

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА СТАТИСТИЧНОЇ ОДНОРІДНОСТІ АВТОКОРЕЛЬОВАНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Федоренко О.Д., Малайчук В.П.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Україна

Анотація. *Доповідь присвячена дослідженню та оцінці статистичної однорідності автокорельованих вимірювань, що є важливим завданням у сфері аналізу часових рядів і експериментальних даних. Під час дослідження буде розглянуто, як автокореляція впливає на статистичні висновки та якість оцінок параметрів. Особливу увагу приділено методам виявлення автокореляції та корекції даних для забезпечення надійних результатів аналізу. Доповідь охоплює як теоретичні аспекти, так і практичні приклади застосування різних методів оцінювання статистичної однорідності в автокорельованих вимірах. Автокореляція може спотворювати статистичні висновки, тому тема дослідження таких вимірювань та вивчення методів коригування, котрі можна застосувати для отримання більш надійних результатів, являється актуальною та не освіченою повною мірою.*

Ключові слова: *автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології, неруйнівний контроль, розподіл, статистичний аналіз, псевдовипадкові числа.*

Автокорельовані вимірювання та корельовані вимірювання - це два різні концепти, які можуть бути пов'язані між собою, але мають різні значення. Автокорельовані вимірювання це тип кореляції, коли кожен вимір у серії даних корелює з попередніми вимірами цієї ж серії. Корельовані вимірювання це більш загальний термін, який означає, що значення в одному наборі вимірювань корелюють із відповідними значеннями в іншому наборі вимірювань. Це не обов'язково стосується послідовності вимірювань у часі, як у випадку автокорельованих вимірювань.

Таким чином, різниця між ними полягає в тому, що автокорельовані виміри пов'язані з часовими рядами і залежать від попередніх значень у тому самому ряді, тоді як корельовані виміри можуть належати до будь-яких наборів даних.

Іншими словами, автокореляція означає, що значення часового ряду залежать від самих себе в попередні моменти часу.

Автокореляція – це явище, яке відіграє ключову роль в аналізі часових рядів, економетриці та інших галузях статистики і науки про дані. Цей феномен виникає, коли значення змінної корелюють з її власними попередніми значеннями в часовому ряді або послідовності вимірювань. Тобто, автокореляція відображає ступінь зв'язку між значеннями змінної в різні моменти часу.

Кореляційний аналіз передбачає вивчення залежності між випадковими величинами з одночасною кількісною оцінкою ступеня невинуватості їхнього спільного вимірювання. Вимірювання випадкової величини y , що відповідає зміні випадкової величини x , розбивається на дві складові – стохастичну, пов'язану з невинуваткою залежністю y від x , та випадкову (або статистичну), пов'язану з випадковим характером поведінки самих y та x . Під час проведення такого аналізу головним досліджуваним питанням являється «Чи вибірки некорельовані?». Якщо це не так, то подальший експеримент не має сенсу.

Основні аспекти кореляційного аналізу:

Коефіцієнт кореляції: Це числова міра, яка показує ступінь взаємозв'язку між двома змінними. Найпоширенішим коефіцієнтом кореляції є коефіцієнт Пірсона, який вимірює лінійний зв'язок між змінними. Іншими типами коефіцієнтів кореляції є коефіцієнт Спірмена (для рангових даних) і коефіцієнт Кендалла (для порядкових даних).

Інтерпретація коефіцієнта кореляції: Значення коефіцієнта кореляції лежить між -1 і 1 . Значення ближче до 1 вказує на сильну позитивну кореляцію, коли обидві змінні рухаються в одному напрямку. Значення ближче до -1 вказує на сильну негативну кореляцію, коли змінні рухаються в протилежних напрямках. Значення ближче до 0 означає відсутність кореляції.

Важливість інтерпретації: Важливо пам'ятати, що кореляція не обов'язково означає причинно-наслідковий зв'язок між змінними. Вона лише показує, що зміни в одній змінній можуть супроводжуватися змінами в іншій змінній, але не вказує на те, яка змінна спричиняє зміни в іншій.

Графічне представлення: Кореляцію також можна візуалізувати за допомогою діаграм розсіювання, які дають змогу побачити, як змінні розподілено відносно одна одної та оцінити силу зв'язку між ними.

Вимірювання параметрів технічних об'єктів містять інформацію про їхній стан. Це випадкові величини і вимірювання їхніх статистичних закономірностей є ознакою зміни стану контрольованих об'єктів. Класична математична статистика пропонує безліч методів перевірки гіпотез (припущень) про вимірювання: математичних очікувань, дисперсії, коефіцієнтів асиметрії, зрушень вибірок, розкиду вимірювань, статистичних зв'язків (коефіцієнти автокореляції). На жаль, немає результатів порівняння їхньої інформативності: які методи і показники, кращі чи гірші, коли і як їх застосовувати.

