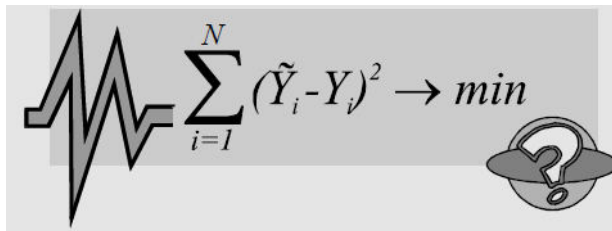




ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МОЛДОВЫ

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

ВВЕДЕНИЕ	4
1. МЕТОДЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ОДНОМЕРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ	9
1.1 Расчёт выборок малого объёма	9
1.2 Расчет выборок большого объёма	16
1.3 Методы определения закона распределения случайных величин	21
2. МЕТОДЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДВУМЕРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ	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
3. МЕТОДЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МНОГОМЕРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ	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
БИБЛИОГРАФИЯ	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.

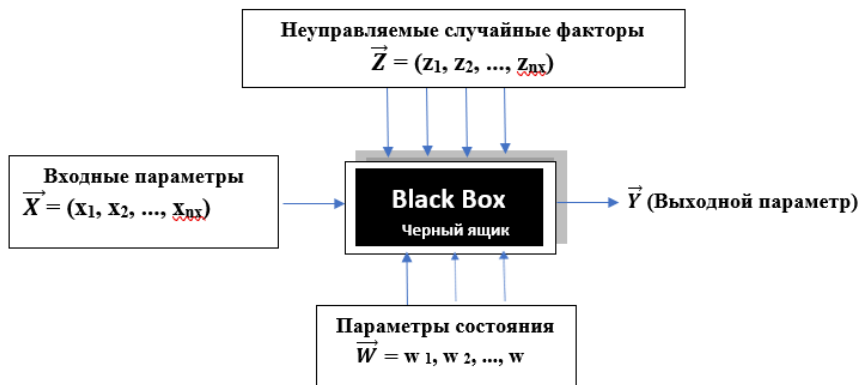
Научный эксперимент – это комплекс мероприятий, направленных на эффективное проведение исследования. Основная цель научного эксперимента - получить максимальную точность результатов при минимальном количестве произведенных экспериментов и сохранить статистическую достоверность результатов.

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.

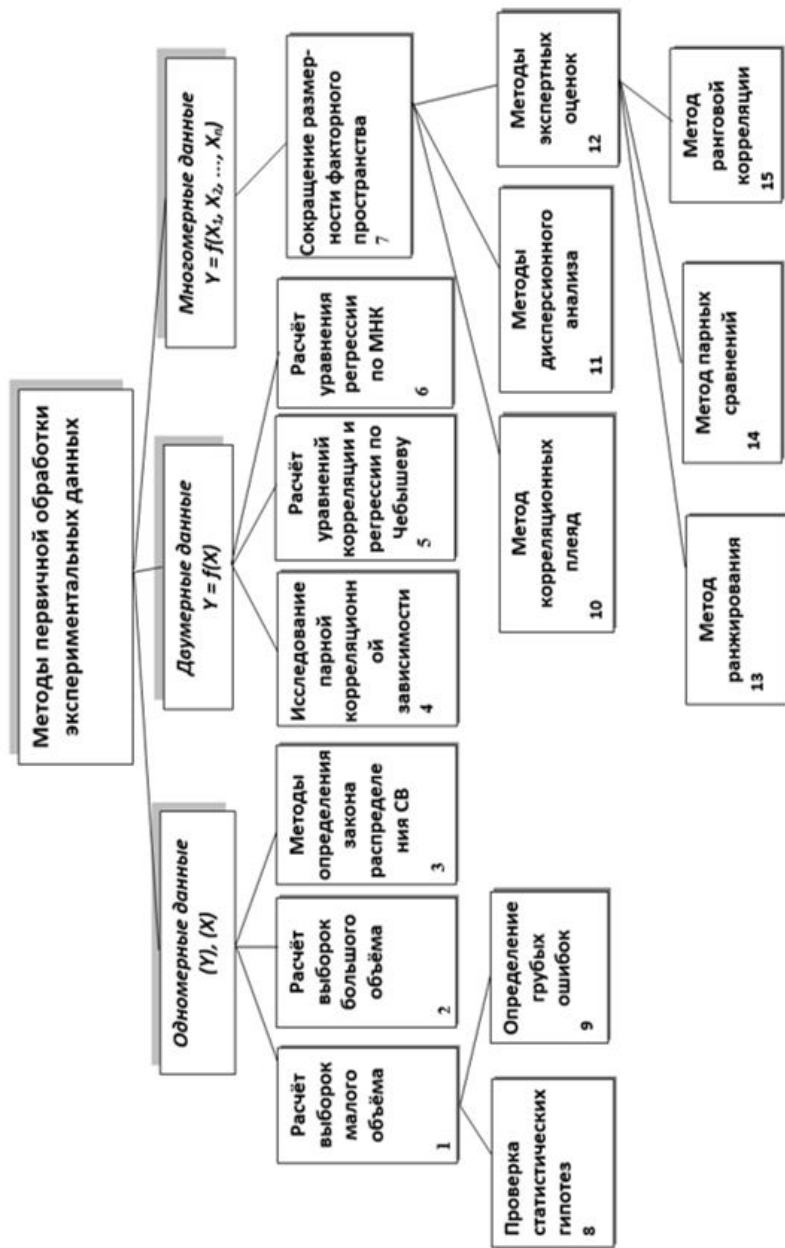


Рис. 1 Диаграмма методов первичной обработки данных научного эксперимента

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/
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
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
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 offset. 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