

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Е. Н. Новикова, О. Л. Серветник

# **КОМПЬЮТЕРНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

Направление подготовки 23.03.01 – Технология транспортных  
процессов

Профиль подготовки «Организация и безопасность движения»

Квалификация выпускника – бакалавр

Ставрополь  
2017

УДК 004.3 (075.8)  
ББК 32.81 я73  
Н 73

Печатается по решению  
редакционно-издательского совета  
Северо-Кавказского федерального  
университета

**Рецензенты:**

д-р экон. наук, профессор А.В. Шуваев  
канд. техн. наук, доцент Е.И. Николаев

**Новикова Е. Н., Серветник О. Л.**  
Н 73 **Компьютерная обработка результатов измерений:** учебное  
пособие. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2017. – 182 с.

Пособие посвящено основным методам статистической обработки результатов измерений средствами компьютерных технологий. Включает в себя девять глав и примеры с их подробным разбором и решением.

Предназначено для бакалавров по направлению подготовки 23.03.01 – Технология транспортных процессов.

УДК 004.3 (075.8)  
ББК 32.81 я73

© ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский  
федеральный университет», 2017

## ВВЕДЕНИЕ

Современный специалист, независимо от конкретной области его деятельности все чаще сталкивается, как при проведении научных исследований, так и при практической реализации их результатов, с необходимостью постановки, проведения экспериментов и статистического анализа экспериментальных данных.

Кроме того, сложность и дороговизна проведения эксперимента в области проектирования и технологии физико-химических процессов, а также современных электронных средств, требует широкого применения методов обработки результатов эксперимента, методов моделирования процессов и статистических методов обработки результатов измерения.

В пособии рассматриваются основные методы обработки экспериментальных результатов: методы первичной обработки данных, корреляционный анализ, регрессионный анализ, дисперсионный анализ. Дается обзор основных методов компьютерной обработки результатов измерений.

На множестве различных примеров проиллюстрированы основные методы статистической обработки и анализа экспериментальных результатов.

Учебное пособие состоит из девяти глав. Первая глава посвящена основным положениям теории ошибок, которые возникают при измерениях в исследованиях. Важность учета таких ошибок очевидна. Во второй главе рассматриваются основы теории вероятности и математической статистики, в третьей и четвертой главах рассматриваются методы первичной статистической обработки экспериментальных данных: определению эмпирических функций распределения и числовых характеристик. В третьей главе изложены основные подходы точечных и интервальных оценок экспериментальных данных и методы их проверки. Математические методы построения математических моделей экспериментальных результатов и методы регрессионного, корреляционного и дисперсионного анализов представлены в четвертой главе.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ИЗМЕРЕНИЯ И ИХ ПОГРЕШНОСТИ .....	4
1.1. Классификация ошибок .....	4
1.2. Случайные ошибки .....	6
1.3. Формула Гаусса для распределения вероятностей случайных ошибок .....	8
1.4. Функция ошибок. Вероятная ошибка. Средняя и средняя квадратичная ошибки .....	12
1.5. Определение меры точности по результатам эксперимента ...	14
1.6. Методы исключения грубых ошибок .....	18
2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕМЫ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ .....	22
2.1. Основные понятия теории вероятностей. Случайные события.	22
2.2. Случайные величины .....	32
2.3. Числовые характеристики случайных величин .....	35
2.4. Законы распределения дискретных и непрерывных случайных величин .....	42
3. ПЕРВИЧНАЯ СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ .....	55
3.1. Простая статистическая совокупность .....	55
3.2. Статистическое распределение .....	56
3.3. Графическое изображение статистического распределения ...	58
3.4. Эмпирическая функция распределения .....	61
3.5. Числовые характеристики статистического распределения ...	63
4. МЕТОДЫ РАСЧЕТА СВОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫБОРКИ .....	70
4.1. Метод произведений вычисления выборочных средней и дисперсии .....	70
4.2. Метод сумм вычисления выборочных средней и дисперсии ..	73
4.3. Асимметрия и эксцесс эмпирического распределения .....	75

5. СТАТИСТИЧЕСКОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ЧИСЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН .....	80
5.1. Точечная оценка числовой характеристики. Свойства точечной оценки .....	80
5.2. Методы получения точечных оценок .....	82
5.3. Интервальная оценка числовой характеристики случайной величины .....	86
5.4. Доверительный интервал для оценки математического ожидания нормального распределения .....	87
5.5. Доверительные интервалы для оценки дисперсии нормального распределения .....	91
6. ПРОВЕРКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ .....	93
6.1. Статистическая гипотеза. Основные этапы проверки гипотезы .....	93
6.2. Сравнение двух дисперсий нормальных генеральных совокупностей .....	98
6.3. Сравнение выборочной средней с гипотетической генеральной средней нормальной совокупности .....	99
6.4. Сравнение двух средних нормальных генеральных совокупностей с неизвестными дисперсиями (зависимые выборки)..	102
6.5. Проверка гипотезы о нормальном распределении генеральной совокупности. Критерий согласия Пирсона .....	104
7. ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ .....	111
7.1. Корреляционный анализ. Коэффициент линейной корреляции двух исследуемых величин .....	111
7.2. Критерий независимости и силы линейной связи для двух нормально коррелированных величин .....	114
7.3. Множественная линейная корреляция .....	115

8. РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ .....	117
8.1. Отыскание параметров эмпирических формул методом наименьших квадратов .....	117
8.2. Отыскание параметров линейной функции. Построение линейной регрессии .....	120
8.3. Отыскание параметров квадратичной функции. Нелинейная регрессия .....	126
8.4. Множественная регрессия .....	128
9. МЕТОДЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА И ОПТИМИЗАЦИЯ .....	130
9.1. Методология планирования эксперимента .....	130
9.2. Полный факторный эксперимент .....	134
9.3. Дробный факторный эксперимент .....	140
ЛИТЕРАТУРА .....	145
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	146
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 .....	169
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 .....	176
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 .....	177
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 .....	178