсягом, але зазвичай більший обсяг вибірки потребує й більших витрат для її одержання та обробки. Тому варто визначити, яким має бути мінімальний обсяг вибірки, щоб $P(|\bar{X} - X| < \varepsilon) = P_{\text{дов.}}$, тобто ймовірність того, що результат вимірювань буде відрізнятися від дійсного значення на визначену величину ε , буде відповідати встановленій довірчій ймовірності.

МЕТА РОБОТИ. Ця робота присвячена аналізу способів визначення оптимального об'єму вибірки при проведенні незалежних вимірювань фізичної величини з дотриманням певних вимог.

Використання функції найбільшої правдоподібності: Нехай дана вибірка $(x_1 \dots x_n)$ об'єму n з генеральної сукупності переведено розділеної вершини x . Функцією найбільшої правдоподібності називають функцію параметра γ , що визначається співвідношенням [1]

$$L(x_1, \dots, x_n; \gamma) = f(x_1, \gamma) f(x_2, \gamma) \dots f(x_n, \gamma), \quad (1)$$

де γ – параметр розподілу.

В якості оцінки параметру γ береться значення при якому функція правдоподібності досягає свого максимуму. Це означає. Це значення $\bar{\gamma}$ є функцією x_1, \dots, x_n

$$\bar{\gamma} = \Gamma(x_1, \dots, x_n) \quad (2)$$

Відповідна функція вибірки $\Gamma(X_1, \dots, X_n)$ називається оцінкою найбільшої правдоподібності $\bar{\gamma}$.

Параметр $\bar{\gamma}$ знаходять рішенням відносно γ рівнянням

$$\frac{\partial L}{\partial \gamma} = 0,$$

або

$$\frac{1}{L} \frac{\partial L}{\partial \gamma} = \frac{\partial \ln L}{\partial \gamma} = 0 \quad (3)$$

Якщо розподіл X залежить від параметрів l параметрів, то найбільш правдоподібну оцінку $\bar{\gamma}$ знаходять рішенням системи рівнянь

$$\frac{\partial L}{\partial \gamma_i} = 0 \quad (i=1, \dots, l),$$

Або

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \gamma_i} = 0 \quad (i=1, \dots, l).$$

Для прикладу розглянемо оцінку невідомих параметрів a і σ нормального розподілу, виходячи з вибірки $(x_1 \dots x_n)$ об'єму n .

Функція правдоподібності [3]

$$L(x_1, \dots, x_n; a, \sigma^2) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \right)^n \exp \left[-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{k=1}^n (x_k - a)^2 \right] \quad (4)$$

Відповідно

$$\ln L = -\frac{n}{2} \ln 2\pi - \frac{n}{2} \ln \sigma^2 - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{k=1}^n (x_k - a)^2 \quad (5)$$

Запишемо систему рівнянь для визначення a і σ^2

$$\begin{cases} \frac{\partial \ln L}{\partial a} = \frac{1}{\sigma^2} \sum_{k=1}^n (x_k - a) = 0, \\ \frac{\partial \ln L}{\partial (\sigma^2)} = -\frac{n}{2\sigma^2} + \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{k=1}^n (x_k - a)^2 = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Шляхом вирішення системи знаходимо оцінку найбільшої правдоподібності параметрів a і σ^2

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k = \bar{x}, \quad (7)$$

$$\overline{\sigma^2} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2. \quad (8)$$

Виходячи з аналогічних міркувань можливо оцінити оптимальний об'єм вибори результатів вимірювання фізичних величин при поставлених умовах до точності проведення експерименту.

Визначення об'єму n при визначенні довірливої оцінки a з невідомим σ .

Оцінка заснована на факті, що величина $\frac{\bar{X} - a}{S} \sqrt{n}$ задовольняє t -розподілу з $m = n - 1$ ступенями свободи.

По таблицям t -розподілу Стьюдента і заданому a можливо знайти квантіль розподілу число $t_{\alpha, n-1}$ для якого справедливий вираз [1]

$$P(-t_{\alpha, n-1} < \frac{\bar{X} - a}{S} \sqrt{n} < t_{\alpha, n-1}) = 1 - \alpha, \quad (9)$$

або

$$P(\bar{X} - \frac{s}{\sqrt{n}} t_{\alpha, n-1} < a < \bar{X} + \frac{s}{\sqrt{n}} t_{\alpha, n-1}) = 1 - \alpha. \quad (10)$$

Таким чином випадковий інтервал $(\bar{X} - \frac{s}{\sqrt{n}} t_{\alpha, n-1}; \bar{X} + \frac{s}{\sqrt{n}} t_{\alpha, n-1})$ є довірча оцінка a з мірою надійності $p = 1 - \alpha$ по якій можливо визначити оптимальний об'єм вибірки n результатів вимірювання.

Визначення об'єму вибірки n при визначенні довірливої оцінки σ з невідомим a .

