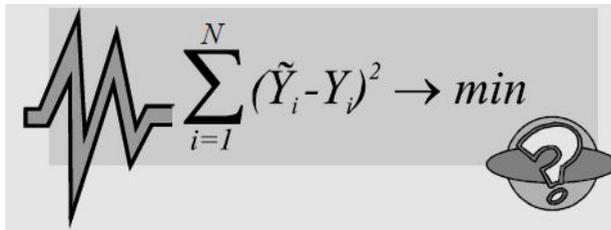




# ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МОЛДОВЫ

## МЕТОДЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

*Учебное пособие*



**Chişinău  
2022**

**ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МОЛДОВЫ**  
**ФАКУЛЬТЕТ ЭЛЕКТРОНИКИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**  
**ДЕПАРТАМЕНТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И**  
**ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

**МЕТОДЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ**  
**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

*Учебное пособие*

**Chişinău**  
**Editura "Tehnica-UTM"**  
**2022**

**CZU 519.2(075.8)**  
**III 514**

Lucrarea a fost discutată și aprobată pentru editare la ședința Consiliului Facultății Electronică și Telecomunicații, proces-verbal nr. 6 din 20.04.22.

В учебном пособии представлены методы предварительной обработки одномерных, двумерных и многомерных экспериментальных данных. Описаны последовательные этапы статистической обработки экспериментальной информации о параметрах многофакторных объектов.

По каждому методу дан соответствующий теоретический материал и практические примеры, позволяющие изучить теоретические основы и практические аспекты при исследовании сложных объектов электроники и телекоммуникаций.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности *Электронные Системы Связи* Мастерата для освоения дисциплины «Управление научными исследованиями», а также для курсового и дипломного проектирования. Кроме того материалы, представленные в учебном пособии, будут полезными при проведении научно-исследовательских работ, в том числе в докторских диссертациях.

Автор: конф. унив., доктор Т. Шестакова

Ответственный редактор: конф. унив., доктор Л. Сава

Рецензент: конф. унив., доктор П. Нистирюк

**DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII DIN RM**

**Шестакова, Т.**

Методы первичной обработки экспериментальных данных: Учебное пособие / Т. Шестакова; ответственный редактор: Л. Сава; Технический университет Молдовы, Факультет электроники и телекоммуникаций, Департамент телекоммуникаций и электронных систем. – Chișinău: Tehnica-UTM, 2022. – 64, [1] p.: fig., tab.

Aut. indicați pe vs. f. de tit. – Bibliogr.: p. 64-65 (14 tit.). – 25 ex.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>1. МЕТОДЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ОДНОМЕРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ</b> .....	9
1.1 Расчёт выборок малого объёма .....	9
1.2 Расчет выборок большого объёма .....	16
1.3 Методы определения закона распределения случайных величин .....	21
<b>2. МЕТОДЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДВУМЕРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ</b> .....	30
2.1 Исследование парной корреляционной зависимости.....	30
2.2 Расчет корреляционного и регрессионного уравнений по методу Чебышева .....	34
2.3 Расчет уравнения регрессии по методу наименьших квадратов .....	38
<b>3. МЕТОДЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МНОГОМЕРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ</b> .....	42
3.1 Сокращение размерности факторного пространства.....	42
3.2 Метод корреляционных плеяд .....	43
3.3 Методы дисперсионного анализа .....	48
3.4 Методы экспертных оценок .....	53
Вопросы для проверки .....	62
<b>БИБЛИОГРАФИЯ</b> .....	64

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существует острая потребность в разработке методов и средств проведения научных исследований для решения задач повышения эффективности различных отраслей экономики. Это приводит к необходимости комплексного анализа сложных систем с учётом отраслевой специфики.

Такой анализ основан на выполнении теоретических и прикладных исследований системных взаимосвязей и закономерностей функционирования и развития объектов и процессов, направленных на повышение эффективности управления ими на основе современных методов обработки информации.

