

О. Ю. Ермолаев

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА  
ДЛЯ ПСИХОЛОГОВ**  
**УЧЕБНИК**

*7-е издание, стереотипное*

*Рекомендовано редакционно-издательским Советом  
Российской академии образования к использованию в качестве  
учебного пособия*

Москва  
Издательство «ФЛИНТА»  
2019

УДК 519.2  
ББК 88.4  
Е74

**Библиотека психолога**

Главный редактор д-р псих. н., проф., акад. РАО *Д.И. Дельдешев*  
Зам. главного редактора д-р псих. н., проф., акад. РАО *С.К. Бондырева*

Члены редакционной коллегии:

д-р псих. н., проф., акад. РАО *Ш.А. Амонашвили*; д-р псих. н., член-корр. РАО  
*В.А. Болотов*; д-р псих. н., проф., акад. РАО *А.А. Деркач*; д-р псих. н., проф.,  
акад. РАО *А.И. Донцов*; д-р псих. н., проф., акад. РАО *И.В. Дубровина*;  
д-р псих. н., проф. *В.П. Зинченко*; д-р филол. н., проф., акад. РАО  
*В.Г. Костомаров*; д-р пед. н., проф., акад. РАО *Н.Н. Малофеев*;  
д-р физ.-мат. н., проф., акад. РАО *Л. Матросов*; д-р пед. н., проф.,  
акад. РАО *Н.Д. Никандров*; д-р псих. н., проф., акад. РАО *В.В. Рубцов*;  
д-р пед. н., проф., акад. РАО *М.В. Рыжаков*; д-р ист. н., проф. *Э.В. Сайко*

**Под редакцией**

профессора, докт. психол. наук *Т.М. Марютиной*

**Рецензент:**

профессор, канд. техн. наук *В.Н. Калинина*

**Ермолаев В.Ю.**

Е74

Математическая статистика для психологов

[Электронный ресурс] : учебник / О.Ю. Ермолаев.

— 7-е изд., стер. - М. : ФЛИНТА, 2019. - 336 с.

ISBN 978-5-9765-1917-6

Учебник представляет практическое руководство по математической статистике для психологов, не имеющих специальных математических знаний. В доступной иллюстративной форме на примерах рассматриваются основные методы обработки данных, включая непараметрические и параметрические критерии оценки различий, корреляционный, дисперсионный, факторный, регрессионный анализы. Приведены необходимые теоретические сведения и формулы для расчета типовых задач, наиболее часто встречающихся в экспериментальных психологических исследованиях.

Учебник предназначен для студентов вузов, но может также быть использован и исследователями в различных областях науки, применяющими статистические методы при решении практических задач.

УДК 519.2

ББК 88.4

ISBN 978-5-9765-1917-6

© Издательство «ФЛИНТА», 2014

## О г л а в л е н и е

|  |           |
|--|-----------|
| Введение .....   | 7         |
| <b>Г л а в а 1</b>   |           |
| <b>ПОНЯТИЕ ИЗМЕРЕНИЯ .....</b>   | <b>10</b> |
| 1.1. Измерительные шкалы .....   | 11        |
| 1.2. Номинативная шкала .....  | 12        |
| 1.3. Порядковая ( <i>ранговая, ординарная</i> ) шкала .....                      | 16        |
| 1.3.1. Правила ранжирования .....  | 18        |
| 1.3.2. Проверка правильности ранжирования .....                                  | 19        |
| 1.3.3. Случай одинаковых рангов .....  | 23        |
| 1.4. Шкала интервалов .....  | 27        |
| 1.5. Шкала отношений .....   | 28        |
| <b>Г л а в а 2</b>   |           |
| <b>ПОНЯТИЕ ВЫБОРКИ .....</b>   | <b>29</b> |
| 2.1. Полное исследование .....   | 29        |
| 2.2. Выборочное исследование .....   | 30        |
| 2.3. Зависимые и независимые выборки .....                                       | 30        |
| 2.4. Требования к выборке .....  | 31        |
| 2.5. Репрезентативность выборки .....  | 32        |
| 2.6. Формирование и объем репрезентативной выборки .....                         | 34        |
| <b>Г л а в а 3</b>   |           |
| <b>ФОРМЫ УЧЕТА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ .....</b>                                  | <b>36</b> |
| 3.1. Таблицы .....   | 36        |
| 3.2. Статистические ряды .....   | 39        |
| 3.3. Понятие распределения и гистограммы .....                                   | 40        |
| <b>Г л а в а 4</b>   |           |
| <b>ЧИСЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ.<br/>НОРМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ .....</b> | <b>43</b> |
| 4.1. Мода .....  | 43        |
| 4.2. Медиана .....   | 44        |

|  |    |
|--|----|
| 4.3. Среднее арифметическое .....            | 45 |
| 4.4. Разброс выборки .....                   | 48 |
| 4.5. Дисперсия .....                         | 48 |
| 4.6. Степень свободы .....                   | 51 |
| 4.7. Понятие нормального распределения ..... | 52 |

### **Г л а в а 5**

#### **ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОВЕРКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ**

|  |    |
|--|----|
| .....  | 56 |
| 5.1. Проверка статистических гипотез .....   | 56 |
| 5.2. Нулевая и альтернативная гипотезы .....   | 57 |
| 5.3. Понятие уровня статистической значимости .....  | 59 |
| 5.4. Этапы принятия статистического решения .....  | 63 |
| 5.5. Классификация психологических задач, решаемых с помощью<br>статистических методов ..... | 64 |

