

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ (НЕЗАЛЕЖНОСТІ) МІЖ ПАРАМЕТРАМИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ НЕПРЯМИХ ВИМІРЮВАНЬ

При проведенні непрямих вимірювань деякої фізичної величини на основі експериментальних досліджень параметрів, які входять до розрахункової формули, виникає питання оцінки статистичної залежності або незалежності між вказаними параметрами. За об'єктивних причин обсяг експериментальних даних має певні обмеження, що приводить до подальшого опрацювання експериментальних даних в форматі вибірки, а не генеральної сукупності. Числові дослідження було проведено для коефіцієнту опору повітря при визначенні дальності польоту струменя, визначено вибіркові оцінки математичного очікування, дисперсії чинників, значення яких використовують при розрахунку коефіцієнту опору повітря [1, 2, 3].

При аналізі вимірювань слід чітко розмежовувати два поняття: істинні значення фізичних величин та їхні емпіричні прояви – результати вимірювань [4]. Безпосередньою метою вимірювань є визначення істинних значень постійної або змінного параметру, що вимірюється. Якщо потрібно провести непрямі вимірювання деякої функції $u = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$, то потрібно провести прямі вимірювання величин X_1, X_2, \dots, X_n , що входять до зазначеної функції. Через наявність випадкових помилок при прямих вимірюваннях з метою зменшення похибки непрямого вимірювання слід проводити багаторазові вимірювання кожної з величин. Приймаємо, що усі вимірювання виконані одним і тим же методом з однаковою мірою ретельності, тобто виконана умова рівноточності вимірювань.

Для певної кількості N послідовних вимірювань однієї величини X отримуємо значення x_1, x_2, \dots, x_N . Далі за методами математичної статистики проводимо обробку даних, обчислюючи середнє арифметичне значення:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_j, \quad (1)$$

як оцінку для математичного очікування m_X . Для оцінки середньоквадратичного відхилення використовують розсіяння S , визначуване

за формулою для емпіричної дисперсії S^2 для вибіркової сукупності. Для цього обчислюють так звані залишки для кожного проведеного j -го вимірювання $x_j - \bar{X}$, які є відомими величинами:

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (x_j - \bar{X})^2. \quad (2)$$

Подібні операції мають бути проведені для усіх величин X_1, X_2, \dots, X_n .

Визначення середніх помилок $S_{X_1}, S_{X_2}, \dots, S_{X_n}$, дозволяє отримати середню помилку функції u :

$$S_U = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial f}{\partial X_i} \right| S_{X_i}, \quad (3)$$

а для емпіричної дисперсії:

$$S_U^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial X_i} \right)^2 S_{X_i}^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n \left| \frac{\partial f}{\partial X_i} \right| \left| \frac{\partial f}{\partial X_k} \right| S_{X_i} S_{X_k}. \quad (4)$$

Якщо змінні X_i статистично незалежні, то середнє значення добутку $S_{X_i} S_{X_k}$ для будь-якої пари змінних дорівнює нулю, що спрощує формулу для середньоквадратичної помилки S_U^2 :

$$S_U^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial X_i} \right)^2 S_{X_i}^2. \quad (5)$$

Водночас, відкидання другого доданку у виразі (4) має бути обґрунтовано, що проводиться через розрахунок оцінки коефіцієнту кореляції між похибками вимірювання параметрів X_i, X_k . У випадку залежності розрахункового параметра від декількох аргументів, необхідно перевірити відсутність

кореляційних зав'язків між похибками усіх пар комбінацій аргументів, розрахувавши коефіцієнти парної кореляції між усіма параметрами:

$$\bar{r}_{cor}(i, k) = \bar{r}_{cor}(X_i, X_k) = \frac{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{X}_i)(x_{kj} - \bar{X}_k)}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{X}_i)^2 \cdot \sum_{j=1}^n (x_{kj} - \bar{X}_k)^2}} \quad (6)$$