В этих условиях особенно важно изучение и разработка современных методов научных исследований, методов описания и управления техническими объектами, основанных на проведении и управлении научными экспериментами.

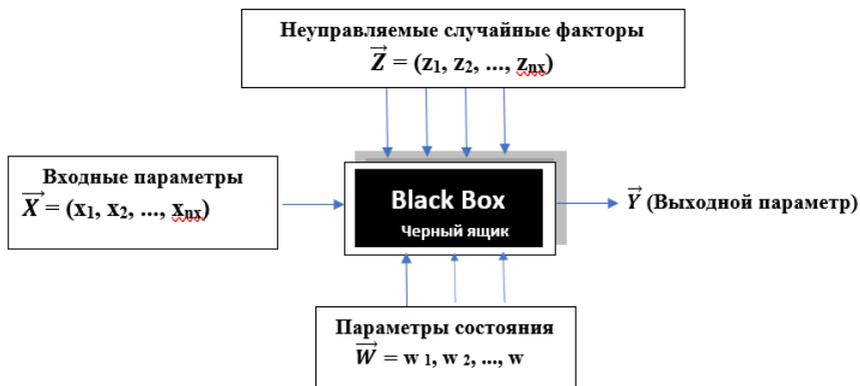
**Научный эксперимент** – это комплекс мероприятий, направленных на эффективное проведение исследования. Основная цель научного эксперимента - получить максимальную точность результатов при минимальном количестве произведенных экспериментов и сохранить статистическую достоверность результатов.

**Цель дисциплины** - изучение принципов и методов организации, проведения и управления научными исследованиями, математической обработки статистических экспериментальных данных, получение математических моделей электронных объектов с целью контроля и прогнозирования их состояния.

При разработке и исследовании различных объектов целевого назначения для их контроля и управления зачастую необходимо проводить различные эксперименты, чтобы разобраться в закономерностях их функционирования. Особенно это актуально при исследовании **многофакторных**

объектов, т.е. таких, в которых для получения конечного результата задействовано большое число факторов (5 и более).

Для решения таких задач используется, так называемый, подход «черного ящика»:



Согласно этому подходу, объект представляется в виде некоторого «черного ящика», на входе которого действуют:

1. управляемые входные факторы  $X$ ,
2. выходной параметр, целевая функция, функция отклика,
3. параметры состояния самого объекта  $W$ ,
4. случайные неуправляемые факторы  $Z$ , которые также могут оказывать влияние на целевую функцию  $Y$ .

На выходе – целевая функция  $Y(X)$ , являющаяся результатом взаимодействия всех воздействий на объект. Всё, что происходит внутри «черного ящика», в таких объектах не известно, как и на сколько сильно взаимосвязаны факторы, какие физические/химические реакции происходят и т.д.

По большому счету, даже полный список входных факторов тоже может быть неизвестен. Кроме того, во время взаимодействия факторов (т.е. во время функционирования объекта) могут действовать различные случайные

**неуправляемые факторы**, которые никак не зависят от самого объекта или от исследователя, которые невозможно предсказать, но они влияют на конечный результат.

**Управлять таким объектом крайне сложно.** В общем случае, решить задачу управления можно двумя способами:

1. **Экспериментально** подбирать значения входных факторов  $X$ , при которых на выходе будет требуемое значение выходного параметра  $Y$ ;
2. **Получить закон** (уравнение) зависимости  $Y = f(X)$  и на его основе управлять исследуемым объектом.

Первый путь сложный и не эффективный. А вот второй путь стоит рассмотреть.