### **Г л а в а 6**

#### **СТАТИСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ РАЗЛИЧИЙ**

|   |    |
|---|----|
| .....   | 66 |
| 6.1.1. Параметрические и непараметрические критерии .....   | 68 |
| 6.1.2. Рекомендации к выбору критерия различия .....        | 69 |
| 6.2. Непараметрические критерии для связанных выборок ..... | 70 |
| 6.2.1. Критерий знаков $G$ .....                            | 70 |
| 6.2.2. Парный критерий $T$ — Вилкоксона .....               | 78 |
| 6.2.3. Критерий Фридмана .....                              | 82 |
| 6.2.4. Критерий тенденций Пейджа .....                      | 89 |
| 6.2.5. Критерий Макнамары .....                             | 95 |

### **Г л а в а 7**

#### **НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ДЛЯ НЕСВЯЗАННЫХ ВЫБОРОК**

|  |     |
|--|-----|
| .....  | 101 |
| 7.1. Критерий $U$ Вилкоксона—Манна—Уитни .....     | 101 |
| 7.1.1. Первый способ расчета по критерию $U$ ..... | 102 |
| 7.1.2. Второй способ расчета по критерию $U$ ..... | 106 |
| 7.2. Критерий $Q$ Розенбаума .....                 | 110 |
| 7.3. $H$ — критерий Крускала—Уоллиса .....         | 113 |
| 7.4. $S$ — критерий тенденций Джонкира .....       | 120 |

## Г л а в а 8

|  |            |
|--|------------|
| <b>КРИТЕРИИ СОГЛАСИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ И МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КРИТЕРИЙ «ф» .....</b>                      | <b>125</b> |
| 8.1. Критерий $\chi^2$ -квадрат .....  | 125        |
| 8.1.1. Сравнение эмпирического распределения с теоретическим .....                                   | 126        |
| 8.1.2. Сравнение двух экспериментальных распределений .....  | 137        |
| 8.1.3. Использование критерия $\chi^2$ -квадрат для сравнения показателей внутри одной выборки ..... | 151        |
| 8.2. Критерий Колмогорова—Смирнова .....   | 159        |
| 8.3. Критерий Фишера $F$ .....   | 164        |
| 8.3.1. Сравнение двух выборок по качественно определенному признаку .....                            | 165        |
| 8.3.2. Сравнение двух выборок по количественно определенному признаку .....                          | 167        |

## Г л а в а 9

|  |            |
|--|------------|
| <b>ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ РАЗЛИЧИЙ .....</b> | <b>169</b> |
| 9.1. $t$ -критерий Стьюдента .....             | 169        |
| 9.1.1. Случай несвязных выборок .....          | 169        |
| 9.1.2. Случай связанных выборок .....          | 172        |
| 9.2. $F$ — критерий Фишера .....               | 175        |

## Г л а в а 10

|  |            |
|--|------------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ В ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ANOVA .....</b>             | <b>178</b> |
| 10.1. Однофакторный дисперсионный анализ .....                 | 179        |
| 10.2. «Быстрые» методы — критерии дисперсионного анализа ..... | 195        |
| 10.2.1. Критерий Линка и Уоллеса .....                         | 196        |
| 10.4.2. Критерий Немени .....                                  | 199        |

## Г л а в а 11

|  |            |
|--|------------|
| <b>КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ .....</b>                             | <b>202</b> |
| 11.1. Понятие корреляционной связи .....                       | 202        |
| 11.2. Коэффициент корреляции Пирсона .....                     | 207        |
| 11.3. Ранговый коэффициент корреляции Спирмена .....           | 212        |
| 11.3.1. Случай одинаковых (равных) рангов .....                | 217        |
| 11.4. Расчет уровней значимости коэффициентов корреляции ..... | 222        |
| 11.5. Коэффициент корреляции «ф» .....                         | 223        |
| 11.5.1. Второй способ вычисления коэффициента «ф» .....        | 226        |

|   |     |
|---|-----|
| 11.6. Коэффициент корреляции « $\tau$ » Кендалла .....  | 228 |
| 11.7. Бисериальный коэффициент корреляции .....         | 232 |
| 11.8. Рангово-бисериальный коэффициент корреляции ..... | 235 |
| 11.9. Корреляционное отношение Пирсона $\eta$ .....     | 238 |
| 11.10. Множественная корреляция .....                   | 245 |
| 11.11. Частная корреляция .....                         | 250 |

## **Г л а в а 12**

|  |     |
|--|-----|
| <b>РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ</b> .....  | 255 |
| 12.1. Линейная регрессия .....   | 255 |
| 12.2. Множественная линейная регрессия .....                                 | 263 |
| 12.3. Оценка уровней значимости коэффициентов регрессионного уравнения. .... | 268 |
| 12.4. Нелинейная регрессия .....   | 271 |

## **Г л а в а 13**

|   |     |
|---|-----|
| <b>ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ</b> .....                             | 274 |
| 13.1. Основные понятия факторного анализа .....           | 274 |
| 13.2. Условия применения факторного анализа .....         | 282 |
| 13.3. Приемы для определения числа факторов .....         | 283 |
| 13.4. Вращение факторов .....                             | 285 |
| 13.5. Использование факторного анализа в психологии ..... | 287 |

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

### **Приложение 1.**

|   |     |
|---|-----|
| Статистические таблицы критических значений ..... | 290 |
|---|-----|

### **Приложение 2.**

|   |     |
|---|-----|
| Пример использования методов математической статистики в дипломной работе ..... | 326 |
|---|-----|

### **Приложение 3.**

|  |     |
|--|-----|
| Классификация задач и методов их статистического решения ..... | 332 |
|--|-----|

|                  |     |
|------------------|-----|
| Литература ..... | 334 |
|------------------|-----|