Оцінка базується на факті, що при заданих умовах величина $\frac{(n-1)s^2}{\sigma^2}$ задовольняє X^2 -розподіл з $n-1$ ступенями свободи. З таблиці X^2 -розподілу по заданим a і $m = n - 1$ ступеням свободи визначають два числа c_1 і c_2 , так, що

$$P(X^2 < c_1) = 1 - P(X^2 > c_1) = \frac{\alpha}{2}, \quad (11)$$

і

$$P(X^2 > c_2) = \frac{\alpha}{2}. \quad (12)$$

Числа $c_1 = X^2_{1-\frac{\alpha}{2}}$, $c_2 = X^2_{\frac{\alpha}{2}}$ визначенні так, що

$$P(c_1 < \frac{(n-1)s^2}{\sigma^2} < c_2) = 1 - \alpha, \quad (13)$$

або

$$P(\frac{(n-1)s^2}{c_2} < \sigma^2 < \frac{(n-1)s^2}{c_1}) = 1 - \alpha. \quad (14)$$

Таким чином $(\frac{(n-1)s^2}{c_2}; \frac{(n-1)s^2}{c_1})$ є довірливою оцінкою σ^2 з мірою надійності $1 - \alpha$. Виходячи з вищевказаних міркувань можливо визначити об'єм вибірки n результатів незалежних вимірювань фізичної величини, за умови, що СКВ результатів не перебільшує наперед заданого значення.

Визначення об'єму вибірки n результатів незалежних вимірювань розподілених за нормальним законом

Нехай при проведенні незалежних вимірювань похибка розподілена за нормальними законами. СКВ задане і накладаються обмеження, щоб хоча б для одного з вимірювань похибки не перебільшувала $\pm \Delta$, з

ймовірністю P_3 . Ймовірність того, що при одному вимірюванні похибка не перебільшує $\pm\Delta$, дорівнює

$$P = P\left[|\Delta_{1,2}| < \Delta\right] = \Phi\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right),$$

де $\Phi(x)$ – функція Лапласа.

Ймовірність того, що при n незалежних вимірюваннях ні одне з них не забезпечить похибки меншої $\pm\Delta$, дорівнює

$$(1 - P)^n = \left[\Phi\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right)\right]^n, \tag{15}$$

що знаходять, скориставшись таблицями функції Лапласа.

З іншого боку, ця сама ймовірність повинна бути не більша ніж P_3 .

$$1 - P_3 = \alpha$$

Тому можливо записати нерівність

$$\left[\Phi\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right)\right]^n \leq \alpha. \tag{16}$$

Звідки

$$n \geq \frac{\lg \alpha}{\lg \left[\Phi\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right)\right]} = \lg \left[\alpha - \Phi\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right)\right] \tag{17}$$

Тоді оптимальний об'єм вибірки результатів незалежних вимірювань буде визначатись як найменше ціле число, що задовольняє нерівність.

Розглянемо інший випадок коли необхідно визначити мінімальний обсяг вибірки, щоб

$$P\left(\left|\bar{a} - a\right| < \varepsilon\right) = P_{\text{дов}}, \tag{18}$$

де a – середнє арифметичне.

Середньоквадратичне значення σ для генеральної сукупності відоме і визначене при попередніх дослідженнях. За результатами поточних вимірювань x_i знаходять середнє значення \bar{x} , яке має нормальний закон розподілу, незалежно від вихідного розподілу генеральної сукупності.

Розглянемо випадок для нормованої випадкової величини, коли $a = MX$ і $\bar{a} = \bar{x}$, тоді [2]

$$P\left(\left|\frac{\bar{x} - MX}{\sigma_x}\right| < z_{1-\frac{\alpha}{2}}\right) = 1 - \alpha \tag{19}$$

Зіставивши попередні вирази, можна записати, що припустиме відхилення середнього від

$$\varepsilon = \sigma \cdot z_{1-\frac{\alpha}{2}}$$

математичного сподівання з ймовірністю $1 - \alpha$ не перевищує

Скористаємось тим, що дисперсія середнього в n разів менша за вихідну дисперсію, запишемо

$$\varepsilon = z_{1-\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \tag{20}$$

Тоді мінімальний обсяг вибірки, тобто мінімальна кількість спостережень n_{\min} , з якої отримане середнє буде відрізнятись від істинного значення не більше ніж на ε з ймовірністю $1 - \alpha$

$$n_{\min} = \frac{z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 \sigma^2}{\varepsilon^2} \tag{21}$$

Визначення об'єму вибірки при перевірці гіпотези про належність вибірки до генеральної сукупності.