Итак, *для управления сложными объектами надо знать законы или закономерности  $Y = f(X)$ , по которым функционирует объект, т.е. знать закон изменения целевой функции  $Y$  в зависимости от значений входных управляемых факторов на фоне действия случайных факторов.*



Уравнение связи  $Y = f(X)$  в условиях действия случайных неуправляемых факторов можно получить с помощью различных математических методов обработки данных о «поведении» объекта. Эти данные можно получить только экспериментальным путем, наблюдая за объектом и фиксируя его параметры. Другими словами, для получения уравнения связи необходимо реализовать следующие этапы:

1. Разработать план специального эксперимента;
2. Реализовать этот план на объекте, собрав значительный объем статистических данных о параметрах объекта;
3. Обработать результаты эксперимента и получить уравнение связи  $Y = f(X)$ ;
4. Провести оптимизацию полученных результатов.

**Уравнение связи  $Y = f(X)$  называется математической моделью (ММ) объекта.**

В общем случае, существует 2 типа моделей:

- 1) Физическая модель – макет объекта,
- 2) Математическая модель – математическое уравнение  $Y = f(X)$ .

Все методы исследований, связанные с реализацией указанных 4 этапов, можно разделить на 3 группы:

- 1. Методы первичной обработки экспериментальных данных;**
- 2. Методы планирования эксперимента и математического моделирования;**
- 3. Методы оптимизации.**

В учебном пособии описываются и анализируются методы первой группы, т.е. методы первичной обработки данных научного эксперимента, которые можно представить в виде диаграммы, изображённой на рис.1.1.

Как видно из диаграммы, все методы первичной обработки экспериментальных данных можно разделить на 3 группы:

- 1) методы обработки *одномерных* данных,
- 2) методы обработки *двумерных* данных,
- 3) методы обработки *многомерных* данных.

Рассмотри подробнее основные методы первичной обработки статистических данных, полученных в результате научных экспериментов. Они основываются на системном анализе, принципах математической статистики и теории вероятности, методах корреляционного и регрессионного анализа, а также априорного моделирования на базе экспертных оценок.