Вимірювання статистичних зв'язків між вимірами у вибірках (автокореляція) і статистичні зв'язки між двома вибірками одного й того самого технічного об'єкта - це теж інформація про стан спостережуваних технічних об'єктів і природних процесів. Така інформація в класичній теоретичній статистиці міститься в математичних моделях опису коливання. Це диференціальні рівняння опису причинно-наслідкових зв'язків, у яких ми живемо, спостерігаємо і вимірюємо. Енергетичні спектри та функції автокореляції містять інформацію про стан технічних об'єктів і процесів. Труднощі їх використання на практиці виникають, коли вибірки вимірів короткі, статистичні закономірності вимірів недосліджені, невідомі диференціальні рівняння, описи об'єктів та їхні параметри.

Використовуючи різні рівняння дискретно-цифрових фільтрів, аналогів диференціальних рівнянь, можна сформулювати вибірки вимірювань із різними видами їхньої коливальності (корельованості), вивчити їхні статистичні закономірності та інформативність у завданнях контролю та спостереження за станом технічних і природних об'єктів і процесів.

Довгі вибірки експериментальних вимірювань стану лінійно-протяжних об'єктів можна розглянути як дискретно-цифрові сигнали після аналогово-

цифрового перетворення і їхні статистичні закономірності описувати дискретними функціями автокореляції.

Прикладом вибірок таких вимірювань можуть бути випадкові величини, сформовані шляхом перетворення незалежних випадкових величин різницеvими рівняннями дискретних фільтрів. Прикладами можуть слугувати рівняння Смірнова і Юла:

$$\begin{aligned}y_1(k) &= \alpha_1 y_1(k-1) + \beta_1 U_1(k), \\y_2(k) &= \alpha_1 y_2(k-1) - \alpha_2 y_2(k-2) + \beta_2 U_2(k)\end{aligned}\quad (1)$$

$U(k)$ – вибірки незалежних випадкових величин з відомими статистичними закономірностями.

Класична математична статистика широко використовує коефіцієнтні автокореляції та інші критерії, які містять інформацію про статистичні зв'язки експериментальних вимірювань для перевірки гіпотез про незалежність досліджуваних випадкових величин – експериментальних вимірювань.

Визначається, з якою ймовірністю (0,9; 0,95; 0,99) ухвалюються рішення про незалежність досліджуваних випадкових величин (експериментальних) вимірювань. З цими ймовірностями ухвалюються рішення про незалежність дійсно незалежних випадкових величин (про що ми не знаємо).

Проведення подібних статистичних досліджень можливе лише за допомогою комп'ютерних потужностей та обчислень, через великі об'єми експериментальних даних.

Можна впевнено стверджувати, що дослідження та оцінювання статистичної однорідності автокорельованих вимірювань, є актуальним завданням у сфері аналізу часових рядів та експериментальних даних. Наявність автокореляції може значно спотворювати статистичні висновки та призводити до неточних оцінок параметрів. Важливим результатом є виявлення методів виявлення автокореляції та корекції даних, які дають змогу поліпшити якість аналізу та підвищити достовірність висновків. Наголошується необхідність врахування автокореляції під час аналізу даних і практичну значущість застосування різних методів оцінювання статистичної однорідності в автокорельованих вимірах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Pierre L'Ecuyer. Random Number Generation // Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice. – 2007. – P. 93 -137
2. Кобзарь А.І. Прикладна математична статистика. Для інженерів і науковців. – 2006. – 606-646 с.

RESEARCH AND EVALUATION OF STATISTICAL HOMOGENEITY OF AUTOCORRELATED MEASUREMENTS

Fedorenko O., Malaychuk V.

¹Dnipro National University named after Oles Honchar, Dnipro, Ukraine

Abstract. *The presentation is devoted to the study and evaluation of the statistical homogeneity of autocorrelated measurements, which is an important task in the analysis of time series and experimental data. The study will consider how autocorrelation affects statistical conclusions and the quality of parameter estimates. Particular attention is paid to methods of autocorrelation detection and data correction to ensure reliable analysis results. The report covers both theoretical aspects and practical examples of applying various methods for assessing statistical homogeneity in autocorrelated measurements. Autocorrelation can distort statistical conclusions, so the topic of researching such measurements and studying the correction methods that can be used to obtain more reliable results is relevant and not fully covered.*

Keywords: *automation, computer-integrated technologies, non-destructive testing, distribution, statistical analysis, pseudo-random numbers.*

REFERENCE

1. Pierre L'Ecuyer. Random Number Generation // Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice. – 2007. – P. 93 -137
2. Kobzar A.I. Applied mathematical statistics. For engineers and scientists. - 2006. - 606-646 p.