Величина \bar{r}_{cor} приймає значення в діапазоні від -1 до 1 . За умови $\bar{r}_{cor} = \pm 1$ відповідні параметри пов'язані лінійною залежністю, при $\bar{r}_{cor} = 0$ лінійний кореляційний зв'язок відсутній. На основі отриманих коефіцієнтів парної кореляції утворюється відповідна матриця R :

$$R = \begin{pmatrix} 1 & \bar{r}_{cor}(1,2) & \bar{r}_{cor}(1,3) & \dots & \bar{r}_{cor}(1,n) \\ \bar{r}_{cor}(2,1) & 1 & \bar{r}_{cor}(2,3) & \dots & \bar{r}_{cor}(2,n) \\ \bar{r}_{cor}(3,1) & \bar{r}_{cor}(3,2) & 1 & \dots & \bar{r}_{cor}(3,n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{r}_{cor}(n,1) & \bar{r}_{cor}(n,2) & \bar{r}_{cor}(n,3) & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

Для характеристики тісноти лінійного зв'язку між відповідними параметрами від відсутнього до повної залежності використовується величини у таблиці 1.

Таблиця 1 – Шкала Чеддока

Характеристика зв'язку	Величина коефіцієнту кореляції
Зв'язок відсутній	$r_{cor} = 0$
Зв'язок дуже слабкий	$0 < r_{cor} \leq 0,3$
Зв'язок слабкий	$0,3 < r_{cor} \leq 0,5$
Зв'язок середній	$0,5 < r_{cor} \leq 0,7$
Зв'язок сильний	$0,7 < r_{cor} \leq 0,9$
Зв'язок дуже сильний	$0,9 < r_{cor} < 1$
Повна функціональна залежність	$ r_{cor} = 1$

Висновки. В роботі розглянута задача визначення залежності (незалежності) між параметрами при проведенні непрямих вимірювань, що необхідно для коректного визначення вибіркової дисперсії фізичної величини при непрямому вимірюванні на основі вибірових дисперсій фізичних величин при прямих вимірюваннях. Висновок про вказану залежність робиться за визначенням коефіцієнту кореляції між похибками параметрів, що входять до математичної формули отримання значень функції за непрямого вимірювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Міщенко І. В. Особливості експериментального визначення коефіцієнту опору повітря руху струменя води з ручного пожежного ствола / І. В. Міщенко, О. М. Кондратенко // Проблеми пожежної безпеки: Зб. наук. пр. НУЦЗ України. – 2016. – Вип. 39. – С. 183–189.
2. Вамболь С. О. Дослідження гідравлічних струменів при створенні системи управління екологічною безпекою об'єктів підвищеного ризику : монографія / С. О. Вамболь, О. М. Кондратенко, І. В. Міщенко, В. Ю. Колосков. – Х.: ФОП Бровін О.В., 2018. – 204 с.
3. Вамболь С. О. Технічна механіка рідини і газу: підручник / С. О. Вамболь, І. В. Міщенко, О. М. Кондратенко. – Х. : НУЦЗУ, 2016. – 300 с.
4. Міщенко І. В. Метрологія та стандартизація: конспект лекцій / І. В. Міщенко, С. О. Вамболь, Т. М. Курська. – Харків : АЦЗУ, 2006. – 136 с.

Науковий консультант: Міщенко І.В., доц. каф. деталей машин та теорії механізмів і машин.

Шарапата Андрій Сергійович, к.т.н., доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Горлов Ярослав Віталійович, студент групи ТП-43, Харківський національний університет імені Василя Назаровича Каразіна, yaroslav.gorlov@gmail.com

РОЗВИТОК БУРИЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ. ЕВОЛЮЦІЯ. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ.

Історія буріння - це одночасно і хроніка технічних досягнень та літопис боротьби людства за видобуток різноманітних ресурсів.

Історичні праці Конфуція, як зазначається в статті [1-4], вказують на те, що приблизно 600 років до нашої ери з'явилися перші згадування про видобуток соляних розсолів у Китаї (провінція Сичуань). Ще в ті часи була реалізована класика “ударно-канатного” методу буріння, де глибина