Припустимо, що на вхід приладу може бути подано одне з двох значень величини x_0 і x_1 . При багаторазовому вимірюванні вихідної величини отримаємо значення $x_i = (i = 1, \dots, n)$, та обчислимо середнє \bar{x} . Необхідно визначити, чи є \bar{x} оцінкою випадкової величини із центрами x_0 і x_1 . Висувається гіпотеза $H_0: \bar{x} \in x_0$ при альтернативній гіпотезі $H_1: \bar{x} \in x_1$. [2]

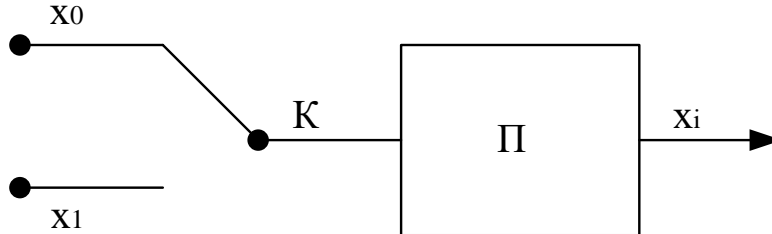


Рис. 1. Перевірка гіпотези про належність вибірки до генеральної сукупності

Ймовірність виникнення помилки першого роду

$$\alpha = P[(\bar{x} - x_0) > \varepsilon], \quad (22)$$

де $\varepsilon = z_{1-\alpha} \sigma_x^-$.

Ймовірність виникнення помилки другого роду

$$\beta = P[(\bar{x} - x_1) < \varepsilon]. \quad (23)$$

Виходячи з оптимальної процедури перевірки гіпотез, необхідно визначити мінімальний обсяг випробувань, який забезпечує помилки першого й другого роду, що не перевищують заданих значень.

Для гіпотези H_0 можна записати

$$P\left[\bar{x} \leq \frac{\varepsilon}{x_0}\right] = 1 - \alpha, \quad (24)$$

де ε – фіксоване значення, що забезпечує одночасно значення α і β , менші від заданих.

$$\frac{\varepsilon - x_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = z_{1-\alpha}$$

Тоді

Для гіпотези H_1 має виконуватись співвідношення

$$P\left(\bar{x} \leq \frac{\varepsilon}{x_i}\right) = \beta \quad (25)$$

$$\frac{\varepsilon - x_1}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = z_\beta$$

В цьому разі

Після перетворень маємо

$$\sqrt{n}(x_1 - x_0) = z_{1-\alpha}\sigma - z_\beta\sigma \quad (26)$$

Звідки кількість випробувань

$$n_{\min} = \left[\frac{\sigma(z_{1-\alpha} - z_\beta)}{x_1 - x_0}\right]^2 \quad (27)$$

Якщо границя ε задана, обчислену кількість випробувань n округлюють до цілого числа в більшу сторону.

ВИСНОВКИ. Використання конкретної методики залежить від апіорної інформації про параметри розподілу випадкових похибок. Якщо така інформація відсутня, то необхідно виконати широкі за обсягом

експериментальні дослідження. В статті було проведено аналіз шляхів визначення оптимального об'єму випробувань при проведенні багаторазових вимірювань фізичних величин і отримані аналітичні вирази для різних випадків стосовно апріорної інформації про параметри розподілу випадкових похибок результатів вимірювань. Використання функції найбільшої правдоподібності доцільно при достатньо великому об'ємі вибірки. При відомій довірчій оцінці α з мірою надійності ρ обсяг вибірки визначається з допомогою t -розподілу Стюдента. Для встановлення належності вибірки до генеральної сукупності необхідну кількість багаторазових вимірювань визначають при відомій границі ε , яка оцінює помилки I та II роду.

Наведені в статті співвідношення дають можливість зменшити затрати на проведення досліджень, для яких в багатьох випадках потребуються значні фінансові витрати.

Література

1. Бронштейн И.Н. Справочник по математике / Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 720 с.
2. Володарський Є.Т. Статистична обробка даних : навчальний посібник / Володарський Є.Т., Кошева Л.О. – К. : НАУ, 2008. – 308 с.
3. Основи метрології та вимірювальної техніки : підручник : у 2 т. Т. 1. Основи метрології / Дорожовець М., Мотало В., Ковальчик А. та ін. ; за ред. Б. Стадник. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2005. – 532 с.

References

1. Bronshteyn I.N. Spravochnik po matematike / Bronshteyn I.N., Semendyaev K.A. – M. : Nauka. Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1981. – 720 s.
2. Volodarskyi Ye.T. Statystychna obrobka danykh : navchalnyi posibnyk / Volodarskyi Ye.T., Kosheva L.O. – K. : NAU, 2008. – 308 s.
3. Osnovy metrolohii ta vymiryuvalnoi tekhniki : pidruchnyk : u 2 t. T. 1. Osnovy metrolohii / Dorozhovets M., Motalo V., Kovalchuk A. ta in. ; za red. B. Stadnyk. – Lviv : Vydavnytstvo Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika», 2005. – 532 s.