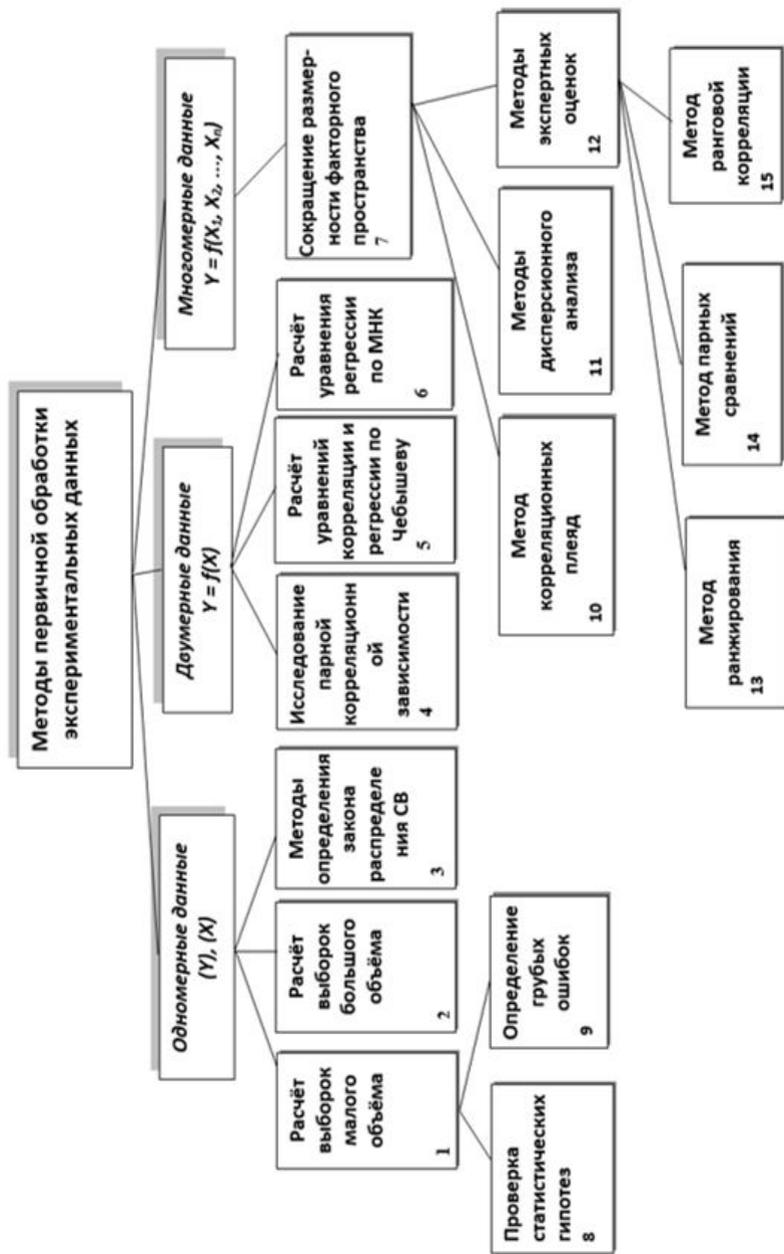


Рис. 1 Диаграмма методов первичной обработки данных научного эксперимента

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. George E. P. Box, William G. Hunter and J. Stuart Hunter, Statistics for Experimenters - An Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building (John Wiley and Sons, Inc. 2015). ISBN 0-471-09315-7
2. Dolgov, Iu. Modelarea statistică: Manual. – Tiraspol, Poligrafist, 2014. – 352 p.
3. EW, Weisstein. Least Squares Fitting, Wolfram MathWorld, 2002. Disponibil:  
<https://mathworld.wolfram.com/LeastSquaresFitting.html>
4. Method of Least Squares. Disponibil:  
[https://www.brainkart.com/article/Method-of-Least-Squares\\_39255/](https://www.brainkart.com/article/Method-of-Least-Squares_39255/)
5. Șestacova, T. Analiza statistică și modelarea datelor experimentale. Note de curs. – Chișinău.: TUM, 2015. – 113 p.
6. Șestacova, T., Bodean, Gh. Analiza statistică a datelor experimentale. Îndrumări metodice. – Chișinău: SRE UTM, 2005. -68 p.
7. George E. P. Box, William G. Hunter and J. Stuart Hunter, Statistics for Experimenters - An Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building (John Wiley and Sons, Inc. 2015). ISBN 0-471-09315-7
8. Analiza dispersională (ANOVA). Disponibil:  
<https://www.studocu.com/ro/document/academia-de-studii-economice-din-bucuresti/statistica-statistics/analiza-dispersionala/22233861>
9. Analiza variației. Disponibil:  
[https://ro.frwiki.wiki/wiki/Analyse\\_de\\_la\\_variance](https://ro.frwiki.wiki/wiki/Analyse_de_la_variance)
10. Ciumac, P., ș.a. Teoria probabilităților și elemente de statistică matematică. Chișinău: Editura „Tehnica” UTM, 2003.

11. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений. -М.: Физматгиз, 1962.
12. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. - М.: Наука, 1971.
13. Țurcanu, A. Aplicarea metodei celor mai mici pătrate la studierea corelației dintre factorii climaterici în republica Moldova. Chișinău.: TUM, 2017. – 6 p. Disponibil: [https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag\\_file/138-143\\_0.pdf](https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/138-143_0.pdf)
14. Coștaș, A., Metoda celor mai mici pătrate. Lecții UTM. Disponibil: <https://lectii.utm.md/courses/analiza-matematica/1645-1662>

---

Bun de tipar 22.06.22	Formatul hârtiei 60x84 1/16
Hârtie ofset. Tipar RISO	Tirajul 25 ex.
Coli de tipar 4,0	Comanda nr. 65

---

UTM, bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, 168, MD-2004, Chișinău  
Editura ”Tehnica-UTM”, str. Studenților, 9/9, MD-2045, Chișinău